SABEREC 5.0

INGENIERÍA EN ACCIÓN

SABEREC 5.0

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ
UNESUM

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Acceso Abierto

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Alex Vicente Quimiz Tumbaco
Allison Denisse Alvia Chóez
Ana Belén Zambrano Zambrano
Ana Gabriela Cedeño Pico
Angie Zambrano Zambrano
Angélica Marena Plúa Ponce
Antonio Alejandro Suárez Choéz
Carlos Alexander Camacho Crespo
Carlos Enrique Parrales García
Daniel David Carvajal Rivadeneira
Daniel Mauricio Reyes Pilay
Dante Stalin Murillo Baque
David Guanin Zamora
David Joel Suárez Reyes
Dennis Romario Tandaso Elizalde
Denny Augusto Cobos Lucio
Denny Jonathan Delgado Lucas
Deyvi Jackson Romero Jiménez
Diego Renato Sornoza Parrales
Digna Elizabeth Loor Sierra
Dimas Geovanny Vera Pisco
Dunia Lisbet Gálvez Domínguez
Edwin Yafet Arteaga Choéz
Ellen Brithney López Narváez
Erick Andrés Mero Santana
Erik Gabriel Villavicencio Cedeño
Erika Jeraldyn González Chiriboga
Ernesto Jandry Delvalle Avila
Evelin Vanessa González Rodríguez
Ewerton Samuel Ribera Carranza
Francisco Segundo Ponce Reyes
George Alfredo Cañarte Baque
Gianna Briggitte Segovia Ponce
Gilmar Gerardo Delgado Zamora
Glider Nunilo Parrales Cantos
Harol Andres Rosero Bazantes
Heber Emigdio Reyes Menéndez
Ingrid Lilibeth Cevallos Meza
Irina Nicole Quimis Macías
Ivanova Claribel Orejuela Mendoza
Jesús Francisco Baque Suarez
Jhoan Aaron Plaza Meneses
Joffre Paul Quimis Bacusoy
Jordy Rafael Pluas Ponce
Joselyn Azucena Baque Gómez
Joselyn Dayanara Castro Castro
Josselyn Melissa Medina Velásquez
José Fabian Torres Parrales

Autores Investigadores

SABEREC 5.0

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Juana Padilla Gutiérrez
Julio Johnny Regalado Jalca
Jéssica Fiorela Salinas Martínez
Kandra Anahí Zambrano Erazo
Kane Anderson Bello Vera
Kerly Yesenia Morales Ushiña
Keyla Paulette Ríos Pincay
Kleber Leonardo Suárez Choéz
Luigi Ronnie Barroso Plua
Luis Alfonso Moreno Ponce
Luis Vicente Ceballos Cantos
Manolo Castro Solís
Martha Johana Álvarez Álvarez
María de los Ángeles Cevallos Patín
María Elena García Echeverria
María Gregoria Vidal Vidal
María Lorena Ponce Vinces
Mercedes Marcela Pincay Pilay
Miguel Perfecto Terán García
Roberth Francisco Vera Galarza
Samuel Josias Lema Guamán
Saury Fabricio Cañarte Valencia
Sheyla Nasari Reyes Calero
Vanessa Estefanía Suárez Carriel
Víctor Alejandro Lino Calle
Wilson Jander Cedeño Zambrano
Yesenia Vanessa Sornoza Almendariz
Yorvin Leonardo Armijos Quimis

Autores Investigadores

SABER**EC 5.0**

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

AUTORES

INVESTIGADORES

Alex Vicente Quimiz Tumbaco
Magíster en Hidráulica Mención en;
Diseño de Obras Hidráulicas;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
alex.quimiz@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-2746-1056

Allison Denisse Alvia Chóez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
alvia-allison4600@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-2038-3760

Ana Belén Zambrano Zambrano
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

zambrano-ana6464@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-6269-911X

Ana Gabriela Cedeño Pico
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
cedeno-ana1069@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-6635-1544

Angie Zambrano Zambrano
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
zambrano-angie4133@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0000-6176-1506

Angélica Marena Plúa Ponce
Magíster en Seguridad y Salud Ocupacional;
Ingeniera Civil:
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
angelica.plua@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-3101-7285

Antonio Alejandro Suárez Choéz
Ingeniero Civil;
Docente de Nivelación;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
garcia-maria7834@unesum.edu.ec
https://orcid.org/ 0009-0007-6120-2019

Carlos Alexander Camacho Crespo
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;

Jipijapa; Ecuador
camacho-carlos3474@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0008-5882-6602

Carlos Enrique Parrales García
Máster en Gestión Ambiental Mención;
Gestión Ambiental de Avaluación del Impacto Ambiental;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
carlos.parrales@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-4057-9577

Daniel David Carvajal Rivadeneira
Magíster en Administración Pública;
Mención Desarrollo Institucional;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
daniel.carvajal@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-5288-5483

Daniel Mauricio Reyes Pilay
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
pilay-daniel5261@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-8655-2999

Dante Stalin Murillo Baque
Magíster en Ingeniería Civil Mención en;
Construcción Saneamiento;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

Dante.murillo@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-8315-4122

David Guanin Zamora
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
guanin-david3059@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-7627-9442

David Joel Suárez Reyes
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
davidj.suarezreyes@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-1404-9240

Dennis Romario Tandaso Elizalde
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
tandaso-dennis8920@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0006-5722-3231

Denny Augusto Cobos Lucio
Magíster en Construcción de Obras Viales;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
denny.cobos@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-2094-9689

Denny Jonathan Delgado Lucas
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
delgado-denny6183@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-3595-9654

Deyvi Jackson Romero Jiménez
Ingeniero en Sistemas Administrativos Computarizados;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
romero-deyvi3777@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-1164-3255

Diego Renato Sornoza Parrales
Magíster en Gerencia Educativa;
Maestría en Administración de;
Tecnologías de Información;
Doctor Of Philosophy Education Studies;
Critical Policy Equity And Leadership Studies;
Economista;
Ingeniero en Computación y Redes;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
diego.sornoza@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9319-9298

Digna Elizabeth Loor Sierra
Magíster en Geotecnia;
Ingeniera Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
digna.looer@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-4322-9852

Dimas Geovanny Vera Pisco
Magíster en Educación Mención en;
Enseñanza de la Matemática;
Magíster en Matemática;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

dimas.vera@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-3524-0907

Dunia Lisbet Gálvez Domínguez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
dominguez@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-5403-1898

Edwin Yafet Arteaga Choéz
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
arteaga-edwin-5028@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-2035-9928

Ellen Brithney López Narváez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
lopez-ellen0875@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-6694-6785

Erick Andrés Mero Santana
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
mero-erick6041@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0006-8819-8067

Erik Gabriel Villavicencio Cedeño
Magíster en Estructuras;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

Erik.villavicencio@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-1887-5599

Erika Jeraldyn González Chiriboga
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
gonzalez-erika4545@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0000-9033-5952

Ernesto Jandry Delvalle Avila
Estudiante de la Carrera de Ing. Civil;
Facultad Ciencias Técnicas;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
delvalle-ernesto4184@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-8374-7162

Evelin Vanessa González Rodríguez
Maestría en Planificación de Infraestructura;
Física de Obras Civiles;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
evelin.gonzalez@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-2976-4808

Ewerton Samuel Ribera Carranza
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
ribera-ewerton5102@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-1264-6402

Francisco Segundo Ponce Reyes
Magíster en Gerencia Educativa;
Doctor en Educación;
Ingeniero Civil;

Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
francisco.ponce@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-0423-1346

George Alfredo Cañarte Baque
Magíster en Tecnologías de Edificación;
Arquitecto;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
george.canarte@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-3376-2557

Gianna Briggitte Segovia Ponce
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
segovia-gianna2796@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0006-5388-0840

Gilmar Gerardo Delgado Zamora
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
delgado-gilmar9110@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-8710-8051

Glider Nunilo Parrales Cantos
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
glider.parrales@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-2233-8825

Harol Andres Rosero Bazantes
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
rosero-harol8599@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-6670-484X

Heber Emigdio Reyes Menéndez
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
reyes-heber0163@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-3956-8648

Ingrid Lilibeth Cevallos Meza
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
cevallos-ingrid9387@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-3471-7898

Irina Nicole Quimis Macías
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
quimis-irina9076@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-0230-2662

Ivanova Claribel Orejuela Mendoza
Magíster en Gestión de Proyectos;
Ingeniera Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
ivanova.orejuela@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-5266-0120

Jesús Francisco Baque Suarez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
jesus8603@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-2809-8643

Jhoan Aaron Plaza Meneses
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
plaza-jhoan7847@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-0490-213X

Joffre Paul Quimis Bacusoy
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
quimis-bacusoy1794@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-0013-3546

Jordy Rafael Pluas Ponce
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
pluas-jordy0750@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-9880-0964

Joselyn Azucena Baque Gómez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
baque-joselyn4714@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-5546-389X

Joselyn Dayanara Castro Castro
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;

Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
castro-joselyn8903@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-4028-2940

Josselyn Melissa Medina Velásquez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
medina-josselyn4615@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-0203-9056

José Fabian Torres Parrales
Especialista en Contratación Pública y;
Control Gubernamental;
Magíster en Ciencias de la Ingeniería;
Mención Estructuras;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
jftorresconsul@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-2188-2625

Juana Padilla Gutiérrez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
padilla-juana7376@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-5085-6056

Julio Johnny Regalado Jalca
Magíster en Educación Informativa;
Ingeniero en Computación y Redes;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
julio.regalado@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-1669-8522

Jéssica Fiorela Salinas Martínez
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
salinas-jessica4031@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-2420-614X

Kandra Anahí Zambrano Erazo
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
Zambrano-kandra5988@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-3205-1301

Kane Anderson Bello Vera
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
Bello-kane2575@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-3304-4228

Kerly Yesenia Morales Ushiña
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
morales-kerly2925@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0006-1171-3745

Keyla Paulette Ríos Pincay
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
rios-keyla2417@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-5260-6230

Kleber Leonardo Suárez Choéz
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
https://orcid.org/ 0009-0000-7715-8680

Luigi Ronnie Barroso Plua
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
barroso-luigi9872@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-1921-4362

Luis Alfonso Moreno Ponce
Magíster en Construcción de Obras Viales;
Ingeniero Civil;
Docente Titular Agregado 1;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
luis.moreno@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-9880-1310

Luis Vicente Ceballos Cantos
Magíster en Hidráulica Mención en;
Ingeniería de los Recursos Hidráulicos;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
luis.ceballos@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-4530-4649

Manolo Castro Solís
Magíster en Docencia Universitaria e;
Investigación Educativa;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;

Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
manolo.castro@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9791-0278

Martha Johana Álvarez Álvarez
Magíster en Riego y Drenaje;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
martha.alvarez@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-9879-0367

María de los Ángeles Cevallos Patín
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
cevallos-maria9583@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-5025-3850

María Elena García Echeverria
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
garcia-maria7834@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-2917-5444

María Gregoria Vidal Vidal
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
vidal-maria4495@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-5359-1556

María Lorena Ponce Vinces
Magíster en Hidráulica Mención en;
Gestión de Recursos Hídricos;
Ingeniero Civil;

Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
maria.ponce@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-4302-5713

Mercedes Marcela Pincay Pilay
Magíster en Comunicación y Marketing;
Doctora dentro del Programa de Doctorado en;
Ciencias de la Empresa;
Ingeniera en Estadística Informática;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
marcela.pincay@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9730-5481

Miguel Perfecto Terán García
Magíster en Arquitectura Mención Diseño Urbano;
Arquitecto;
Docente titular de la carrera de Ing. Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
miguel.teran@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-0208-4020

Roberth Francisco Vera Galarza
Ingeniero/a Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
vera-roberth6142@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-1399-8054

Samuel Josias Lema Guamán
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;

Jipijapa; Ecuador
samuel2340@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-4302-5713

Saury Fabricio Cañarte Valencia
Ingeniera Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
canarte-saury9211@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0008-5900-8652

Sheyla Nasari Reyes Calero
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
reyes-sheyla0636@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-0874-1617

Vanessa Estefanía Suárez Carriel
Ingeniera Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
suarez-vanessa4022@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-2796-1981

Víctor Alejandro Lino Calle
Magíster en Educación Mención en;
Pedagogía en Entornos Digitales;
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
victor.lino@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-2302-3489

Wilson Jander Cedeño Zambrano
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
cedeno-wilson8820@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-5288-5483

Yesenia Vanessa Sornoza Almendariz
Maestría en Estadística;
Ingeniera Civil;
Facultad de posgrado;
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo; Ecuador
Vsornoza1@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7316-0545

Yorvin Leonardo Armijos Quimis
Ingeniero Civil;
Carrera de Ingeniería Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador
armijos-yorvin3424@unesum.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-5840-6921

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

REVISORES
ACADÉMICOS

Gino Flor Chavez
Maestría en Ingeniería Vial;
Especialista en Obras Portuarias;
Ingeniero Civil;
Docente de la Universidad de Guayaquil;
Guayaquil, Ecuador;
ginoflorch@ug.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-7838-8450

Pedro Napoleón Chara Moreira
Magíster en Tecnologías de Edificación;
Arquitecto;
Universidad de Guayaquil;
Guayaquil, Ecuador;
pedro.cedenosa@ug.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-0696-7947

CATALOGACIÓN **BIBLIOGRÁFICA**

AUTORES:
Alex Vicente Quimiz Tumbaco
Allison Denisse Alvia Chóez
Ana Belén Zambrano Zambrano
Ana Gabriela Cedeño Pico
Angie Zambrano Zambrano
Angélica Marena Plúa Ponce
Antonio Alejandro Suárez Choéz
Carlos Alexander Camacho Crespo
Carlos Enrique Parrales García
Daniel David Carvajal Rivadeneira
Daniel Mauricio Reyes Pilay
Dante Stalin Murillo Baque
David Guanin Zamora
David Joel Suárez Reyes
Dennis Romario Tandaso Elizalde
Denny Augusto Cobos Lucio
Denny Jonathan Delgado Lucas
Deyvi Jackson Romero Jiménez
Diego Renato Sornoza Parrales
Digna Elizabeth Loor Sierra
Dimas Geovanny Vera Pisco
Dunia Lisbet Gálvez Domínguez
Edwin Yafet Arteaga Choéz
Ellen Brithney López Narváez
Erick Andrés Mero Santana
Erik Gabriel Villavicencio Cedeño
Erika Jeraldyn González Chiriboga
Ernesto Jandry Delvalle Avila
Evelin Vanessa González Rodríguez
Ewerton Samuel Ribera Carranza
Francisco Segundo Ponce Reyes
George Alfredo Cañarte Baque
Gianna Briggitte Segovia Ponce
Gilmar Gerardo Delgado Zamora
Glider Nunilo Parrales Cantos
Harol Andres Rosero Bazantes
Heber Emigdio Reyes Menéndez
Ingrid Lilibeth Cevallos Meza
Irina Nicole Quimis Macías
Ivanova Claribel Orejuela Mendoza
Jesús Francisco Baque Suarez
Jhoan Aaron Plaza Meneses
Joffre Paul Quimis Bacusoy
Jordy Rafael Pluas Ponce
Joselyn Azucena Baque Gómez
Joselyn Dayanara Castro Castro
Josselyn Melissa Medina Velásquez
José Fabian Torres Parrales
Juana Padilla Gutiérrez
Julio Johnny Regalado Jalca
Jéssica Fiorela Salinas Martínez
Kandra Anahí Zambrano Erazo
Kane Anderson Bello Vera
Kerly Yesenia Morales Ushiña
Keyla Paulette Ríos Pincay
Kleber Leonardo Suárez Choéz
Luigi Ronnie Barroso Plua
Luis Alfonso Moreno Ponce
Luis Vicente Ceballos Cantos
Manolo Castro Solís
Martha Johana Álvarez Álvarez
María de los Ángeles Cevallos Patín
María Elena García Echeverría
María Gregoria Vidal Vidal
María Lorena Ponce Vinces
Mercedes Marcela Pincay Pilay
Miguel Perfecto Terán García
Roberth Francisco Vera Galarza
Samuel Josias Lema Guamán
Saury Fabricio Cañarte Valencia
Sheyla Nasari Reyes Calero
Vanessa Estefanía Suárez Carriel
Víctor Alejandro Lino Calle
Wilson Jander Cedeño Zambrano
Yesenia Vanessa Sornoza Almendariz
Yorvin Leonardo Armijos Quimis

Título: Ingeniería en Acción: Transformando el Entorno Construido en la Región de Jipijapa
Descriptores: Ingeniería civil; Obras públicas; Servicio de utilidad pública; Organización y Gestión
Código UNESCO: 3305.06 Ingeniería Civil
Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 624/Q419
Área: Tecnología de la construcción
Edición: 1era
ISBN: 978-9942-678-04-1
Editorial: Saberec, 2024
Ciudad, País: Quito, Ecuador
Formato: 148 x 210 mm.
Páginas: 700
DOI: https://doi.org/10.26820/978-9942-678-04-1
URL: https://repositorio.saberec5.com.ec/index.php/saberec/catalog/book/20

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Ingeniería en Acción: Transformando el Entorno Construido en la Región de Jipijapa,** es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.

Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Directora Académica: Ab. Luz Argoti
Dirección Central SABEREC: Sector Ponceano Alto, Edificio Miraflores
Editor de Arte y Diseño: Leslie Letizia Plua Proaño
Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Índices

Contenidos

SABER**EC 5.0**

Prólogo ---------- 44
Introducción ---------- 36

Capítulo I:
Unidad 1: Ingeniería de Transporte e infraestructura vial
Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil:
Del Teodolito al LiDAR ---------- 49
Jordy Rafael Pluas Ponce; Diego Sornoza Parrales;
Harol Andres Rosero Bazantes; Dimas Geovanny Vera Pisco

Capítulo II.
Diseño funcional de las calles que conforman el sector 2
del sitio Sancán del cantón Jipijapa ---------- 63
Denny Augusto Cobos Lucio; Daniel Mauricio Reyes Pilay;
Edwin Yafet Arteaga Choéz; Sheyla Nasari Reyes Calero

Capítulo III.
Evaluación del diseño geométrico de la curva la pita
en la vía jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa. ---------- 75
Denny Augusto Cobos Lucio; Roberth Francisco Vera Galarza;
Ewerton Samuel Ribera Carranza; María Gregoria Vidal Vidal

Capítulo IV.
Aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, sucre, veinticuatro
de mayo, en Ecuador ---------- 95
Ana Gabriela Cedeño Pico; Francisco Segundo Ponce Reyes

Capítulo V.
Análisis de la Seguridad Vial del tramo de vía
desde Ricaurte hasta Zapallo utilizando
la Metodología Star Rating (SRS) ---------- 111
Kleber Leonardo Suárez Choéz; Luis Alfonso Moreno Ponce;
Antonio Alejandro Suárez Choéz

Capítulo VI.
Unidad 2: Ingeniería estructural e infraestructuras
Comportamiento no lineal de una estructura de hormigón
armado variando la ortogonalidad de las líneas
resistentes de 0° a 20° ---------- 124
Erik Gabriel Villavicencio Cedeño; Ingrid Lilibeth Cevallos Meza

Capítulo VII.
Revisión del Estado del Arte del Impacto de la Humedad
en las Estructuras Civiles ---------- 142
Julio Johnny Regalado Jalca; María Elena García Echeverria;
María Lorena Ponce Vinces

Capítulo VIII.
Revisión Bibliográfica sobre el Diagnóstico y Mitigación
de Patologías en la Construcción ---------- 155
Harol Andres Rosero Bazantes; Evelin Vanessa González Rodríguez;
Dimas Geovanny Vera Pisco; Diego Sornoza Parrales

Capítulo IX.
Análisis sobre la aplicación de la norma ecuatoriana
de la construcción en edificios a partir del sismo de abril 2016 ---------- 167
Daniel David Carvajal Rivadeneira; Wilson Jander Cedeño Zambrano;
José Fabian Torres Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

Capítulo X.
Impacto de las Tecnologías Emergentes en la Gestión
de Infraestructuras Urbanas ---------- 181
Julio Johnny Regalado Jalca; Deyvi Jackson Romero Jiménez;
Alex Vicente Quimiz Tumbaco

Capítulo XI.
Revisión del Estado del Arte en Impacto del Cambio Climático
en las Infraestructuras Civiles ---------- 193
Martha Johana Álvarez Álvarez; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza;
Julio Johnny Regalado Jalca

Capítulo XII.
Análisis de normativas y prácticas de seguridad
en los procesos de construcción civil en Ecuador ---------- 208
Daniel David Carvajal Rivadeneira; Gilmar Gerardo Delgado Zamora;
Diego Sornoza Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

Capítulo XIII.
Análisis del proceso constructivo de la obra Ikaria
en la ciudad de Manta ---------- 222
Glider Nunilo Parrales Cantos; Jhoan Aaron Plaza Meneses;
Kerly Yesenia Morales Ushiña; Jéssica Fiorela Salinas Martínez

Capítulo XIV.
Diseño de una conexión soldada cimentación-columna RCFT
mediante elementos finitos en pórticos especiales
a momento SMF, utilizados en Ecuador ---------- 245
David Joel Suárez Reyes; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza

Capítulo XV.
Estudio de caso sobre la planificación, programación
y control de obra a través del proceso constructivo
de una vivienda unifamiliar---------- 269
Erick Andrés Mero Santana; Keyla Paulette Ríos Pincay;
Glider Nunilo Parrales Cantos

Capítulo XVI.
Pronóstico de problemas en infraestructura física
para la prevención futura en la comuna Sancán:
tendencias y necesidades ---------- 279
Daniel David Carvajal Rivadeneira; Ana Belén Zambrano Zambrano;
Denny Augusto Cobos Lucio; Víctor Alejandro Lino Calle

Capítulo XVII.
Diseño de un parque lúdico para la ciudadela Las Cumbres
de la ciudad de Jipijapa ---------- 295
Miguel Perfecto Terán García; Ernesto Jandry Delvalle Avila

Capítulo XVIII.
Evaluación de la calidad del suelo para cimentación
de obras civiles sector 3 del sitio Sancán del cantón Jipijapa ---------- 318
Denny Augusto Cobos Lucio; Saury Fabricio Cañarte Valencia;
Vanessa Estefanía Suárez Carriel; Sheyla Nasari Reyes Calero

Capítulo XIX.
Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil:
Del Teodolito al LiDAR---------- 330
Jordy Rafael Pluas Ponce; Diego Sornoza Parrales;
Harol Andres Rosero Bazantes; Dimas Geovanny Vera Pisco

Capítulo XX.
Análisis de patología estructural del ducto cajón ubicado
en el barrio 8 de Enero de la ciudad de Jipijapa ---------- 344
Joselyn Dayanara Castro Castro; George Alfredo Cañarte Baque

Capítulo XXI.
Influencia de la dirección de vigas secundarias
en edificios de acero ---------- 362
Erik Gabriel Villavicencio Cedeño; Carlos Alexander Camacho Crespo

Capítulo XXII.
Diseño de una vivienda unifamiliar utilizando bambú
como elemento estructural y no estructural en la comuna Joa
del cantón Jipijapa ---------- 385
Joselyn Azucena Baque Gómez; Glider Nunilo Parrales Cantos

Capítulo XXIII.
Evaluación de innovaciones en técnicas de anclaje
y conexión para estructuras metálicas en viviendas
en la comuna Sancán, cantón Jipijapa. ---------- 400
Angie Zambrano Zambrano; David Guanin Zamora;
Juana Padilla Gutiérrez; Glider Parrales Cantos

Capítulo XXIV.
Unidad 3: Materiales de construcción para obras civiles
y su impacto ambiental
Consideraciones técnicas y normativas de la guadua

en la construcción de viviendas en el Ecuador ---------- 427
Daniel David Carvajal Rivadeneira; Josselyn Melissa Medina Velásquez; Diego Sornoza Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

Capítulo XXV.
Uso de plástico en la construcción de viviendas.
Caso barrio Santa Martha, de la ciudad de Manta ---------- 442
Denny Jonathan Delgado Lucas; Francisco Segundo Ponce Reyes

Capítulo XXVI.
Análisis de resistencias a la compresión
en el hormigón celular con adición porcentual de perlas
de poliestireno expandido---------- 451
Luigi Ronnie Barroso Plua; María de los Ángeles Cevallos Patín; Ewerton Samuel Ribera Carranza; Dunia Lisbet Gálvez Domínguez

Capítulo XXVII.
Evaluación del Comportamiento Mecánico de Materiales
de Construcción Viales Hidratados con Agua de Mar
en la Provincia de Manabí---------- 467
Angélica Marena Plúa Ponce

Capítulo XXVIII.
Efectos del cambio climático en la durabilidad del hormigón---------- 489
Dennis Romario Tandaso Elizalde; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza

Capítulo XXIX.
Técnicas estadísticas para el monitoreo y control
de calidad en proyectos de ingeniería---------- 505
Yesenia Vanessa Sornoza Almendariz; Dimas Geovanny Vera Pisco; Mercedes Marcela Pincay Pilay; Diego Renato Sornoza Parrales

Capítulo XXX.
Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo
para cimentación de obras civiles en el sitio La Dolorosa
del cantón Jipijapa. ---------- 518
Irina Nicole Quimis Macías; Digna Elizabeth Loor Sierra; Mercedes Marcela Pincay Pilay

Capítulo XXXI.
Unidad 4: Sanitaria e Hidráulica
Modelo hidrológico de la parte alta de la cuenca
del río Jipijapa con herramientas geoespaciales ---------- 531
Armijos Quimis Yorvin Leonardo; Martha Álvarez Álvarez

Capítulo XXXII.
Modelo hidrológico de la parte baja de la Cuenca
del Río Jipijapa con Herramientas Geoespaciales ---------- 544
Kane Anderson Bello Vera; Martha Álvarez Álvarez

Capítulo XXXIII.
Evaluación de la capacidad hidráulica para una captación
de agua subterránea del recinto Zapallo, cantón Quinindé,
provincia de Esmeraldas ---------- 556
Dante Stalin Murillo Baque; Ellen Brithney López Narváez

Capítulo XXXIV.
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
de la parroquia Membrillal del cantón Jipijapa, etapa 2 ---------- 582
Heber Emigdio Reyes Menéndez; Manolo Castro Solís

Capítulo XXXV.
Diseño para la Mejora del Sistema Sanitario y Biodigestor
Intradomiciliario: Estudio de Caso
en la Comuna Sancán, Jipijapa, Manabí ---------- 603
Gianna Briggitte Segovia Ponce; Dante Stalin Murillo Baque

Capítulo XXXVI.
Propuesta de diseño para el sistema de alcantarillado
pluvial en el recinto Mariscal Sucre, parroquia La América,
cantón Jipijapa ---------- 613
Alex Vicente Quimiz Tumbaco; Julio Johnny Regalado Jalca;
Joffre Paul Quimis Bacusoy

Capítulo XXXVII.
Diseño de planta de tratamiento mediante biodigestor
para el recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América
del cantón Jipijapa ---------- 623
María Lorena Ponce Vinces; Samuel Josias Lema Guamán

Capítulo XXXVIII.
Evaluación ambiental de la construcción del alcantarillado pluvial
en la parroquia La América, Cantón Jipijapa ---------- 638
Carlos Enrique Parrales García; Jéssica Fiorela Salinas Martínez;
Erika Jeraldyn González Chiriboga; Ellen Brithney López Narváez

Capítulo XXXIX.
Comprobación funcional del tanque tipo reservorio ubicado
en el Barrio Colinas del Este de la ciudad de Jipijapa ---------- 649
Heber Emigdio Reyes Menéndez; Manolo Castro Solís

Capítulo XL.
Rediseño de las lagunas de tratamiento de aguas residuales
de la ciudad de San Vicente, provincia de Manabí ---------- 669
Kandra Anahí Zambrano Erazo; Martha Johana Álvarez Álvarez

Capítulo XLI.
Evaluación del Uso de Agua de Playa de Puerto Cayo
en la Resistencia del Hormigón Simple---------- 690
Jesús Francisco Baque Suarez; Allison Denisse Alvia Chóez;
Luis Vicente Ceballos Cantos

Conclusiones ---------- 698

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Índices

Tablas

SABER**EC 5.0**

Tabla 1. Aceptados y descartados ---- 55
Tabla 2. Tabla de radios recomendados para curvas de 3 centros ---- 68
Tabla 3. Criterios de diseño geométrico ---- 69
Tabla 4. Verificación del cumplimiento
de las especificaciones requeridas---- 70
Tabla 5. Resumen de curvaturas empleadas vs recomendadas---- 72
Tabla 6. Resumen del volumen de transito de la curva la pita ---- 81
Tabla 7. Intensidad de tráfico transformada a vehículo liviano ---- 82
Tabla 8. Tasas de crecimiento anual ---- 82
Tabla 9. Proyección del Tráfico Promedio Anual---- 83
Tabla 10. TPDA Proyectado en la Vía Jipijapa – Noboa ---- 83
Tabla 11. Clasificación según la jerarquía de la red vial ---- 84
Tabla 12. Valores de diseño recomendado para carreteras
de dos carriles y caminos vecinales de construcción---- 85
Tabla 13. Resumen de curvas horizontales del trazado vial actual---- 89
Tabla 14. Resumen de elementos de la propuesta
del rediseño de curvas horizontales---- 90
Tabla 15. Condiciones de aceras y bordillos
para el sector Eloy Alfar; calle Comercio cuadra nro. 1---- 101
Tabla 16. Condiciones de aceras y bordillos
para la calle Comercio cuadra # 1; (abscisa 0+100 hasta 0+248).---- 102
Tabla 17. Condiciones de aceras y bordillos
para la vía Noboa del sector Eloy Alfaro.---- 103
Tabla 18. Condiciones de aceras y bordillos
para la calle Bogomil Trampuz; del sector Eloy Alfaro.---- 104
Tabla 19. Condiciones de aceras y bordillos
calle comercio cuadra nro. 2---- 105
Tabla 20. Condiciones de aceras y bordillos
calle José Tóala Ortega; del sector Eloy Alfaro.---- 106
Tabla 21. Condiciones de aceras y bordillos
calle comercio intersección en calle José Tóala Ortega;
del sector Eloy Alfaro. ---- 107
Tabla 22. Clasificación de los accidentes---- 116
Tabla 23. Amenaza en el lado del conductor---- 117
Tabla 24. Clasificación por estrellas
para los ocupantes de vehículos---- 118
Tabla 25. Clasificación por estrellas para motociclistas---- 118
Tabla 26. Análisis económico de las principales contramedidas ---- 120

Tabla 27. Características de las secciones
de los elementos estructurales ---------- 127
Tabla 28. Cálculo del espectro elástico del NEC-SE-DS (2015b)
de las estructuras ---------- 129
Tabla 29. Niveles de desempeño de las estructuras basadas
en la metodología Hazus ---------- 138
Tabla 30. Aceptados y descartados ---------- 160
Tabla 31. Nivel de Capacitación en Seguridad Laboral ---------- 213
Tabla 32. Nivel de Capacitación en Seguridad Laboral ---------- 215
Tabla 33. Presencia de supervisores capacitados
en proyectos de construcción---------- 216
Tabla 34. Materiales y propiedades usadas
en el diseño estructural de las edificaciones.---------- 250
Tabla 35. Propiedades del panel metálico y la sección compuesta
de la losa colaborarte ---------- 251
Tabla 36. Proponer secciones ---------- 252
Tabla 37. Límite de la relación ancho-espesor del patín
y el alma de la viga secundaria---------- 252
Tabla 38. Proponer secciones ---------- 253
Tabla 39. Límite de la relación ancho-espesor del patín
el alma de la viga principal ---------- 253
Tabla 40. Proponer secciones ---------- 254
Tabla 41. Límite de la relación ancho-espesor de la base
y la altura de la columna compuesta---------- 254
Tabla 42. Secciones obtenidas en el análisis estructural,
cumpliendo los requerimientos de diseño. ---------- 255
Tabla 43. Geometría de la sección reducida
(Reduced Beam Section - Viga de Sección Reducida) ---------- 256
Tabla 44. Verificación de cortante dinámico y estático ---------- 256
Tabla 45. Verificación de los modos de vibrar mediante
el porcentaje de rotación en cada modo del modelo 2 ---------- 257
Tabla 46. Diseño de placa base según el AISC
Design Guide - Base Plate And Anchor Rod Design ---------- 258
Tabla 47. Exportación de cargas obtenida del ETABS
para el diseño en el IDEA StatiCa---------- 263
Tabla 48. Coordenadas UTM WGS 84---------- 274
Tabla 49. Holguras CPM del proyecto “Construcción
de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo” ---- 276

Tabla 50. Medias y Desviaciones Estándar de la Percepción de los Habitantes sobre Servicios y Políticas Locales ---- 286
Tabla 51. Nivel de satisfacción ---- 298
Tabla 52. Actividades recreativas ---- 299
Tabla 53. Espacios seguros para niños ---- 299
Tabla 54. Principales carencias y necesidades ---- 300
Tabla 55. Incorporar elementos educativos ---- 300
Tabla 56. Tipos de instalaciones ---- 301
Tabla 57. Gestión del mantenimiento y limpieza del parque lúdico ---- 301
Tabla 58. Participar en actividades comunitarias ---- 302
Tabla 59. Factores de corrección N escogidos ---- 323
Tabla 60. Correlación entre el número de Golpes y el N60 ---- 324
Tabla 61. Condiciones del Suelo Colapsable ---- 325
Tabla 62. Resumen del Sondeo 1 ---- 326
Tabla 63. Resumen del Sondeo 2 ---- 326
Tabla 64. Resumen del Sondeo 3 ---- 327
Tabla 65. Aceptados y descartados ---- 336
Tabla 66. Ficha de evaluación de vulnerabilidad. ---- 351
Tabla 67. Resultados losa superior ---- 352
Tabla 68. Ensayo de esclerometría ---- 353
Tabla 69. Especificaciones generales de los modelos de edificios de acero estructural. ---- 368
Tabla 70. Propiedades la losa deck ---- 369
Tabla 71. Valores de carga muerta (CM.) ---- 369
Tabla 72. Valores de carga viva (CV) respecto a su ocupación. ---- 370
Tabla 73. Combinaciones de cargas. ---- 371
Tabla 74. Valores para el espectro de diseño. ---- 372
Tabla 75. Valores para la gráfica del espectro de respuesta. ---- 372
Tabla 76. Secciones estructurales del edificio simétrico y asimétrico ---- 374
Tabla 77. Conexión RBS ---- 374
Tabla 78. Períodos de vibración ---- 375
Tabla 79. Rotación en planta ---- 376
Tabla 80. Derivas de nivel por sismo estático ---- 376
Tabla 81. Derivas de nivel por sismo dinámico ---- 377
Tabla 82. Desplazamiento de nivel por sismo estático ---- 378
Tabla 83. Desplazamiento de nivel por sismo dinámico ---- 379
Tabla 84. Torsión por sismo estático ---- 380
Tabla 85. Torsión por sismo dinámico ---- 380

Tabla 86. Presupuesto referencial ---------- 381
Tabla 87. Eficiencias globales de las secciones estructurales ---------- 381
Tabla 88. Relación costo - eficiencia ---------- 382
Tabla 89. Descripción de propiedades mecánica
de la caña Bambú ---------- 389
Tabla 90. Tabla de resumen de diámetros ---------- 391
Tabla 91. Tabla de resumen de espesores---------- 392
Tabla 92. Estadística Relacionada a la Encuesta ---------- 410
Tabla 93. Área con presencia de caña guadua en Ecuador ---------- 433
Tabla 94. Calidad de edificaciones y viviendas de caña guadua ------ 434
Tabla 95. Requisitos para la identificación e implementación
de la caña guadua en construcciones---------- 435
Tabla 96. Coeficientes por duración de carga ---------- 436
Tabla 97. Coeficientes por contenido de humedad ---------- 438
Tabla 98. Características y propiedades del plástico PET---------- 448
Tabla 99. Porcentaje de humedad del suelo---------- 458
Tabla 100. Análisis granulométrico de la arena ---------- 458
Tabla 101. Peso unitario suelto y peso unitario compactado
de la arena fina lavada---------- 460
Tabla 102. Gravedad específica y porcentaje
de absorción del árido ---------- 460
Tabla 103. Dosificación de diseño obtenida mediante calculo.--------- 461
Tabla 104. Corrección diseño patrón de hormigón celular. ---------- 461
Tabla 105. Diseño hormigón celular con sustitución del 15%
del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido -------- 462
Tabla 106. Diseño hormigón celular con sustitución del 25%
del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido -------- 462
Tabla 107. Diseño hormigón celular con sustitución del 35%
del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido -------- 463
Tabla 108. Resistencias alcanzadas a los 7, 14, 21
y 28 días de curado---------- 463
Tabla 109. Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas
de las probetas con material
de la cantera Megarok utilizando agua potable. ---------- 471
Tabla 110. Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas
de las probetas con material de la cantera Uruzca
utilizando agua potable. ---------- 471

Tabla 111. Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Megarok utilizando agua de mar. ---- 471
Tabla 112. Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Uruzca utilizando agua de mar. ---- 472
Tabla 113. Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material base utilizando agua potable y agua de mar. ---- 472
Tabla 114. Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material sub-base utilizando agua potable y agua de mar. ---- 473
Tabla 115. Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material sub-base utilizando agua potable y agua de mar. ---- 473
Tabla 116. Resultados del SPC en una empresa constructora---- 509
Tabla 117. Errores en la columna de concreto por 12 semanas. ---- 510
Tabla 118. Guía de selección de experimentos---- 513
Tabla 119. Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 1---- 525
Tabla 120. Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 2---- 526
Tabla 121. Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 3---- 527
Tabla 122. Capacidad de carga de suelos perforación 1 ---- 528
Tabla 123. Capacidad de carga de suelos perforación 2 ---- 528
Tabla 124. Capacidad de carga de suelos perforación 3 ---- 529
Tabla 125. Parámetros Fisiográficos De Una Cuenca Hidrográfica---- 536
Tabla 126. Coordenadas. ---- 537
Tabla 127. Tabla de curvas de nivel ---- 537
Tabla 128. Parámetros Red Hidrográfica De Una Cuenca ---- 539
Tabla 129. Parámetros Fisiográficos De Una Cuenca Hidrográfica---- 550
Tabla 130. Parámetros De La Red Hidrográfica De La Cuenca ---- 552
Tabla 131. Análisis Físico---- 561
Tabla 132. Análisis químico---- 562
Tabla 133. Análisis bacteriológico ---- 563
Tabla 134. Análisis por cada 20 cm del pozo---- 565
Tabla 135. Tabla de consumó ---- 565
Tabla 136. Datos estadísticos de censos en la zona de estudio---- 587
Tabla 137. Datos de encuesta socioeconómica---- 587
Tabla 138. Periodos de diseño recomendados---- 588

Tabla 139. Dotación de agua en base al nivel del sistema en el área rural. ---- 591
Tabla 140. Tipo de tubería que se va a utilizar, en este caso será PVC. ---- 593
Tabla 141. Caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal, etapa 1. ---- 594
Tabla 142. Caudal de diseño total ---- 595
Tabla 143. Cálculo de parámetros hidráulicos de tubería totalmente llena ---- 596
Tabla 144. Cálculo de parámetros hidráulicos para tubería totalmente llena y relaciones hidráulicas ---- 597
Tabla 145. Diseño final del sistema de alcantarillado sanitario etapa 2, mediante hojas de cálculos de Microsoft Excel ---- 598
Tabla 146. Comprobación de la red de alcantarillado sanitario etapa 2, mediante SewerCAD. ---- 598
Tabla 147. Análisis comparativo de resultados ---- 599
Tabla 148. Presupuesto referencial y planos de diseño para ejecución del sistema de alcantarillado sanitario. ---- 600
Tabla 149. Calculo del caudal de diseño de sistema del alcantarillado sanitario ---- 609
Tabla 150. Calculo de Tubería Parcialmente llena ---- 609
Tabla 151. Segunda parte del cálculo de tubería parcialmente llena ---- 610
Tabla 152. Resultados de la comprobación hidráulica en tramos de conductos ---- 618
Tabla 153. Resultados de la comprobación hidráulica en descarga final ---- 619
Tabla 154. Resultados de la comprobación hidráulica en pozos de inspección ---- 620
Tabla 155. Información básica. ---- 632
Tabla 156. Lista accesorios del biodigestor ---- 632
Tabla 157. Especificaciones del biodigestor capacidad de 7.000 litros ---- 634
Tabla 158. Factores bióticos de la flora de la Parroquia La América ---- 644
Tabla 159. Matriz de Leopold, fase constructiva ---- 646
Tabla 160. Dotación futura media ---- 654
Tabla 161. Oferta horaria acumulada ---- 657
Tabla 162. Demanda horaria acumulada ---- 658

Tabla 163. Diferencia oferta - demanda ---------- 659
Tabla 164. Dotación media futura 2034 ---------- 660
Tabla 165. Caudal de incendio 2034 ---------- 661
Tabla 166. Datos de diseño del tanque tipo reservorio
ubicado en el Barrio Colinas del Este ---------- 663
Tabla 167. Tabla de resumen de la proyección a 12 años
con la población actual del circuito ---------- 664
Tabla 168. Cuadro comparativo entre los componentes
necesarios con lo que se encuentran en situ ---------- 666
Tabla 169. Dimensionamiento del sistema de lagunas
de tratamiento de aguas residuales del Cantón San Vicente. ---------- 676
Tabla 170. Puntos de muestreo de agua residual
y sistema de lagunas en la ciudad San Vicente. ---------- 676
Tabla 171. Resultados del ensayo de calidad
de agua residual en la ciudad San Vicente. ---------- 677
Tabla 172. Dotaciones recomendadas por Senagua ---------- 678
Tabla 173. Caudales de diseño de aguas residuales ---------- 679
Tabla 174. Determinación de eficiencia de remoción
de contaminantes en el sistema de lagunas de tratamiento
de aguas residuales de la ciudad San Vicente. ---------- 680
Tabla 175. Temperatura de diseño ---------- 682
Tabla 176. Dimensionamiento actual de las lagunas
de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente ---------- 685
Tabla 177. Dimensionamiento sugerido de las lagunas
de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente ---------- 685
Tabla 178. Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado
con agua de mar y curado con agua de mar. ---------- 694
Tabla 179. Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado
con agua de mar y curado con agua potable. ---------- 695
Tabla 180. Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado
con agua potable y curado con agua de mar. ---------- 696

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Índices

Figuras

SABER**EC 5.0**

Figura 1. Gráfico de Coocurrencia ---- 57
Figura 2. Gráfico de Coocurrencia ---- 58
Figura 3. Gráfico de Coautoría ---- 59
Figura 4. Sección transversal del diseño ---- 70
Figura 5. Tramo calle Augusto Lourido 0+000-0+050---- 71
Figura 6. Intersección Jipijapa-Augusto Lourido ---- 72
Figura 7. Puntos de intersección de calles actuales
con proyectadas ---- 73
Figura 8. Ubicación geográfica de la curva La Pita ---- 79
Figura 9. Estado actual de la curva La Pita ---- 89
Figura 10. Propuesta del diseño de La curva La Pita Km 6+600
hasta Km 7+341.50 ---- 91
Figura 11. Propuesta del diseño de La curva La Pita Km 7+341.50
hasta Km 7+916.06 ---- 91
Figura 12. Sección típica propuesta del tramo curva La Pita---- 92
Figura 13. Factores de riesgo ---- 117
Figura 14. Espectro de aceleraciones: a) estructura regular (M1), b)
estructura irregular (M1) ---- 130
Figura 15. Relación de los espectros elásticos escalados
al espectro objetivo del sitio ---- 132
Figura 16. Derivas máximas de piso del promedio del análisis
no lineal dinámico ---- 135
Figura 17. Desplazamientos máximos del promedio del análisis
no lineal dinámico ---- 136
Figura 18. Desplazamientos M1: a) Desplazamiento
en sentido X, b) Desplazamiento en sentido Y ---- 137
Figura 19. Desplazamientos M2: a) Desplazamiento
en sentido X, b) Desplazamiento en sentido Y ---- 138
Figura 20. Gráfico de Coocurrencia ---- 162
Figura 21. Gráfico de Coocurrencia ---- 163
Figura 22. Gráfico de Coautoría ---- 164
Figura 23. Principales fallas ocurridas
en Portoviejo -Simo16 de abril ---- 173
Figura 24. Daños estructurales causados por el sismo
del 19 de diciembre de 2016 (Mw 5.4 en Esmeraldas) ---- 174
Figura 25. Implementación de la NEC posterior al sismo del 2016 --- 175
Figura 26. Opinión sobre la realización de mejoras a la NEC ---- 175
Figura 27. Mapa de zonificación sísmica de Ecuador
para un periodo de retorno de 500 años---- 177

Figura 28. Planta arquitectónica de un edificio de uso residencial de cuatro plantas---- 250
Figura 29. Modelo estructural del edificio en ETABS---- 255
Figura 30. Fuerza cortante estática y dinámica por piso ---- 256
Figura 31. Derivas inelásticas por piso ---- 257
Figura 32. Relación demanda-capacidad de las vigas principales-vista en plata y 3D---- 257
Figura 33. Relación demanda-capacidad de las columnas RCFT-vista en elevación y 3D ---- 258
Figura 34. Secciones de placa base propuesto para el prediseño ---- 259
Figura 35. Modelo 3D de la cimentación para la columna analizada ---- 262
Figura 36. Definición de las secciones de columna ---- 262
Figura 37. Definición de secciones de la placa base, anclajes, soldadura y bloque de cimentación ---- 263
Figura 38. Cargas de diseño obtenidas de los combos definidos en ETABS ---- 264
Figura 39. Resumen del análisis de los elementos de la conexión en el programa IDEA StatiCa ---- 264
Figura 40. Verificación de la tensión equivalente en la paca base bajo los efectos de la carga extrema por medio de elementos finitos. ---- 265
Figura 41. Verificación de los anclajes bajo los efectos de la carga extrema---- 265
Figura 42. Verificación de la soldadura bajo los efectos de la carga extrema---- 266
Figura 43. Esquema metodológico aplicados a proyectos civiles---- 274
Figura 44. Representación gráfica del Diagrama de Seguimiento de Gantt del proyecto “Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo”---- 275
Figura 45. Graficación de la Red Final CPM “Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo”---- 276
Figura 46. Proyección de la Ruta crítica con Microsoft Project ---- 277
Figura 47. Estadística descriptiva relacionada a la encuesta ---- 287
Figura 48. Criterio de susceptibilidad de Bray y Sancio (2006)---- 324
Figura 49. Perfil Estratigráfico – Tipo de Suelo ASTM.---- 327

Figura 50. Perfil Estratigráfico - Clasificación de suelos UNE. ---- 327
Figura 51. Perfil Estratigráfico – Capacidad de carga del suelo. ---- 328
Figura 52. Gráfico de Coocurrencia ---- 338
Figura 53. Gráfico de Coocurrencia ---- 339
Figura 54. Gráfico de Coautoría ---- 340
Figura 55. Graficación del ducto cajón ubicado en el barrio 8 de Enero del cantón Jipijapa. ---- 348
Figura 56. Ensayo de esclerometría con el martillo Schmidt (ASTM C 805/805M-13A). ---- 349
Figura 57. Grafica de vulnerabilidad. ---- 351
Figura 58. Ensayo esclerometría ---- 353
Figura 59. Presencia de patología por contaminación biológica ---- 356
Figura 60. Presencia de fisuración en el ducto cajón ---- 357
Figura 61. Falla por corrosión en el ducto cajón de hormigón armado ---- 357
Figura 62. Edificio simétrico en base a la relación 1.0 ---- 367
Figura 63. Edificio asimétrico en base a la relación 2.5 ---- 368
Figura 64. Espectro de diseño - elástico e inelástico ---- 373
Figura 65. Vista 3D de los edificios de acero estructural modelados en Etabs-18 ---- 374
Figura 66. Derivas de nivel por sismo estático ---- 377
Figura 67. Derivas de nivel por sismo dinámico ---- 378
Figura 68. Desplazamiento de nivel por sismo estático ---- 379
Figura 69. Desplazamiento de nivel por sismo dinámico ---- 380
Figura 70. Representación del presupuesto referencial ---- 381
Figura 71. Eficiencias globales de las secciones estructurales ---- 382
Figura 72. Determinación de diámetro ---- 391
Figura 73. Determinación de espesores ---- 392
Figura 74. Anclaje estructural de hormigón con columnas de caña ---- 393
Figura 75. Uniones de las cañas en vigas y columnas ---- 393
Figura 76. Detalles de la estructura de caña ---- 394
Figura 77. Planos de cimentación ---- 395
Figura 78. Piso de madera y vigas de cañas de madera y viga ---- 395
Figura 79. Planta Baja ---- 396
Figura 80. Planta alta ---- 396
Figura 81. Fachada ---- 367
Figura 82. Errónea instalación de placas base en cimentación ---- 405

Figura 83. Correcta instalación de placas base en cimentación (e-struc, 2018). ---- 405
Figura 84. Instalación de tubos metálicos en obra ---- 407
Figura 85. Agregado de concreto en los tubos metálicos ---- 407
Figura 86. Espacios entre una errónea unión de viga columna ---- 408
Figura 87. Instalación de rieles que no cumplen con las separaciones especificadas por la norma ---- 409
Figura 88. Gráfica Relacionada a la Percepción de la Encuesta ---- 411
Figura 89. Curva granulométrica árido arena fina lavada ---- 459
Figura 90. Curva de resistencias a la compresión alcanzadas por los diseños de hormigón celular ---- 464
Figura 91. Gráfica p de las muestras. ---- 510
Figura 92. Diseño central compuesto cerrado ---- 512
Figura 93. Diseño central compuesto cerrado ---- 512
Figura 94. Distancia de Mahalanobis ---- 514
Figura 95. Zona de estudio parte alta de la cuenca del rio Jipijapa ---- 534
Figura 96. Curva Hipsométrica ---- 538
Figura 97. Frecuencias de altitudes ---- 538
Figura 98. Zona de estudio ---- 540
Figura 99. Modelo hidrológico parte alta de la cuenca del rio Jipijapa. ---- 540
Figura 100. Longitud del cauce hasta el centroide ---- 541
Figura 101. Pendiente de los ríos ---- 541
Figura 102. Parte baja de la cuenca del río Jipijapa ---- 547
Figura 103. Imágenes Rasters del Satélite ALOS PALSAR ---- 549
Figura 104. Curva Hipsométrica ---- 551
Figura 105. Polígono De Frecuencias De Altitudes ---- 551
Figura 106. Modelo Hidrologico De La Parte Baja Del Rio Jipijapa ---- 553
Figura 107. Delimitacion De Las Subcuencas Y Sus Respectivas Elevaciones ---- 553
Figura 108. Localización para la ejecución del trabajo de investigación ---- 608
Figura 109. Distribución de manzanas para el calculo de la red de alcantarillado sanitario. ---- 608
Figura 110. Mapa que indica la posición o localización del área de investigación ---- 617
Figura 111. Funcionamiento de un Biodigestor ---- 618

Figura 112. Modelo del biodigestor tipo FAFA capacidad 20.000 litros ---------- 633
Figura 113. Modelo Rotoplas autolimpiable de 7.000 litros ---------- 635

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Prólogo

SABER**EC 5.0**

La ingeniería civil es el arte y la ciencia de construir el mundo que nos rodea. Desde las carreteras que nos conectan hasta los edificios que habitamos, los ingenieros civiles son los arquitectos de nuestra sociedad. Este libro es una celebración de la amplitud y profundidad de esta disciplina, un viaje a través de los temas más relevantes y actuales de la ingeniería civil.

En 4 capítulos, la Universidad Estatal del Sur de Manabí, a través de la carrera de Ingeniería Civil y swus proyectos de investigación nos invitan a recorrer la Ingeniería de Transporte e Infraestructura Vial, nos adentramos en la Ingeniería Estructural e Infraestructuras, luego nos lleva al mundo de los Materiales de Construcción para Obras Civiles y su Impacto Ambiental. Finalmente se centra en la Ingeniería Sanitaria e Hidráulica.

Este libro es una herramienta valiosa para estudiantes, profesionales y cualquier persona interesada en la ingeniería civil. Los invitamos a sumergirse en sus páginas y descubrir la pasión y el ingenio que dan forma a nuestro mundo construido

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Introducción

SABER**EC 5.0**

La ingeniería civil, columna vertebral de nuestra sociedad moderna, es la disciplina que materializa las ideas y necesidades de la humanidad en infraestructuras tangibles. Desde las primeras construcciones de la antigüedad hasta los rascacielos y puentes que desafían la gravedad en el siglo XXI, los ingenieros civiles han sido los artífices del progreso.

Este libro nace con la vocación de ser un faro que ilumine el vasto y apasionante campo de la ingeniería civil. En sus páginas, encontrarán un mosaico de conocimientos que abarcan desde los fundamentos teóricos hasta las aplicaciones prácticas más innovadoras.

Hemos estructurado la obra en cuatro capítulos que se entrelazan para ofrecer una visión holística de la disciplina.

El Capítulo I nos invita a explorar la Ingeniería de Transporte e Infraestructura Vial, donde descubriremos cómo las técnicas topográficas han evolucionado desde el teodolito hasta el LiDAR, y cómo el diseño funcional de calles y la evaluación geométrica de curvas son cruciales para garantizar la seguridad vial.

En el Capítulo II, nos adentraremos en la Ingeniería Estructural e Infraestructuras, donde analizaremos el comportamiento no lineal de estructuras de hormigón armado, el impacto de la humedad y el cambio climático en las estructuras civiles, y la aplicación de normativas de construcción tras el sismo de abril de 2016 en Ecuador.

El Capítulo III nos sumergirá en el mundo de los Materiales de Construcción para Obras Civiles y su Impacto Ambiental. Aquí, exploraremos el uso de la guadua y el plástico en la construcción de viviendas, analizaremos las resistencias a la compresión en el hormigón celular y evaluaremos el comportamiento mecánico de materiales de construcción vial hidratados con agua de mar.

Finalmente, el Capítulo IV se centrará en la Ingeniería Sanitaria e Hidráulica, donde modelaremos cuencas de ríos con herramientas geoespaciales, evaluaremos la capacidad hidráulica de captaciones de agua subterránea y diseñaremos sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

Cada capítulo ha sido cuidadosamente elaborado para ofrecer una combinación equilibrada de teoría y práctica, con estudios de caso y ejemplos que ilustran los conceptos clave.

Este libro está dirigido a estudiantes de ingeniería civil, profesionales del sector y cualquier persona que sienta curiosidad por el mundo de la construcción y las infraestructuras.

Esperamos que esta obra sea una fuente de inspiración y conocimiento para todos aquellos que sueñan con construir un futuro mejor.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Unidad 1

Ingeniería de Transporte e infraestructura vial

Capítulo 1

Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil: Del Teodolito al LiDAR

AUTORES: Jordy Rafael Pluas Ponce; Diego Sornoza Parrales; Harol Andres Rosero Bazantes; Dimas Geovanny Vera Pisco

SABER**EC 5.0**

Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil: Del Teodolito al LiDAR

Evolution of Topographic Techniques in Civil Engineering: From Theodolite to LiDAR

Resumen

El objetivo de este trabajo fue examinar la evolución de las técnicas topográficas utilizadas en la ingeniería civil, desde los métodos tradicionales con el teodolito hasta las innovaciones modernas con la tecnología Lidar. Este estudio busca comprender cómo estos avances han influido en la precisión y eficiencia de los proyectos de ingeniería civil. La metodología se basó en una revisión de literatura utilizando bases de datos científicas como SCOPUS y Web of Science, así como buscadores académicos como Google Scholar. Se seleccionaron estudios publicados en los últimos treinta años que abordaron avances tecnológicos en instrumentos topográficos, aplicaciones prácticas en proyectos de ingeniería civil y comparaciones de eficiencia y precisión entre diferentes técnicas. Además, se realizó un análisis bibliométrico para evaluar la cantidad y calidad de las publicaciones en el área aplicando el software Vosviewer. Se establecieron criterios de inclusión para asegurar la relevancia y calidad de los artículos revisados. Los resultados muestran que el teodolito, utilizado desde el siglo XVI, fue esencial en la topografía tradicional. Avances posteriores incluyeron el tránsito y el nivel, y la estación total que integra la medición electrónica de distancia (EDM). Recientemente, la tecnología Lidar ha revolucionado la topografía con su capacidad para generar modelos tridimensionales de alta resolución y recopilar datos de forma rápida y precisa. Estos resultados permiten concluir que la evolución de las técnicas topográficas ha mejorado significativamente la precisión y eficiencia en la ingeniería civil. La adopción de nuevas tecnologías como el Lidar es importante para continuar avanzando en las prácticas de construcción y diseño.

Palabras clave: Topografía, Avances tecnológicos, Innovaciones en topografía.

Abstract

The objective of this work was to examine the evolution of topographic techniques used in civil engineering, from traditional methods with the theodolite to modern innovations with Lidar technology. This study seeks to understand how these advancements have influenced the accuracy and efficiency of civil engineering projects.

The methodology was based on a literature review using scientific databases such as SCOPUS and Web of Science, as well as academic search engines like Google Scholar. Studies published in the last thirty years that addressed technological advances in topographic instruments, practical applications in civil engineering projects, and comparisons of efficiency and accuracy between different techniques were selected. Additionally, a bibliometric analysis was conducted to evaluate the quantity and quality of publications in the area using Vosviewer software. Inclusion criteria were established to ensure the relevance and quality of the reviewed articles.

The results show that the theodolite, used since the 16th century, was essential in traditional topography. Subsequent advancements included the transit and level, and the total station which integrates electronic distance measurement (EDM). Recently, Lidar technology has revolutionized topography with its ability to generate high-resolution three-dimensional models and collect data quickly and accurately.

These results allow us to conclude that the evolution of topographic techniques has significantly improved accuracy and efficiency in civil engineering. The adoption of new technologies such as Lidar is important for continuing advancements in construction and design practices.

Keywords: Topography, Technological advances, Innovations in topography.

Introducción

En la era actual, caracterizada por el rápido avance tecnológico, la ingeniería civil y sus diversas ramas, incluida la topografía, han experimentado notables progresos. Real Academia de la Lengua Española (2014), la palabra “topografía” proviene del griego “topos”, que significa “lugar”, y “grafía”, que significa “descripción”. Rincón Villalba et al. (2018), definen la topografía como la ciencia que establece las posiciones de puntos situados sobre, encima y debajo de la superficie terrestre mediante la medición de distancias, ángulos y elevaciones. Esta disciplina es fundamental para la ingeniería civil, abarcando desde el inicio de una obra hasta la operación de infraestructuras sofisticadas.

Gonzales (1997), define la ingeniería civil como la disciplina que gestiona fuerzas, procesos y materiales naturales a gran escala para proporcionar la infraestructura necesaria para la producción. Esto incluye la concepción, diseño, construcción, operación y mantenimiento de diversas obras. Al igual que otras disciplinas, la ingeniería civil está en constante desarrollo tecnológico. Vintimilla (2024), afirma que los ingenieros civiles no solo construyen infraes-

tructuras, sino que también son pioneros tecnológicos. Utilizan herramientas avanzadas, como el diseño asistido por computadora y la gestión de proyectos en tiempo real, para transformar ideas en realidades concretas, situándose a la vanguardia de la revolución tecnológica. En este contexto, la topografía avanza al ritmo de la innovación tecnológica, adaptándose y evolucionando continuamente.

Es importante subrayar que los avances tecnológicos en la ingeniería civil son indispensables para la sociedad, ya que facilitan la mejora y el desarrollo social. Estos avances están directamente relacionados con la calidad de vida de los habitantes, al planificar, diseñar y gestionar la construcción de la infraestructura necesaria para el correcto funcionamiento de una ciudad (Serrano, 2023). Sin embargo, para llevar a cabo cualquier construcción, primero se debe estudiar el terreno donde se van a asentar estas estructuras, y es aquí donde la topografía juega un papel fundamental en la ingeniería civil.

Impacto de la precisión topográfica

Para determinar y representar la forma, tamaño y ubicación de una porción de la superficie terrestre en la topografía, es esencial medir diversas magnitudes. Estas mediciones se efectúan utilizando instrumentos específicos, aplicando métodos adecuados y bajo ciertas condiciones generales de trabajo (Videla, 2012).

La precisión en las mediciones topográficas es transcendental para el éxito de los proyectos de ingeniería civil. Sin embargo, Davis et al. (1967) y Estopinal (1993), coinciden que toda magnitud observada o medida contiene errores de una cantidad desconocida debido a múltiples causas, por lo cual una medida nunca es realmente verdadera. En este sentido Ballesteros (1984), Bannister et al. (2002) y Barry (1991), afirman que los errores en la medición se pueden agrupar en tres categorías: equivocaciones, errores sistemáticos y errores aleatorios; los primeros resultan de descuidos en las observaciones, los segundos se originan de fuentes que actúan de forma similar en las observaciones, se rigen por las leyes de la física por lo que su magnitud puede calcularse y su efecto eliminarse.

No obstante, la calibración de los equipos es también un factor que afecta en la precisión, por ello la tecnología está en juego en esta parte, pues contar con equipos con sensores o antenas receptoras de señal satelital (GNSS por sus siglas en inglés *"Global Navigation Satellite System")* que permiten la posición con gran exactitud son de mayor ayuda (Prieto, 2020). Siguiendo este enfoque una medición precisa con equipos de alta tecnología garantiza

la correcta planificación y ejecución de las obras, minimizando errores costosos y mejorando la seguridad. Por ejemplo, en la construcción de puentes y túneles, una desviación mínima en las mediciones puede llevar a problemas estructurales significativos.

Tecnologías Emergentes en la Topografía

Con los avances tecnológicos existen diversas tecnologías emergentes como el Sistema de Escáner Láser Terrestres (TLS) el cual es un sistema de medida sin prisma que resuelve la posición en función a la intensidad de la señal reflejada. El TLS, la nube de puntos y la malla generada a partir de ésta, dan una visión global del objeto observado, permitiendo modelizar el mismo e incorporar nuevos tipos de análisis. La principal ventaja de esta técnica es que permite obtener modelos continuos de paramentos, fachadas y estructuras de una manera rápida y segura en campo (Ramos et al., 2015).

Las estaciones totales robotizadas son equipos completamente automatizados que utilizan un sistema de reconocimiento automático de prisma (ATR) y servomotores para ajustar la retícula al centro del prisma. Controladas por ordenador, estas estaciones proporcionan datos de movimiento en tiempo real y son especialmente útiles en mediciones repetitivas, como trabajos de control y medidas en serie. El observador sólo necesita apuntar aproximadamente el visor al prisma y disparar la medición; el teodolito ajusta automáticamente el anteojo al centro del prisma, mide la distancia y corrige los ángulos con alta precisión. Este sistema asegura una precisión constante e independiente del observador, facilitando el trabajo del operador al eliminar la necesidad de enfocar y permitiendo medir cualquier prisma de manera rápida y eficiente (Campos de la cruz, 2009).

Además, los sistemas modernos de GPS, drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV) y sensores LiDAR (por sus siglas en inglés ***Ligth Distance and Ranging***), han sido avances capaces de trabajar con una precisión milimétrica. Los drones equipados con cámaras de alta resolución y sensores LiDAR permiten la captura rápida y detallada de datos topográficos en áreas de difícil acceso. La fotogrametría digital, por su parte, facilita la creación de modelos tridimensionales precisos a partir de fotografías aéreas (Ulloa, 2014).

De cara al futuro, se espera que la topografía adopte tecnologías de vanguardia y agilice los procesos para obtener resultados más eficientes. Con la ayuda de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, los datos de las encuestas se pueden procesar y analizar de forma más rápida y precisa, lo que conduce a una mejor toma de decisiones. Estos nuevos inventos podrían

cambiar por completo la forma en que realizamos el trabajo topográfico, haciéndolo más preciso y rápido.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se basó en la utilización exclusiva de la base de datos Scopus, reconocida por su extenso repertorio de literatura científica de alta calidad. El proceso de búsqueda fue sistIngeemático y estructurado, enfocándose en la recopilación de artículos publicados entre los años 2000 y 2024. Este rango temporal se seleccionó con el fin de capturar investigaciones recientes y relevantes, dado que, es un estudio de evolución en el campo de la topografía y la ingeniería civil.

Proceso de búsqueda

Para iniciar, se empleó la ecuación de búsqueda:

""Title-abs-key ("topographic techniques") and pubyear > 1998 and pubyear < 2025 and (limit-to (exactkeyword ,"topographic techniques") or limit-to (exactkeyword ,"topography") or limit-to (exactkeyword ,"article") or limit-to (exactkeyword ,"gps") or limit-to (exactkeyword ,"drones") or limit-to (exactkeyword ,"laser scanning") or limit-to (exactkeyword ,"laser scanner") or limit-to (exactkeyword ,"accuracy") or limit-to (exactkeyword ,"aerial photography") or limit-to (exactkeyword ,"aerial photograph") or limit-to (exactkeyword ,"accuracy and precision") or limit-to (exactkeyword ,"acceptance tests") or limit-to (exactkeyword ,"robotics") or limit-to (exactkeyword ,"surveying") or limit-to (exactkeyword ,"lidar") or limit-to (exactkeyword ,"surface property") or limit-to (exactkeyword ,"topographic mapping"))"

La misma que dio como resultado 173 artículos.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Únicamente artículos científicos
- Artículos publicados en el área de ingeniería.
- Estudios que abordan específicamente técnicas topográficas y su aplicación en la ingeniería civil.

Se excluyeron aquellos artículos que no cumplían con estos criterios, enfocados en asegurar que los estudios seleccionados fueran accesibles y de alta calidad.

Refinamiento de la Búsqueda

Para afinar aún más los resultados, se emplearon palabras clave específicas como *"Topographic Techniques","Topography","GPS","Drones","LiDAR","Laser Scanning","Accuracy", y "Surveying".* Este proceso riguroso redujo el número de artículos a 42, que fueron considerados adecuados para una revisión detallada.

Selección de artículos

La selección de artículos se llevó a cabo mediante la lectura detallada de los resúmenes de cada uno de ellos. A partir de esta revisión inicial, se eligieron aquellos artículos que mejor se ajustaban a los criterios de investigación y relevancia para el estudio. Los artículos seleccionados se presentan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 1.

Aceptados y descartados.

Estudios Seleccionados
42 para su lectura 15 aceptados
9 estudios Cuasiexperimentales 6 estudios experimentales
27 estudios descartados
17 estudios no enfocados en la topografía 10 estudios fuera del área de ingeniería

Análisis de los Datos

Los datos extraídos de los artículos seleccionados fueron analizados mediante la aplicación VOSviewer, una herramienta eficaz para realizar análisis de coautoría y coocurrencia. Este software permite visualizar las redes de colaboración entre investigadores y las relaciones temáticas entre los términos utilizados en los artículos, proporcionando una visión comprensiva del estado actual y de las tendencias emergentes en la ingeniería civil y la topografía.

Procedimiento

1. Recopilación de Datos: Los artículos seleccionados se descargaron y almacenaron para su análisis.

2. Preparación y Limpieza de Datos: Se realizó una limpieza de datos para eliminar duplicados y asegurar la relevancia de la información recopilada.
3. Análisis en VOSviewer: Se cargaron los datos en VOSviewer para realizar el análisis de redes y coocurrencia, visualizando las interrelaciones entre los temas investigados y los autores.

Este enfoque riguroso y estructurado garantizó que los resultados fueran representativos, permitiendo una evaluación comprensiva del impacto de las técnicas topográficas en la ingeniería civil, destacando las innovaciones recientes y las tendencias futuras en este campo.

Resultados

Para el presente análisis se seleccionaron ocho artículos trascendentales, los cuales abarcan un período comprendido entre los años 2000 y 2024. Estos artículos fueron cuidadosamente elegidos debido a su relevancia y contribuciones significativas en el campo de las tecnologías y aplicaciones topográficas. Cada uno de ellos ofrece perspectivas únicas y avanzadas, permitiendo obtener una visión integral y actualizada sobre los desarrollos más recientes en este ámbito.

Se observa que los trabajos revisados se centran en la utilización de LiDar y Fotogrametría en diferentes aplicaciones, como la medición de superficies, la inspección de estructuras y la creación de modelos tridimensionales precisos, la utilización de UAVs se usan extensamente en estudios para la recopilación de datos topográficos en áreas de difícil acceso demostrando la versatilidad y eficacia en la obtención de datos detallados del terreno, además algunos estudios se centran en la utilización de estaciones robóticas y sistemas de mapeo móviles y manuales para el monitoreo estructural y la cartografía precisa.

Se han explorado las aplicaciones de estas tecnologías como el LiDAR pueden utilizarse para analizar la uniformidad de las pendientes de las pistas de aviones para mejorar la seguridad (Barbarella et al., 2014). Asimismo, se presenta la integración de nubes de puntos obtenidos mediante UAV y escáner para mejorar la precisión de los modelados terrestres y la inspección de estructuras civiles (Buffi et al., 2017; De Luis-Ruiz et al., 2024). A su vez, se presentan estaciones robóticas para el mapeo y recolecta de información precisa y eficiente de los terrenos (Maset et al., 2022).

En conjunto, estos artículos proporcionan un panorama comprensivo y avanzado de las tecnologías topográficas actuales, subrayando la importan-

cia de la innovación en la mejora de la precisión y eficiencia en la recopilación de datos geoespaciales cambiando las técnicas tradicionales.

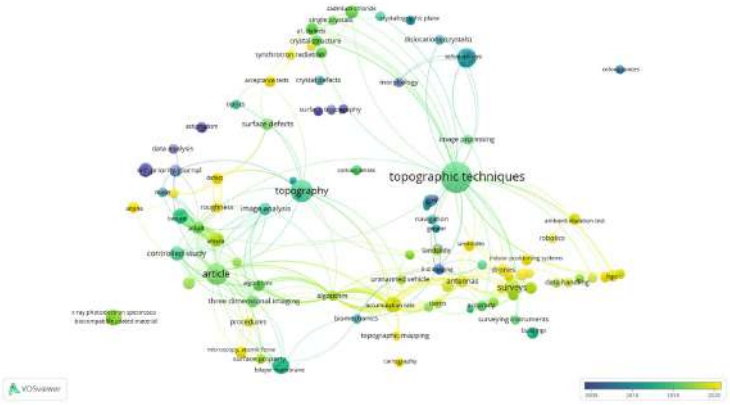
Análisis Bibliométrico

Análisis de mapa de Coocurrencia

El mapa de visualización generado por VOSviewer revela una red compleja y bien conectada de temas relacionados con las técnicas topográficas, que ocupa una posición central en la investigación. Los temas como la topografía, algoritmos, encuestas y drones están fuertemente interrelacionados, destacando su relevancia en estudios recientes, especialmente desde 2015 en adelante, como lo indican sus colores predominantemente amarillos. Esto sugiere un interés creciente en estas áreas, posiblemente debido a avances tecnológicos y la creciente importancia de los datos geoespaciales en diversas aplicaciones. Además, se observa una tendencia a la integración de tecnologías avanzadas, como los vehículos no tripulados y el manejo de datos, lo cual refleja un enfoque contemporáneo en mejorar la precisión y eficiencia de los estudios topográficos. La agrupación de temas también indica áreas de especialización, como la biomecánica y la compatibilidad de materiales, sugiriendo una interdisciplinariedad en la investigación actual. En conjunto, el mapa no solo muestra la evolución de estos campos a lo largo del tiempo, sino también la dirección futura de las investigaciones en técnicas topográficas y sus aplicaciones.

Figura 1.

Gráfico de Coocurrencia.

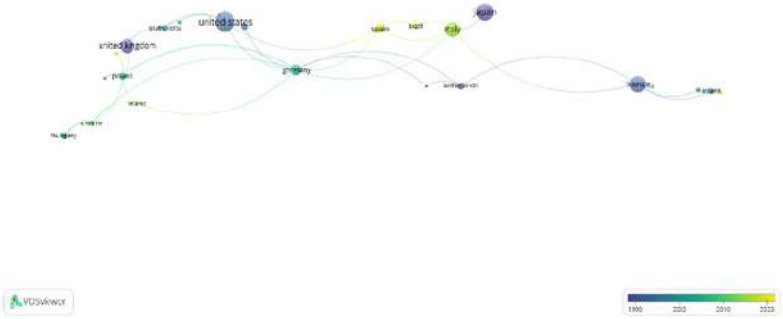


Análisis de Coocurrencia de Países

El mapa de coocurrencia de países en la investigación topográfica destaca la prominencia y liderazgo de Estados Unidos y Reino Unido, reflejados en su alto volumen de publicaciones y extensas redes de colaboración internacional. Países como Alemania, Italia y Japón también juegan un papel crucial, evidenciando fuertes conexiones con múltiples naciones europeas y asiáticas. Estas colaboraciones internacionales son vitales para el avance del campo, permitiendo el intercambio de conocimientos y tecnologías. La progresión temporal, indicada por una escala de colores, muestra un crecimiento significativo en la actividad de investigación en los últimos años, especialmente en países europeos y asiáticos. Este análisis subraya la importancia de las alianzas globales y destaca las regiones y países clave que están impulsando la evolución de las técnicas topográficas.

Figura 2.

Gráfico de Coocurrencia.



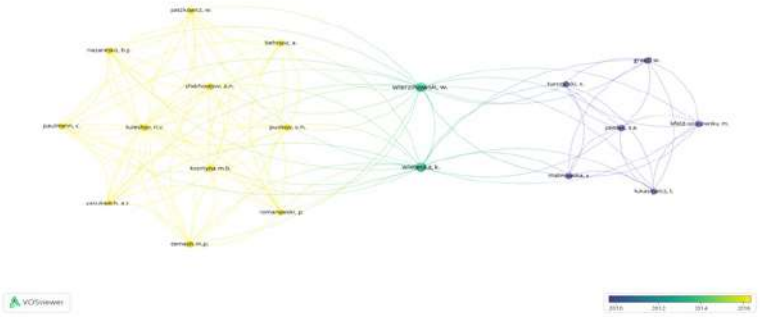
Análisis de Coautoría

El mapa de coautoría en la investigación topográfica revela la prominencia de investigadores como Wierzchowski, W., y Wieteska, K., quienes se destacan por su alta conectividad y liderazgo en el campo. Este análisis destaca dos redes principales de colaboración: un grupo centralizado en Paszkowicz, W., y otro alrededor de Wierzchowski, W., y Wieteska, K. La densa red de conexiones indica una colaboración robusta entre investigadores de diversas regiones, lo que es importante para el avance del conocimiento topográfico. Además, la progresión temporal desde 2010 hasta 2016 muestra la formación de nuevas alianzas de investigación, reflejando un campo dinámico y en constante evolución. Este mapa subraya la importancia de la colaboración in-

terdisciplinaria y las alianzas internacionales en el impulso de la investigación topográfica.

Figura 3.

Gráfico de Coautoría.



Conclusiones

El estudio concluye que la evolución de las técnicas topográficas ha tenido un impacto significativo en la precisión y eficiencia de los proyectos de ingeniería civil. La transición del uso del teodolito a tecnologías avanzadas como el LiDAR ha permitido a los ingenieros civiles mejorar la exactitud de las mediciones y optimizar los procesos de diseño y construcción. Con el teodolito, los topógrafos podían medir ángulos con precisión, pero la incorporación de estaciones totales, GPS, y posteriormente LiDAR, ha revolucionado la capacidad para obtener datos tridimensionales detallados y realizar levantamientos en tiempo real, incluso en terrenos difíciles y peligrosos. La adopción de estas nuevas tecnologías es trascendental para mantener el ritmo de los avances tecnológicos y continuar mejorando las prácticas en el campo de la ingeniería civil, asegurando infraestructuras más seguras, eficientes y sostenibles. Estas innovaciones no solo reducen costos y tiempos, sino que también mejoran la calidad y precisión de los proyectos, lo cual es esencial en la construcción y mantenimiento de infraestructuras críticas.

Recomendaciones

1. Es esencial continuar invirtiendo en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías topográficas. Esto incluye la exploración de tec-

nologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para mejorar aún más la precisión y eficiencia de las mediciones topográficas.

2. Los programas de educación y formación para ingenieros civiles deben actualizarse constantemente para incluir las últimas tecnologías y técnicas topográficas. Esto garantizará que los profesionales estén equipados con las habilidades necesarias para utilizar estas herramientas de manera efectiva.
3. Las empresas de ingeniería civil deben adoptar e integrar tecnologías avanzadas como el LiDAR, UAVs y estaciones totales robotizadas en sus prácticas diarias. La implementación de estas tecnologías puede mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos, reduciendo costos y aumentando la seguridad.
4. Publicar estudios de caso detallados sobre la implementación y beneficios de las nuevas tecnologías topográficas en proyectos reales puede ayudar a demostrar su valor y promover su adopción más amplia en la industria.

Referencias Bibliográficas

Ballesteros, N. (1984). *Topografía (1ra ed.)*. Limusa.

Bannister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2002). *Técnicas modernas en topografía (7ma ed.).* Alfaomega.

Barbarella, M., De Blasiis, M. R., Fiani, M., & Santoni, M. (2014). A lidar application to the study of taxiway surface evenness and slope. *Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2(5),* 65-72. Copernicus gmbh. Https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-65-2014

Barry, A. (1991). Errors in practical measurments in surveying, engineering, and technology. Landmark Enterprises.

Buffi, G., Manciola, P., Grassi, S., Barberini, M., & Gambi, A. (2017). Survey of the Ridracoli Dam: UAV–based photogrammetry and traditional topographic techniques in the inspection of vertical structures. *Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8(2)*, 1562-1579. Https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1362039

Campos de la cruz, L. F. (2009). ***Estudio y Análisis del Trabajo de Auscultación de un Nuevo Modelo de Estación Total Automática [Tesis de Grado].*** Universidad Politécnica de Catalunya.

Davis, R., & Surveying, F. F. (1967). Theory and practice (4ta ed.). Mcgraw-Hill Book Company.

De Luis-Ruiz, J. M., Sedano-Cibrián, J., Pérez-Álvarez, R., Pereda-García, R., & Ruiz-Fernández, C. (2024). UAV and Laser Scanner Point Clouds Integration. En M. Del V. C, S. P. M, M. S. D, M. N. D, & M. B. R (Eds.). Lecture Notes in Mechanical Engineering (pp. 424-434). Springer Science and Business Media Deutschland gmbh. Https://doi.org/10.1007/978-3-031-51623-8_41

Estopinal, S. (1993). A guide to understanding land surveys (John Wiley & Sons, Eds.; 2da ed.).

Gonzales, A. J. (1997). ***Prospectiva Tecnológica de la Ingeniería Civil en Colombia***. Universidad Nacional de Colombia. Https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/33754

Maset, E., Scalera, L., Beinat, A., Cazorzi, F., Crosilla, F., Fusiello, A., & Gasparetto, A. (2022). Preliminary Comparison Between Handheld and Mobile Robotic Mapping Systems. En G. Quaglia, A. Gasparetto, V. Petuya, & G. Carbone (Eds.), ***Mechanisms and Machine Science 108,*** 290-298. Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87383-7_32

Prieto, E. (2020). La metrología en la topografía (instrumentos, normas, procedimientos de calibración). ***Revista Española de la Metrología.*** Https://www.e-medida.es/numero17/la-metrologia-en-la-topografia-instrumentos-normas-procedimientos-de-calibracion/

Ramos, L., Marchamalo, M., Rejas, J., & Martínez, R. (2015). Aplicación del Láser Escáner Terrestre (TLS) a la modelización de estructuras: precisión, exactitud y diseño de la adquisición de datos en casos reales. ***Informes de la Construcción, 67(538).*** DOI: https://doi.org/10.3989/ic.13.103.

Real Academia de la Lengua Española. (2014). Diccionario de la Lengua Española (23ra ed.).

Rincón Villalba, M., Vargas Vargas, W., & Gonzáles Vergara, C. (2018). ***Topografía Conceptos y Aplicaciones.*** Https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topograf%C3%ada-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf

Serrano, M. (2018). ***5 razones para estudiar Ingeniería Civil***. Universidad Autónoma de Guadalajara. Https://www.uag.mx/es/mediahub/5-razones-para-estudiar-ingenieria-civil/2023-07#:~:text=As%C3%AD%20pues%2C%20la%20Ingenier%C3%ada%20Civil,una%20ciudad%20para%20su%20correcto

Ulloa, A. (2014). Nuevas Herramientas, Tecnologías y Técnicas Aplicadas En las Ciencias Geológicas: Panorama Actual Y Perspectivas Futuras. ***Revista geológica de América Central 30(2)***, 187-200. Http://www.redalyc.org/articulo.oa?Id=45433963017

Videla, E. M. (2012, mayo 7). ***La Medición y los Errores***. Universidad Nacional de Rosario. https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/catedras/Agrimensura/Topografa_I/La_medicin_y_los_errores.pdf

Vintimilla, R. (2024, enero 3). ***Los Avances Tecnológicos en el Campo de la Ingeniería Civil***. Universidad Católica de Cuenca. Https://www.ucacue.edu.ec/los-avances-tecnologicos-en-el-campo-de-la-ingenieria-civil/

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 2

Diseño funcional de las calles que conforman el sector 2 del sitio Sancán del cantón Jipijapa

AUTORES: Denny Augusto Cobos Lucio; Daniel Mauricio Reyes Pilay; Edwin Yafet Arteaga Choéz; Sheyla Nasari Reyes Calero

SABER**EC 5.0**

Diseño funcional de las calles que conforman el sector 2 del sitio Sancán del cantón Jipijapa

Functional design of the streets that make up sector 2 of the Sancán site of the Jipijapa cantón

Resumen

La falta de un diseño adecuado de las calles en el sector 2 del sitio Sancán, cantón Jipijapa, afecta el flujo vehicular y el desarrollo urbanístico, impactando la calidad de vida de sus habitantes. Este estudio tiene como objetivo realizar un diseño funcional que mejore estas condiciones, asegurando calles urbanas accesibles, seguras y eficientes. La metodología incluye investigación aplicada, bibliográfica, recolección de información de campo, levantamiento de información mediante equipo topográfico, condiciones actuales de las calles. Los resultados esperados incluyen una mejora significativa en el trazado de las calles aportando al mejoramiento urbanístico del sector, mediante la realización de un diseño funcional, incluyendo; aceras, bordillos, cuneta, diseño de intersecciones y medidas de seguridad vial como señalización y cruces peatonales, así como la incorporación de áreas verdes y zonas de esparcimiento para mejorar la calidad del entorno urbano. Se concluye que el diseño funcional propuesto contribuirá significativamente al desarrollo y bienestar de la comunidad, mejorando la movilidad y previniendo accidentes de tránsito, fomentando un desarrollo urbanístico sostenible y promoviendo un ambiente más agradable y saludable para los residentes y usuarios externos, recomendando la participación activa de la comunidad en la planificación y ejecución del proyecto para asegurar que sus necesidades y expectativas sean adecuadamente consideradas y atendidas. Este trabajo constituye un aporte para el proyecto de investigación "Diagnostico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa y en temas de ingeniería de transporte e infraestructura vial."

Palabras claves: Intersecciones, Aceras, Trazado, Calzadas, Diseño.

Abstract

The lack of adequate street design in sector 2 of the Sancán site, Jipijapa canton, affects vehicle flow and urban development, impacting the quality of life of its inhabitants. This study aims to carry out a functional design that improves these conditions, ensuring accessible, safe and efficient urban streets. The methodology includes applied, bibliographic research, field information collection, information gathering using topographic equipment, current street conditions. The expected results include a significant improvement in the la-

yout of the streets, contributing to the urban improvement of the sector, through the realization of a functional design, including; sidewalks, curbs, ditches, intersection design and road safety measures such as signage and pedestrian crossings, as well as the incorporation of green areas and recreation areas to improve the quality of the urban environment. It is concluded that the proposed functional design will contribute significantly to the development and well-being of the community, improving mobility and preventing traffic accidents, promoting sustainable urban development and promoting a more pleasant and healthy environment for residents and external users, recommending active participation of the community in the planning and execution of the project to ensure that their needs and expectations are adequately considered and addressed. This work constitutes a contribution to the research project "Diagnosis of physical infrastructure to promote the productive development of the Sancán site of the Jipijapa canton and on issues of transportation engineering and road infrastructure."

Keywords: Intersections, Sidewalks, Layout, Roadways, Design.

Introducción

Las vías urbanas son de vital importancia en el desarrollo social, económico y urbanístico de una comunidad dado que ninguna sociedad se ha desarrollado con un sistema vial deficiente. El trabajo en cuestión tiene como objetivo presentar un diseño funcional de las calles que conforman el sector 2 del sitio Sancán del cantón Jipijapa para de esta manera aportar al proyecto de investigación "Diagnostico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa y en temas de ingeniería de transporte e infraestructura vial." Que mantiene la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), por parte de la carrera de ingeniería civil en su programa de vinculación con la comunidad.

Las condiciones actuales de las calles del bloque 2 no permiten una circulación fluida debido a que se encuentran a nivel de subrasante y carecen de una adecuada proyección funcional en términos de calzada. Esta situación perjudica a los residentes, considerando que en el sector no existe aceras definidas, anchos de calzadas regulados, ni señalización vial que permita un tránsito seguro, es por ello, que es oportuna la generación de una planificación vial para satisfacer las necesidades de movilidad de la población que cuente con intersecciones definidas y un correcto diseño funcional, tomando en cuenta estacionamientos y ciclo vías para una movilidad fluida y amigable con el entorno, de tal forma, es imprescindible llevar a cabo un estudio ex-

haustivo de los espacios públicos y las vías urbanas, dado que estas cumplen una función vital al permitir el desplazamiento dentro del área urbana, otorgando mayor movilidad tanto a peatones como a vehículos.

Por eso es vital dilucidar la interrogante central: ¿Cómo se realiza un diseño geométrico y funcional de las calles que conforman el sector 2 del sitio Sancán del cantón Jipijapa? Asimismo, concurren interrogantes claves en torno al objeto de estudio: ¿Cuáles es el diseño óptimo para aportar al mejoramiento de las calles del sector 2 del sitio Sancán? ¿Cuáles son los métodos y técnicas requerido para efectuar el levantamiento topográfico que permita realizar el diseño de las calles del bloque 2? ¿Cómo se elabora un diseño funcional de las calles del sector 2 del sitio Sancán? De esta manera se aporta al crecimiento social garantizando la seguridad vial de los habitantes y mejorar el desarrollo del sector donde se realizarán las investigaciones pertinentes, de manuales, normativas y leyes para entornos urbanos nacionales como internacionales que nos ayudaran a definir de mejor manera los criterios de diseño que más nos convienen en el sector, así como también para la realización de un levantamiento topográfico en el sector a partir del cual se conozcan a fondo las deficiencias existentes.

Materiales y métodos

Se hizo un recorrido en el sector 2 de sitio Sancán para recolectar información básica del sector mediante la observación, visualizando la problemática que existe en la zona de estudio, también se utilizó la técnica de medición para saber la geometría de cada una de las calles, y la investigación bibliográfica nos ayudó con las normativas tanto nacionales como extranjeras, tomando en consideración las normas de diseño para vías urbanas, INEN, AASTHO.

Se efectúo un levantamiento topográfico en las calles del sector 2 del sitio Sancán del cantón Jipijapa, 7 calles con una superficie total de aproximadamente 9.20 ha. Con alturas que varían entre los 233 msnm y los 225 msnm.

Las normativas implementadas para la elaboración de la propuesta en el presente trabajo son las siguientes:

- **Clasificación del sistema vial urbano. -** Para Ecuador tenemos la Norma INEN 1 678 que nos da la clasificación para las vías diseñadas o destinadas al tránsito vehicular y peatonal en los centros poblados o urbanos, así como las velocidades y características de las mismas. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2004, pp. 1-3)

- **Proporciones de áreas. -** en la norma INEN 1606 se nos indica que para "todo proyecto de urbanización, el área destinada a vías y estacionamientos públicos no debe ser menor del 15% del área total del terreno." (Gobierno Municipal del Cantón Puereto López, 1988)
- **Expropiaciones de bienes. -** En el artículo 41y 42 del capítulo I del Título II de la sección primera, Derecho de Vía, se establece que la autoridad competente determinara la faja de terreno destinada al derecho de vía. (Ministerio de Transporte y Obras, 2018, p. 10)
- **Aceras. -** nos permitirá elegir el ancho idóneo para el diseño funcional. El instituto ecuatoriano de normalización en la norma NTE INEN 2243- INEN 2247 nos indica los valores de rasante y anchos en conjunto con la norma AASTHO que nos ayuda con los anchos mínimos permitidos en zonas pobladas.
- **Accesibilidad mediante rampas. -** Tomar en cuenta a la población con capacidades diferentes resulta indispensable para el transito libre y de derecho.
- **Ciclovías. -** Establece los requerimientos mínimos que debe cumplir la infraestructura y señalización (Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 004, 2011, p. 2)
- **Intersecciones.** - para casos donde se utilizará trazados mínimos se puede utilizar la tabla a continuación.

Tabla 2.

Tabla de radios recomendados para curvas de 3 centros.

Vehículo Tipo	Angulo de giro (º)	Curva sencilla radio (m)	Curva compuesta de tres centros-Simétrica			
			Radios (*) (m)			Desplazamiento (m)
VL	25	18.00		---		---
VP		30.00		---		---
VA		60.00		---		---
VL	45	15.00				
VP		22.50				
VA		50.00	60	30	60	90
VL	60	12.00				
VP		18.00				
VA		---	60	22.5	60	1.65

VL	75	10.50	30	7.5	30	0.60
VP		16.50	36	13.5	36	0.60
VA		---	45	15	45	1.80
VL	90	9.0	30	6	30	0.75
VP		15.0	36	12	36	0.60
VA		---	55	18	55	1.80
VL	105	---	30	6	30	0.75
VP		---	30	10.5	30	0.90
VA		---	55	13.5	55	2.40

VL=Vehículo liviano

VP=Vehículo pesado

VA=Vehículos articulados

Nota. Tabla de radios recomendados para curvas de 3 centros según el tipo de vehículo y ángulo de deflexión. De Manual de diseño geométrico de vías urbanas-ICG, (Chávez Loaiza, 2005, p. 11)

Visibilidad en pendientes. - Es importante considerar la pendiente al diseñar vías y tomar medidas adicionales para garantizar la seguridad en tramos con pendientes pronunciadas (Chávez, 2005).

$$d_p = 0.694 v_0 + \frac{v_0^2}{254(f+p)} \quad \text{(Ec.1)}$$

Curva vertical

Para calcular la longitud mínima de la curva vertical que cumpla con la condición de proporcionar la visibilid necesaria, se utilizan los siguientes valores:

-Altura del OJO del Observador: h1 = 1.08m.

-Altura del objeto observado: h2 = 0.15m.

Las expresiones que se utilizarán en el cálculo de la Longitud mínima de la curva vertical son:

Siendo:

L = Longitud horizontal de la curva vertical (m).

Dp = Distancia de visibilidad de parada (m).

A = Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes en porcentaje.

Para el caso L > Dp.

$$L = \frac{A * D_{p^2}}{100 * \left(\sqrt{2h_1}\sqrt{2h_2}\right)^2}$$

Resultados

Una vez efectuado el levantamiento topográfico y de información se encontró con los siguientes resultados.

Como se puede observar son varias las calles que no cumplen con la normativa INEN 1606 es por ello que se realizara una propuesta vial funcional para las calles que conforman el sector 2 del sitio Sancán. Tomando en cuenta los requerimientos de la población, la función y el confort se eligieron los criterios de diseños descritos anteriormente y posterior a ello realizar la comparación para ver si los criterios propuestos son aptos.

Tabla 3.

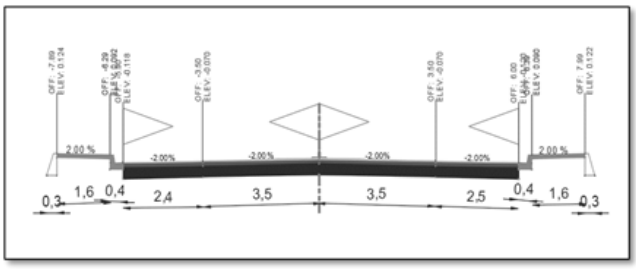
Criterios de diseño geométrico.

Criterios de diseño vial funcional propuestos	
Tipo de vías	Vías Locales
Velocidad de diseño	40 km/h
Tasa de curvatura vertical (k)	Cóncavas: 9 Convexas: 12
Pendiente longitudinal	Min: 0.3% Max: 10%
Pendiente de bombeo	2%
Ancho de carriles	3.50 m
Ancho de ciclovía	2.40 m
Ancho de acera	1.60 m

Entonces de esta manera quedaría nuestra sección típica.

Figura 4.

Sección transversal del diseño.



Una vez obtenido los valores de diseño hacemos la verificación para evidencia si los valores propuestos nos serán servirán. Efectuado los cálculos podemos ver que, si se cumple lo establecido en la norma, por ende, podemos proceder a modelar cada una de las calles con las medidas establecidas y para ello nos ayudaremos del software de diseño AutoCAD Civil 3D 2018.

Tabla 4.

Verificación del cumplimiento de las especificaciones requeridas.

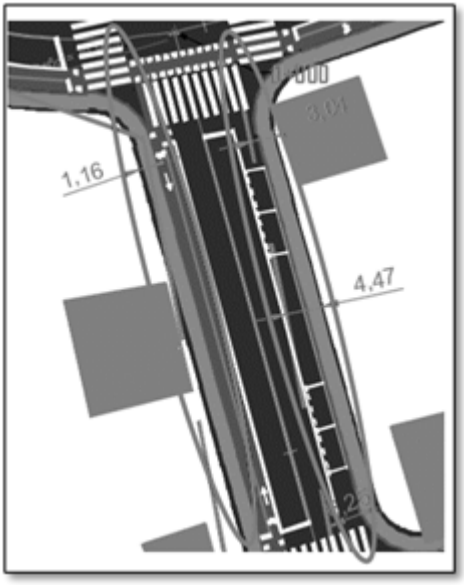
Calle	Ancho medido promedio (m)	Longitud (m)	Ancho mínimo calculado (m)	Velocidad de diseño (km/h)	Ancho de calle diseñada (m)
Agustín León	13.18	262	15,93	40	16.50
Jipijapa	11.42	268	8,48	40	16.50
Eloy Pillasagua	13.50	291	8,20	40	22.60
Cecilia Mero	12.22	318	8,05	40	16.50
Ángel Figueroa	10.35	175	16,19	40	16.50
Arcadia León	11.37	392	15,51	40	16.50
Augusto Lourido	14.49	335	16,40	40	16.50

Se puede identificar que es necesario en ciertos tramos realizar una expropiación ejemplo de ello es la figura 5 en donde se evidencia que en el tramo de la calle Augusto Lourido se es necesario realizar una expropiación del lado derecho y del lado izquierdo con la finalidad de poder cumplir con el diseño

funcional el cual se encuentra dentro de los parámetros permitidos por las normativas nacionales.

Figura 5.

Tramo calle Augusto Lourido 0+000-0+050.



Así mismo debemos considerar las tasas de curvaturas de todas las calles, los cuales se exponen en la tabla 5.

Tabla 5.

Resumen de curvaturas empleadas vs recomendadas.

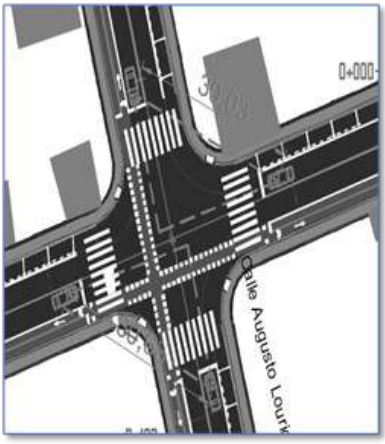
Calle	Velocidad de diseño (kph)	N.° de curvas		Tasa de curvatura vertical empleado (k)		Tasa de curvatura vertical recomendado (k)		Observaciones
		Conc.		Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	
Agustín León	40	1	---	9	---	9	4	Cumple con los criterios de diseño

Jipijapa	40	1	1	9	4	9	4	Cumple con los criterios de diseño
Eloy Pillas-agua	40	1	1	9	4	9	4	Cumple con los criterios de diseño
Cecilia Mero	40	1	1	9	4	9	4	Cumple con los criterios de diseño
Ángel	40	0	1	---	4	9	4	Cumple con los criterios de diseño
Arcadia León	40	1	1	9	4	9	4	Cumple con los criterios de diseño
Augusto Lourido	40	2	---	9	---	9	4	Cumple con los criterios de diseño

Se es importante el diseño de intersecciones y dado que se conoce que la velocidad para las calles diseñadas es de 40 km/h la visual en la intersección debe de ser de aproximadamente 30m la cual está diseñada con curvas sencillas de 9 m de radio.

Figura 6.

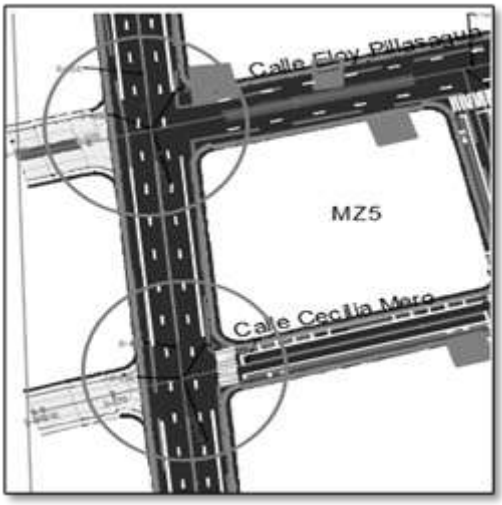
Intersección Jipijapa-Augusto Lourido.



Se plantearon la proyección de la continuación de algunas calles para proyectos posteriores.

Figura 7.

Puntos de intersección de calles actuales con proyectadas.



Discusión

En las intersecciones se aplicó el cálculo de triangulo de visualización en donde si sobrepasa los 30 m recomendados se recomienda a las construcciones aledañas utilizar cerramientos tipos rejas para no perjudicar la visibilidad de los usuarios de las vías.

Se realizaron proyecciones de algunas calles para que mediante se vaya incrementando la población quede establecida la continuidad del diseño propuesto en este trabajo recalcando que Sancán se dividió en 5 sectores para darle la importancia que se merece.

Se modificó los espacios públicos en la vía Guayaquil-Portoviejo dejando de forma tentativa proyecciones para estacionamientos y un área verde mejorando así la experiencia del usuario que se detiene a deleitarse con la gastronomía que ofrece el sector.

Conclusiones

Se efectuó un diseño geométrico uniforme para cada una de las calles del bloque 2 del sitio Sancán y así se cumpla lo especificado en la normativa vigente y estándares estipulados en la ley ecuatoriana ya que es donde están consignados parámetros adecuado dando como resultado que el diseño cumple con la norma INEN 1606.

Se concluyó que el trabajo de campo realizado como parte del levantamiento topográfico en las calles del sector 2 del sitio Sancán, permitió identificar con absoluta claridad los espacios públicos y privados necesarios para un correcto diseño funcional de calles.

Se utilizaron los parámetros indicados basados en tablas para cada calle con el fin de lograr un diseño uniforme que brinde seguridad a los moradores del sector aplicando las normativas establecidas, obteniendo como resultado el tipo de vía local, con velocidad de diseño de 40 Km/h con un ancho promedio de calle de 16,50m.

En las propuestas de diseño funcional realizadas con base en los parámetros establecidos en la normativa vigente, es importante apegarse a un correcto diseño vial para que cada espacio público sea respetado, brindando seguridad y confort a los usuarios.

Referencias Bibliográficas

Chávez Loaiza, V. (2005). Manual de diseño geometrico de vías urbanas-ICG. Lima: ICG.

Gobierno Municipal del Cantón Puereto López. (1988). Urbanización. Proporciones de áreas según sus usos NTE INEN 1606. En ***Ordenanza de planificación de uso del suelo y urbanismo del Área Turística.*** Quito: República del Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2004). ***Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria INEN 1 678.*** Quito: República del Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras. (2018). ***Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre.*** Quito: República del Ecuador.

Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 004. (2011). Señalizacion vial. Parte 6 Ciclovias.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 3

Evaluación del diseño geométrico de la curva la pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.

AUTORES: Denny Augusto Cobos Lucio; Roberth Francisco Vera Galarza; Ewerton Samuel Ribera Carranza; María Gregoria Vidal Vidal

SABER**EC 5.0**

Evaluación del diseño geométrico de la curva la pita en la vía jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.

Evaluation of the geometric design of the la pita curve on the Jipijapa-Noboa road in the Jipijapa canton.

Resumen

El diseño geométrico vial es crucial para mejorar y diseñar nuevas carreteras que faciliten el transporte y la comunicación entre comunidades; sin embargo, la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa presenta problemas debido a su diseño inadecuado, que afecta la seguridad de los conductores. Esta vía, según las Normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, clasifica como una vía colectora de primer orden. Este estudio tiene como objetivo evaluar el diseño geométrico de la curva La Pita para determinar su grado de seguridad en la circulación vehicular. El objeto de estudio es la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa. La metodología de la investigación, de tipo exploratorio, utilizó métodos de investigación de campo y bibliográfica, aplicando técnicas de observación y medición. Los resultados revelaron que la curva La Pita no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en las normas del país, presentando un riesgo significativo para los conductores. Se concluye que es necesario mejorar el trazado vial de la curva La Pita, proponiendo un rediseño con un mayor radio de curvatura que cumpla con las normas del MTOP, lo cual beneficiará a los conductores que circulan por esta vía y mejorará la seguridad vial.

Palabras clave: Vía colectora, especificaciones técnicas, norma MOP 2003, trazado vial.

Abstract

Road geometric design is crucial to improve and design new roads that facilitate transportation and communication between communities; However, the La Pita curve on the Jipijapa-Noboa road presents problems due to its inadequate design, which affects the safety of drivers. This road, according to the Standards of the Ministry of Transportation and Public Works of Ecuador, is classified as a first-order collector road. This study aims to evaluate the geometric design of the La Pita curve to determine its degree of safety in vehicular circulation. The object of study is the La Pita curve on the Jipijapa-Noboa road. The research methodology, exploratory, used field and bibliographic research methods, applying observation and measurement techniques. The results revealed that the La Pita curve does not comply with the technical nspecifications established in the country's standards, presenting a significant risk to drivers. It

is concluded that it is necessary to improve the road layout of the La Pita curve, proposing a redesign with a greater radius of curvature that complies with the MTOP standards, which will benefit the drivers who circulate on this road and improve road safety.

Keywords: Collector road, technical specifications, MOP 2003 standard, road layout.

Introducción

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de una faja de terreno denominada derecho de vía. Según Cárdenas Grisales (2013), "una vía será funcional de acuerdo a su tipo, característica geométrica y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente" (p. 12).

Las vías permiten la circulación de vehículos con consideraciones de constancia y requieren un nivel adecuado de seguridad, siendo fundamentales para los vehículos que transitan y se movilizan a distintos lugares. En Ecuador y en la provincia de Manabí, la población está en constante crecimiento, lo cual incrementa la cantidad de vehículos en uso y crea la necesidad de construir y mejorar las vías de comunicación. Cada año se observa un aumento en la afluencia de vehículos de transporte terrestre.

La vía que conforma esta evaluación del diseño geométrico de la curva en el recinto La Pita trata de una vía rural con pavimento de asfalto, este recinto pertenece al cantón Jipijapa. En consecuencia, el diseño geométrico que presenta la curva La Pita, ubicada en la vía Noboa-Jipijapa es una curva peligrosa ya que en varias ocasiones se han suscitado accidentes de tránsito y es percibida por los conductores que circulan por el sector como desfavorable, ya que muestra sensaciones de inseguridad a la circular deduciendo errores en su diseño geométrico.

En la curva de la vía ubicada en el recinto La Pita del cantón Jipijapa, se ha identificado la necesidad de corregir el diseño geométrico con características de zona rural. Esta vía es importante para los vehículos que transitan desde y hacia distintos sitios de la provincia de Manabí. Actualmente, la condición de la vía es desfavorable, como se evidencia en la disminución de velocidad de los vehículos en ese tramo, lo que pone en peligro la estabilidad de los mismos, especialmente para aquellos conductores que no conocen la vía y deben reducir la velocidad de manera brusca.

La curva La Pita, situada en el kilómetro 6,6 de la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa, está ubicada a 7 minutos de Jipijapa. Es una zona agrícola donde los habitantes producen cultivos de café, maní, plátano, naranja, guineo, frijoles, entre otros productos. Esta vía comunica los recintos Maldonado, La Palma, Cascabel, La Naranja y Noboa, e intercepta con el cantón Pajan. Se identificarán los parámetros de diseño geométrico para verificar si la vía está bien diseñada y determinar la causa por la cual los vehículos deben disminuir la velocidad. Se aplicarán las Normas Ecuatorianas de Construcción Vial y las del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, NEVI), que son normas de diseño geométrico que garantizan comodidad, seguridad, funcionalidad y eficiencia.

Con un buen diseño geométrico, se brindará una mayor seguridad a los vehículos que transitan en la curva La Pita. Se realizó un levantamiento topográfico para obtener los elementos geométricos que permitirán comprobar las características de los parámetros geométricos establecidos actualmente con los nuevos datos del diseño de la curva La Pita, aplicando las normas ecuatorianas viales (NEVI volumen 2-A-B y MTOP).

Para garantizar un mejor servicio y mayor seguridad en una vía transitada, que intercepta con varios recintos aledaños en zonas agrícolas productoras. Estos productos son un factor clave para el desarrollo económico del cantón Jipijapa. Se utilizarán métodos documentales, de observación y de medición para la investigación.

Materiales y métodos

En esta investigación se utilizó una metodología aplicada con un diseño no experimental, que implicó la recolección de datos mediante técnicas de investigación de campo y bibliográfica. Se realizó un estudio topográfico detallado y un conteo vehicular en la curva La Pita para evaluar el diseño geométrico actual. La recolección de datos incluyó el aforo vehicular durante una semana para determinar el TPDA y la medición de puntos topográficos esenciales. Se aplicaron conceptos teóricos y se consultaron normas técnicas como la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI) y las del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP). El análisis se basó en la comparación de los datos recolectados con los requisitos normativos para proponer un modelo geométrico que mejore la curva según los estándares nacionales viales.

El instrumento de recolección de información en el presente estudio incluyó una variedad de equipos y materiales cuidadosamente seleccionados para garantizar la precisión y la eficiencia en la obtención de datos. Entre los

equipos topográficos utilizados se encuentran la estación total, cinta métrica, cámara fotográfica, GPS, impresora y computadora portátil, los cuales fueron esenciales para el registro y procesamiento de la información de campo. Adicionalmente, se emplearon materiales como estacas de madera, clavos, libreta de campo y spray para la demarcación y anotación de puntos de referencia cruciales en el levantamiento topográfico. La combinación de estos instrumentos y materiales permitió un levantamiento exhaustivo y preciso, facilitando la recolección de datos taquimétricos necesarios para el diseño de carreteras, optimizando tanto el tiempo como los costos involucrados en el proceso.

La población del proyecto es la curva ubicada en el recinto La Pita, en la vía a Noboa, a 6,6 km y 7 minutos de Jipijapa. Durante el proceso, se recolectaron datos para la muestra y se realizó trabajo de campo en esta curva, incluyendo un aforo vehicular durante una semana y levantamientos topográficos que abarcaron tanto perfiles longitudinales como transversales.

Figura 8.

Ubicación geográfica de la curva La Pita.

Nota. Adoptado de Google Earth

Resultados y discusión

Topografía del terreno

El levantamiento topográfico, realizado con estación total en un día, cubrió la longitud de la vía desde el km 6+600 hasta el km 7+916,06, con abscisado cada 20 metros. La vía presenta una calzada de 9,00 m, equipada con bordillos y cunetas en algunos tramos. La topografía fue precisa para la evaluación del diseño geométrico del trazado de la curva La Pita. El terreno

se caracteriza por pendientes que oscilan entre el 6% y el 8%, ubicándose en un área montañosa.

Mediante la presente investigación, se logró determinar para realizar el análisis y evaluación de las diferencias a través de un estudio comparativo del levantamiento topográfico con estación total y el modelo digital Google Earth, aplicado al diseño de carreteras. Ya que, de acuerdo a la innovación y avance de la tecnología, se busca obtener formas de levantamiento topográfico que nos permitan recolectar datos taquimétricos con la debida precisión, la optimización de tiempo y costo. (Surichaqui, Manrique, & Quichca, 2023, p. 03).

Según la Subsecretaría de Infraestructura del Transporte (2013), "en terreno montañoso la pendiente transversal a la vía suele ser de 13% a 40%. La construcción de carreteras en este terreno supone grandes movimientos de tierras, y/o construcción de puentes y estructuras para salvar montañas del terreno por lo que presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Pendientes longitudinales de la vía de 6% a 8% son comunes" (p. 49).

Aforo vehicular

Lo ideal es poder realizar los conteos clasificados manuales durante toda la semana y las 24 horas, sin embardo considerando factores de costos, seguridad y disposición de recursos humanos y técnicos, es una práctica común el poder expandir datos a partir de conteos de corta duración de al menos 12 horas y al menos tres días de la semana. (Navarro & Bustamante, 2021, p. 45)

La tabla 6 presenta un resumen del volumen de tránsito en la curva La Pita durante una semana, desglosado en tráfico total de 12 horas diarias y el porcentaje de tipos de vehículos: livianos, buses y camiones. Se observa que el tráfico es mayor los fines de semana, alcanzando un pico el sábado con 1058 vehículos. Los vehículos livianos predominan consistentemente, representando un promedio del 85% del total diario, mientras que los buses y camiones tienen una menor participación, con un promedio del 7% y 8% respectivamente. Esto indica una tendencia hacia el uso de vehículos livianos en esta vía, con una ligera variación en la distribución de buses y camiones a lo largo de la semana.

Tabla 6.

Resumen del volumen de transito de la curva la pita.

Días	Tráfico 12h	%livianos	%buses	% camiones	Total%
Lunes	654	0,86	0,07	0,07	1,00
Martes	684	0,83	0,08	0,10	1,00
Miércoles	696	0,82	0,08	0,10	1,00
Jueves	738	0,83	0,07	0,09	1,00
Viernes	762	0,83	0,08	0,09	1,00
Sábado	1058	0,88	0,07	0,06	1,00
Domingo	1014	0,90	0,06	0,04	1,00
Promedio		0,85	0,07	0,08	1,00

Nota. Adoptado de Vera (2024)

Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{Vol.semanal}{7}$$

$$TPDS = 800,9 = 801 \frac{vehiculos}{dia}$$

El otro 20% corresponde a los vehículos no contabilizados durante las horas de 6:00 pm hasta 6: am y se determinó lo siguiente:

801…….80%

X……20%

$$X = \frac{20\% * 801}{80\%}$$

$X = 200\,\text{Vehículos / día}$.

TPDS = 801 vehículos/día (80% del aforo) + 200 vehículos/día (20% estimado) = 1001 vehículos/día.

Vehículo Hora Diario (VHD): $VHD = K*TPDS$ =75,08 vehículos/hora.

TPDA: 24*75.08=1802 vehículos/día.

Tabla 7.

Intensidad de tráfico transformada a vehículo liviano.

Nº Vehículos TPDA	Tipo de vehículo	%	Nº / Clase	Factor de transformación	TPDA
1802	Liviano	0,85	1532	1	1532
	Buses	0,07	126	2	252
	Camiones	0,08	144	2,5	360

Nota. Adoptado de Vera (2024)

A continuación, la tabla 8 muestra las tasas de crecimiento anual de diferentes tipos de vehículos (livianos, buses y camiones) en varios periodos.

Tabla 8.

Tasas de crecimiento anual.

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2010 - 2015	4,23	2,87	2,10
2015 - 2020	3,65	2,55	1,87
2020 -2025	3,18	2,29	1,68
2025 - 2040	2,8	2,08	1,53

Nota. Esta tabla muestra la tasa de crecimiento de acuerdo a cada año. Tomado de Coordinación de Factibilidad-MTOP

La proyección del Tráfico Promedio Anual muestra un crecimiento sostenido en el flujo vehicular para tres tipos de vehículos: livianos, buses y camiones, desde 2023 hasta 2043. A continuación, en la tabla 9 indica un incremento continuo en el flujo vehicular en la vía evaluada, con los vehículos livianos experimentando el mayor crecimiento. Esta tendencia sugiere la necesidad de planificar mejoras en la infraestructura vial para acomodar el aumento del tráfico, especialmente de vehículos livianos, que representarán una mayor proporción del tránsito futuro.

Tabla 9.

Proyección del Tráfico Promedio Anual.

Tipo de vehículo	Ta (2023)	r (2023 - 2025)	n	TF = (2023 -2025)	r (2025 - 2030)	n	TF= (2025 -2030)	r (2030 - 2043)	n	TF= (2030 -2043)
Liviano	1532	3,18	2	1631	2,8	5	1872	2,8	13	2681

Buses	252	2,29	2	264	2,08	5	293	2,08	13	383
Camiones	360	1,68	2	373	1,53	5	402	1,53	13	490

Nota. Adoptado de Vera (2024)

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La tabla 10 muestra la proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para la vía Jipijapa – Noboa, desglosada por tipo de vehículo: livianos, buses y camiones. Se incluyen las cantidades de vehículos actuales y se calcula el tráfico proyectado considerando varios factores: un 10% de tráfico desviado, un 15% de tráfico generado y un 5% de tráfico de desarrollo. Para los vehículos livianos, el número de vehículos proyectados aumenta a 3485; para los buses, a 497; y para los camiones, a 638.

Tabla 10.

TPDA Proyectado en la Vía Jipijapa – Noboa.

Tráfico futuro de diseño					
Clase	N° Vehículos	Tráfico desviado (10%)	Tráfico generado (15%)	Tráfico desarrollo (5%)	Tráfico proyectado
Liviano	2681	268	402	134	3485
Buses	383	38	57	19	497
Camiones	490	49	74	25	638
TPDA Proyectado =					4620 vehículos

Nota. Adoptado de Vera (2024)

El TPDA proyectado totaliza 4620 vehículos, reflejando el crecimiento anticipado en el flujo de tráfico debido a estos factores. Este análisis es crucial para el diseño y la planificación de mejoras en la infraestructura vial, asegurando que la vía pueda manejar el incremento de la demanda de tráfico en el futuro.

Análisis y evaluación de los parámetros de diseño geométrico de la curva La Pita

Para realizar un análisis y evaluación de los parámetros de diseño geométrico de la curva La Pita, se consideró las normas ecuatorianas establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y las Normas Ecuatorianas de Vialidad (NEVI).

Clasificación del MOP en función del TPDA

Con La información obtenidos para el tráfico proyectado durante 20 años en la vía Jipijapa – Noboa, se ha establecido la jerarquía según las normas de diseño geométrico de carreteras. El TPDA obtenido es de 4620 vehículos, la vía Jipijapa – Noboa se clasifica como una carretera Colectora de clase I, con un rango de 3000 a 8000 vehículos, de acuerdo a nuestro TPDA.

Tabla 11.

Clasificación según la jerarquía de la red vial.

Función	Clases de carreteras (según el MOP)	TPDA (Año Final De Diseño)
	R-I o R-II (2)	>8000
Corredor arterial	I	3000-8000
	II	1000-3000
Colectora	III	300-1000
	IV	100-300
Vecinal	V	>100

Nota. La tabla muestra la clasificación en función del TPDA proyectado. Tomado de Normas de diseño geométrico de carreteras (ASTEC. Asesoría Técnica Cía, 2003)

Parámetros de diseño geométrico según las normas MTOP 2003

Se revisaron los parámetros geométricos de acuerdo con las normas ecuatorianas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, usando la información base para verificar el cumplimiento de la propuesta de diseño geométrico de la curva. A continuación, en la tabla 12 se muestran los valores recomendados para carreteras de dos carriles.

Tabla 12.

Valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción.

NORMAS	Clase I 3000 - 8000 TPDA (3)						Clase II 1000 - 3000 TPDA (3)						Clase III 300 - 1000 TPDA (3)						Clase IV 100 - 300 TPDA (3)						Clase V Menos de 100 TPDA (3)					
	RECOMEN			ABSOLUTA			RECOMEN			ABSOLUTA			RECOMEN			ABSOLUTA			RECOMEN			ABSOLUTA			RECOMEN			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (Km/h)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 (6)	60	50	40	50	35	25 (6)
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 (6)
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte	MÁXIMO=10%																			10% (Para V > 50 K/h) 8% (Para < 50 K/h)										
Coeficiente "K" para: (2)																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal (3) máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal (3) mínima (%)	0.50%																													
Ancho de pavimento (m)	7.3			7.3			7			6.7			6.7			6			6						4 (10)					
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigon			Carpeta Asfáltica			Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.												D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado					
Ancho de espaldones (1) estables (m)	3	2.5	2	2.5	2	1.5	3	2.5	2	2.5	2	1.5	2	1.5	1	1.5	1	0.5		0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---				
Gradiente transversal para pavimento (%)	2						2						2							2.5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4				
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 (10) - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0							4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---				
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS -MOP; HS -25																													
Puente Ancho de la calzada (m)	SERA LA DIMENSIONES DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
Ancho de Aceras (m) (7)	0,50 m mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de la vía (m)	Segun el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° de Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
LL=TERRENO LLANO. O=TERRENO ONDULADO. M=TERRENO MONTAÑOSO.																														
Nota: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejoramiento de una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.																														

Nota. Datos pertenecientes para carreteras de dos carriles con sus debidos parámetros de diseños geométricos. Tomado de Normas de diseño geométrico de carreteras (ASTEC. Asesoría Técnica Cía, 2003).

Velocidad de diseño

González et al. (2023), manifiestan que "Para determinar la seguridad vial se consideraron los siguientes parámetros: distancia de visibilidad, velocidad, radios de curvas, señaléticas, barreras de protección y ancho de carril. Estos elementos geométricos se evaluaron tomando en cuenta la perspectiva del usuario y datos de las zonas laterales. La encuesta abordó seis preguntas, cada una de ellas correspondía a los parámetros evaluados, y fueron realizadas a conductores que circulan diariamente por la vía en cuestión, lo que garantiza que sus respuestas reflejan la situación actual de la misma. De un total de 68 personas encuestadas, 60 fueron hombres (88%) y 8 mujeres (12%). Los participantes contaban con experiencia de conducción de 1 a 50 años y edades comprendidas entre los 20 y 80 años" (p. 38).

De acuerdo con la norma del MOP, la tabla 12 establece que el diseño geométrico está en el rango de 3000 a 8000 vehículos/día. Con un TPDA proyectado de 4620 vehículos, se determina que el límite inferior absoluto es el valor más cercano, por lo que se utiliza una velocidad de diseño (Vd) de 60 km/h.

Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada se calcula como Dvp = d1 + d2, donde el tiempo de percepción y reacción se estima en 2,5 segundos por razones de seguridad. Para una velocidad de diseño de 60 km/h:

Distancia d1:

$$d1 = 0,278 * V * t$$

$$d1 = 0,278 * 60 * 2,5 = 41,70 \ m$$

Distancia de frenado d2:

$$d2 = \frac{Vc^2}{254 * f}$$ Coeficiente de fricción longitudinal

$$f = \frac{1,15}{Vc^{0,3}} = \frac{1,15}{60^{0,3}} = 0,34$$

$$d2 = \frac{60^2}{254 * 0,34} = 41,69 \ m$$

Por lo tanto, la distancia total de visibilidad de parada es:

$$Dvp = D1 + D2$$

$$Dvp = 41,70 + 41,69 = 83,39 \ \boldsymbol{m}$$

La distancia total de visibilidad de parada (Dvp) calculada para una velocidad de diseño de 60 km/h es de 83,39 metros, la cual se descompone en una distancia de percepción y reacción (d1) de 41,70 metros y una distancia de frenado (d2) de 41,69 metros. Estos cálculos consideran un tiempo de percepción y reacción de 2,5 segundos y un coeficiente de fricción longitudinal de 0,34, de acuerdo a la fórmula propuesta. La distancia total cumple con las recomendaciones de la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de Ecuador, asegurando que los conductores tengan una distancia suficiente para detenerse de manera segura en condiciones de emergencia. Este cumplimiento refleja una adecuación correcta del diseño geométrico de la vía, mejorando la seguridad vial para los usuarios.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Mediante la tabla 12 se determinó la distancia de rebasamiento siendo 415 m, además están diseñadas para proporcionar parámetros cruciales en el diseño geométrico de carreteras. Estos parámetros aseguran que los vehículos puedan realizar maniobras de adelantamiento de manera segura, teniendo

en cuenta la velocidad de diseño y las condiciones del tráfico. Según Romero (2022), indica la distancia de la visibilidad de paso o adelantamiento (Da) la cual es de 110 metros para velocidades de 30 km/h y 170 metros para velocidades de 40 km/h.

Peraltes en curvas

Para el proyecto, el peralte máximo es del 10% para velocidades de diseño mayores a 50 km/h, siendo 60 km/h en este caso. El coeficiente de fricción lateral es de 0,157, y el cálculo del peralte es:

$$e = \frac{V_e^{\,2}}{127 * R} - f$$

$$e = \frac{(60)^2}{127 * 110} - 0{,}157 = 0{,}10 = 10\%$$

En este caso, con una velocidad de diseño de 60 km/h, el cálculo resulta en una super-elevación de 0,10 o 10%. Esto indica que la carretera debe inclinarse un 10% hacia el interior de la curva para contrarrestar las fuerzas laterales que actúan sobre los vehículos, mejorando así la seguridad y comodidad al transitar por la curva.

Radio mínimo de curvatura

Con la velocidad de diseño y el peralte máximo definidos, el radio mínimo se calcula como:

$$R_{min} = \frac{\mathrm{V}^2}{127\left(e_{max} + f_{max}\right)}$$

$$R_{min} = \frac{60^2}{127\left(10\% + 0{,}157\right)} = 110\ m$$

Aplicando una velocidad de 60 km/h, una super-elevación máxima de 10% (0,10) y un coeficiente de fricción lateral máximo de 0,157, se obtiene un radio mínimo de 110 metros. Este resultado indica que, para mantener la seguridad vehicular a la velocidad especificada, la curva debe tener al menos este radio. Este cálculo es decisivo en el diseño geométrico de carreteras, ya que asegura que las fuerzas centrífugas no superen los límites seguros, proporcionando así estabilidad a los vehículos al transitar por la curva.

De acuerdo con la normativa del MTOP, para una carretera de dos carriles Tipo C1 en terrenos montañosos, el radio mínimo permitido para las curvas horizontales es de 110 metros. Para verificar si la curva en estudio cumplía con este requisito, se utilizó una ortofoto obtenida mediante un levantamiento topográfico con dron. Luego, se midió el radio de la curva con el software AutoCAD Civil 3D, y se obtuvo un valor de 75 metros. Este resultado demuestra que la curva no cumple con el estándar mínimo exigido por las normas, lo que resulta en una calificación de 0 para este parámetro. (Galarza et al, 2024, p. 23).

Ancho de calzada

Según la Norma del MOP, el ancho de calzada se define en función del volumen y composición del tráfico. Para el tramo La Pita de la vía Jipijapa – Noboa, el ancho requerido es de 7,30 metros, como se muestra en la tabla correspondiente.

Espaldones

Los espaldones cumplen diversas funciones en el diseño geométrico de una vía. Para el tramo de la curva La Pita, se ha establecido un ancho de espaldones de 2,00 metros por cada carril, en función de la clase de carretera y el tipo de terreno, como se muestra en la tabla correspondiente.

Resultados de la evaluación de las características geométricas actual de la curva La Pita

Los resultados presentan un análisis de las características de las curvas horizontales en la vía evaluada. Se listan ocho curvas con parámetros como el radio (R), longitud de la curva (LC), tangente (T), elongación (E), gálibo (G), ángulo central (α), longitud de curva por punto (CP), radio mínimo (R.min), y la condición de cumplimiento según los estándares establecidos. Las curvas 1, 2, 3, 5 y 8 cumplen con los requisitos, mientras que las curvas 4, 6 y 7 no cumplen, siendo la curva 4 la que presenta la mayor desviación con una longitud de curva (LC) de 260,56 metros y un ángulo central (α) de 164,97 grados, lo que indica una necesidad de rediseño para mejorar la seguridad y eficiencia de la vía.

Tabla 13.

Resumen de curvas horizontales del trazado vial actual.

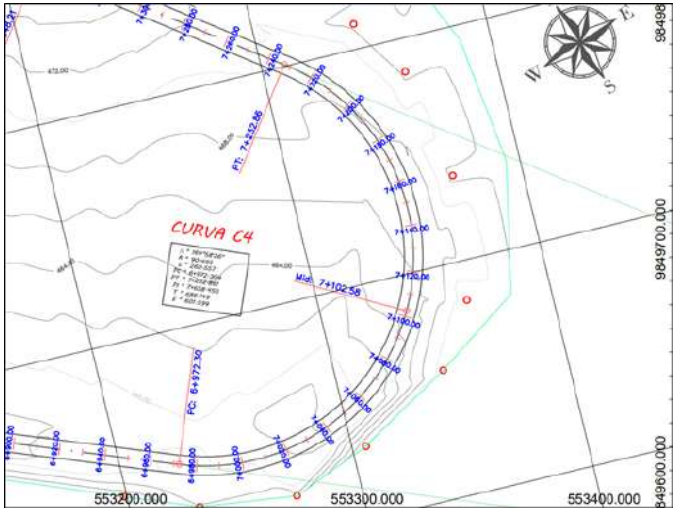
Elementos del estado actual de curvas horizontales									
N°	R	LC	T	E	G	α	CP	R.min	Condición
Curva 1	210,00	21,05	10,53	0,26	5,46	5,74	21,04	110,00	Cumple
Curva 2	131,80	46,91	23,71	2,12	8,69	20,39	46,91	110,00	Cumple
Curva 3	118,22	54,07	27,51	3,16	9,69	26,20	54,07	110,00	Cumple
Curva 4	90,49			601,51				110,00	No
Curva 5	111,53	49,06	24,93	2,75		25,20	49,06	110,00	Cumple
Curva 6	100,95	56,93	29,24	4,15		32,31	56,93	110,00	No
Curva 7	84,19	88,23	48,65	13,05		60,04	88,23	110,00	No
Curva 8	210,00		76,13	13,37	5,46	39,85		110,00	Cumple

Nota. Adoptado de Vera (2024)

A continuación, en la figura 9 presenta radios más pequeños y ángulo central mayores. En particular, la curva 4 destaca por su longitud y ángulo central, indicando una necesidad urgente de rediseño. Para mejorar la circulación y seguridad en esta vía, se recomienda realizar ajustes geométricos en las curvas no conformes, asegurando que todos los elementos cumplan con los estándares técnicos.

Figura 9.

Estado actual de la curva La Pita.



Nota. Adoptado de Vera (2024)

Ancho de calzada actual de curva La Pita

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), la sección transversal de una carretera depende de la categoría de la vía y de la velocidad de diseño. Cada combinación de categoría y velocidad de diseño está asociada a una sección transversal específica, cuyo ancho está definido dentro de un rango determinado, y en algunos casos, es un único valor específico.

A partir de los resultados obtenidos del levantamiento topográfico realizado, se identificaron las medidas transversales de los espacios destinados a los carriles de circulación en ambos sentidos correspondientes a la calzada de 9 metros, lo cual según la norma del MOP en ancho mínimo establecido es de 3.65 m para este tipo de vía. Cumple con los dimensionamientos adecuados.

Resultado de la propuesta del diseño geométrico de la curva La Pita

Análisis de curvas horizontales de la propuesta. La tabla 14 presenta un resumen de los elementos del rediseño, indicando que todas las curvas analizadas cumplen con las condiciones requeridas del radio mínimo para todas las curvas es 110,00 m. Se destacan curvas con radios (R) que varían desde 110,00 m hasta 210,00 m, y longitudes de curva (LC) que oscilan entre 20,00 m y 238,29 m. Los valores de tangente (T), external (E), grado de curva (G) y ángulo central (α), reflejando las diferencias en las características geométricas de cada curva que ha sido evaluada para asegurar que el radio mínimo (R.min) sea de 110,00 m, cumpliendo así con las normativas técnicas establecidas. El análisis general de la tabla demuestra que todas las curvas propuestas cumplen con las especificaciones necesarias para mejorar la seguridad y la eficiencia en la circulación de la vía.

Tabla 14.

Resumen de elementos de la propuesta del rediseño de curvas horizontales.

Elementos de curvas horizontales									
N°	R	LC	T	E	G	α	CP	R.min	Condición
Curva 1	110,00	89,04	47,10	9,67	10,42	46,38	89,04	110,00	Cumple
Curva 2	110,00		207,37	124,74	10,42	124,11	238,29	110,00	Cumple
Curva 3	110,00	96,78	51,77	11,57	10,42	50,41	96,78	110,00	Cumple
Curva 4			86,90	22,07	7,16	57,01	159,21	110,00	Cumple
Curva 5		20,00	10,01	0,24	5,46	5,46	20,00	110,00	Cumple
Curva 6			61,91	8,94	5,46	32,85	120,40	110,00	Cumple
Curva 7		81,98	41,52	4,07	5,46	22,37	81,98	110,00	Cumple

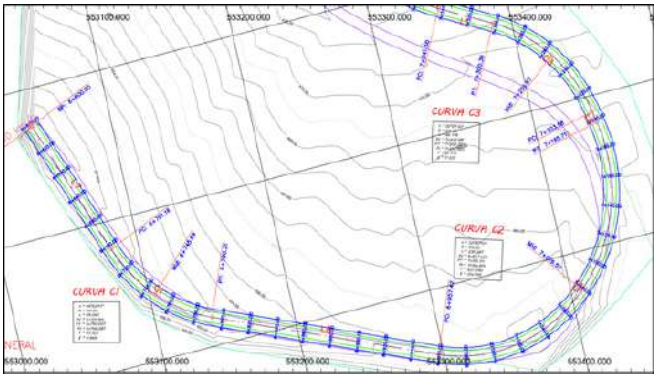
Nota. Adoptado de Vera (2024)

Propuesta de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa

Con la propuesta de la curva cumple con los parámetros de diseño geométrico establecidos en las normas MOP 2003. Las curvas horizontales con 110 m de radio, superlevación correcta y una anchura suficiente para garantizar la seguridad y comodidad de los conductores. Este diseño integral asegura una conducción segura y eficiente, optimizando el flujo de tráfico y minimizando riesgos de accidentes. A continuación, en la figura 10 y 11 muestra la propuesta del diseño geométrico.

Figura 10.

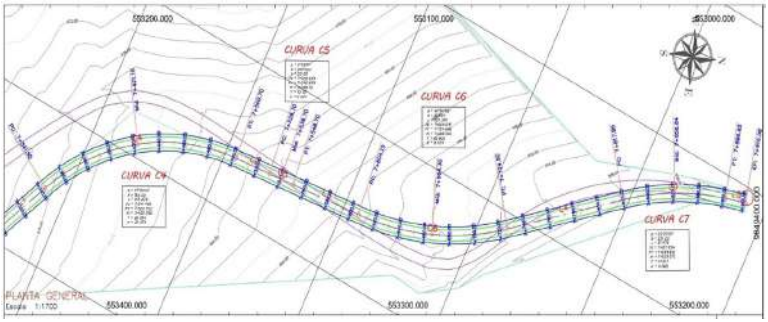
Propuesta del diseño de La curva La Pita Km 6+600 hasta Km 7+341.50.



Nota. Adoptado de Vera (2024)

Figura 11.

Propuesta del diseño de La curva La Pita Km 7+341.50 hasta Km 7+916.06.



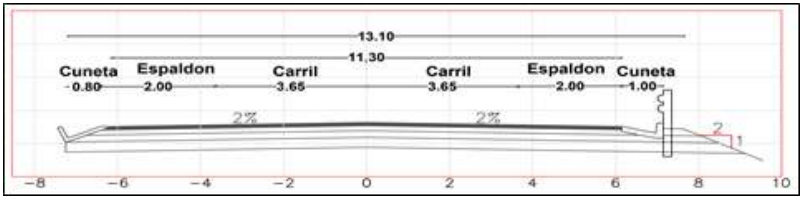
Nota. Adoptado de Vera (2024)

Sección típica de la propuesta del rediseño de la curva La Pita

Con la propuesta del rediseño presentada en la figura 12, se establece la siguiente sección típica y el dimensionamiento requerido para el tramo de la curva La Pita, de acuerdo con su flujo vehicular y topografía. El diseño incluye un ancho de carril en ambos sentidos de 3,65 m, espaldones en ambos sentidos de 2 m y un bombeo del 2%. El nuevo seccionamiento transversal del tramo comprendido en la curva La Pita cumple con las especificaciones establecidas en las normas viales.

Figura 12.

Sección típica propuesta del tramo curva La Pita.



Nota. Adoptado de Vera (2024)

Conclusiones

- El diseño geométrico de la curva La Pita se fundamenta en el análisis de los siguientes parámetros: volumen de tránsito, clasificación de jerarquía vial, velocidad de diseño, distancia de rebasamiento, radios de curvatura y sección típica. Estos puntos se analizaron conforme a las normas del MOP 2003 y NEVI 12 A.
- Los estudios de campo realizados incluyeron el análisis del volumen de tránsito mediante hojas de campo de aforo vehicular, basándose en las características del vehículo y el sentido de circulación. Se determinó que el tipo de vía es una carretera colectora de clase I. Otro punto estudiado fue la topografía de la vía, la cual permitió conocer su dimensionamiento actual y condiciones geométricas, caracterizándose como terreno montañoso.
- Con base en los criterios del MOP 2003 y NEVI 12 A para el diseño geométrico de carreteras, se constató que la curva denominada La Pita no cumple con las condiciones geométricas adecuadas en su sección horizontal. La curva horizontal N4 a evaluada tiene un radio

de 90,42 m y requiere un nuevo seccionamiento o ampliación para asegurar una circulación adecuada. El diseño geométrico propuesto cumple con las características viales estipuladas en las normas MOP 2003 y NEVI 12 A, lo cual está respaldado por los cálculos detallados en el apartado de resultados.

Referencias Bibliográficas

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). ***Normas de diseño geométrico de carreteras.*** Quito: Protecvía CIA.

Cárdenas Grisales, J. (2013). ***Diseño geométrico de carreteras.*** Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?srsltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-l4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ymJUWI

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gonzáles, J. E., León, B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. ***Revista Ciencia y construcción, 4***(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños víales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. ***Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3***(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Vera, R. F. (2024). ***Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 4

Aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, sucre, veinticuatro de mayo, en Ecuador

AUTORES: Ana Gabriela Cedeño Pico; Francisco Segundo Ponce Reyes

SABER**EC 5.0**

Aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, sucre, veinticuatro de mayo, en Ecuador

Sidewalks and curbs for the eloy alfaro sector, sucre, veinticuatro de mayo, in Ecuador

Resumen

El problema identificado como objeto de este estudio, es la carencia de mantenimiento preventivo y correctivo; así como la escasa inversión en mejoras estructurales de aceras y bordillos en el sector Eloy Alfaro, de la ciudad de Sucre, que afecta la calidad de vida de los habitantes. Este proyecto se basó en la caracterización de aceras y bordillos para las calles del sector Eloy Alfaro. Para eso se planteó como objetivo general, caracterizar aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, de la ciudad de Sucre, cantón Veinticuatro de Mayo, provincia de Manabí, en Ecuador; en la metodología se utilizó una investigación aplicada, de tipo básica, de nivel descriptivo, con estrategia de campo, cuyo diseño fue no experimental, con enfoque cuantitativo; la población y muestra de este estudio fueron las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro; se utilizaron diversas técnicas como: Observación, revisión bibliográfica, medición; y modelación; y los instrumentos relacionados con esas técnicas fueron: Ficha de observación; ficha de revisión bibliográfica, equipos topográficos; y los software Excel, AutoCAD, CivilCAD, el resultado parcial obtenido hasta ahora es la descripción de las condiciones actuales de las aceras y bordillos del sitio del estudio, con sus respectivas representaciones graficas de las áreas afectadas; así como el levantamiento topográfico del área de estudio.

Palabras clave: mantenimiento preventivo y correctivo, mejoras estructurales, áreas afectadas, levantamiento topográfico.

Abstract

The problem identified as the object of this study is the lack of preventive and corrective maintenance; as well as the low investment in structural improvements to sidewalks and curbs in the Eloy Alfaro sector of the city of Sucre, which affects the quality of life of the inhabitants. This project was based on the characterization of sidewalks and curbs for the streets of the Eloy Alfaro sector. For this purpose, the general objective was to characterize sidewalks and curbs for the Eloy Alfaro sector, in the city of Sucre, Canton Veinticuatro de Mayo, province of Manabí, in Ecuador; In the methodology, applied research was used, of a basic type, at a descriptive level, with a field strategy, whose design was non-experimental, with a quantitative approach; The population and sample of this study were the sidewalks and curbs of the Eloy Alfaro sec-

tor; Various techniques were used such as: Observation, bibliographic review, measurement; and modeling; and the instruments related to these techniques were: Observation sheet; bibliographic review sheet, topographic equipment; and the software Excel, AutoCAD, CivilCAD, the partial result obtained so far is the description of the current conditions of the sidewalks and curbs of the study site, with their respective graphic representations of the affected areas; as well as the topographic survey of the study area.

Keywords: preventive and corrective maintenance, structural improvements, affected areas, topographic survey.

Introducción

Este trabajo de investigación versa sobre la caracterización de aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, ciudad de Sucre, Veinticuatro de Mayo, año 2024¸ el cual surgió a través de la problemática identificada, tales como, el descuido en el mantenimiento regular y la escasa inversión en mejoras estructurales de las aceras y bordillos, lo que provoca accidentes peatonales que perjudican a los moradores del sector.

Según Organización Mundial de la Salud (2023), las muertes por accidentes de tránsito continúan aumentando, con un promedio anual de 1,35 millones de muertes. El informe de la OMS sobre el estado mundial de la seguridad vial 2018 destaca que las lesiones causadas por el tránsito son ahora la principal causa de muerte de niños y jóvenes de 5 a 29 años.

En las naciones más desarrolladas desde el punto de vista económico, se reconoce la alta vulnerabilidad de los peatones en las carreteras. De acuerdo al análisis realizado por Ruíz Castillo (2020) “Anualmente, más de 270.000 peatones pierden la vida en todo el mundo, representando el 22% de las muertes por accidentes de tránsito mientras tanto otros miles de peatones terminan lesionados o afectados con alguna discapacidad permanente”. (p.1)

A nivel de la región interandina las aceras se encuentran en pésimo estado; en estudio realizado por Villareal (2017) menciona:

Las aceras se encuentran en pésimo estado en toda la ciudad de Tulcán, causan malestar entre los transeúntes, especialmente pueden originar incidentes y provocar accidentes peatonales y de tránsito que causen lesiones que afectan a la integridad física de los peatones, al igual que dentro de los mismos existen grupos de personas de atención prioritaria, especialmente con discapacidad física, que requieren que este medio de tránsito peatonal se encuentre en condiciones óptimas. (p. 15)

En lo que respecta a Ecuador, las aceras y bordillos abarcan problemas de accesibilidad, deterioro, peligros viales, planificación urbana deficiente y falta de cumplimiento normativo. Estas deficiencias impactan la seguridad y comodidad peatonal. Requieren soluciones integrales, como mejoras en diseño y mantenimiento, ajustes en la planificación urbana, cumplimiento de normativas de accesibilidad y seguridad vial. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), 2019)

Es crucial promover entornos peatonales seguros, accesibles y estéticamente agradables para garantizar la movilidad y calidad de vida de los ciudadanos, fomentando una mayor conciencia en la inversión y gestión de infraestructuras peatonales a nivel nacional.

En la provincia de Manabí, específicamente en algunas zonas, las aceras y bordillos presentan diversas problemáticas. Se observa un deterioro considerable en la infraestructura, con aceras rotas, desniveles y ausencia de rampas para personas con discapacidad, dificultando su movilidad. Además, la carencia de un diseño urbano adecuado genera conflictos entre peatones y vehículos, aumentando la posibilidad de accidentes viales (Conforme Cedeño, 2019).

La situación se agrava por la falta de mantenimiento regular y la escasa inversión en mejoras estructurales. Se necesita una intervención integral que incluya la rehabilitación de aceras, instalación de rampas accesibles, cumplimiento de normativas de seguridad vial y una planificación urbana que priorice la movilidad peatonal. Estas acciones mejorarán la accesibilidad, seguridad y calidad de vida de los habitantes de Manabí.

Así mismo, en la ciudad de sucre, del cantón Veinticuatro de mayo, el proyecto objeto de este estudio, no se han tenido en cuenta ciertas especificaciones técnicas necesarias para el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, especialmente en elementos como las aceras y bordillos en el sector Eloy Alfaro calle comercio en la cual accesibilidad representa una preocupación principal, ya que las aceras estrechas, desniveles o la falta de rampas dificultan el desplazamiento de personas con discapacidades o movilidad reducida. Además, la falta de mantenimiento adecuado puede generar condiciones inseguras debido a grietas, hundimientos u obstáculos en las aceras. La inconsistencia en el diseño, como la falta de uniformidad en materiales o estilos, afecta la estética urbana y la funcionalidad.

Con respecto a esta problemática, la investigación respondió a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la caracterización de aceras y bordillos para el sector Eloy Alfaro, en la ciudad de Sucre, cantón Veinticuatro de Mayo en el 2024?

Esta investigación sirve para realizar la caracterización de aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro ciudad de Sucre, cantón Veinticuatro de Mayo, teniendo en consideración factores técnicos, económicos y problemas sociales, además que permite elaborar una propuesta de solución del problema existente en lo referente al tránsito y accidente de niños, persona con discapacidad y adulto mayor, como solución a los problemas de tránsito a sectores vulnerables, con el diseño de acceso seguro y cómodo. En la realización de cálculos de acceso público se aplicarán los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la formación como profesional de la carrera de Ingeniería Civil. Para analizar la topografía, que será complementado mediante los métodos de cálculos establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) para facilitar el acceso de los peatones.

En cuento a la delimitación espacial se puede señalar que el presente estudio se lo realizó en el sector Eloy Alfaro de la cuidad, Sucre, cantón Veinticuatro de Mayo, de la provincia de Manabí, en Ecuador.

El objetivo general de esta investigación fue:

Caracterizar la planeación de aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro el cantón Veinticuatro de Mayo.

Así mismo se plantearon objetivos específicos:

- Describir las condiciones de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, cantón Veinticuatro de Mayo.
- Medir el área de estudio mediante un levantamiento topográfico del sector Eloy Alfaro, cantón Veinticuatro de Mayo.
- Proponer la planificación de aceras y bordillos en el sector Eloy Alfaro, cantón Veinticuatro de Mayo.

De los cuales se tiene resultado parcial obtenido hasta ahora; y para ello se presenta la descripción de las condiciones actuales de las aceras y bordillos del sitio del estudio, con sus respectivas representaciones graficas de las áreas afectadas; así como el levantamiento topográfico del área de estudio.

Materiales y métodos

Esta investigación se la realizó en varias calles del sector Eloy Alfaro de la ciudad de Sucre del cantón Veinticuatro de Mayo, de la provincia de Manabí,

en Ecuador; en la cual se realizó la descripción de las condiciones actuales de las aceras y bordillos del sitio del estudio, con sus respectivas representaciones graficas de las áreas afectadas; así como el levantamiento topográfico del área de estudio.

Para ello, se utilizó una investigación de tipo aplicada, de carácter cuantitativo, por tal razón se recolecto datos del área del estudio de la caracterización del sector Eloy Alfaro, en la ciudad de Sucre, cantón Veinticuatro de Mayo en forma observación directa en campo.

En este proyecto se recurrió a la estrategia de la investigación de campo; con apoyo documental, porque se recogió información de fuentes bibliográficas; es decir que se tomaron los datos directamente del lugar del fenómeno que se estudió.

El enfoque que se le dio al estudio fue cuantitativo; porque lo que se hizo se expresó en datos numéricos.

La población objeto de estudio o la unidad de análisis de esta investigación fue el sector Eloy Alfaro de la ciudad de Sucre del cantón Veinticuatro de Mayo, de la provincia de Manabí, en Ecuador.

La muestra de esta investigación fueron las aceras y bordillos de la calle Comercio, vía a Noboa, calle Bogomil Trampuz; y, calle José Tóala Ortega, del sector Eloy Alfaro de la ciudad de Sucre del cantón Veinticuatro de Mayo, de la provincia de Manabí, en Ecuador.

Las técnicas que se utilizaron en el presente estudio fueron: Observación, revisión bibliográfica, medición; y, modelación.

Los instrumentos utilizados fueron ficha de observación/ ficha de revisión bibliográfica.

Según Campos Flores (2022), la observación es esencial para dar cuenta de un fenómeno. Es una técnica muy empleada tanto en la investigación cualitativa como en la cuantitativa, y puede ser clasificada en varios tipos: 1. Directa. El observador se pone en contacto directo con el fenómeno o el hecho. 2. Indirecta. Son datos que no son observables directamente, sino que se basan en declaraciones u observaciones realizadas previamente por otras personas. Se pueden ver grabaciones, fotografías, libros, revistas, entre otros. 3. Participante. En este tipo de observación el investigador no solo observa el fenómeno directamente, sino que se integra en la situación, socializa con el grupo investigado para obtener información “desde adentro”. Se emplean, entrevista, las encuestas o diarios información. (p. 1)

Resultados y discusión

Luego de haber recogido los datos de campo y procesada la información, se procede a mostrar las tablas; que muestran el resultado parcial obtenido hasta ahora, que corresponde a la descripción de las condiciones de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, cantón Veinticuatro de Mayo, en la provincia de Manabí, en Ecuador.

Tabla 15.

Condiciones de aceras y bordillos para el sector Eloy Alfar; calle Comercio cuadra nro. 1

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857534 Este: 564761. Calle: calle Comerció Referencia: Donde inicia las aceras en el sector	LADO DERECHO Longitud: 100 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera: Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		En el sitio se visualizó que el hormigón en la losa tiene ciertas fisuras moderadas, hace falta limpieza y su debido mantenimiento	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU. Altura máxima de desnivel entre acera y calzada igual a 200 mm. Para especificaciones técnicas adicionales, remitirse a la NTE INEN 2855. Y implementa rampas para personas con discapacidad.
	LADO IZQUIERDO Longitud: 100.00 m Ancho de acera: 1.45 m Área de acera: Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		En el sitio se visualizó grietas y concreto expansivo formando una pequeña rampa, maleza en las orillas de los bordillos y parte de ellos destruidos.	

Nota. Visualización del estado físico de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, calle Comercio (cuadra 1).

La tabla que antecede permite visualizar el estado físico de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, calle Comercio (cuadra 1). Se observó que las aceras y bordillos y se ve más afectada desde la abscisa 0+080 hasta 0+100.

Tabla 16.

Condiciones de aceras y bordillos para la calle Comercio cuadra # 1; (abscisa 0+100 hasta 0+248).

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857675 Este: 564781 Calle: Comerció Referencia: Desde la abscisa 0+100 a 0+248	LADO DERECHO Longitud: 100 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera:150 m^2 Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		En el sitio se visualizó hormigón en mal estado y potencial peligro en la circulación de peatones y además Se encontró losa parcialmente destruida.	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU
	LADO IZQUIERDO Longitud: 148.00 m Ancho de acera: 1.45 m Área de acera:214.60 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		En el sitio se visualizó grietas y concreto expansivo formando una pequeña rampa y maleza en las orillas de los bordillos y con huecos severos.	

Nota. Visualización del estado físico de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, calle Comercio (abscisa 0+100 hasta 0+248).

La tabla que antecede permite visualizar el estado físico de las aceras y bordillos del sector Eloy Alfaro, calle Comercio (abscisa 0+100 hasta 0+248). Se observó que las aceras y bordillos están destruidos; y, presenta maleza en las orillas de los bordillos y con huecos severos.

Tabla 17.

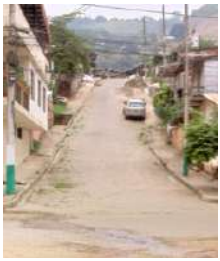
Condiciones de aceras y bordillos para la vía Noboa del sector Eloy Alfaro.

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857635 Este: 564765 Calle: calle Comerció intercesión vía Noboa Referencia: Gruta Virgen de Monserrate	Longitud de vía:230.00m Longitud de acera 20.00 m Ancho de acera: 1.80 m Área de acera:36.00 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 12 cm	 	En ambas aceras se encuentra pequeñas fisura y maleza entre medio de los bordillos a su vez no cuenta con rampas para facilitar el acceso. A partir desde la abscisa 0+020 hasta 0+230 no existe aceras y falta de iluminación en vía Noboa	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU ya que no se considera rampas y señaléticas en el Sector.

Nota. Se visualizó el estado físico de las aceras y bordillos de la vía a Noboa, del sector Eloy Alfaro. La tabla que antecede permite visualizar que en la vía a la parroquia Noboa no existe aceras y borillos.

Tabla 18.

Condiciones de aceras y bordillos para la calle Bogomil Trampuz; del sector Eloy Alfaro.

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857780 Este: 564741. Calle: Bogomil Trampuz Referencia: Donde inicia las aceras en el sector	LADO DERECHO Longitud: 120.00 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera:180 m^2 Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		Se observó que encuentra en buen estado la aceras y borillo de calle Bogomil Trampuz, per hacer falta señaléticas y acceso para la persona con discapacidad.	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU
	LADO IZQUIERDO Longitud: 122.00 m Ancho de acera: 1.45 m Área de acera:183 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		Se visualizó que encuentra obstrucciones en la aceras que materiales de construcción y falta de luminarias de la zona.	

Nota. Se visualizó el estado físico de aceras y bordillos de la calle Bogomil Trampuz.

La tabla que antecede permite visualizar que en la calle Bogomil Trampuz existe aceras y borillos en buen estado.

Tabla 19.

Condiciones de aceras y bordillos calle comercio cuadra nro. 2.

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857534 Este: 564761. Calle: Calle comercio Referencia: Tienda Mary en la intercepción vía Noboa y calle Bogomil Trampuz	LADO DERECHO Longitud: 140.00 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera:210 m^2 Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		La acera de este lado derecho se encuentra en buen estado, pero se considera remodelación estética para complementar acceso del grupo de la tercera edad y discapacidad	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU
	LADO IZQUIERDO Longitud: 140.00 m Ancho de acera: 1.70 m Área de acera:210 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		La acera de este lado izquierdo se encuentra en buen estado, pero se considera remodelación estética para complementar acceso del grupo de la tercera edad y discapacidad	

Nota. Se visualizó el estado físico de aceras y bordillos de la calle Comercio. La tabla que antecede permite visualizar que en la calle Comercio, las aceras no presentan buen estado.

Tabla 20.

Condiciones de aceras y bordillos calle José Tóala Ortega; del sector Eloy Alfaro.

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9858028 Este: 564719 Calle: José Tóala Ortega Referencia: Por la lubricadora Tóala	LADO DERECHO Longitud: 140.00 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera: 210 m^2 Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		En el sitio se visualizó que las aceras y bordillos se encuentran en buen estado y solo les hace falta limpieza.	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU
	LADO IZQUIERDO Longitud: 140.00 m Ancho de acera: 1.45 m Área de acera:203 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		En el sitio se visualizó que el hormigón en la losa tiene ciertas fisuras moderadas, hace falta limpieza y su debido mantenimiento	

Nota. Se visualizó el estado físico de aceras y bordillos de la calle José Tóala Ortega. .

La tabla que antecede permite visualizar que en la calle José Tóala Ortega existe aceras y borillos; encontrándose el lado derecho en buen estado; y, el lado izquierdo en proceso de deterioro.

Tabla 21.

Condiciones de aceras y bordillos calle comercio intersección en calle José Tóala Ortega; del sector Eloy Alfaro.

Ubicación referencial	Descripción	Registro fotográfico	Observaciones	Según normativa
Coordenadas Inicial Norte: 9857534 Este: 564761. Calle: calle comercio y José Tóala Ortega Referencia: Intersección en calle José Tóala Ortega	LADO DERECHO Abscisa: 0+260 a 0+330 Longitud:70.00 m Ancho de acera: 1.50 m Área de acera:105 m^2 Altura de bordillo: 20 cm Ancho de bordillo: 15 cm		En el sitio se visualizó que las aceras y bordillos se encuentran en buen estado y solo les hace falta limpieza.	No cumple con la especificación técnica de la normativa NEC- AU
	LADO IZQUIERDO Abscisa: 0+140 a 0+330 Longitud: 190.00 m Ancho de acera: 1.45 m Área de acera: 275.5 m^2 Altura de bordillo: 15 cm Ancho de bordillo: 10 cm		En el sitio se visualizó existe huecos moderados se recomienda sustituir losa. y hormigón está perdiendo resistencia.	

Nota. Se visualizó el estado físico de aceras y bordillos de la calle comercio intersección en calle José Tóala Ortega.

La tabla que antecede permite visualizar que en la calle comercio intersección en calle José Tóala Ortega, existe aceras y borillos; encontrándose el lado derecho en buen estado; y, el lado izquierdo en proceso de deterioro.

Para la discusión de los resultados obtenidos en la investigación, se han tomado dos autores; por un lado:

Andrade Vera & Cobacango Villavicencio (2023), sostienen que:

Las inversiones estatales juegan un papel vital en el desarrollo del turismo en la región. Al asignar recursos financieros a la infraestructura y los proyectos turísticos, es posible fortalecer la competitividad de los destinos, mejorar la calidad de la experiencia turística y crear puestos de trabajo en la industria. (2023, p. 11)

Esto deja en evidencia que el deterioro de la infraestrutura de la calle se debe al abandono, y quizas sea producto de los escasos recursos economicos con que cuenta el GAD Municipal de Sucre, lo que no permite el mantenimiento preventivo y correctivo de las calles de la ciudad.

Por su parte, Gavilanes Pérez (2023) afirma que:

Este proyecto se presenta debido a que la infraestructura vial del sector comprendido entre la av. Real Audiencia de Quito, av. Bolivariana, av. Galo Vela y calle Sócrates se ha deteriorado con el uso y el paso del tiempo, y considerando que es un eje indispensable para el desarrollo productivo, económico y social para sus habitantes. En esta evaluación se llevaron a cabo los estudios respectivos para conocer el estado actual del sistema vial en la zona de estudio, el proceso se inició con la evaluación visual y levantamiento de información en campo, recolectando datos de las diferentes vías en fichas de campo; con la utilización del GPS se realizó la ubicación geográfica de cada falla existente en la zona evaluada y se las identificó de acuerdo al nivel de severidad. (2023, p. xvii)

Evidentemente, que el tiempo y la falta de mantenimiento oportuno conlleva al deterior de las calles, bien sea por desatención o por haber cumplido su ciclo de vida útil.

Conclusiones

El análisis del resultado alcanzado lleva a la siguiente conclusión sobre las condiciones de aceras y bordillos en el sector Eloy Alfaro, de la ciudad de Sucre, del cantón Veinticuatro de Mayo.

En tal sentido, se concluye de manera general, que la calle Comercio en la primera cuadra, se ve más afectada desde la abscisa 0+080 hasta 0+100. La misma calle, en abscisa 0+100 hasta 0+248 se observó que las aceras y bordillos están destruidos; y, presenta maleza en las orillas de los bordillos y con huecos severos. También se encontró que en la vía a la parroquia Noboa no existe aceras y bordillos. Contrario a lo anterior se pudo evidenciar que la calle Bogomil Trampuz, tiene aceras y borillos en buen estado. Por otro lado, la calle Comercio, en la segunda cuadra, las aceras no presentan buen estado. Así mismo, en la calle José Tóala Ortega existe aceras y borillos; encontrándose el lado derecho en buen estado; y, el lado izquierdo en proceso de deterioro. Finalmente, la calle comercio intersección en calle José Tóala Ortega, existe aceras y borillos; encontrándose el lado derecho en buen estado; y, el lado izquierdo en proceso de deterioro.

Referencias bibliográficas

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN", 7(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. ***RAI. Revista Académica Institucional, 3***(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Villarreal, R. E. (2017). ***La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el***

principio constitucional del buen vivir. Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 5

Análisis de la Seguridad Vial del tramo de vía desde Ricaurte hasta Zapallo utilizando la Metodología Star Rating (SRS)

AUTORES: Kleber Leonardo Suárez Choéz; Luis Alfonso Moreno Ponce; Antonio Alejandro Suárez Choéz

SABER**EC 5.0**

Análisis de la Seguridad Vial del tramo de vía desde Ricaurte hasta Zapallo utilizando la Metodología Star Rating (SRS)

Road Safety Analysis of the road section from Ricaurte to Zapallo using the Star Rating Methodology (SRS)

Resumen

Este proyecto realizó un análisis de seguridad vial en el tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo, en la provincia de Manabí, Ecuador. El objetivo principal fue identificar los principales problemas de seguridad vial y proponer medidas correctivas para reducir la accidentabilidad. Se utilizó la metodología del programa iRAP, implementando el software Star Rating (SRS), que permitió evaluar la seguridad de la vía mediante una clasificación por estrellas. Para ello, se recopiló información mediante observaciones directas, análisis de tráfico promedio diario anual y el registro de accidentes entre los años 2015 y 2021. Asimismo, se analizaron los objetos peligrosos cercanos a la vía, como árboles y postes, que incrementan el riesgo de accidentes. Los resultados del análisis indicaron que el 71.43% de los accidentes en el tramo se debieron a errores humanos, mientras que el resto estuvo relacionado con factores mecánicos y ambientales. Las deficiencias más notables fueron la señalización insuficiente y la falta de barreras de contención. Las medidas propuestas, como la mejora de la señalización, instalación de barreras y mejoras en el pavimento, mostraron un impacto positivo al aumentar la clasificación por estrellas del tramo, reduciendo así los riesgos para los usuarios. Además, el análisis económico confirmó que la inversión en estas contramedidas es viable, presentando una alta relación costo-beneficio y un significativo potencial para salvar vidas y prevenir accidentes.

Palabras clave: seguridad vial, iRAP, accidentes de tránsito, infraestructura, contramedidas.

Abstract

This project conducted a road safety analysis on the section of the road between Ricaurte and Zapallo, in the province of Manabí, Ecuador. The main objective was to identify the key road safety issues and propose corrective measures to reduce accidents. The iRAP program methodology was used, implementing the Star Rating (SRS) software, which allowed the road's safety to be evaluated through a star rating system. Data was collected through direct observations, analysis of average daily traffic, and accident records from 2015 to 2021. Additionally, dangerous objects near the road, such as trees and poles, were analyzed as they increase the risk of accidents. The results

indicated that 71.43% of the accidents on the section were due to human error, while the remainder was related to mechanical and environmental factors. The most notable deficiencies were insufficient signage and the lack of protective barriers. The proposed measures, such as improving signage, installing barriers, and pavement improvements, had a positive impact by increasing the star rating of the section, thereby reducing risks for users. Additionally, the economic analysis confirmed that the investment in these countermeasures is feasible, showing a high cost-benefit ratio and significant potential to save lives and prevent accidents.

Keywords: road safety, iRAP, traffic accidents, infrastructure, countermeasures.

Introducción

En el presente proyecto se realiza un estudio de seguridad vial basado en un examen del plan vial, con el objetivo de identificar problemas relacionados con la seguridad, especialmente en aspectos como la señalización, iluminación, delineación y características geométricas de la vía estudiada. A partir de estos análisis, se proponen soluciones con el fin de reducir los accidentes en el tramo evaluado. Para ello, se utiliza el software Star Rating (SRS), que permite evaluar y calificar la vía, disminuyendo así el riesgo de accidentes y previniendo la pérdida de vidas y sufrimientos innecesarios. El tramo de carretera que conecta el cantón Chone, desde Ricaurte hasta Zapallo, ha sido evaluado considerando el tráfico promedio diario anual (TPDA), el cual incluye vehículos pesados, livianos y buses. Esto es de gran importancia para el desarrollo y comercio de la provincia de Manabí, al asegurar una vía segura y confiable para sus usuarios.

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de mortalidad en el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), cada año se registran aproximadamente 1.35 millones de muertes por siniestros viales. Este fenómeno, además de las irreparables pérdidas humanas, genera un considerable impacto económico, ya que se estima que los accidentes de tránsito cuestan a los países alrededor del 3% de su Producto Interno Bruto (PIB) (OMS, 2021). Con el aumento del número de vehículos en las carreteras y la urbanización en continuo crecimiento, la necesidad de mejorar la seguridad vial se ha vuelto más evidente. En América Latina y el Caribe, la situación no es diferente. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020) destaca que la región tiene una tasa de mortalidad por accidentes de tránsito significativamente más alta que el promedio global, alcanzando las 17 muer-

tes por cada 100,000 habitantes. La deficiente infraestructura vial, junto con la falta de una educación vial adecuada y la limitada aplicación de las leyes de tránsito, son factores determinantes de este elevado índice de accidentes (BID, 2020). Ecuador no escapa a esta realidad y enfrenta un reto urgente en mejorar sus estrategias y políticas de seguridad vial para reducir la tasa de accidentes.

En Ecuador, los accidentes de tránsito se han convertido en un problema de salud pública. La Agencia Nacional de Tránsito (ANT, 2021), informa que, en los últimos años, se han registrado más de 20,000 incidentes anualmente, con aproximadamente 2,000 muertes y 15,000 heridos. Este problema es particularmente preocupante en la provincia de Manabí, donde las carreteras presentan deficiencias considerables. El tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo ha sido señalado como una zona de alto riesgo, debido a la presencia de socavaciones, baches y una señalización inadecuada, lo que contribuye a la alta tasa de siniestralidad en esta área (ANT, 2021). Este estudio se enfoca en la evaluación y mejora de la seguridad vial en el tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo, utilizando la metodología Star Rating del programa iRAP. Esta metodología globalmente reconocida clasifica las carreteras según el riesgo que representan para sus usuarios y permite identificar los factores de riesgo específicos del tramo para desarrollar medidas que los mitiguen. De esta manera, se busca reducir la accidentabilidad y mejorar la seguridad vial en la región (iRAP, 2021).

La metodología iRAP permite clasificar las carreteras según el riesgo que presentan, y las mejoras en la infraestructura pueden incrementar significativamente la seguridad. Carreteras con una clasificación de hasta cinco estrellas son consideradas seguras, como destaca el RSGB Analysts Network (2023), mientras que las inversiones basadas en esta metodología podrían reducir a la mitad los costos asociados con accidentes graves y fatales. Para realizar una evaluación precisa, la recopilación de datos detallados es esencial. Las inspecciones viales del programa iRAP se enfocan en más de 50 atributos de las carreteras que influyen en la probabilidad y gravedad de un accidente (iRAP, 2021, p. 34). Este modelo también permite evaluar la seguridad de un tramo de carretera sin necesidad de datos detallados de accidentes, proporcionando una medición objetiva y simple del nivel de seguridad existente (RSGB Analysts Network, 2023, p. 58). El análisis realizado en este proyecto permite sugerir diversas medidas correctivas como mejoras en la señalización, iluminación y en la gestión de la velocidad, las cuales son fundamentales para alcanzar una clasificación mínima de tres estrellas (iRAP, 2021, p. 22).

De acuerdo con estudios recientes, la implementación de medidas como la iluminación adecuada puede mejorar significativamente la seguridad de las carreteras rurales (iRAP, 2022, p. 33).

Materiales y métodos

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se empleó un enfoque descriptivo y comparativo que permitió identificar los riesgos viales y proponer mejoras. El proceso incluyó la recolección de datos tanto cualitativos como cuantitativos, utilizando herramientas especializadas y métodos de observación directa en el sitio. Asimismo, se utilizó el software Star Rating (SRS) del programa iRAP, una herramienta importante para la evaluación de seguridad vial. Con esta tecnología, se evaluó el riesgo del tramo mediante una clasificación por estrellas, la cual se basa en un análisis detallado de los atributos de la carretera y su infraestructura. Además, este software permitió cuantificar y categorizar los riesgos para distintos usuarios de la vía, como conductores de vehículos pesados y livianos, motociclistas, ciclistas y peatones.

El equipo de trabajo realizó un levantamiento topográfico detallado del tramo en estudio. Se realizaron mediciones utilizando dispositivos GPS para obtener la geolocalización precisa de los puntos críticos a lo largo del tramo. Este procedimiento fue fundamental para identificar las áreas con mayor probabilidad de accidentes. Además, se tomaron fotografías de alta resolución para documentar las condiciones actuales de la carretera, como baches, socavaciones y deficiencias en la señalización vertical y horizontal. Otro elemento esencial en la recopilación de información fue el análisis del tráfico promedio diario anual (TPDA). Estos datos se obtuvieron de las bases de datos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), y fueron procesados para comprender mejor el volumen y la composición del tránsito en la vía, lo cual incluye vehículos pesados, livianos, y autobuses. Este análisis permitió evaluar cómo el tráfico impacta la seguridad de la carretera y qué medidas podrían ser más efectivas para mitigar los riesgos.

De igual manera, se realizó un análisis estadístico de los accidentes de tránsito ocurridos en el tramo de vía entre los años 2015 y 2021. Los registros fueron obtenidos de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y sirvieron para identificar patrones en la siniestralidad. Los datos incluyeron el tipo de accidente, las condiciones climáticas al momento del siniestro, y la severidad de las consecuencias, como heridas o fallecimientos. Esta información proporcionó datos consistentes para determinar los principales factores de riesgo, ya sean derivados del estado de la carretera, condiciones mecánicas de los

vehículos o errores humanos. Además, se realizaron entrevistas a conductores que frecuentan el tramo evaluado, con el objetivo de obtener información cualitativa sobre sus percepciones respecto a la seguridad vial en la zona. Las entrevistas incluyeron preguntas sobre la visibilidad, el estado del pavimento, la señalización, y la experiencia en general al transitar por esa carretera. Esta información permitió complementar los datos obtenidos mediante las herramientas tecnológicas y reforzó el análisis al añadir la perspectiva de los usuarios.

Resultados y discusión

Durante el análisis del tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo, se identificaron un total de 21 accidentes de tránsito ocurridos entre 2015 y 2021. La mayor parte de estos siniestros, aproximadamente el 71.43%, se atribuyó a factores humanos, principalmente a la distracción del conductor o imprudencia de peatones. El 14.28% de los accidentes fueron causados por problemas mecánicos, mientras que el restante 14.28% estuvo relacionado con factores ambientales, como lluvias intensas que disminuyeron la visibilidad y afectaron la calidad del pavimento. Estos accidentes ocurrieron predominantemente en condiciones de baja visibilidad o durante la noche, lo que puso de manifiesto la deficiente iluminación en ciertos sectores del tramo.

A continuación, se muestra una tabla con la clasificación de los accidentes según las causas identificadas:

Tabla 22.

Clasificación de los accidentes.

Causa	Porcentaje (%)	Número de accidentes
Factores humanos	71.43%	15
Problemas mecánicos	14.28%	3
Factores ambientales	14.28%	3

Asimismo, en la determinación de riesgos, el análisis identificó varios factores peligrosos en el tramo evaluado, como se muestra en la figura 13. Entre las principales deficiencias se encontraron problemas en la señalización vertical y horizontal, socavaciones en el pavimento y la falta de barreras de contención en puntos críticos, particularmente en curvas pronunciadas y pendientes. Estas deficiencias aumentaron significativamente el riesgo de accidentes, especialmente en tramos con baja visibilidad y durante eventos climáticos adversos. Se identificaron también objetos peligrosos cercanos a la vía que representan amenazas importantes para los conductores. Estos objetos, entre

los que se incluyen árboles, postes y barreras deterioradas, se encontraron peligrosamente cerca del borde de la carretera. Los objetos que representaron mayor amenaza fueron registrados tanto en el lado del conductor como del copiloto, lo que aumenta el riesgo en caso de pérdida de control del vehículo.

Figura 13.

Factores de riesgo.

La siguiente tabla 23 muestra los objetos considerados como amenaza en el lado del conductor y al lado del copiloto:

Tabla 23.

Amenaza en el lado del conductor.

Objeto	Km/Puntos (Conductor)	Km/Puntos (Copiloto)
Árboles	1.2 km	1.0 km
Postes de electricidad	1.8 km	1.7 km
Señales deterioradas	2.5 km	2.0 km

Esta tabla muestra la distribución de objetos peligrosos que afectan tanto el lado del conductor como el del copiloto.

De igual manera, en el análisis de seguridad vial utilizando el software Star Rating (SRS), la evaluación inicial mostró que el tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo presentaba un riesgo moderado, con una clasificación promedio de tres estrellas para los ocupantes de vehículos. Esta clasificación refleja un nivel de riesgo que, aunque aceptable para los ocupantes de vehículos, indica que existe un margen significativo para mejorar la seguridad, particularmente para usuarios más vulnerables como motociclistas y peatones.Las principales deficiencias identificadas en esta evaluación incluyeron la falta de barreras de protección en curvas peligrosas, así como problemas

de señalización en intersecciones y en zonas escolares. Estas deficiencias se suman a la falta de infraestructura adecuada para peatones, lo que incrementa el riesgo para estos usuarios. Tras la implementación de las contramedidas recomendadas, como la instalación de barreras de contención y la mejora de la señalización, la clasificación por estrellas mejoró de manera significativa. La tabla 24 muestra la clasificación por estrellas para los ocupantes de vehículos después de la adopción de las medidas correctivas:

Tabla 24.

Clasificación por estrellas para los ocupantes de vehículos.

Clasificación por Estrellas	Longitud (km)	Porcentaje (%)
5 Estrellas	5.00	26.32
4 Estrellas	12.00	63.16
3 Estrellas	2.00	10.53
2 Estrellas	0.00	0.00
1 Estrella	0.00	0.00

Por otra parte, la clasificación para motociclistas mostró una mejora significativa después de la implementación de las medidas de seguridad (ver Tabla 25):

Tabla 25.

Clasificación por estrellas para motociclistas.

Clasificación por Estrellas	Longitud (km)	Porcentaje (%)
5 Estrellas	3.00	15.79
4 Estrellas	7.00	36.84
3 Estrellas	9.00	47.37
2 Estrellas	0.00	0.00
1 Estrella	0.00	0.00

Estas mejoras aseguran que, tras la implementación de las contramedidas, el tramo de carretera cumple con los niveles de seguridad recomendados para los ocupantes de vehículos y motociclistas, alcanzando una clasificación de tres estrellas o superior en la mayoría de los casos.

En cuanto a la propuesta de medidas de seguridad, el análisis de las contramedidas muestra claramente cómo cada una de ellas puede influir en la reducción de los accidentes en el tramo de carretera evaluado. Una de las principales recomendaciones es la **mejora de la señalización horizontal y**

vertical en las intersecciones y zonas de mayor riesgo. La falta de señalización clara ha sido una de las causas recurrentes de accidentes, ya que los conductores, al no contar con señales visibles o adecuadas, tienden a confundirse o reaccionar tarde, lo que incrementa el riesgo de colisiones, especialmente en curvas o zonas con alta densidad de tráfico. Al mejorar la señalización, se espera que los conductores tengan una mejor orientación y puedan reaccionar a tiempo ante cualquier cambio en la vía, disminuyendo así los accidentes por distracción o errores humanos.

Otra medida importante es la **instalación de barreras de contención** en las zonas de curvas pronunciadas y pendientes. Estos tramos son especialmente peligrosos para los vehículos pesados y motociclistas, que, en caso de perder el control, tienen pocas opciones para evitar salir de la carretera. Las barreras de contención no solo ofrecen una barrera física, sino que también funcionan como un elemento disuasivo que obliga a los conductores a moderar la velocidad, ya que perciben el peligro de un accidente. Con la instalación de estas barreras, es posible reducir la severidad de los siniestros, ya que se evita que los vehículos caigan por desniveles o choquen directamente contra objetos fijos como árboles o postes.

La **mejora de la iluminación** también es fundamental. Se observó que muchos accidentes ocurrieron durante la noche o en condiciones de baja visibilidad, lo que señala la importancia de contar con una iluminación adecuada en los puntos más oscuros. Mejorar la visibilidad nocturna no solo reduce los accidentes por error de percepción, sino que también ofrece mayor seguridad a peatones y ciclistas, quienes son más vulnerables en estas condiciones. Con una buena iluminación, los conductores pueden anticipar los movimientos de otros vehículos y usuarios de la vía, lo que disminuye las posibilidades de choques y atropellos.

Por otro lado, el **mantenimiento del pavimento** juega un papel crucial en la reducción de los accidentes. Las socavaciones y baches aumentan la probabilidad de que un conductor pierda el control del vehículo, sobre todo en condiciones de lluvia, donde la superficie ya es resbaladiza de por sí. El pavimento en buen estado permite una mejor adherencia de los neumáticos y ofrece una superficie más estable, lo que reduce el riesgo de derrapes o vuelcos. Además, una carretera en buen estado promueve un tránsito más fluido, disminuyendo las frenadas bruscas y las colisiones por alcance.

Cada una de estas medidas no solo actúa de manera independiente, sino que en conjunto crean un entorno más seguro para los conductores, peatones

y ciclistas. La **eliminación de peligros laterales**, como árboles o postes cercanos a la calzada, complementa estas mejoras, reduciendo las posibilidades de choques frontales o laterales que suelen ser los más graves.

Adicionalmente, el análisis económico realizado demuestra que la implementación de las medidas de seguridad propuestas es viable y altamente favorable desde el punto de vista de la relación costo-beneficio (RBC). Las medidas tienen el potencial de reducir significativamente los costos asociados con los accidentes de tránsito al disminuir la siniestralidad y salvar vidas en el tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo. La siguiente tabla 26 sintetiza el análisis económico de las principales contramedidas evaluadas, mostrando la relación entre el costo estimado y los beneficios esperados en términos de reducción de siniestros:

Tabla 26.

Análisis económico de las principales contramedidas.

Medida de mejora	Longitud/Sitio	MLGs Salvados	Costo Estimado (USD)	Costo por MLG Salvado (USD)	RBC
Señalización horizontal y vertical en intersecciones	36 sitios	2	280,400	168,412	516
Rehabilitación del pavimento	0.30 km	0	220,789	9,357,033	9
Mejorar demarcación de curva	0.10 km	0	2,006	43,340	2,003
Mejorar fricción en la superficie de rodamiento	18.00 km	26	659,199	25,334	3,427
Habilitación de tercer carril y barrera	6.70 km	30	8,693,591	285,481	304
Eliminar peligros laterales (ciclovías)	7.60 km	5	1,608,953	349,088	249

El análisis económico muestra que la implementación de las contramedidas propuestas no solo es viable, sino también altamente beneficiosa en términos de la relación costo-beneficio (RBC). De hecho, algunas de las medidas resultan ser especialmente coste-efectivas, como la mejora de la fricción en la superficie de rodamiento, que presenta una RBC de 3,427. Este alto valor refleja el potencial significativo de esta intervención para reducir accidentes graves y fatales, especialmente en los tramos donde las condiciones del pavimento contribuyen al deslizamiento de los vehículos, en particular en condiciones de lluvia o humedad. Al mejorar la adherencia de los neumáticos

al pavimento, es posible evitar una cantidad considerable de siniestros que involucran a vehículos de gran tamaño o motociclistas.

Otra medida destacada es la habilitación de un tercer carril con barrera, que tiene una RBC de 304. Esta medida, aunque más costosa que otras, resulta sumamente eficaz en zonas de alta congestión vehicular y curvas pronunciadas, donde las barreras de protección no solo reducen la severidad de los accidentes, sino que también previenen salidas de vía que podrían tener consecuencias fatales. La inversión en esta medida se ve justificada por la cantidad de vidas que se pueden salvar y la cantidad de lesiones graves que se evitan.

En cuanto a la señalización horizontal y vertical en intersecciones, con una RBC de 516, esta intervención ofrece una solución de bajo costo, pero con un impacto directo en la reducción de accidentes causados por distracción o falta de información en puntos clave de la vía. La correcta demarcación y colocación de señales visibles proporciona a los conductores las indicaciones necesarias para maniobrar de manera segura, evitando colisiones en intersecciones, que son una de las áreas más propensas a choques. Finalmente, la eliminación de peligros laterales, como árboles o postes cercanos a la calzada, aunque tiene una RBC más baja en comparación con otras medidas (249), sigue siendo una intervención importante para reducir el riesgo de choques laterales o frontales, especialmente en casos donde los conductores pierden el control del vehículo.

Conclusiones

El análisis de seguridad vial realizado en el tramo de carretera entre Ricaurte y Zapallo ha permitido identificar una serie de deficiencias críticas que afectan directamente la seguridad de los usuarios. Los resultados muestran que los principales factores de riesgo en este tramo están relacionados con la falta de señalización adecuada, la presencia de objetos peligrosos cercanos a la vía, la ausencia de barreras de contención en zonas de curvas pronunciadas y pendientes, y la deficiente iluminación en áreas con baja visibilidad. Estas condiciones no solo incrementan la probabilidad de accidentes, sino que también agravan la severidad de los mismos.

La aplicación del software Star Rating (SRS) permitió evaluar de manera objetiva el nivel de riesgo del tramo, arrojando una clasificación inicial de tres estrellas, lo que indica que aunque la vía ofrece cierta seguridad para los vehículos, aún existen importantes áreas de mejora, especialmente para usuarios

más vulnerables como motociclistas y peatones. Con la implementación de las medidas propuestas, como la mejora en la señalización y el pavimento, así como la instalación de barreras de contención y una iluminación adecuada, se espera que la calificación por estrellas aumente, elevando el nivel de seguridad en la vía y reduciendo el riesgo de accidentes.

Además, el análisis económico ha demostrado que la inversión en estas mejoras no solo es factible, sino también rentable. Medidas como la mejora de la fricción en la superficie de rodamiento y la habilitación de un tercer carril con barrera presentan una alta relación costo-beneficio (RBC), lo que indica que la implementación de estas intervenciones no solo salvará vidas y reducirá lesiones, sino que también traerá ahorros significativos en los costos asociados a la siniestralidad.

En conclusión, los resultados demuestran que la implementación de las contramedidas propuestas en este estudio no solo mejorará la seguridad vial en el tramo evaluado, sino que también contribuirá a la reducción de accidentes, al bienestar de los usuarios y al desarrollo económico de la región de Manabí. La ejecución de estas mejoras es esencial para ofrecer una vía más segura y confiable para todos los que la transitan.

Referencias Bibliográficas

ANT-Agencia Nacional de Tránsito. (2021). Estadísticas de siniestralidad vial en Ecuador. Agencia Nacional de Tránsito. https://www.ant.gob.ec/estadisticas/

BID - Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Seguridad vial en América Latina y el Caribe: Tras un decenio de acción y perspectivas para una agenda post-2020. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/es/publicacion/seguridad-vial-en-america-latina-y-el-caribe-tras-un-decenio-de-accion-y-perspectivas-para-una

iRASP - International Road Assessment Programme (2021). Metodología de calificación por estrellas. International Road Assessment Programme. https://www.irap.org/star-ratings/

iRASP - International Road Assessment Programme. (2022). ***Street Lighting – Road Safety Toolkit***. https://toolkit.irap.org/es/safer-road-treatments/street-lighting/

OMS - Organización Mundial de la Salud. (2021). Traumatismos causados por el tránsito. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

RSGB Analysts Network. (2023). Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología en Transporte y Tránsito, 12(1), 58-72. https://revistas.intec.edu.do/index.php/cite/article/view/2184/2651

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Unidad 2

Ingeniería estructural
e infraestructuras

Capítulo 6

Comportamiento no lineal de una estructura de hormigón armado variando la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20°

AUTORES: Erik Gabriel Villavicencio Cedeño; Ingrid Lilibeth Cevallos Meza

SABER**EC 5.0**

Comportamiento no lineal de una estructura de hormigón armado variando la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20°

Nonlinear behavior of a reinforced concrete structure varying the orthogonality of the resistant lines from 0° to 20°

Resumen

Una estructura presenta irregularidades en planta debido a la falta de simetría y regularidad en los ejes, dentro del diseño sismorresistente se recomienda estructuras simétricas y regulares. Como objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento no lineal de una estructura de hormigón armado variando la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20°. Se desarrollaron dos modelos: uno regular y otro variando la ortogonalidad a 20°, evaluados mediante análisis dinámico no lineal. Esta investigación empleó una metodología aplicada, explicativa y documental, combinando análisis teórico y práctico en el software ETABS, obteniendo resultados numéricos y gráficos los cuales permitieron comparar el comportamiento estructural bajo cargas sísmicas. Se destacó que la estructura irregular con variación de la ortogonalidad presenta una irregularidad torsional extrema, según los estándares de desempeño del método Hazus, lo cual subraya la importancia del diseño estructural simétrico y regular en la mitigación de riesgos sísmicos.

Palabras clave: Irregularidad en planta, diseño sismorresistente, dinámica no lineal, ETABS, Metodología Hazus

Abstract

A structure presents irregularities in plan due to the lack of symmetry and regularity in the axes, within the seismic-resistant design, symmetrical and regular structures are recommended. The objective of this research was to determine the nonlinear behavior of a reinforced concrete structure by varying the orthogonality of the resisting lines from 0° to 20°. Two models were developed: one regular and the other varying the orthogonality at 20°, evaluated by nonlinear dynamic analysis. This research used an applied, explanatory and documentary methodology, combining theoretical and practical analysis in ETABS software, obtaining numerical and graphical results which allowed comparing the structural behavior under seismic loads. It was highlighted that the irregular structure with orthogonality variation presents an extreme torsional irregularity, according to the performance standards of the Hazus method, which underlines the importance of symmetrical and regular structural design in seismic risk mitigation.

Keywords: Irregularity in plan, seismic-resistant design, nonlinear dynamics, ETABS, Hazus Methodology

Introducción

El diseño sismorresistente permite evaluar el comportamiento estructural según criterios técnicos de normativas vigentes. En ingeniería civil, se investigan diversas tipologías estructurales, como surge en esta investigación para la evaluación del comportamiento que presenta cada modelo al tener una estructura regular e irregular en planta debido a que varía la ortogonalidad de las líneas resistentes a 20° lo cual dificulta su diseño y análisis, lo cual esta investigación pretende analizar la influencia que presenten ambas estructuras y que comportamiento presenta ante un evento sísmico debido a la ortogonalidad.

Cabe destacar que se debe diseñar en base a las normativas para asegurar que las edificaciones sean capaces de resistir eventos sísmicos sin sufrir daños significativos; por tal, Blanco Blasco (2010), recomienda estructuras simples y simétricas, evitando las irregularidades tanto en planta como en elevación, destacando las estructuras regulares presentan un comportamiento bueno ante un evento sísmico.

En Ecuador existe la problemática de que muchas estructuras no son diseñadas bajo las normativas vigentes, además de que se ubican en zonas de alta peligrosidad sísmica y este caso se presentó ante el terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 (16A), muchas estructuras en zonas afectadas carecían de principios técnicos adecuados, resaltando la importancia de aplicar normativas actualizadas para garantizar diseños óptimos, y a medida que la tecnología avanza dentro de un mundo moderno, se mostrará el caso de estructuras en donde su configuración presente variación en planta y en elevación.

En el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, varias edificaciones anteriores a la norma NEC-15 sufrieron daños durante el terremoto 16A, dentro del cantón van a surgir nuevas edificaciones a medida que pase el tiempo y en el Campus Los Ángeles de la Universidad Estatal del Sur de Manabí de la ciudad de Jipijapa, que acoge a estudiantes a nivel nacional requiere de edificaciones de uso residencial y ante la era moderna surgirá diseños de edificaciones que enfrentaran desafíos como irregularidades en planta y elevación.

La investigación tiene como objetivo determinar el comportamiento no lineal de una estructura de hormigón armado variando la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20°. Se utilizará el software ETABS para llevar a cabo un análisis no lineal dinámico con el fin de determinar qué edificio experimentará una mayor torsión. Ambos modelos se caracterizan por tener las mismas

secciones en sus elementos estructurales. Este estudio permitirá verificar la siguiente hipótesis: al variar la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20° en edificios de hormigón armado destinados a uso residencial, se podrá evaluar la influencia de las irregularidades en planta frente a eventos sísmicos.

Materiales y métodos

La investigación llevada a cabo en el Campus Los Ángeles de la ciudad de Jipijapa, de la provincia de Manabí-Ecuador, el cual presenta un suelo tipo D, considerando que es una zona que presenta una identificación de peligro sísmico muy alto. El estudio presenta el diseño de dos modelos estructurales para edificaciones residenciales de cinco niveles, con una altura de entrepiso de 3.20 m, resultando en una altura total de 16 m para ambas estructuras. Ambas edificaciones tienen una superficie construida de 400 m^2. El primer modelo corresponde a una estructura regular, mientras que el segundo se clasifica como irregular debido a que la ortogonalidad de las líneas resistentes ha variado a 20°; pretendiendo obtener la comparación de ambos modelos considerando las mismas secciones de los elementos estructurales, además de trabajar con losa aligerada; como indica la tabla 27.

Tabla 27.

Características de las secciones de los elementos estructurales.

Columnas (b x h) cm	Vigas (b x h) cm	Losa (e) cm
55 x 55	40 x 55	25

Métodos de análisis

Según los métodos de análisis utilizados en la investigación, esta se clasifica como aplicada, dado su propósito de evaluar el comportamiento de una estructura regular frente a una con irregularidades en planta. El enfoque está centrado en la aplicación de principios de ingeniería estructural sismorresistente, empleando análisis lineales y no lineales dinámicos para examinar la ortogonalidad de las líneas resistentes en edificaciones de hormigón armado. Desde una perspectiva de conocimiento, la investigación es explicativa, ya que detalla el impacto de las irregularidades en planta sobre la estructura, específicamente la pérdida de ortogonalidad en edificios de hormigón armado. Además, la investigación tiene un carácter documental, fundamentada en la recopilación y análisis de información conforme a normativas nacionales e internacionales de diseño y especificaciones técnicas para edificios de hormigón armado (Cevallos y Villavicencio, 2024).

Se aplicó un diseño experimental en el cual se manipuló y observó la variable independiente: el comportamiento de edificios de hormigón armado, mientras que las variables dependientes fueron el desempeño estructural y la ortogonalidad de las líneas resistentes, afectadas por las irregularidades en planta. La investigación incluyó experimentos puros basados en un enfoque cuantitativo, permitiendo la descripción y el análisis mediante la comparación de modelos matemáticos a través de resultados numéricos y gráficos (Cevallos y Villavicencio, 2024).

Las técnicas de recolección de datos se basaron en el análisis documental y la observación, lo cual facilitó la recopilación e interpretación del comportamiento de ambos modelos estructurales. Se utilizaron herramientas específicas como el software ETABS y Excel para registrar y analizar detalladamente las respuestas estructurales bajo diversas condiciones.

Análisis lineal

Para el análisis lineal ambos modelos se consideran pórticos resistentes a momento analizado en el software ETABS, lo cual se tomó en consideración las siguientes propiedades de los materiales a utilizar:

Hormigón:

Resistencia cilíndrica a la compresión:

$f'c = 210\,kg/cm^2$.

Módulo de elasticidad:

$E_c = 12500\sqrt{f'c} = 181142.21\,kg/cm^2$

Peso específico del hormigón:

$\gamma_h = 2400\,kg/m^3$

Acero de refuerzo dgrado 60:

Módulo de elasticidad:

$E_s = 2100000\,kg/cm^2$

Límite de fluencia:

$fy = 4200\,kg/cm^2$

Resistencia mínima a la tracción: $Fu = 1.5.fy = 6300\,kg/cm^2$

Fluencia esperada: $Fye = 1.10 \bullet fy = 4620\,kg/cm^2$

Esfuerzo máximo a la rotura: $Fue = 1.10 \bullet Fu = 6930\,kg/cm^2$

Se procedió a la definición de las secciones mencionadas anteriormente, considerando las inercias agrietadas de los elementos estructurales que para vigas de 0.5 Ig y para columnas de 0.8 Ig, debido a que estos elementos se agrietan desde su construcción y al agregar fuerzas sísmicas de diseño estos se agrietan mucho más, lo cual indica la norma NEC-SE-DS- Peligro sísmico. Diseño sismo resistente (MINDUVI, 2015b), que para estructuras de hormigón armado se debe considerar las inercias agrietadas para obtener los resultados de rigidez y derivas máximas.

Se realizó el análisis modal para la determinación de los parámetros de modos de vibrar y el análisis espectral para la obtención de las cargas sísmicas, lo cual se insertó el espectro de diseño correspondiente al suelo tipo D, siguiendo que indica la norma NEC-SE-DS- Peligro sísmico. Diseño sismo resistente (MINDUVI, 2015b), las características propias de las estructuras, como indica la Tabla 28*,* indicando para la estructura regular (M1) e irregular (M2), en la Ecuación 1 muestra el periodo de vibración.

$$T = C_t h_n^{\propto} \qquad (1)$$

Tabla 28.

Cálculo del espectro elástico del NEC-SE-DS (2015b) de las estructuras.

Parámetro	Variable	M1	M2	Unidades	Referencia NEC-SE-DS (2015)
		Valor	Valor		
Tipo de suelo		D	D		Tabla 2, Sec 3.2.1
Zona sísmica		VI	VI		Tabla 1, Sec 3.1.1
Factor de aceleración	Z	0.50	0.50	S/U	Tabla 1, Sec 3.1.1
Factor de sitio	Fa	1.12	1.12	S/U	Tabla 3, Sec 3.2.2
Factor de sitio	Fd	1.11	1.11	S/U	Tabla 4, Sec 3.2.2
Factor de sitio	Fs	1.40	1.40	S/U	Tabla 5, Sec 3.2.2
Factor de importancia	I	1.00	1.00	S/U	Tabla 6, Sec 4.1
Coef de ductilidad	R	8.00	8.00	S/U	Tabla 16, Sec 6.3.4
Irregularidades en elevación	>E	1.00	1.00	S/U	Tabla 11, Sec 5.2
Irregularidades en planta	>P	1.00	0.90	S/U	Tabla 11, Sec 5.3
Altura edificio	h	16.00	16.00	m	Planos
Tipo de estructura		Hormigón sin rigidizadores			Cap 6
Coeficiente Ct	Ct	0.055	0.055	S/U	Sec 6.3.3
Coeficiente para el periodo	>	0.90	0.90	S/U	Sec 6.3.3

Coeficiente de suelo	r	1.00	1.00	S/U	Sec 3.3.1
Ampl espectral	n	1.80	1.80	S/U	Sec 3.3.1
Periodo límite inferior	To	0.139	0.139	seg	Sec 3.3.1
Periodo límite superior	Tc	0.763	0.763	seg	Sec 3.3.1
Método 1 Período de vibración	T	0.667	0.667	seg	Sec 6.3.3
Aceleración espectral	Sa	0.126	0.140	g	Sec 3.3.1

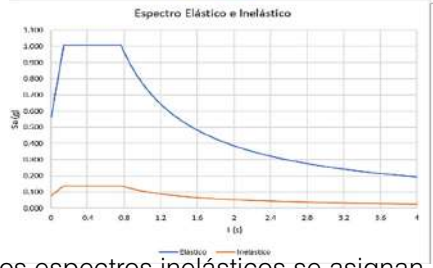
Se obtuvo como respuesta el espectro de aceleraciones de la estructura regular M1 (Figura 14a), que a través del análisis modal en el ETABS se obtuvo un periodo de vibración T=0.75seg. Para la estructura irregular en planta M2 se obtuvo como respuesta el espectro de aceleraciones (Figura 2b) con un periodo de vibración T=0.63seg. La Figura 14, muestra el espectro elástico de color azul y el inelástico de color naranja.

Figura 14.

Espectro de aceleraciones: a) estructura regular (M1), b) estructura irregular (M1).

a)

b)



Por medio de estos espectros inelásticos se asignan las cargas estáticas y dinámicas; además, se agrega la carga estática gravitacional considerando una carga muerta de 326 kg/cm^2 y una carga viva de 200 kg/cm^2 para residencias de acuerdo a la norma NEC-SE-CG Cargas no sísmicas (MINDUVI, 2015a).

Al verificar el análisis modal, espectral y los resultados del cortante basal y su ajuste, la torsión y los periodos de vibrar, se obtiene los desplazamientos, el chequeo de derivas de entrepiso tomando en cuenta lo establecido en la norma NEC-SE-DS- Peligro sísmico. Diseño sismo resistente (MINDUVI, 2015b), de la deriva máxima admisible al 2%, lo cual indica la Ecuación 2, la deriva máxima inelástica por piso:

$$V_M = 0.75RV_E \qquad (2)$$

ΔM: Deriva máxima inelástica

ΔE: Desplazamiento derivado de la utilización de las fuerzas laterales de diseño disminuidas

R: Factor de disminución de resistencia sísmica

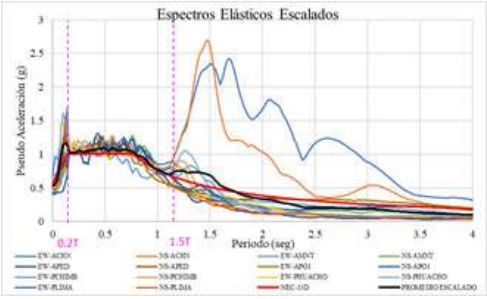
Análisis no lineal dinámico

Dentro del diseño sismorresistente indica Cortés García (2017), señala que, aunque los métodos de análisis elástico son útiles, suelen mostrar deformaciones inelásticas significativas durante eventos sísmicos. Por lo tanto, es necesario emplear métodos de análisis dinámico no lineal, que proporcionan una evaluación más precisa del desempeño estructural debido a que presentan información acercada a la realidad ante la respuesta bajo cargas sísmicas.

En el método de análisis dinámico no lineal, se someten ambas estructuras a 7 registros sísmicos o acelerogramas en dos componentes horizontales, este-oeste (EW) y norte-sur (NS). Estos registros, extraídos de la base de datos del PEER, corregidos por ruido y línea base por medio del SeismoSignal y escalados en el SeismoMatch, lo cual muestra la Figura 15. Dado que la ciudad de Jipijapa no dispone de acelerogramas locales, se seleccionaron 7 registros sísmicos con características similares a las esperadas en la zona de estudio.

Figura 15.

Relación de los espectros elásticos escalados al espectro objetivo del sitio.



Posteriormente, se importaron los acelerogramas al software ETABS. Para llevar a cabo el análisis no lineal, se incorporó una función de rampa que permite aplicar la carga gravitacional de manera incremental a lo largo del tiempo.

En el análisis no lineal, se considera la no linealidad de los materiales. El comportamiento del hormigón se modela utilizando la curva esfuerzo-deformación unitaria del modelo constitutivo de Mander et al. (1998), aplicando un modelo de concreto no confinado para mejorar la capacidad de compresión y deformación. Se establecen como propiedades del concreto no confinado una deformación máxima de 0.002 y una deformación última de 0.005. Para el comportamiento del acero de refuerzo, se empleó el modelo de Park, generando una curva histerética basada en el modelo Kinematic; teniendo así las propiedades de para la deformación unitaria en donde comienza el endurecimiento por deformación; para la deformación de la capacidad última considerando un valor de aproximadamente de . La no linealidad de los elementos estructurales, se determina teniendo en cuenta la cantidad, distribución y separación adecuada del acero de refuerzo, asegurando así que los elementos estructurales operen adecuadamente tanto a corte y a flexión.

Para el análisis no lineal dinámico, se configuraron dos tipos de cargas no lineales: la carga gravitacional no lineal y la carga dinámica no lineal tiempo-historia. La carga gravitacional no lineal se aplica para evaluar la deformación progresiva de la estructura hasta que su rigidez disminuye. Por su parte, la carga dinámica no lineal en el tiempo se basa en cada acelerograma escalado.

De acuerdo con la norma ASCE 41-17 (2017), en el apartado 7.2.2 Cargas de gravedad y combinaciones de cargas de los componentes, para procedimientos no lineales se debe utilizar la carga gravitacional que es la ecuación

7.3 de la norma; lo cual indica la Ecuación 3, sin olvidar seleccionar la función rampa gravedad creada anteriormente. Además, el tipo de carga es Time History utilizando el método de análisis Modal No Lineal (FNA), tomando en cuenta un amortiguamiento constante de 0.99.

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S \qquad (3)$$

Donde:

Q_D : Carga muerta

Q_L : Carga viva reducida a un 25%

Q_S : Carga de nieve, que en este caso no se utilizará.

Para la carga dinámica no lineal tiempo-historia, se utiliza el método de Time History combinado con el análisis Modal No Lineal (FNA); en condiciones iniciales se seleccionó que continue desde un estado final del caso de carga no lineal, que en este caso la carga gravitacional no lineal. Se deben considerar 7 casos de carga distintos, correspondientes a los 7 acelerogramas, con cada caso evaluado en ambas direcciones de los dos componentes. El factor de escala se ajusta en función de la gravedad. El número de pasos de tiempo se determina dividiendo la duración total del sismo más largo entre el intervalo de tiempo de dicho sismo. El intervalo de tiempo se ajusta según el sismo analizado, y el amortiguamiento se especifica en función del período.

Finalmente, se asignan rótulas plásticas a columnas y vigas, ubicadas en los extremos de los elementos con una distancia relativa de 0.05 desde los nudos, es decir, a un 5% y 95% de la longitud de los elementos, y no se producen dentro de los nudos por la disipación de energía; se hace uso de los parámetros de modelado y criterios de aceptación numérica para procedimientos no lineales de la norma ASCE 41-17 (2017), para la obtención de rotulas plásticas.

Cada modelo se somete a cargas para determinar los desplazamientos máximos, derivas, torsión y respuestas en el tiempo. Posteriormente, se realiza un análisis de desempeño estructural utilizando la metodología del Hazus 5.1 (2022), lo cual indica una evaluación de pérdidas a causa de terremotos lo cual indica que se aproxima a las consecuencias al presentarse un evento sísmico, metodología implementada por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés). Para la aplicación de este método se basa en la sección 5, en el apartado 5.3 en donde se exhibe una lista de 36 tipos de edificaciones, tabla que integra los rangos de la altura. Según el tipo de estructura, se estima la probabilidad de daños leves, moderados,

extensos y completos. Este análisis se basa en los niveles de diseño sísmico, la deriva entre pisos en el estado límite de daño, y la mediana y desviación estándar log-normal de los desplazamientos espectrales para determinar el límite de estado de daño de las estructuras.

Resultados y discusión

A continuación, se exponen los resultados obtenidos mediante el software ETABS, que incluyen derivas máximas de entrepiso, desplazamientos máximos, torsión y desempeño estructural según la metodología Hazus (2022).

Métodos de análisis

En esta investigación se analizaron dos modelos de edificaciones de hormigón armado: uno regular y otro con una variación en la ortogonalidad de las líneas resistentes a 20°. Ambos edificios están destinados para uso residencial. Se realizó primero un análisis lineal para cumplir con las normativas vigentes y luego se llevó a cabo un análisis no lineal dinámico.

Análisis lineal

El análisis lineal reveló que las derivas máximas de entrepiso en ambos modelos se localizaron en el segundo nivel de la edificación, correspondiente al nivel N+6.40, en ambas direcciones (X e Y). En el modelo M1, la deriva máxima fue de 1.44%, mientras que en el modelo M2 fue de 3.60%. El modelo M2 excede el límite normativo estipulado por la norma NEC-SE-DS- Peligro sísmico. Diseño sismo resistente (MINDUVI, 2015b), que establece que la deriva máxima no debe superar el 2% por piso.

Los desplazamientos máximos medidos en el nivel superior N+16.00, mostraron un desplazamiento de 27.85 mm en ambas direcciones para el modelo M1. Para el modelo M2, los desplazamientos fueron de 72.65 mm en dirección X y 72.58 mm en dirección Y. En términos de torsión, el modelo M1 no presenta irregularidades torsionales, ya que la torsión en ambos sentidos está por debajo de 1.2, con valores de 1.16 en X y 1.18 en Y. En contraste, el modelo M2 muestra una torsión aceptable en la dirección X, con un valor de 1.18, pero presenta irregularidades torsionales en la dirección Y, con un valor de 1.31.

Estos resultados permiten comparar la influencia de la ortogonalidad de las líneas resistentes desde 0° a 20°; dado que ambas estructuras tienen las mismas secciones, el modelo M2 exhibe un mayor daño estructural desde una perspectiva lineal.

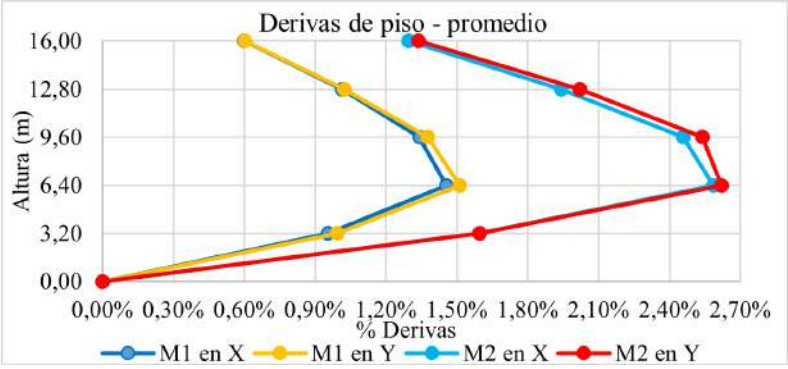
Análisis no lineal dinámico

Este análisis no lineal compila una amplia gama de resultados. Ambos modelos fueron evaluados utilizando el método no lineal dinámico o análisis en el dominio del tiempo, y la investigación se centró en obtener los siguientes resultados, considerando que se realizó una evaluación para cada caso de carga sísmica en ambos componentes, con posterior cálculo de un promedio:

Se determinaron las derivas máximas promedio por nivel, chequeando la deriva admisible al 2% como indica la norma NEC-SE-DS- Peligro sísmico. Diseño sismo resistente (2015b); en ambos modelos, la deriva máxima se presenta en el nivel N+6.40, como se muestra en la Figura 16. En el modelo M1, la deriva alcanzó un 1.46% en la dirección X y un 1.51% en la dirección Y. Por otro lado, el modelo M2 exhibe una deriva de 2.59% en X y 2.62% en Y. Estos resultados subrayan la importancia de la ortogonalidad en las líneas resistentes, dado que el modelo M2 pierde rigidez debido a un cambio en la ortogonalidad a 20°, a pesar de que ambos modelos cuentan con las mismas secciones estructurales.

Figura 16.

Derivas máximas de piso del promedio del análisis no lineal dinámico.

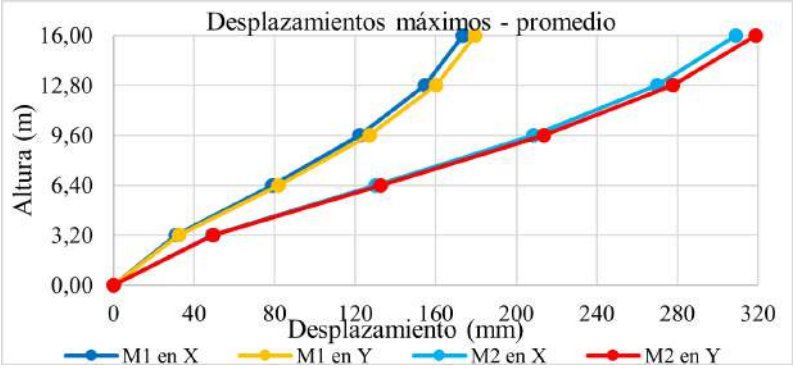


El análisis de los desplazamientos máximos promedio se realizó en el nivel superior. En el modelo M1, se observó un desplazamiento de 173.56 mm en la dirección X y 179.49 mm en la dirección Y, mientras que en el modelo M2, los desplazamientos fueron de 309.00 mm en X y 318.79 mm en Y, como se ilustra en la Figura 17. Estos resultados evidencian que los desplazamientos más significativos ocurren en las columnas. Este comportamiento está en concordancia con los hallazgos de Lanza et al. (2020), en su estudio sobre

"Criterios de estructuración y análisis de irregularidades", donde se establece que las irregularidades en planta debido a líneas resistentes no ortogonales inducen mayores desplazamientos en las columnas en el último nivel, aumentando el riesgo de torsión en la estructura.

Figura 17.

Desplazamientos máximos del promedio del análisis no lineal dinámico.



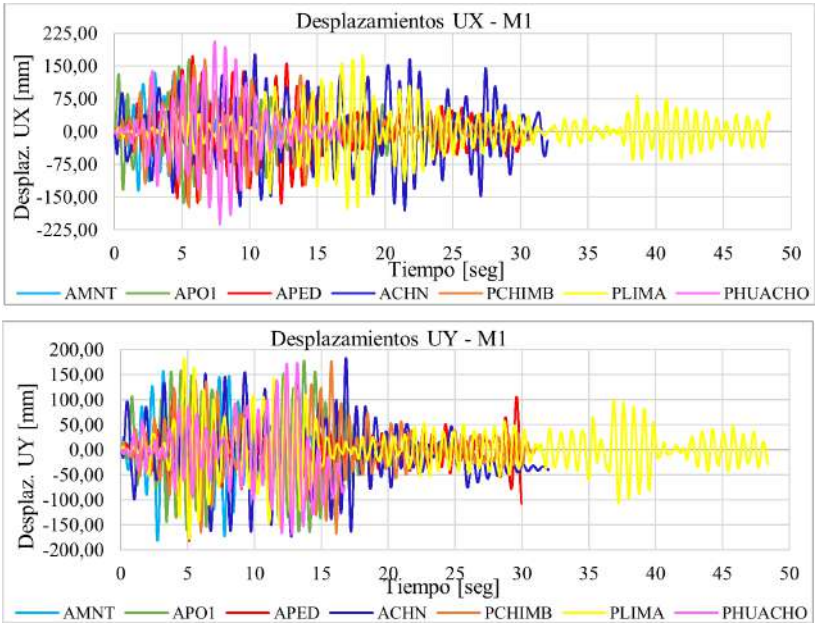
Es fundamental evaluar la torsión experimentada por cada estructura, considerando la dirección del sismo. Se analiza la torsión en ambas direcciones para cada modelo. En el caso del modelo M1, los valores de torsión son iguales a 1 en ambas direcciones X e Y, lo que indica una torsión nula según el análisis no lineal dinámico. En contraste, el modelo M2 muestra una irregularidad torsional extrema, con valores superiores a 1.40 en la dirección X y 1.38 en la dirección Y, lo que sugiere que se encuentra en el rango de irregularidad torsional cercano a la torsión extrema.

Las respuestas en el tiempo del desplazamiento obtenido en el nivel N+16.00 m, la Figura 18 indica los desplazamientos en respuesta del tiempo en M1.

Figura 18.

Desplazamientos M1: a) Desplazamiento en sentido X, b) Desplazamiento en sentido Y.

a)

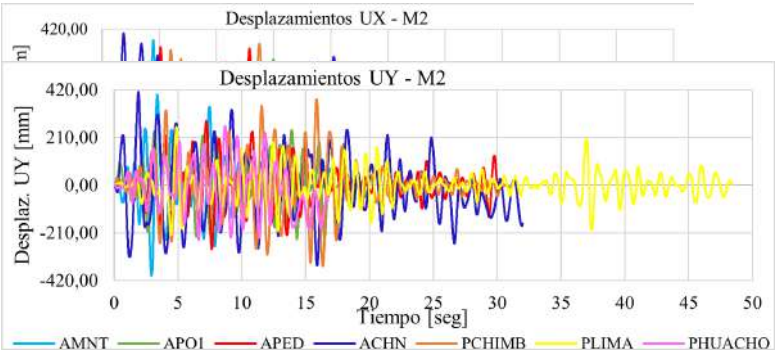


b)

Las respuestas en el tiempo del desplazamiento que muestra la Figura 19 de M2 obtenido en el nivel N+16.00 m, demostrando que este modelo presenta mayor desplazamiento.

Figura 19.

Desplazamientos M2: a) Desplazamiento en sentido X, b) Desplazamiento en sentido Y.



b)

Por último, el análisis del desempeño de cada modelo estructural basada en la metodología Hazus 5.1 (2022), lo cual ambos presentan la etiqueta de C1M, siendo pórticos resistentes a momentos, presentando un rango de altura media con un nivel de 4-7, debido a que presentan cinco niveles de altura; la Tabla 29 presenta de manera global el desempeño estructural de cómo se están comportando las estructuras.

Tabla 29.

Niveles de desempeño de las estructuras basadas en la metodología Hazus.

Análisis realizado	Componentes	Nivel de desempeño
M1	X	Moderado-Extenso
	Y	Moderado-Extenso
M2	X	Extenso-Completo
	Y	Extenso-Completo

El nivel de desempeño Moderado-Extenso que presenta M1 en ambos sentidos, se presenta que la estructura se aproxima al daño extenso, y esto indica que varios elementos estructurales presentan fisuras; mientras que, M2 presenta un desempeño Extenso-Completo indicando que la estructura está en riesgo inminente de colapso durante un evento sísmico. En caso de no colapsar inmediatamente, la estructura debe ser demolida debido al grado significativo de daño que afecta a toda su integridad estructural.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, a través de la aplicación de métodos analíticos, incluyendo el análisis lineal y no lineal dinámico, se logró cumplir el objetivo que es la determinación del comportamiento no lineal de una estructura de hormigón armado variando la ortogonalidad de las líneas resistentes de 0° a 20°, por medio del análisis no lineal dinámico; este análisis permite obtener de manera más real el daño que sufrirá ambos modelos al ocurrir un evento sísmico.

- Al diseñar ambas estructuras se identificó que una es regular y la segunda irregular debido a que presenta irregularidad en planta al variar la ortogonalidad de las líneas resistentes a 20°; el análisis lineal mostró que la estructura irregular no cumple con los requisitos de la norma NEC-15 desde el primer chequeo; el modelo 2 no cumplía con el límite de deriva, y se observó que un mayor desplazamiento está asociado con irregularidades torsionales. Este análisis lineal subraya la importancia de diseñar estructuras lo más regulares posible para facilitar la evaluación del comportamiento sísmico, basada a las normativas de diseño sismorresistente.
- A través del análisis no lineal dinámico o de tiempo-historia, que incluyó 7 registros sísmicos cercanos al sitio de estudio en el software ETABS, se obtuvo una representación más realista del comportamiento de cada estructura durante un sismo. Los resultados mostraron que el promedio de las derivas máximas del modelo 2 supera el 2% estipulado por la norma NEC-15, y el promedio de los desplazamientos máximos en el último piso indica que este modelo presenta una irregularidad torsional extrema debido al gran desplazamiento en las columnas. Además, se analiza con la respuesta en el tiempo de los desplazamientos que el modelo 2 presenta mayores valores en comparación al modelo 1, con estos chequeos realizados se deduce que no es recomendable diseñar esta clase de estructuras irregulares debido a que sus líneas resistentes o ejes estructurales no sean ortogonales lo cual provocan mayor torsión.
- Finalmente, el análisis lineal y no lineal ha demostrado la importancia de apoyarse a las normativas vigentes. El modelo irregular no cumple con los requisitos de diseño sismorresistente, y al analizar la influencia de la ortogonalidad de las líneas resistentes en edificios de hormigón armado como pórticos resistentes a momentos según la metodología

Hazus, el modelo 1 presenta daños en sus elementos estructurales, alcanzando un nivel de desempeño moderado-extenso. En contraste, el modelo 2 muestra un nivel de desempeño extenso-completo, indicando un colapso estructural en caso de sismo. Esto concluye que dicho modelo no debe ser considerado para su diseño.

Referencias biliograficas

ASCE 41-17. (2017). In *ASCE standard, ASCE/SEI, 41-17, seismic evaluation and retrofit of existing buildings.* American Society of Civil Engineers. Recuperado de https://doi.org/10.1061/9780784414859

Blanco Blasco, A. (2010). *Estructuración y Criterio de Edificaciones de Concreto Armado* (PRINCELINESS E.I.R.I., Ed.). Recuperado de https://www.academia.edu/9942581/Estructuracion_y_Diseno_de_Edificaciones_de_Concreto_Armado_Antonio_Blanco_Blasco

Cevallos, I. & Villavicencio, E. (2024). *Comportamiento de las irregularidades en planta variando la ortogonalidad de las líneas resistentes en edificios de hormigón armado* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa.

Cortés García, J. (2017). *Análisis dinámico no lineal de edificios de acero sometidos al sismo de Quetame del año 2008 y al sismo de la Mesa de los Santos del año 2015 registrados en Bogotá D.* [Tesis/Trabajo de grado - Monografía - Maestría, Pontifica Universidad Javeriana]. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/40778

Hazus 5.1. (2022). *Hazus Earthquake Model Technical Manual*. Federal Emergency Management Agency (FEMA). Recuperado de https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_hazus-earthquake-model-technical-manual-5-1.pdf

Lanza, F., Curreri, J., Guanchez, E., Echezuría, H., & Vasquez, C. (2020). Criterios de estructuración y análisis de irregularidades. In *Curso en Diseño Sismorresistente de Edificaciones en Concreto Armado ACI318-19*. Sismica Institute SL. Recuperado de https://sismica-institute.com/formacion/curso-diseno-sismorresistente-edificaciones-concreto-armado-aci318/

Mander, J. B., Priestley, M. J. N., & Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. Journal of Structural Engineering, ASCE, 114(8), 1804–1826. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2015a). ***NEC-SE-CG-Cargas (No sísmicas)***. Recuperado de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2015b). ***NEC-SE-DS-Peligro sísmico. Diseño sismo resistente***. Recuperado de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoria

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 7

Revisión del Estado del Arte del Impacto de la Humedad en las Estructuras Civiles

AUTORES: Julio Johnny Regalado Jalca; María Elena García Echeverria; María Lorena Ponce Vinces

SABER**EC 5.0**

Revisión del Estado del Arte del Impacto de la Humedad en las Estructuras Civiles

State-of-the-Art Review on the Impact of Humidity on Civil Structures

Resumen

La humedad ha sido un reto persistente en la durabilidad de las estructuras civiles desde la antigüedad, causando patologías como fisuras, grietas, moho, eflorescencia y oxidación de materiales metálicos. El objetivo de esta revisión fue proporcionar una comprensión de los impactos de la humedad en las estructuras civiles y presentar tecnologías y metodologías avanzadas para mitigar estos efectos, mejorando la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras. Se realizó una revisión de la bibliografía existente utilizando bases de datos académicas como Google Scholar, ScienceDirect e IEEE Xplore. Los términos de búsqueda incluyeron «humedad en estructuras civiles», «corrosión debida a la humedad», «monitorización de la humedad en construcciones» y «tecnologías de mitigación de la humedad». Los artículos seleccionados, publicados entre 2017 y 2024, se analizaron para extraer información sobre los métodos y materiales utilizados, especialmente los que emplean sensores, técnicas de monitorización en tiempo real y materiales innovadores. También se revisaron estudios de casos que documentaban la aplicación de estas tecnologías en proyectos de construcción reales. La revisión demostró que la exposición prolongada a la humedad puede causar graves patologías en los materiales de construcción, afectando a su durabilidad y estabilidad estructural. Las tecnologías avanzadas, como los sensores RFID y los métodos de análisis predictivo, han demostrado su eficacia para controlar y mitigar los efectos de la humedad. Además, prácticas sostenibles como el uso de áridos reciclados y grafeno en revestimientos poliméricos han mejorado la durabilidad de los materiales. La adopción de estas tecnologías y metodologías garantiza la resistencia y sostenibilidad de las infraestructuras civiles.

Palabras clave: Humedad, estructuras civiles, deterioro de materiales, sensores de humedad, monitorización en tiempo real, sostenibilidad.

Abstract

The impact of humidity on civil structures is a critical issue in engineering and construction. This article provides a review of the state of the art on how humidity affects different construction materials and the long-term structural integrity of infrastructure. The research focuses on identifying the mechanisms by which moisture penetrates and accumulates in materials such as concrete,

wood and others. The consequences of this accumulation include corrosion of steel, deterioration of concrete and degradation of wood, seriously compromising the safety and durability of structures. In addition, the methodologies and technologies that allow the detection and mitigation of the harmful effects of humidity are reviewed, such as predictive analysis tools and techniques which stand out for their ability to provide accurate data, thus facilitating decision making for implementation. of corrective measures. The analysis includes case studies in which these technologies have been applied in real projects, demonstrating their effectiveness in prolonging the useful life of infrastructure and reducing maintenance costs. In conclusion, it is important to carry out research on new technologies and methodologies to face the effects of humidity on civil structures. The adoption of these practices and the use of technology will improve the durability and safety of buildings, contributing to sustainability and efficiency in the construction sector.

Keywords: Humidity, civil structures, deterioration of materials, humidity sensors, real-time monitoring, sustainability.

Introducción

La durabilidad de las estructuras civiles, desde tiempos antiguos, la humanidad ha buscado mejorar la calidad de las construcciones, y uno de los desafíos más persistentes ha sido el manejo de la humedad. La humedad puede causar una variedad de patologías en las estructuras, incluyendo fisuras, grietas, moho, eflorescencias, ampollas en la pintura, pérdida de yeso y oxidación de los materiales metálicos (Zonno et al., 2019). Estas patologías no solo comprometen la estética de las edificaciones, sino que también pueden afectar gravemente su estabilidad estructural y aumentar los costos de mantenimiento y reparación.

El impacto de la humedad en los materiales de construcción, como la tierra compactada, es particularmente notable. Las variaciones en la humedad relativa pueden inducir cambios significativos en el contenido de agua de estos materiales, afectando su deformabilidad y resistencia. Estudios han demostrado que los materiales de tierra presentan un comportamiento mecánico complejo, que incluye fenómenos de deformación plástica y daño mecánico, los cuales dependen fuertemente de la humedad relativa a la que se almacenan (Nardecchia et al., 2020).

La monitorización de la humedad en estructuras de concreto reforzado es esencial para la salud estructural a largo plazo. Tecnologías avanzadas, como los sensores basados en identificación por radiofrecuencia (RFID), han

demostrado ser altamente eficaces para la detección temprana de daños y la monitorización continua de la humedad en el concreto. Estos sensores pueden operar durante décadas y están diseñados para resistir condiciones ambientales adversas, proporcionando datos valiosos sobre la hidratación del cemento y los niveles de humedad a lo largo del tiempo (Strangfeld et al., 2019).

Además, la humedad también influye en las condiciones climáticas y la turbulencia alrededor de las edificaciones. Investigaciones recientes han analizado cómo la humedad relativa afecta la creación de vórtices alrededor de edificios aislados, demostrando que la inclusión de la humedad en las simulaciones cambia significativamente las dimensiones y características de los vórtices. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la humedad en el diseño arquitectónico y en la planificación urbana para minimizar los efectos adversos en el entorno construido. En resumen, la gestión adecuada de la humedad es fundamental para garantizar la seguridad, funcionalidad y longevidad de las estructuras civiles (Silva et al., 2023).

El impacto de la humedad en las estructuras civiles es un tema de suma importancia en el ámbito de la ingeniería civil y la construcción. La humedad no solo afecta la estética de los edificios, sino que también compromete su integridad estructural a largo plazo. Comprender cómo la humedad interactúa con diversos materiales de construcción es esencial para garantizar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras. En este sentido, materiales como el acero, la madera y el hormigón son fundamentales en cualquier construcción de ingeniería civil. Por ello, es crucial contar con una protección adecuada contra la corrosión para asegurar la durabilidad de las estructuras expuestas (Acosta et al., 2017).

Además, se abordan las metodologías y tecnologías actuales para la detección y mitigación de los efectos nocivos de la humedad. Herramientas y técnicas descritas por Chenet al. (2021), como el tratamiento térmico aplicado a la madera y métodos de análisis predictivo en edificaciones, proporcionan soluciones efectivas para controlar la humedad, facilitando la implementación de medidas correctivas y preventivas.

El objetivo de este artículo es proporcionar una comprensión integral de los impactos de la humedad en las estructuras civiles y presentar las tecnologías y metodologías más avanzadas para mitigar estos efectos. Al hacerlo, se pretende ofrecer a los profesionales de la ingeniería y la construcción herramientas y conocimientos actualizados que les permitan mejorar la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de esta ponencia, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el impacto de la humedad en las estructuras civiles. Utilizamos una combinación de bases de datos académicas como Google Scholar, ScienceDirect y IEEE Xplore para identificar artículos relevantes publicados entre 2017 y 2024. Los términos de búsqueda incluyeron “humedad en estructuras civiles”, “corrosión por humedad”, “monitoreo de humedad en construcciones”, y “tecnologías de mitigación de humedad”. Se aplicaron filtros para asegurar que los artículos fueran de alta calidad y pertinentes al tema, excluyendo aquellos relacionados con la salud o no específicos al ámbito de la ingeniería civil.

Posteriormente, los artículos seleccionados fueron analizados en profundidad para extraer información sobre los métodos y materiales empleados en estudios anteriores. Se prestó especial atención a investigaciones que utilizaban sensores avanzados, técnicas de monitoreo en tiempo real, y materiales innovadores para la protección contra la humedad. Además, se revisaron estudios de caso que documentaban la aplicación de estas tecnologías en proyectos de construcción reales, lo que permitió evaluar la eficacia de diferentes estrategias de mitigación de humedad en diversas condiciones climáticas y ambientales. Para asegurar la consistencia y relevancia de la información, cada artículo revisado fue categorizado según los tipos de materiales estudiados (por ejemplo, concreto, madera, acero) y las técnicas de monitoreo empleadas. También se evaluaron las metodologías utilizadas en estos estudios, tales como análisis experimental, simulaciones computacionales y revisiones teóricas.

Resultados y discusión

La revisión de la literatura existente reveló una serie de hallazgos significativos sobre el impacto de la humedad en las estructuras civiles, los cuales se analizan a continuación:

Impacto de la Humedad en Materiales de Construcción

Uno de los hallazgos más recurrentes en la literatura es el impacto adverso de la humedad en la durabilidad de los materiales de construcción. Según Zonno et al. (2019), la exposición prolongada a la humedad puede causar una variedad de patologías, como fisuras, grietas, moho, eflorescencias, ampollas en la pintura, pérdida de yeso y oxidación de los materiales metálicos. Estas patologías no solo afectan la apariencia de las estructuras, sino que también pueden comprometer su estabilidad estructural y aumentar los costos de mantenimiento y reparación.

En particular, los estudios sobre tierra compactada muestran que las variaciones en la humedad relativa pueden inducir cambios significativos en el contenido de agua de estos materiales, afectando su deformabilidad y resistencia. Nardecchia et al. (2020) señalaron que los materiales de tierra presentan un comportamiento mecánico complejo, que incluye fenómenos de deformación plástica y daño mecánico, los cuales dependen fuertemente de la humedad relativa a la que se almacenan.

Monitoreo de Humedad en Estructuras de Concreto Reforzado

La importancia de la monitorización continua de la humedad en estructuras de concreto reforzado ha sido destacada por varios estudios. Strangfeld et al. (2019) describen el uso de sensores basados en identificación por radiofrecuencia (RFID) como una tecnología eficaz para la detección temprana de daños y la monitorización de la humedad en el concreto. Estos sensores, que pueden operar durante décadas, están diseñados para resistir condiciones ambientales adversas y proporcionar datos valiosos sobre la hidratación del cemento y los niveles de humedad a lo largo del tiempo.

El estudio de Chen et al. (2021) también subraya la eficacia de los métodos de análisis predictivo y el tratamiento térmico aplicado a la madera en la mitigación de los efectos nocivos de la humedad. Estas técnicas permiten la implementación de medidas correctivas y preventivas, mejorando así la durabilidad de las estructuras.

Eficacia de las Tecnologías de Mitigación de Humedad

Los estudios de caso revisados documentan la aplicación de diversas tecnologías de mitigación de humedad en proyectos de construcción reales. Por ejemplo, Acosta et al. (2017) discutieron el uso de tratamientos térmicos para mejorar la resistencia de la madera contra la humedad. Además, Silva et al. (2023) exploraron cómo la humedad relativa afecta la creación de vórtices alrededor de edificios aislados, demostrando que la inclusión de la humedad en las simulaciones cambia significativamente las dimensiones y características de los vórtices. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la humedad en el diseño arquitectónico y en la planificación urbana.

Por otro lado, Pico-Cortés y Villagrán-Zaccardi (2024) investigaron la carbonatación del hormigón con agregado reciclado, utilizando modelos predictivos para evaluar el impacto ambiental de esta reacción química. Los resultados subrayan la importancia de prácticas sostenibles y el uso de materiales reciclados en la construcción.

Estrategias para Mejorar la Durabilidad de las Estructuras

Varios estudios han propuesto estrategias para mejorar la durabilidad de las estructuras civiles afectadas por la humedad. Ospina & Castrillón (2021) revisaron técnicas de rehabilitación utilizando refuerzos de fibra de carbono, destacando métodos avanzados para mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras de concreto. Además, Lage Souza et al. (2022) analizaron el uso de grafeno en revestimientos poliméricos como una innovación significativa en la protección contra la corrosión, aportando beneficios potenciales para la durabilidad de las estructuras de acero.

Análisis de Estudios de Caso sobre el Impacto de la Humedad en las Estructuras Civiles

En la revisión de la literatura sobre el impacto de la humedad en las estructuras civiles, se identificaron numerosos estudios de caso que abordan diversos aspectos críticos. Estos estudios proporcionan una visión detallada de los desafíos y soluciones relacionadas con la humedad en materiales de construcción, técnicas de monitoreo y tecnologías de mitigación. A continuación, se presentan diez estudios de caso que destacan las investigaciones más relevantes y sus contribuciones significativas al entendimiento y manejo de la humedad en infraestructuras civiles:

1. **Reacción Álcali-Sílice en Argentina:**

La revisión incluyó un análisis de cómo la humedad afecta reacciones químicas específicas en el concreto, como la reacción álcali-sílice. Un estudio detallado realizado por Byrne et al. (2023) investigó cómo las condiciones climáticas en Argentina afectaron la reacción álcali-sílice en estructuras de hormigón. Este fenómeno químico comprometió seriamente la integridad del concreto, causando expansión y fisuración. La investigación propuso métodos de diseño y construcción específicos para mitigar estos efectos, destacando la relevancia de estas medidas en regiones con condiciones climáticas similares. Las soluciones prácticas incluyeron el uso de cementos con bajo contenido de álcalis y la implementación de aditivos minerales para mejorar la durabilidad del hormigón.

2. **Carbonatación del Hormigón con Agregado Reciclado**

Se analizaron estudios sobre la implementación de materiales sostenibles en la construcción, especialmente el uso de agregados reciclados. Pico-Cortés y Villagrán-Zaccardi (2024) exploraron la importancia de utilizar modelos predictivos para evaluar el impacto ambiental de la carbonatación del hor-

migón. Este estudio enfatizó el uso de agregados reciclados como una estrategia sostenible, alineándose con la tendencia global hacia prácticas de construcción más ecológicas. La investigación demostró que la inclusión de agregados reciclados podía reducir significativamente la huella de carbono del hormigón, mejorando al mismo tiempo sus propiedades mecánicas y durabilidad a largo plazo.

3. **Protección de Acero con Pintura Epoxi y Extracto de Rosmarinus Officinalis**

El análisis incluyó la evaluación de tecnologías innovadoras para proteger materiales de construcción contra la corrosión. Santo et al. (2023) investigaron el uso de inhibidores de corrosión naturales, específicamente el extracto de Rosmarinus officinalis, para proteger el acero SAE 1010. Este enfoque innovador combinó sostenibilidad y eficiencia, mostrando que la pintura epoxi con aditivos naturales podía ofrecer una protección efectiva contra la corrosión. Los resultados del estudio indicaron que estos inhibidores naturales no solo eran ecológicos sino también altamente eficientes, prolongando la vida útil del acero en ambientes agresivos.

4. **Rehabilitación de Estructuras de Hormigón con Fibra de Carbono**

Se revisaron técnicas avanzadas para la rehabilitación de infraestructuras, incluyendo el uso de materiales compuestos. Ospina y Castrillón (2021) revisaron diversas técnicas de rehabilitación utilizando refuerzos de fibra de carbono para mejorar la resistencia y durabilidad de estructuras de hormigón afectadas por la corrosión. Los refuerzos de fibra de carbono se destacaron por su alta resistencia y baja densidad, lo que los convirtió en una opción ideal para la rehabilitación de infraestructuras envejecidas. La aplicación de estas técnicas demostró ser crucial para prolongar la vida útil de las estructuras existentes y mejorar su capacidad de carga.

5. **Revestimientos Poliméricos con Grafeno para Protección de Acero**

La revisión incluyó innovaciones en recubrimientos protectores, especialmente aquellos que utilizan materiales avanzados como el grafeno. Lage Souza et al. (2022) analizaron la utilización de grafeno en revestimientos poliméricos como una innovación significativa en la protección contra la corrosión de estructuras de acero. El grafeno, conocido por sus excepcionales propiedades mecánicas y químicas, proporcionó una barrera efectiva contra los agentes corrosivos. Los estudios mostraron que los revestimientos de grafeno no solo mejoraban la durabilidad del acero, sino que también aportaban be-

neficios significativos en términos de sostenibilidad y reducción de costos de mantenimiento.

6. **Factores que Influyen en la Resistencia a la Compresión del Hormigón**

Se estudiaron los factores determinantes que afectan la resistencia del hormigón, un material fundamental en la construcción civil. León y Rodríguez (2022) investigaron los factores que afectaban la resistencia a la compresión del hormigón, ofreciendo estrategias para optimizar sus propiedades mecánicas. Este estudio proporcionó una comprensión detallada de cómo variables como la proporción de agua-cemento, el tipo de agregado y las condiciones de curado influían en la resistencia del hormigón. Las estrategias propuestas fueron vitales para el diseño de estructuras más resistentes y duraderas.

7. **Diseño de Envolventes para Minimización de Consumo Energético**

Se exploraron enfoques para mejorar la eficiencia energética de los edificios mediante el diseño de envolventes. Chen Austin et al. (2021) realizaron una revisión de estrategias de diseño de envolventes térmicas basadas en enfoques biomiméticos para mejorar la eficiencia energética en climas tropicales. Este enfoque innovador utilizó principios de la naturaleza para diseñar envolventes que minimizaran el consumo energético, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad en la construcción. Los resultados del estudio destacaron la capacidad de estas estrategias para reducir la demanda de energía para calefacción y refrigeración en edificios.

8. **Biocolonización de Patrimonio en Piedra**

La conservación del patrimonio histórico fue otro aspecto revisado, especialmente en relación con los desafíos de la biocolonización. García (2021) abordó los desafíos de la biocolonización en patrimonios de piedra, destacando técnicas de conservación y prevención. La biocolonización, que incluye el crecimiento de microorganismos en superficies de piedra, causó daños significativos a estructuras históricas. El estudio presentó métodos efectivos para controlar y prevenir la biocolonización, asegurando la preservación de estos valiosos patrimonios.

9. **Tratamientos Térmicos Aplicados a la Madera**

La revisión incluyó métodos para mejorar la durabilidad de la madera, un material ampliamente utilizado en construcción sostenible. Acosta et al. (2017) revisaron tratamientos térmicos aplicados a la madera para mejorar su dura-

bilidad y resistencia. Estos tratamientos modificaron la estructura celular de la madera, haciéndola más resistente a la humedad y a los ataques de insectos. La investigación resaltó la importancia de estos métodos para la utilización de madera en construcciones sostenibles, donde la durabilidad es un factor crítico.

10. **Rehabilitación de Estructuras en Concreto Afectadas por Carbonatación**

La revisión también abarcó técnicas de rehabilitación para el concreto afectado por carbonatación. Muñoz y Henao (2023) revisaron técnicas y métodos para la rehabilitación de estructuras de concreto afectadas por carbonatación. La carbonatación redujo la alcalinidad del concreto, permitiendo la corrosión de las armaduras. El estudio destacó la importancia de abordar este problema para mejorar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras. Entre las técnicas revisadas se encontraron el uso de recubrimientos protectores y la aplicación de tratamientos de reparación específicos para combatir los efectos de la carbonatación.

Discusión de los Resultados

Los resultados de la revisión literaria destacan la importancia crítica de la humedad en la durabilidad y estabilidad de las estructuras civiles. La exposición prolongada a la humedad se ha demostrado que causa diversas patologías en los materiales de construcción, tales como fisuras, grietas, moho y oxidación de los metales, afectando tanto la apariencia como la integridad estructural de las edificaciones (Zonno et al., 2019; Nardecchia et al., 2020). La implementación de tecnologías avanzadas para la monitorización continua, como los sensores RFID, permite la detección temprana de daños y la recolección de datos precisos sobre los niveles de humedad y la hidratación del cemento, lo cual es esencial para mantener la salud estructural a largo plazo (Strangfeld et al., 2019). Además, la eficacia de las técnicas de análisis predictivo y tratamiento térmico aplicado a la madera subraya la necesidad de medidas preventivas y correctivas para mitigar los efectos nocivos de la humedad (Chen et al., 2021).

La revisión también subraya la eficacia de diversas tecnologías de mitigación de humedad en proyectos de construcción reales. Los tratamientos térmicos para mejorar la resistencia de la madera y el uso de grafeno en revestimientos poliméricos para proteger el acero han mostrado ser soluciones innovadoras y sostenibles (Acosta et al., 2017; Lage Souza et al., 2022). La inclusión de agregados reciclados en el hormigón no solo reduce la huella de

carbono, sino que también mejora sus propiedades mecánicas y durabilidad (Pico-Cortés & Villagrán-Zaccardi, 2024). Estos estudios de caso resaltan la importancia de adoptar prácticas avanzadas y sostenibles para mejorar la durabilidad de las infraestructuras, tales como la rehabilitación de estructuras de concreto con refuerzos de fibra de carbono y la protección del patrimonio en piedra contra la biocolonización (Ospina & Castrillón, 2021; García, 2021). En conclusión, la continua investigación y desarrollo de nuevas tecnologías es fundamental para asegurar que las infraestructuras sean más resilientes y sostenibles en el futuro.

Conclusiones

La revisión de la literatura ha demostrado claramente que la humedad tiene un impacto significativo en la durabilidad y estabilidad de las estructuras civiles. Los estudios revisados indican que la exposición prolongada a la humedad puede causar patologías graves en los materiales de construcción, tales como fisuras, grietas, moho y oxidación de los metales. Estos problemas no solo afectan la apariencia de las estructuras, sino que también aumentan los costos de mantenimiento y pueden comprometer su seguridad estructural. Específicamente, en materiales como la tierra compactada, las variaciones en la humedad relativa pueden inducir cambios importantes en su contenido de agua, afectando su deformabilidad y resistencia.

La monitorización de la humedad en estructuras de concreto reforzado es esencial para mantener su salud estructural a largo plazo. Tecnologías avanzadas, como los sensores basados en identificación por radiofrecuencia (RFID), han demostrado ser altamente eficaces para la detección temprana de daños y la monitorización continua de la humedad en el concreto. Estos sensores, que pueden operar durante décadas, están diseñados para resistir condiciones ambientales adversas y proporcionar datos valiosos sobre la hidratación del cemento y los niveles de humedad. Además, las técnicas de análisis predictivo y el tratamiento térmico de la madera se han identificado como métodos efectivos para mitigar los efectos nocivos de la humedad, mejorando así la durabilidad de las estructuras.

La revisión también ha revelado la eficacia de diversas tecnologías de mitigación de humedad aplicadas en proyectos de construcción reales. Por ejemplo, los tratamientos térmicos para mejorar la resistencia de la madera contra la humedad y el uso de grafeno en revestimientos poliméricos para proteger el acero contra la corrosión han mostrado resultados prometedores. La

inclusión de agregados reciclados en el hormigón no solo reduce la huella de carbono, sino que también mejora sus propiedades mecánicas y durabilidad.

Finalmente, los estudios de caso han subrayado la importancia de adoptar prácticas sostenibles y avanzadas para mejorar la durabilidad de las infraestructuras. La rehabilitación de estructuras de concreto con refuerzos de fibra de carbono y la protección del patrimonio en piedra contra la biocolonización son ejemplos de estrategias efectivas para enfrentar los desafíos que plantea la humedad. Estas prácticas no solo prolongan la vida útil de las estructuras, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y eficiencia del sector de la construcción. Continuar investigando y desarrollando nuevas tecnologías será crucial para asegurar que las infraestructuras.

Referencias Bibliográficas

Acosta, R., Augusto Montoya Arango, J., & Prieto Muriel, A. (2017). A Review of Thermal Treatments Applied to Wood. https://www.researchgate.net/publication/340983856

Byrne, C., Ramirez, M., Di Santo, E., Cristiano, N., & D'Alessandro, O. (2023). Una visión actualizada sobre la reacción álcali-sílice en Argentina y el diseño y construcción de estructuras de hormigón.

Chen Austin, M., Cowen, O., Delgado, N., & González, C. (2021). Una revisión de las estrategias de diseño de envolventes para minimización de consumo energético de edificaciones en clima tropical basado en enfoques biomiméticos. Revista de Iniciación Científica, 7(2), 76–82. https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.2.3342

García, G. (2021). Biocolonización de patrimonio en piedra: una revisión. https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38036

Lage Souza, R., Martins Coura, I., & Silva, S. N. (2022). Revestimientos compuestos poliméricos con grafeno y óxido de grafeno para la construcción civil - Una revisión. Revista de Ciencia y Tecnología, 37, 66–81. https://doi.org/10.36995/j.recyt.2022.37.006

León, L., & Rodríguez, C. (2022). Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte. 16. https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf

Muñoz, O., & Henao, M. (2023). Revisión bibliográfica de rehabilitación de estructuras en concreto afectadas por carbonatación. https://bibliote-

cadigital.udea.edu.co/handle/10495/37743

Nardecchia, F., Mattoni, B., Burattini, C., & Bisegna, F. (2020). The impact of humidity on vortex creation around isolated buildings. Building Research & Information, 48, 551–571. https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1661762

Ospina, E., & Castrillón, R. (2021). Alternativas de mejoramiento para reparaciones y reforzamientos de estructuras en concreto reforzado. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/21562

Pico-Cortés, C., & Villagrán-Zaccardi, Y. (2024). Modelos predictivos e impacto ambiental de la carbonatación del hormigón con agregado reciclado: Una revisión. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 31. https://doi.org/10.4067/S0718-33052023000100237

Santo, D., Byrne, C., Ramirez, M., Cristiano, N., & Alessandro, O. (2023). Incorporación de extracto de Rosmarinus officinalis en una pintura epoxi de Base acuosa para la protección de acero SAE 1010. https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/15187

Silva, L. N. da, Gomes, G. A. B., Pinto, F. R., & Santos, D. C. dos. (2023). Analysis of pathologies caused by humidity in civil construction. International Journal for Innovation Education and Research. https://doi.org/10.31686/ijier.vol11.iss1.4058

Strangfeld, C., Johann, S., & Bartholmai, M. (2019). Smart RFID Sensors Embedded in Building Structures for Early Damage Detection and Long-Term Monitoring. Sensors (Basel, Switzerland), 19. https://doi.org/10.3390/s19245514

Zonno, G., Aguilar, R., Boroschek, R., & Lourenço, P. (2019). Analysis of the long and short-term effects of temperature and humidity on the structural properties of adobe buildings using continuous monitoring. Engineering Structures. https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2019.109299

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 8

Revisión Bibliográfica sobre el Diagnóstico y Mitigación de Patologías en la Construcción

AUTORES: Harol Andres Rosero Bazantes; Evelin Vanessa González Rodríguez; Dimas Geovanny Vera Pisco; Diego Sornoza Parrales

SABER**EC 5.0**

Revisión Bibliográfica sobre el Diagnóstico y Mitigación de Patologías en la Construcción

Literature Review on the Diagnosis and Mitigation of Pathologies in Construction

Resumen

Este trabajo aborda el tema de Diagnóstico y la Mitigación de patologías en la construcción a través de una revisión exhaustiva de la literatura existente. El objetivo principal es analizar las principales causas de fallos estructurales y las técnicas innovadoras utilizadas para su prevención y corrección. La metodología empleada en esta revisión incluye la selección de estudios relevantes publicados en los últimos diez años, utilizando bases de datos académicos Scopus. Los criterios de inclusión se centraron en artículos que discutieran técnicas de diagnóstico avanzado, métodos de monitoreo en tiempo real y estrategias de mitigación efectivas. Se excluyeron estudios de caso no generalizables y publicaciones anteriores al año 2010. Los hallazgos destacan que las patologías más comunes en la construcción incluyen la corrección de materiales, fallos en la cimentación, y grietas estructurales. Técnicas modernas como el uso de sensores inalámbricos, análisis mediante modelos computacionales avanzados y métodos no destructivos (NDT) han mostrado ser efectivas para la detección temprana de estos problemas. Además, la implementación de tecnologías de monitoreo continuo y la aplicación de materiales innovadores, como compuestos de fibra y concretos autocompactantes, han demostrado mejorar significativamente la durabilidad y la resistencia de las estructuras. En conclusión, la importancia de adoptar un enfoque proactivo en el diagnóstico y mitigación de patologías en la construcción, integrando tecnologías avanzadas y metodologías sostenibles. Se recomienda continuar la investigación en estas áreas para desarrollar soluciones aún más eficaces y aplicables en gran escala.

Palabras clave: Fallos estructurales, técnicas innovadoras, diagnostico avanzado, estrategias de mitigación efectivas, métodos de monitoreo en tiempo real.

Abstract

This work addresses the topic of Diagnosis and Mitigation of pathologies in construction through an exhaustive review of the existing literature. The main objective is to analyze the primary causes of structural failures and the innovative techniques used for their prevention and correction. The methodology employed in this review includes the selection of relevant studies published in the

last ten years, using the Scopus academic databases. The inclusion criteria focused on articles discussing advanced diagnostic techniques, real-time monitoring methods, and effective mitigation strategies. Case studies that were not generalizable and publications prior to 2010 were excluded. The findings highlight that the most common pathologies in construction include material correction, foundation failures, and structural cracks. Modern techniques such as the use of wireless sensors, analysis through advanced computational models, and non-destructive methods (NDT) have proven to be effective for the early detection of these issues. Additionally, the implementation of continuous monitoring technologies and the application of innovative materials, such as fiber composites and self-compacting concrete, have significantly improved the durability and resistance of structures. In conclusion, it is important to adopt a proactive approach in the diagnosis and mitigation of pathologies in construction, integrating advanced technologies and sustainable methodologies. It is recommended to continue research in these areas to develop even more effective and widely applicable solutions.

Keywords: Structural failures, innovative techniques, advanced diagnostics, effective mitigation strategies, real-time monitoring methods.

Introducción

El diagnóstico y la mitigación de patologías en la construcción constituyen pilares fundamentales para garantizar la integridad y durabilidad de las infraestructuras. Este articulo presenta una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre estos temas, con el propósito de identificar y analizar las causas principales de fallos estructurales y las técnicas innovadoras empleadas para su prevención y corrección. Esta revisión incluye la selección rigurosa de estudios relevantes publicados en la última década, recurriendo a bases de datos académicos de prestigio como Scopus. Se enfoco en la selección de artículos que abordan técnicas avanzadas de diagnóstico, métodos de monitoreo en tiempo real y estrategias efectivas de mitigación, excluyendo estudios de caso no generalizables y publicaciones anteriores al año 2010.

El objetivo de esta investigación es ofrecer una revisión comprensiva de las patologías estructurales más comunes y explorar las metodologías más efectivas para su diagnóstico y mitigación. Este enfoque abarca desde el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis hasta la implementación de materiales innovadores que mejoran la durabilidad y la resistencia de las estructuras (Campos et al., 2016).

Desde una perspectiva teórica, el diagnóstico de patologías en la construcción implica la identificación y evaluación de defectos y fallos en las estructuras mediante técnicas como la inspección visual, ensayos no destructivos (END), y modelos de análisis computacional. Estas técnicas permiten una evaluación detallada del estado de una estructura, identificando problemas como la corrosión, grietas, deformaciones y otros tipos de deterioro (Adams y Nataraju,2002).

La mitigación, en contraste, se refiere a las acciones emprendidas para corregir estos problemas y prevenir su recurrencia. Esto incluye el uso de materiales avanzados como polímeros reforzados con fibra, concretos autocompactantes y la aplicación de tecnologías de monitoreo continuo que detectan cambios en el estado estructural en tiempo real.

Al enfatizar la importancia de un enfoque proactivo en el diagnóstico y la mitigación de patologías, esta revisión busca fomentar la integración de tecnologías avanzadas y metodologías sostenibles en la práctica de la construcción. De esta manera, se pretende contribuir a la mejora de la seguridad y la eficiencia en la gestión de infraestructuras, asegurando su funcionalidad y prolongando su vida útil. La continuidad de la investigación en estas áreas es vital para el desarrollo de soluciones aún más eficaces y aplicables a gran escala, beneficiando así a la industria de la construcción y a la sociedad en general.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se basó en la utilización exclusiva de la base de datos Scopus, reconocida por su extenso repertorio de literatura científica de alta calidad. El proceso de búsqueda fue de revisión sistemática, enfocándose en la recopilación de artículos publicados entre los años 2010 y 2024. Este rango temporal se seleccionó con el fin de buscar investigaciones recientes y relevantes en el campo del diagnóstico y mitigación de patologías en la construcción.

Proceso de búsqueda

Para iniciar el proceso de búsqueda emplearon las siguientes ecuaciones de búsqueda:

“TITLE-ABS-KEY ((“Structural diagnosis”)) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA ,“ENGI”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA ,“MATE”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA ,“MATH”)) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,“Structural Diagnosis”) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,

"Structural Health Monitoring") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Damage Detection") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Structural Analysis") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Diagnosis") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Monitoring") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Maintenance") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Deterioration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Cracks") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Vibration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Crack Detection") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Structural Health") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Damage Identification") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Vibrations (mechanical)") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Structural Diagnostics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Fault Detection") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Defects") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Buildings") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Concretes") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Bridges") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Earthquakes") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Dynamic Characteristics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Civil Structure") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Civil Engineering Structures") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Civil Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Risk Assessment")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE ,"ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE ,"English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE ,"Spanish"))

La misma que dió como resultado 384 artículos, del cual se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Únicamente artículos científicos
- Artículos publicados en el área de ingeniería.
- Estudios que abordaran específicamente el diagnóstico y mitigación de patologías en la construcción.

Se excluyeron aquellos artículos que no cumplían con estos criterios, enfocándose en asegurar que los estudios seleccionados fueran accesibles y de alta calidad.

Para afinar aún más los resultados, se emplearon palabras clave específicas relacionadas con el tema. Este proceso riguroso redujo el número de artículos a 48, que fueron considerados adecuados para una revisión detallada.

Selección de artículos

La selección de artículos se llevó a cabo mediante la lectura detallada de los resúmenes de cada uno de ellos. A partir de esta revisión inicial, se eligieron aquellos artículos que mejor se ajustaban a los criterios de investigación y relevancia para el estudio. Los artículos seleccionados se presentan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 30.

Aceptados y descartados.

ESTUDIOS SELECCIONADOS
48 para su lectura 15 aceptados
6 estudios Cuasiexperimentales 9 estudios experimentales
33 estudios descartados
18 estudios no enfocados en la Patologías de la construcción 15 estudios fuera del área de ingeniería

Los datos extraídos de los artículos seleccionados fueron analizados mediante la aplicación VOSviewer, una herramienta eficaz para realizar análisis de coautoría y coocurrencia. Este software permite visualizar las redes de colaboración entre investigadores y las relaciones temáticas entre los términos utilizados en los artículos, proporcionando una visión comprensiva del estado actual y de las tendencias emergentes en la ingeniería civil.

Procedimiento

1. Recopilación de Datos: Los artículos seleccionados se descargaron y almacenaron para su análisis.
2. Preparación y Limpieza de Datos: Se realizó una limpieza de datos para eliminar duplicados y asegurar la relevancia de la información recopilada.
3. Análisis en VOSviewer: Se cargaron los datos en VOSviewer para realizar el análisis de redes y coocurrencia, visualizando las interrelaciones entre los temas investigados y los autores.

Este enfoque riguroso y estructurado garantizó que los resultados fueran representativos, permitiendo una evaluación comprensiva del impacto de las

técnicas topográficas en la ingeniería civil, destacando las innovaciones recientes y las tendencias futuras en este campo.

Resultados y discusión

Para el presente análisis se seleccionaron 15 artículos transcendentales, los cuales abarcan un período comprendido entre los años 2010 y 2024. Estos artículos fueron cuidadosamente elegidos debido a su relevancia y contribuciones significativas en el campo de las tecnologías y aplicaciones para el análisis de patologías en la construcción. Cada uno de ellos ofrece perspectivas únicas y avanzadas, permitiendo obtener una visión integral y actualizada sobre los desarrollos más recientes en este ámbito (Pan et al., 2018).

Se observa que los trabajos revisados se centran en la utilización de tecnología en diferentes aplicaciones, la inspección de estructuras y, la utilización de técnicas que permiten una evaluación detallada del estado de una estructura en tiempo real.

Según Mosallam et al., (2018), dice que el monitoreo de la salud estructural (SHM, por sus siglas en inglés) ofrece el potencial para evaluar la seguridad e integridad de la infraestructura civil. Al obtener información precisa sobre la condición de la estructura, se puede tomar medidas preventivas adecuadas para prolongar la vida útil y prevenir el fallo catastrófico de la estructura. La aplicación de estrategias efectivas de detección de daños también puede reducir los costos del ciclo de vida.

En conjunto con Chen et al. (1998), estos artículos proporcionan un panorama comprensivo y avanzado del Diagnóstico y Mitigación de Patologías en la construcción, subrayando la importancia de la innovación de nuevas técnicas y tecnologías para su diagnóstico.

Análisis Bibliométrico

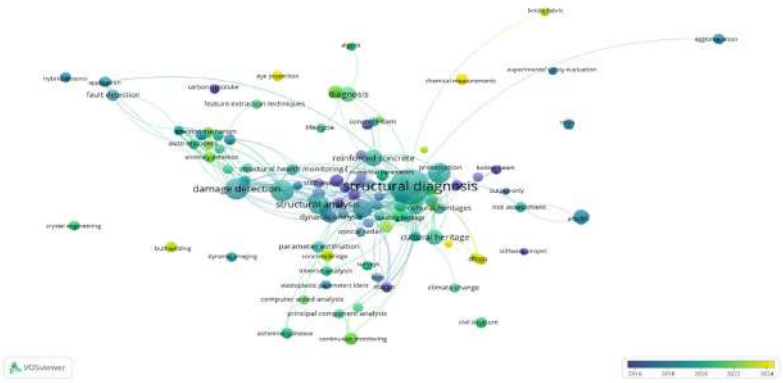
Análisis de mapa de Coocurrencia

El análisis de coocurrencia de palabras clave revela tendencias significativas en la investigación sobre el diagnostico estructural y el análisis de estructuras en el ámbito de la ingeniería civil. Los clústeres identificados destacan una convergencia en áreas de gran relevancia como la detección de daños y fallos mediante técnicas avanzadas de aprendizaje automático según Diz et al. (2021), así como el diagnóstico y monitoreo de la salud estructural de infraestructuras de hormigón reforzado. De particular interés es la emergente integración de enfoques innovadores, como los autoencoders y mecanismos de atención, que resalta la creciente aplicación de la inteligencia artificial en este

campo. Además, el énfasis en la preservación del patrimonio cultural y la evaluación de riesgos en el contexto del cambio climático refleja una ampliación del enfoque tradicional hacia consideraciones más holísticas y multidisciplinarias (Garbowski et al., 2023). Este panorama bibliométrico no solo evidencia el progreso y la diversificación de las metodologías empeladas, sino también la evolución de las prioridades de investigación hacia temas de sostenibilidad y resistencia estructural (Hong et al., 2017).

Figura 20.

Gráfico de Coocurrencia.

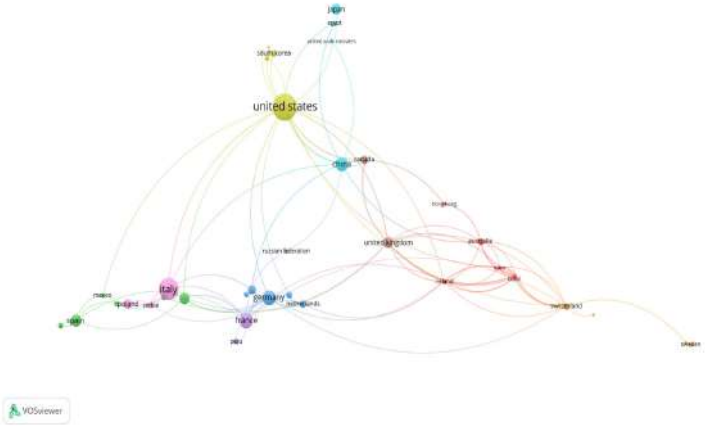


Análisis de Coocurrencia de Países

El gráfico bibliométrico muestra un panorama claro de las colaboraciones internacionales en investigación, destacando a Estados Unidos como el nodo central con el mayor número de conexiones, lo que subraya su papel elemental en la red global de investigaccion. Ademas, paises como Reino Unido, China, Alemania e Italia tambien emergen como importantes centros de colaboracción, con multiples conexiones significativas. Estos clústeres de colores identifican regiones de intensa cooperación cientifica, especialmente en Europa, Asia y Oceanía. La densidad de las conecciones suguiere que las colaboraciones internacionales son esenciales para el avance científico, facilitando el intercambio de conocimientos y recursos, y poteciando la calidad y el impacto de la investigacción a nivel global. Este mapa resalta la importancia de fomentar y fortalecer las alianzas estrategias entre instituciones y paises para abordar desafíos cientificos complejos y promover el desarrollo sostenible a nivel mundial.

Figura 21.

Gráfico de Coocurrencia.

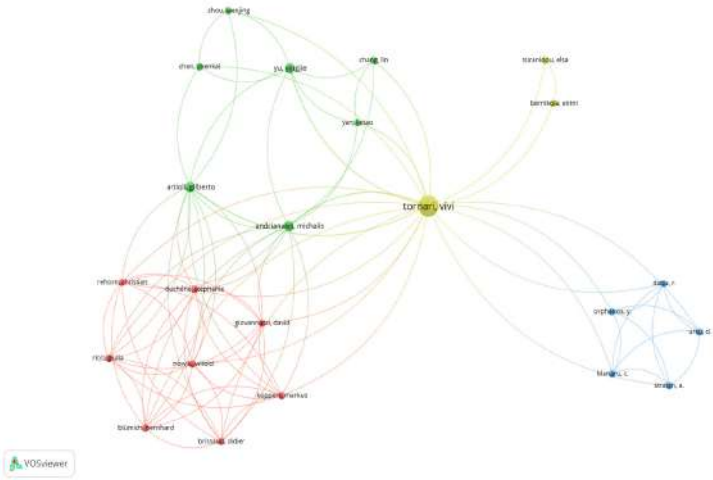


Análisis de Coautoría

El gráfico bibliométrico revela una red de colaboraciones entre autores en la investigación, destacando a Tornari, Vivi, como el nodo central con el mayor número de conexiones, lo que indica su papel crucial en la facilitación de colaboraciones científicas. Los clústeres de colores identifican diferentes grupos de colaboración, con autores como Artioli, Gilberto, y Rehorn, Christian, emergiendo como figuras clave dentro de sus respectivos grupos. Estas redes de colaboración muestran una dinámica de trabajo conjunto que es esencial para el avance de la investigación, permitiendo el intercambio de conocimientos y recursos. La visualización de estas colaboraciones puede guiar a los investigadores e instituciones en la búsqueda de nuevos socios y en el fortalecimiento de alianzas estratégicas, potenciando así la calidad y el impacto de los proyectos científico a nivel global.

Figura 22.

Gráfico de Coautoría.



Conclusión

Este trabajo revela que las patologías más comunes en la construcción incluyen fallos en la cimentación, grietas estructurales y la utilización de materiales inadecuados. La revisión exhaustiva de literatura destaca la importancia de adoptar técnicas avanzadas de diagnóstico y monitoreo para la detección temprana de estos problemas. Las tecnologías modernas como los sensores inalámbricos, el análisis mediante modelos computacionales avanzados y los métodos no destructivos (NDT) han demostrado ser efectivas en la identificación y prevención de fallos estructurales. Además, la implementación de materiales innovadores como compuestos de fibra y concretos autocompactantes mejoras significativamente la durabilidad y resistencia de las estructuras. El estudio subraya la necesidad de un enfoque proactivo en el diagnóstico y mitigación de patologías, integrando tecnologías avanzadas y metodologías sostenibles.

Se recomienda fomentar la investigación continua en el desarrollo de tecnologías avanzadas y efectivas para el diagnóstico y mitigación de patologías en la construcción, explorando nuevos materiales y técnicas aplicables a gran escala. La implementación de sistemas de monitoreo continuo con sensores

inalámbricos y métodos no destructivos es crucial para detectar cambios estructurales en tiempo real, permitiendo una intervención temprana y prevención de fallos. Además, se debe promover el uso de materiales innovadores como polímeros reforzos con fibra y concreto autocompactantes para mejorar la durabilidad y resistencia de las estructuras. Es fundamental invertir en la formación y capacitación de profesionales en el uso de estas tecnologías y materiales, asegurando una implementación efectiva y sostenible. Finalmente, las autoridades regulatorias deben actualizar y fortalecer las normativas de construcción para incluir el uso obligatorio de estas técnicas avanzadas y materiales innovadores, garantizando así la integridad y seguridad de las infraestructuras.

Referencias Bibliográficas

Adams, D. E., & Nataraju, M. (2002). A nonlinear dynamical systems framework for structural diagnosis and prognosis. *International Journal of Engineering Science*, *40*(17), 1919–1941. https://doi.org/10.1016/S0020-7225(02)00112-X

Campos, A., López, C. M., Blanco, A., & Aguado, A. (2016). Structural Diagnosis of a Concrete Dam with Cracking and High Nonrecoverable Displacements. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, *30*(5). https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000869

Chen, X. T., Meyer, F. J., & Lombardi, F. (1998). Structural diagnosis of interconnects by coloring. *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems*, *3*(2), 249–271. https://doi.org/10.1145/290833.290848

Castro, B. A., Baptista, F. G., Ardila Rey, J. A., & Ciampa, F. (2019). A chromatic technique for structural damage detection under noise effects based on impedance measurements. *Measurement Science and Technology*, *30*(7), 075601. https://doi.org/10.1088/1361-6501/ab0fe2

Diz-Mellado, E., Mascort-Albea, E. J., Romero-Hernández, R., Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., Ruiz-Jaramillo, J., & Jaramillo-Morilla, A. (2021). Non-destructive testing and Finite Element Method integrated procedure for heritage diagnosis: The Seville Cathedral case study. *Journal of Building Engineering*, *37*, 102134. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102134

Garbowski, T., Cornaggia, A., Zaborowicz, M., & Sowa, S. (2023). Computer-Aided Structural Diagnosis of Bridges Using Combinations of Static

and Dynamic Tests: A Preliminary Investigation. ***Materials***, ***16***(24), 7512. https://doi.org/10.3390/ma16247512

Hong, W., Zhang, X., Lv, K., Jiang, Y., Fang, X., & Hu, X. (2017). A novel method for structural diagnosis based on passing vehicle response. ***Advances in Mechanical Engineering***, ***9***(11), 168781401773451. https://doi.org/10.1177/1687814017734514

Mosallam, A., Zirakian, T., Abdelaal, A., & Bayraktar, A. (2018). Health monitoring of a steel moment-resisting frame subjected to seismic loads. ***Journal of Constructional Steel Research***, ***140***, 34 – 46. https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2017.10.023

Pan, H., Azimi, M., Yan, F., & Lin, Z. (2018). Time-Frequency-Based Data-Driven Structural Diagnosis and Damage Detection for Cable-Stayed Bridges. ***Journal of Bridge Engineering***, ***23***(6). https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001199

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 9

Análisis sobre la aplicación de la norma ecuatoriana de la construcción en edificios a partir del sismo de abril 2016

AUTORES: Daniel David Carvajal Rivadeneira; Wilson Jander Cedeño Zambrano; José Fabian Torres Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

SABER**EC 5.0**

Análisis sobre la aplicación de la norma ecuatoriana de la construcción en edificios a partir del sismo de abril 2016

Analysis on the application of the ecuadorian construction standard in buildings since the april 2016 earthquake

Resumen

El sismo del 16 de abril de 2016 con epicentro en Pedernales – Manabí - Ecuador evidenció deficiencias significativas en el proceso y diseño constructivo, reflejando una aplicación parcial de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), que establece lineamientos técnicos y de seguridad para edificaciones en el país. Este estudio analiza las razones detrás de la falta de cumplimiento de las normas post-sismo. La metodología implementada fue el enfoque cualitativo de carácter descriptivo, que incluye una revisión documental de literatura académica y técnica. Los resultados revelan que las principales causas de la aplicación parcial de la NEC-15 son las deficiencias en la supervisión de diseño y construcción, y la falta de capacitación adecuada. Se concluye que es necesario un enfoque integral para evitar futuros problemas de c4olapso o daños en edificaciones, incluyendo actualización y capacitación sobre requisitos técnicos y la implementación efectiva de mecanismos de supervisión y control. Este enfoque integral es esencial para mejorar la resiliencia y seguridad de las edificaciones en Ecuador.

Palabras clave: NEC-15, sismo, edificaciones en Ecuador, supervisión, construcción

Abstract

The earthquake of April 16, 2016, with its epicenter in Pedernales – Manabí – Ecuador, highlighted significant deficiencies in the construction process and design, reflecting a partial application of the Ecuadorian Construction Standard (NEC-15), which sets technical and safety guidelines for buildings in the country. This study examines the reasons behind the non-compliance with standards following the earthquake. The implemented methodology was a descriptive qualitative approach, including a documentary review of academic and technical literature. The results reveal that the main causes of partial application of NEC-15 are deficiencies in design and construction supervision and lack of adequate training. It is concluded that a comprehensive approach is necessary to prevent future collapse or damage to buildings, including updates and training on technical requirements and effective implementation of supervision and control mechanisms. This comprehensive approach is essential for improving the resilience and safety of buildings in Ecuador.

Keywords: NEC-15, earthquake, buildings in Ecuador, supervision, construction.

Introducción

El 16 de abril del 2016 a las 18h58 hora local, Ecuador, principalmente sus zonas costeras tuvieron un hecho sísmico que tuvo una magnitud de 7.8 (MW) (Magnitud de Momento) debido a que el país se lo considera alto en riesgo de sismicidad al estar en convergencia en las placas de Nazca y la Continental Sudamericana, las edificaciones ante un movimiento telúrico de gran intensidad se verán afectadas. El terremoto ocurrido en el 16A evidenció los múltiples daños en las edificaciones, lo que conllevó a los fallos y/o colapsos de los edificios, en estos acontecimientos también se dieron a relucir la falta de la aplicación a las normativas aplicadas a las técnicas constructivas del Ecuador, consideraciones arquitectónicas y la escasa reflexión en el diseño estructural (Vega Martínez et al., 2022).

En Ecuador un gran número de las construcciones en las edificaciones se realizan de manera empírica sin la presencia de profesionales disciplinarios en las construcciones sean estos: ingenieros o arquitectos que se encarguen de verificar el correcto cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción, además muchos de estos profesionales siguen aplicando contenidos referidos en el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) que es el antecesor de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Las ciudades en las que se registraron mayores afectaciones durante y después del movimiento telúrico fueron: Pedernales, Manta, Portoviejo y Bahía de Caráquez; en las que se registraron aceleraciones de 1.407g Peak Ground Acceleration (E) (Aceleración Máxima del suelo, PGA) en Pedernales; y de 0.38g PGA (E) en Portoviejo, el espectro de aceleración que fue medido en Portoviejo excedió las contemplaciones del espectro elástico de la Norma Ecuatoriana de la Construcción aplicada previo al sismo, donde se efectúo dicho estudio el suelo es Tipo D y las afectaciones de mayor magnitud son en suelos tipo E y F, demostrando que los daños a edificaciones fueron de mayor dimensión debido a que estos últimos sufrieron grandes inundaciones provocadas por el fenómeno del niño (Castañeda y Mieles Bravo, 2017).

Esto lleva a interpretar a algunos profesionales a diseñar con espectros mayores, al no aplicar esta acción se toma un riesgo importante para los edificios especialmente los que están ubicados en la zona norte del Ecuador mismos que corren mayor riesgo al estar en zonas de alta sismicidad como se ha visto reflejado en los hechos históricos (Aguiar Falconí, 2017). En la actualidad

la Norma Ecuatoriana de la Construcción está tomando diferentes correctivas para tratar de mitigar los posibles efectos a los edificios ante la presencia de un sismo, tal es el caso que en sus ejes temáticos se contemplan con mayor severidad los requisitos mínimos dirigidos a la seguridad estructural, donde el desplazamiento y desempeño sísmico son los puntos que mayormente se enfatizan al momento de acontecer un evento sísmico (Olmedo-Cueva & Haro, 2023).

Los factores que generalmente se deben contemplar al momento de ejecutar dichas actualizaciones en la construcción de un edificio, es el correcto entendimiento a las normativas ecuatorianas de construcción por parte del profesional estructural, se debe garantizar que el encargado del diseño esté preparado para ejecutar las acciones correspondientes, en Ecuador muchas de los edificios que sufrieron daños estructurales tuvieron efectos adversos debido a la falta de calidad en los diseños a cargo del profesional encargado.

La relevancia de la Norma Ecuatoriana de Construcción tiene una concordancia directa con actualizaciones a normativas internacionales como lo es el ACI (Instituto Americano del Concreto), donde los profesionales calculistas y diseñadores de edificios deben poseer un amplio entendimiento, para que las construcciones en el Ecuador contengan la capacidad de resistir sismos de gran magnitud precautelando la vida de los ocupantes de las edificaciones (Menéndez-Navarro et al., 2023). De manera local el ente encargo de velar por el cumplimiento de estas normas son los municipios, quienes durante el proceso constructivo deben vigilar el cumplimiento de las normativas, como lo es la realización de ensayos, pruebas físicas y mecánicas que aseguren el correcto proceso constructivo apegado a los parámetros actuales de la NEC (Vásquez Unda, 2019).

La presente investigación tiene como objetivo analizar las aplicaciones de la Norma Ecuatoriana de Construcción post-sismo, además se plantea llegar al análisis en donde se cuestiona si la Normativa Ecuatoriana de la Construcción a partir del sismo del 2016 ha mejorado de forma significativa en los procesos constructivos de edificios.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo con un enfoque cualitativo y de carácter descriptivo, basado en una revisión bibliográfica exhaustiva. Esta revisión se centró en temas constructivos relacionados con eventos sísmicos ocurridos en Ecuador después del terremoto del 16 de abril de 2016. Además, se analizó la evolución de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) desde 2016

hasta la fecha actual, identificando las zonas de mayor vulnerabilidad ante fenómenos telúricos. Las consecuencias por las que se reforman las normas de construcción son generalmente por acciones sísmicas. “Los eventos catastróficos en Ecuador han impulsado la actualización de códigos y reglamentaciones internas para mejorar el diseño sísmico” (Molerio León, 2018).

Se realizó una encuesta para obtener datos sobre la aplicación actual de la NEC. Las preguntas abordaron temas como la experiencia laboral, el conocimiento de la NEC, la percepción sobre la aplicación de la normativa post-sismo y la evaluación de prácticas en geotecnia y sismología. Los datos obtenidos se analizaron para identificar tendencias y percepciones sobre la eficacia de la NEC en el contexto actual.

Para este estudio, la población estuvo compuesta por todos los profesionales relacionados con la construcción en Ecuador, incluyendo ingenieros civiles, arquitectos, estudiantes de carreras afines y otros especialistas en construcción. La muestra seleccionada incluyó 75 profesionales del sector de la construcción, de los cuales 45 eran ingenieros civiles, 19 arquitectos, 10 estudiantes de carreras afines a la construcción y 1 profesional dedicado a otros temas relacionados. Estos participantes fueron seleccionados para proporcionar una visión representativa del conocimiento y la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en el contexto actual. identificó las ciudades más afectadas en Manabí (Manta, Pedernales, Canoa, Portoviejo y Bahía de Caráquez) y en Esmeraldas (Muisne y Atacames).

El diseño del estudio incluyó una revisión detallada de literatura relevante sobre la normativa de construcción post-sismo en Ecuador y el análisis de la NEC vigente. Se enfatizó en edificaciones que sufrieron daños significativos durante el sismo del 16 de abril.

Se realizó una revisión relevante sobre la normativa de construcción post-sismo en Ecuador y el análisis de la NEC vigente. Se enfatizó en edificaciones que sufrieron daños significativos durante el sismo del 16 de abril. Bravo (2017), identificó las ciudades más afectadas en Manabí (Manta, Pedernales, Canoa, Portoviejo y Bahía de Caráquez) y en Esmeraldas (Muisne y Atacames).

Estos datos se corroboraron con la zonificación sísmica proporcionada por la NEC actual. Para la selección de casos de estudio, se priorizaron edificaciones que experimentaron severas afectaciones durante el sismo de abril de 2016. Según Bravo (2017), “La elección de estas edificaciones se fundamentó en la evaluación de las zonas más afectadas y la zonificación sísmica establecida por la NEC”. (p. 246).

Según Carvajal et al. (2021), "la prioridad en la construcción de un edificio sismorresistente, catalogado como vulnerable, es justamente trabajar en diseños que se adapten a la zona, teniendo como principio disminuir o mitigar los daños que puedan afectar a la estructura" (p. 46).

Para la correcta compresión de la aplicación de la Norma Ecuatoriana en la Actualidad se revisó la cronología lógica de las mismas, antes del sismo y posterior al evento sísmico. Frau et al. (2024) plantean que uno de los factores que más llamó la atención fueron los espectros que se obtuvieron en Pedernales superaron ampliamente los rangos que dotó el Código Ecuatoriano de la Construcción y la Norma Ecuatoriana de la construcción, dado que en Chone el valor detectado fue de 0.367g, En Manta de 0.504g y en Portoviejo de 0.42g.

Respecto al NEC 15 estos valores son muy similares a los de diseño para la costa, pero a comparación del CEC -2000 (Código Ecuatoriano de la Construcción), en donde el valor del PGA (Peak Ground Acceleration) es de 0.40g, su espectro de diseño no fue el esperado(Aguiar Falconí, 2017)

En Ecuador existieron un total de 5.174 edificios colapsados. De los cuales en un gran número de afectaciones se dieron por malas prácticas constructivas y la falta de implementación de un profesional afines a las mismas en todo su proceso constructivo, las fallas mayormente evidenciadas fueron: columna corta, la separación de estribos, cuantía mínima de acero, longitud de traslapes, estudios geotécnicos, deficiencia de confinamiento, entre otros (Chunga et al., 2016).

Existe la consideración de que un número significativo de los edificios que sufrieron daños en el sismo fueron construidos hace más de 25 años, donde el instrumento de diseño que se empleaba en aquel tiempo era el Código Ecuatoriano de la Construcción, algunos de estos cumplían con los parámetros dotados y que en la actualidad está en desuso.

La normativa vigente en el Ecuador es la NEC – 15, misma que se fue interpretada para sustentar los datos de esta investigación. Algunos puntos críticos que se evidenciaron en los fallos producto del sismo en edificios y que se corroboran con la NEC actual son:

- Que los diámetros del acero de refuerzo en los estribos deben ser mínimo de 10 mm y máximo de 16mm, La separación máxima que debe existir en la unión viga columna (nudo) debe ser de 100 mm o 6 veces d_b (barra longitudinal de menor diámetro) (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015).

- "Que la zona permitida para el traslape debe sobrepasar la zona de confinamiento de la unión viga columna" (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015, p.48).
- "El hormigón para zonas expuestas a la intemperie o al suelo es de 40mm y para otras superficies de 20 mm" (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015, p.85).
- Se debe garantizar la formación del mecanismo dúctil, columna fuerte – viga débil (filosofía de diseño), al no aplicar estos requerimientos ante un evento sísmico el primer elemento a fallar será el vertical (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015).
- "Se debe evaluar la estabilidad sísmica en el sub suelo, considerando los análisis de licuación y degradación cíclica" (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-GC], 2015, p.45).

Las principales fallas en los edificios presenciados por los sismos en Ecuador se muestran en la figura 23 y figura 24, en estas se evidencian las falencias en la aplicación de las NEC.

Figura 23.

Principales fallas ocurridas en Portoviejo -Simo16 de abril.

Nota. Fallas presentadas en edificios de Portoviejo producto del sismo. Adaptado de: Bazurto et al. (2022).

Figura 24.

Daños estructurales causados por el sismo del 19 de diciembre de 2016 (Mw 5.4 en Esmeraldas).

Nota. Principales daños estructurales de edificación por sismo del 2016 en Tonsupa Esmeraldas. Adaptado de: Chunga & Pozo (2017).

Para evidenciar que en la actualidad en los edificios se aplique la Norma Ecuatoriana de la Construcción se ha realizado una encuesta a personas dedicadas al campo de la construcción. Según Carvajal et al. (2023), "las encuestas son cuestionarios estructurados que proporcionan datos referidos a opiniones, actitudes y comportamientos" (p.7).

Resultados y discusión

La aplicación de la NEC en la actualidad fue interpretada a partir de encuestas realizadas a personas que relacionadas a temas de constructivos.

De las mismas se encuestaron a 75 profesionales, 45 de estos son ingenieros civiles, 19 son arquitectos, 10 son estudiantes de carreras afines a la construcción y 1 se dedica a otros temas afines a la construcción. De este grupo de encuestados tres personas tienen más de 20 años de experiencia en el ámbito constructivo; ocho cuentan con 11 a 20 años de experiencia, dieciséis profesionales han dedicado de 5 a 10 años a la construcción y cuarenta y ocho han ejecutado sus labores constructivas menos de 5 años.

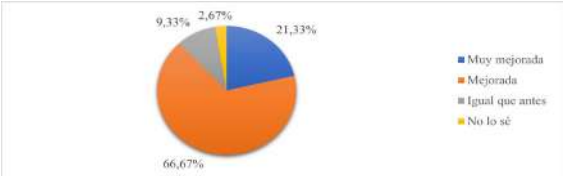
En cuanto al conocimiento que se tiene de la NEC; 12 personas presentan un conocimiento excelente, 27 personas tienen un buen conocimiento, 33 consideran que su entendimiento es aceptable y 3 se auto catalogan con conocimiento bajo.

En consecuencia 22 de los encuestados consideran que las construcciones en edificios se llevan a cabo por profesionales especialistas en toda su etapa, 49 consideran que en algunas de sus etapas y 4 personas no tenían conocimiento del tema.

Posterior al sismo ocurrido el 16 de abril del 2016, 16 encuestados consideran implementación de la NEC ha sido muy mejorada, 50 especifican que ha sido mejorada, un total de 7 personas Especifican que es igual que antes y 2 tienen conocimiento sobre el tema, tal como se lo denota en la figura 25.

Figura 25.

Implementación de la NEC posterior al sismo del 2016.

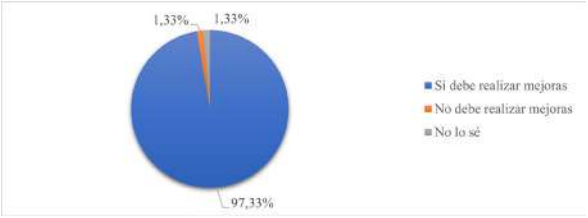


Nota. En la figura mostrada se especifica las consideraciones de los encuestados sobre la aplicación de la NEC en edificios posterior al sismo.

La respuesta con mayor énfasis porcentual es la actualización y mejoras que se deben aplicar a la NEC, en la figura 26 se detalla las consideraciones de los encuestados ante tal pregunta.

Figura 26.

Opinión sobre la realización de mejoras a la NEC.



Nota. En la figura mostrada se detalla las consideraciones de los encuestados sobre las posibles mejoras que debe presentar la Norma Ecuatoriana de la Construcción

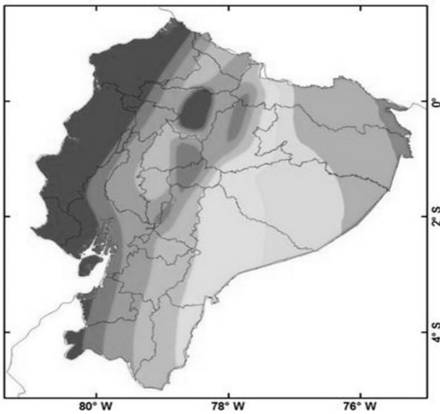
Fernández-Lavín y Chamorro-Zurita (2023), presentan sugerencias que se deben aplicar a la NEC, especialmente en el apartado de Geotécnica y Cimentaciones, donde se incluye el mejoramiento de suelos, estructuras de contención, la verificación de seguridad de las cimentaciones (superficiales o profundas) y las consideraciones sísmicas.

Los estudios geotécnicos han sido uno de los factores que mayor preocupación han generado al momento de construir un edificio, debido a la afectación que presentan al momento de existir un evento símico. Chunga & Pozo (2017), detallan que los edificios con mayores fallos de colapso en Bahía-Manabí se presentaron por el tipo de suelo (paleo-canles), donde las ondas sísmicas duraron más tiempo, es por esto necesario realizar estudios detallados para interpretar las condiciones geológicas de cada territorio, además de identificar los perfiles de suelos geotécnicos que detalla la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Otros de los puntos que influyen en la construcción de edificios son los capítulos destinados a peligrosidad sísmica, a partir del 2016, es el factor que ha tenido mayores mejoras, pero aún hay áreas que necesitan especial atención. Quinde Martínez y Reinoso Angulo (2016), realizaron estudios donde afirman que los datos de amenaza sísmica presentados en la NEC, con un periodo de retorno de 500 años, concuerda con lo sucedido en la provincia de Manabí por sus sismos con magnitud superiores a 7 M.W, de las últimas décadas, pero existen zonas que también presentan intensidades cercanas a 0.45g, como lo es la ciudad de Quito. Lo que conlleva a reflexionar que se tienen que ejecutar estudios sísmicos con mayores detalles en esta zona, tal como se lo distingue en la figura 27.

Figura 27.

Mapa de zonificación sísmica de Ecuador para un periodo de retorno de 500 años.



Nota. Zonas que deben considerarse con peligrosidad sísmica alta. Adaptado de Quinde Martínez y Reinoso Angulo (2016).

Si bien es cierto posterior al sismo del 16 abril del 2016 en Ecuador, existió una mayor aplicación de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción a mayor escala en los nuevos edificios y con mayor ímpetu en los primeros años del acontecimiento sísmico, en la actualidad aún existen la escasa implementación de algunos edificios e incluso se ejecutan técnicas constructivas que ya han sido reformadas.

Los factores que influyen en conllevar una buena técnica constructiva de edificios es implementar profesionales que tengan la preparación necesaria en cada una de sus etapas, los inconvenientes de mayor magnitud que existen en la construcción de edificios, es que generalmente algunos procesos constructivos que se ejecutan no son controlados por profesionales especializados y con preparación técnica en los distintos procedimientos constructivos, es decir en ocasiones, ingenieros o arquitectos especializados solo se los contrata para la realización de planos arquitectónicos y estructurales, a partir de estos algunos edificios se construyen con poca o ninguna supervisión técnica.

Conclusiones

El sismo del 16 de abril de 2016 evidenció que en algunos edificios de Ecuador no se aplicaban las normativas dirigidas a la construcción y que en ciertos casos no se contaba con profesionales adecuadamente capacitados. Esta situación subrayó la necesidad urgente de adherirse estrictamente a las regulaciones constructivas para asegurar la seguridad y la integridad estructural de las edificaciones. La implementación adecuada de las normativas es crucial para mitigar los riesgos asociados con eventos sísmicos futuros y garantizar la protección de las vidas y propiedades.

Las investigaciones concluyen que es esencial diseñar edificios con un factor de zona incrementado en ciertas áreas en comparación con lo estipulado por la NEC. Las zonas con mayor actividad sísmica requieren una atención especial en los códigos de construcción para asegurar una mayor resistencia y durabilidad. La adaptación de los factores de diseño a las características específicas de cada zona sísmica es crucial para mejorar la resiliencia de las edificaciones.

En la ejecución de proyectos constructivos algunos profesionales no aplican las actualizaciones de las normativas constructivas en sus diseños. Esto subraya la necesidad de una capacitación continua para ingenieros, arquitectos y constructores, asegurando que se adhieran a los parámetros de diseño más recientes y seguros. La formación continua es esencial para mantener la calidad y seguridad en la construcción de nuevas edificaciones.

Referencias Bibliográficas

Aguiar Falconí, R. (2017). Peligrosidad sísmica de la costa norte de Ecuador y el terremoto de Pedernales de 2016. Revista Geofísica, ISSN-e 2663-4015, ISSN 0252-9769, No. 67, 2017, Págs. 9-24, 67, 9–24. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9158650&info=resumen&idioma=ENG

Bazurto, I., Vega, R., Mieles, Y., & Alcívar, S. (2022). Estado actual de la calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo seis años después del terremoto del 16 de abril del 2016. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 27(2), 296–314. https://doi.org/10.24133/RIIE.V27I2.2882

Bravo, E. (2017). El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la Ecología Política del desastre. 26, 235–252. https://doi.org/10.17163/uni.n26.2017.10

Carvajal, D. D., Cordero, M. O., Fienco Sánchez, B., Carvajal, A. J., & Vinces, C. J. (2021). Introducción a las estructuras urbanas y rurales (Sinapsis). https://editorial.itsup.edu.ec/index.php/itsup/catalog/view/17/24/110-1

Carvajal, D., Ponce, F., Sornoza, D., Pincay, M., Quimis, A., & Miller, J. (2023). Elementos básicos de la investigación científica. In Editorial Internacional Runaiki (RUNAKI). https://www.runaiki.es/index.php/runaiki/article/view/83

Castañeda, A. E., & Mieles Bravo, Y. (2017). Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016. Revista Ingeniería de Construcción, 32(3), 157–172. https://doi.org/10.4067/S0718-50732017000300157

Chunga, K., Besenzon, D., & Mulas, M. (2016). Geología de Terremotos y Tsunami (ECUADOR) (IPGH). https://www.researchgate.net/publication/309478442

Chunga, K., & Pozo, C. (2017). Estudio de microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Esmeraldas según la norma ecuatoriana de la construcción 2015. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30181.65769

Fernández-Lavín, A., & Chamorro-Zurita, C. (2023). Propuesta de actualización de la norma ecuatoriana de la construcción: geotecnia y cimentaciones. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 28(1), 1–16. https://doi.org/10.24133/RIIE.V28I1.2964

Frau, C. D., Vielma, J. C., Zambrano, A. A., & Aguilar, R. (2024). Potencial destructivo generado por el terremoto de Ecuador del 16 de abril de 2016. Revista Geofísica, 70. https://doi.org/10.35424/rgf.i70.1076

Menéndez-Navarro, G. M., García-García, J. G., & Reyna-García, A. E. (2023). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo: Reflexiones del 16-A. Revista InGenio, 6(1), 73–86. https://doi.org/10.18779/ingenio.v6i1.565

Molerio León, L. F. (2018). Gestión de recursos hidráulicos bajo riesgo de terremotos en Ecuador: 1. Sismotectónica. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 39(3), 3–17. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015a). Estructuras de hormigón armado.https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015b). Geotécnia y cimentaciones. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015c). Peligro sísmico diseño sismo Resistente. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Olmedo-Cueva, J. P., & Haro, A. G. (2023). Fundamento normativo para la evaluación sísmica de edificaciones basada en resiliencia. Caso de estudio: edificio de mediana altura de concreto armado, reforzado después del sismo de Ecuador del 16 de abril de 2016. DYNA, 90(229), 159–169. https://doi.org/10.15446/dyna.v90n229.109648

Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca. Ingeniería Sísmica, 94, 1–26. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es.

Vásquez Unda, M. F. (2019). Análisis investigativo del cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en la industria de la construcción del Distrito Metropolitano de Quito [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional]. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20037

Vega Martínez, A. B., Giler Muentes, Y. B., & Mieles Bravo, Y. (2022). Short column as a cause of structural damage due to the earthquake of April 16, 2016 and current status of this pathology. Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies, 3(2), 432–441. https://doi.org/10.51798/SIJIS.V3I2.348

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 10

Impacto de las Tecnologías Emergentes en la Gestión de Infraestructuras Urbanas

AUTORES: Julio Johnny Regalado Jalca; Deyvi Jackson Romero Jiménez;
Alex Vicente Quimiz Tumbaco

SABER**EC 5.0**

Impacto de las Tecnologías Emergentes en la Gestión de Infraestructuras Urbanas

Impact of Emerging Technologies on the Management of Urban Infrastructures

Resumen

La gestión de infraestructuras urbanas ha sido profundamente transformada por la incorporación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de grandes datos. Estas tecnologías han facilitado la recolección y análisis de datos en tiempo real, lo que permite una toma de decisiones más precisa y eficiente, optimizando así el uso de los recursos urbanos. Este estudio tiene como objetivo analizar el impacto de dichas tecnologías en la gestión de infraestructuras, a través de una revisión sistemática de la literatura. Para ello, se revisaron bases de datos académicas como IEEE Xplore, ScienceDirect y SpringerLink, seleccionando 20 artículos relevantes publicados en los últimos siete años. Los resultados muestran que herramientas y plataformas como IBM Maximo, Cityworks y Esri ArcGIS mejoran notablemente la eficiencia operativa mediante la integración de sensores y el análisis de datos en tiempo real. Además, los estudios de caso en ciudades como Barcelona, Singapur y Ámsterdam demuestran reducciones significativas en la congestión vehicular, mejoras en la eficiencia energética y una gestión más eficaz de los recursos. Sin embargo, se identificaron desafíos importantes, tales como la ciberseguridad, la protección de datos y la interoperabilidad entre sistemas, que deben ser abordados para maximizar los beneficios de las infraestructuras inteligentes. El estudio concluye que, aunque las tecnologías emergentes ofrecen grandes oportunidades para el desarrollo urbano sostenible, es fundamental desarrollar marcos normativos que promuevan la interoperabilidad y fortalezcan la seguridad de los sistemas.

Palabras clave: infraestructura inteligente, gestión urbana, tecnologías emergentes, análisis de datos, sostenibilidad.

Abstract

Urban infrastructure management has been profoundly transformed by the incorporation of emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and big data analytics. These technologies have facilitated real-time data collection and analysis, enabling more precise and efficient decision-making, thus optimizing the use of urban resources. This study aims to analyze the impact of these technologies on infrastructure management through a systematic literature review. To this end, academic databases such as IEEE Xplore, ScienceDirect, and SpringerLink were reviewed, selecting 20

relevant articles published in the last seven years. The results show that tools and platforms such as IBM Maximo, Cityworks, and Esri ArcGIS significantly improve operational efficiency through the integration of sensors and real-time data analysis. Additionally, case studies in cities like Barcelona, Singapore, and Amsterdam demonstrate significant reductions in traffic congestion, improvements in energy efficiency, and more effective resource management. However, important challenges such as cybersecurity, data protection, and system interoperability were identified, which need to be addressed to maximize the benefits of smart infrastructures. The study concludes that while emerging technologies offer great opportunities for sustainable urban development, it is essential to develop regulatory frameworks that promote interoperability and strengthen system security.

Keywords: smart infrastructure, urban management, emerging technologies, data analysis, sustainability.

Introducción

La gestión de infraestructuras urbanas ha experimentado una transformación significativa en los últimos años, impulsada por la incorporación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de grandes datos. Estas tecnologías permiten la recolección y análisis de información en tiempo real, lo que facilita una toma de decisiones más precisa y la optimización de los recursos disponibles en las ciudades. Por ejemplo, los sistemas de transporte inteligentes no solo han reducido la congestión vehicular y las emisiones, sino que también han mejorado la eficiencia energética, generando ciudades más sostenibles y resilientes (Brega & Erokhina, 2022). No obstante, la adopción de estas tecnologías plantea desafíos importantes en términos de ciberseguridad, privacidad y equidad, los cuales deben abordarse para garantizar una implementación exitosa y segura (Allam & Dhunny, 2019; Meijer & Thaens, 2018).

En este contexto, el concepto de ciudades inteligentes ha surgido como una respuesta a los desafíos contemporáneos derivados de la rápida urbanización, el cambio climático y la creciente presión sobre los servicios urbanos. Las ciudades inteligentes integran infraestructuras digitales que permiten una mejor coordinación y gestión de los recursos públicos, contribuyendo al bienestar de los ciudadanos y a la sostenibilidad ambiental (Yu et al., 2021).

Sin embargo, la complejidad de estas infraestructuras también exige que los gobiernos locales y las empresas tecnológicas trabajen en conjunto para superar las limitaciones técnicas y operativas, garantizando que estas solucio-

nes sean accesibles y efectivas para todos los ciudadanos. Este estudio analiza el impacto de las tecnologías emergentes en la gestión de infraestructuras urbanas a través de una revisión sistemática de la literatura, enfocándose en los desafíos y oportunidades que estas tecnologías presentan para mejorar la calidad de vida en las ciudades modernas (Lemeš, 2021). La infraestructura verde y azul (BGI, por sus siglas en inglés) se presenta como una solución emergente para el desarrollo urbano sostenible. La BGI integra elementos naturales como parques, ríos y lagos en el diseño urbano, lo que no solo mejora la calidad ambiental, sino que también promueve la salud y el bienestar de los ciudadanos. La implementación de BGI requiere una planificación cuidadosa y una evaluación rigurosa de las tecnologías disponibles para garantizar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo (Freshwater et al., 2019; Maia et al., 2015).

En Ecuador, la implementación de ciudades inteligentes ha cobrado impulso en los últimos años, impulsada por una significativa inversión en recursos tecnológicos. Este enfoque busca integrar ideas innovadoras y eficientes para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la gestión urbana. Según un estudio, la implementación de teletrabajo en las principales ciudades del país podría mejorar la movilidad y, por ende, la calidad de vida de la población (Tintin et al., 2015). Además, se ha desarrollado un modelo de ciudad inteligente para Ecuador que destaca la importancia del acceso a las TIC, el capital humano, la infraestructura y las condiciones ambientales como factores determinantes para lograr un alto rendimiento en las ciudades inteligentes. Estos avances reflejan un compromiso con la modernización y la sostenibilidad urbana (Navas & Tintin, 2021). Por otro lado, la transición hacia ciudades cognitivas en Ecuador enfrenta desafíos significativos, especialmente en la recolección y uso de datos. A pesar de estas dificultades, se han identificado diversas fuentes de datos disponibles, como portales de datos abiertos y redes sociales, que pueden ser aprovechadas para la toma de decisiones informadas (Martínez-Mosquera et al., 2023).

La investigación en gestión de infraestructuras urbanas explora nuevas innovaciones tecnológicas que puedan mejorar los procesos operativos de manera ágil y eficiente, reduciendo costos y adaptándose a las particularidades de cada región o ciudad para implementar un desarrollo sostenible y competitivo hacia un nuevo futuro de ciudades inteligentes (Gagan Deep, 2023). analizar el impacto de las tecnologías emergentes en la gestión de infraestructuras urbanas, centrándose en metodologías contemporáneas e innovaciones tecnológicas. La ciberseguridad en las ciudades inteligentes es escencial, ya

que la proliferación de dispositivos interconectados presenta una red compleja de vulnerabilidades que las ciberamenazas pueden explotar (Islam Ahmad Ibrahim Ahmad et al., 2024; Kalenyuk et al., 2023). La gestión segura de estos sistemas es esencial para garantizar la integridad y seguridad de las infraestructuras urbanas.

Materiales y métodos

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque de revisión sistemática de la literatura académica relacionada con la gestión de infraestructuras urbanas y el uso de tecnologías emergentes. El objetivo principal fue identificar y analizar artículos científicos que proporcionaran evidencia clara sobre la adopción de tecnologías como el IoT, la inteligencia artificial y el análisis de grandes datos en la optimización de las infraestructuras urbanas. La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos académicas ampliamente reconocidas, incluyendo IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. Se utilizaron términos de búsqueda como "infraestructura inteligente", "ciudades inteligentes", "Internet de las Cosas", "Big Data", "inteligencia artificial" y "gestión urbana". Para garantizar la relevancia de la información obtenida, se aplicaron filtros para restringir los resultados a publicaciones en inglés y español, y que hubieran sido publicadas en los últimos siete años.

Inicialmente, se identificaron 40 artículos potencialmente elegibles a través de los resultados de búsqueda. La selección de los artículos se llevó a cabo en base a los resúmenes y títulos, priorizando aquellos que respondieran directamente al objetivo del estudio. Durante este proceso, si surgían discrepancias en la evaluación de la relevancia de algún artículo, se alcanzó un consenso entre los investigadores, y en caso de ser necesario, se consultó a un tercer participante para resolver las diferencias. Una vez finalizada esta etapa, se procedió al análisis completo de los 40 artículos para aplicar criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión fueron, principalmente, estudios que presentaran casos prácticos de implementación de tecnologías emergentes en infraestructuras urbanas, y artículos que ofrecieran datos cuantitativos o cualitativos sobre el impacto en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la resiliencia urbana. Finalmente, se seleccionaron 20 artículos para el análisis crítico, descartándose aquellos que no aportaban suficiente evidencia empírica o que no abordaban directamente el uso de tecnologías emergentes en el contexto urbano.

Los estudios seleccionados se organizaron y categorizaron en función de las tecnologías emergentes discutidas, los desafíos y oportunidades identifi-

cados, y los estudios de caso presentados. Se prestó especial atención a los artículos que incluían estudios de caso en ciudades como Barcelona, Ámsterdam, Singapur y Copenhague, para evaluar el impacto real de las tecnologías en la mejora de la gestión de infraestructuras. Además, se utilizó un enfoque comparativo para identificar patrones comunes y evaluar la aplicabilidad de estas tecnologías en diversos contextos urbanos.

Resultados y discusión

A partir de la revisión sistemática realizada, se han identificado diversas aplicaciones de las tecnologías emergentes que están transformando la gestión de infraestructuras urbanas. De los 20 estudios seleccionados, la mayoría destaca la importancia del IoT, la inteligencia artificial y el análisis de grandes volúmenes de datos como elementos fundamentales para mejorar la supervisión de infraestructuras. Estas tecnologías permiten la recopilación de datos en tiempo real, facilitando una toma de decisiones más informada y optimizando el uso de recursos urbanos. Un claro ejemplo de ello es la implementación de sistemas de transporte inteligentes, que en ciudades como Singapur han reducido notablemente la congestión vehicular, contribuyendo a una mayor sostenibilidad. Asimismo, en Ámsterdam, el uso de tecnologías avanzadas ha mejorado la eficiencia energética, lo que refleja un impacto positivo tanto en términos operativos como medioambientales.

No obstante, los estudios también resaltan desafíos que deben ser abordados para maximizar los beneficios de estas tecnologías. Entre los principales retos identificados se encuentran la protección de datos y la interoperabilidad entre los distintos sistemas tecnológicos, factores que aún representan obstáculos importantes para una implementación eficiente. La integración de múltiples dispositivos y plataformas puede generar vulnerabilidades en cuanto a la ciberseguridad, lo que subraya la necesidad de desarrollar normativas y políticas de protección de datos más robustas. Adicionalmente, la falta de estándares comunes entre tecnologías dificulta la colaboración entre diferentes actores involucrados, lo que pone en evidencia la urgencia de crear marcos regulatorios que promuevan la interoperabilidad. A pesar de estos desafíos, los casos de éxito, como el proyecto de contenedores inteligentes en Barcelona, que logró reducir los costos de recolección de basura en un 20%, muestran que la adopción de infraestructuras inteligentes es viable y ofrece claros beneficios cuando se planifica y ejecuta de manera adecuada.

Integración de Tecnologías Emergentes

La incorporación de tecnologías emergentes como el IoT, la inteligencia artificial y el análisis de grandes datos ha facilitado una supervisión más precisa y eficiente de las infraestructuras urbanas. Estas tecnologías permiten recopilar datos en tiempo real, lo que mejora la toma de decisiones y optimiza la gestión de los recursos urbanos (Brega & Erokhina, 2022). La implementación de sistemas de transporte inteligentes, por ejemplo, ha demostrado una reducción significativa en la congestión y las emisiones, contribuyendo a una mayor sostenibilidad urbana. El análisis de grandes datos y la inteligencia artificial también han sido fundamentales para mejorar la eficiencia energética y la gestión de servicios públicos. Las redes eléctricas inteligentes, que integran sensores y algoritmos avanzados, permiten una distribución más eficiente de la energía y una respuesta rápida a las fluctuaciones en la demanda (Allam & Dhunny, 2019). Estos sistemas no solo optimizan el uso de recursos, sino que también mejoran la resiliencia de las infraestructuras urbanas frente a eventos inesperados.

Herramientas y Plataformas de Gestión

El uso de herramientas y plataformas avanzadas como IBM Maximo, Cityworks y Esri ArcGIS ha revolucionado la gestión de infraestructuras urbanas. Estas plataformas permiten integrar datos de múltiples fuentes, ofreciendo una visión integral y detallada de las infraestructuras. IBM Maximo, por ejemplo, es ampliamente utilizado para el mantenimiento predictivo y la gestión de activos, lo que reduce los costos operativos y prolonga la vida útil de las infraestructuras (Yu et al., 2021). Cityworks y Esri ArcGIS se centran en la gestión geoespacial y el análisis de datos en tiempo real. Estas plataformas permiten a los administradores urbanos visualizar y analizar datos de infraestructura de manera efectiva, facilitando la planificación y la toma de decisiones. La integración de tecnologías geoespaciales con datos en tiempo real permite una respuesta más rápida a los problemas y una gestión más eficiente de los recursos (Lemeš, 2021).

Desafíos en la Implementación

A pesar de los beneficios, la implementación de infraestructuras inteligentes presenta varios desafíos. La ciberseguridad es uno de los principales obstáculos, ya que la integración de dispositivos conectados aumenta la vulnerabilidad a ataques cibernéticos. La protección de datos y la seguridad de la información son fundamentales para garantizar la integridad de los sistemas y la confianza de los usuarios. La interoperabilidad entre diferentes sistemas y

tecnologías también es un reto significativo. La falta de estándares comunes puede dificultar la integración de nuevas tecnologías y la colaboración entre diferentes actores. Es esencial desarrollar normas y políticas que faciliten la interoperabilidad y la colaboración efectiva (Brega & Erokhina, 2022).

Estudios de Caso

1. Barcelona, España: La ciudad ha implementado una red de sensores y tecnologías IoT para mejorar la gestión de residuos, la eficiencia energética y la movilidad urbana. La implementación de contenedores inteligentes ha reducido los costos de recolección de basura en un 20% (Stolfi et al., 2016).
2. Amsterdam, Países Bajos: Con su proyecto "Amsterdam Smart City", la ciudad ha desarrollado una plataforma colaborativa que integra datos de transporte, energía y medio ambiente para mejorar la sostenibilidad urbana. Este enfoque ha permitido reducir el consumo de energía en un 10% en áreas piloto (Talamo et al., 2019).
3. Singapur: La iniciativa "Smart Nation" de Singapur utiliza tecnologías avanzadas para mejorar la movilidad, la vivienda y los servicios públicos. La implementación de semáforos inteligentes ha reducido el tiempo de espera en los cruces en un 18%, mejorando significativamente la fluidez del tráfico (Din Dar et al., 2021).
4. Copenhague, Dinamarca: La ciudad ha adoptado una plataforma de gestión de datos que integra información de transporte, energía y clima. Esto ha permitido una mejor planificación urbana y una reducción del 15% en las emisiones de CO2 desde su implementación (Lemeš, 2021).
5. San Francisco, Estados Unidos: La ciudad ha implementado una red de sensores para monitorear la calidad del aire y gestionar el tráfico en tiempo real. Los datos recopilados se utilizan para ajustar las políticas de tráfico y mejorar la calidad del aire en áreas afectadas (Yu et al., 2021).
6. En la ciudad de Cuenca, Ecuador, se ha propuesto un escenario para un sistema de energía 100% renovable para el año 2050, lo que implica un cambio en la matriz productiva del país y la implementación de nuevas fuentes de energía renovable. Además, en Quito, se ha probado un concepto basado en paneles LED iigentes para guiar a los conductores y reducir la congestión del tráfico, mejorando así

los tiempos de viaje y disminuyendo las emisiones de gases. Estos esfuerzos demuestran el potencial de las ciudades inteligentes para transformar la vida urbana en Ecuador (Icaza et al., 2021).

7. Londres, Reino Unido: La ciudad ha adoptado tecnologías de análisis de datos y sensores para mejorar la gestión del tráfico y la seguridad pública. Esto ha resultado en una reducción del 12% en los tiempos de viaje y una disminución en los incidentes de seguridad (Barns et al., 2017).
8. Seúl, Corea del Sur: La ciudad ha implementado una plataforma de datos abiertos que permite a los ciudadanos ntelacceder a información en tiempo real sobre transporte, energía y servicios públicos. Esta transparencia ha mejorado la participación ciudadana y la eficiencia en la gestión urbana (Lemeš, 2021).
9. Dubai, Emiratos Árabes Unidos: La iniciativa "Smart Dubai" integra tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los servicios urbanos. La implementación de tecnologías inteligentes en la gestión del agua ha resultado en una reducción del 30% en el consumo de agua (Engin et al., 2020).
10. Toronto, Canadá: El proyecto "Quayside" de Toronto utiliza tecnologías avanzadas para desarrollar un vecindario inteligente y sostenible. La integración de sensores y análisis de datos ha permitido una mejor gestión de la energía y el medio ambiente, mejorando la calidad de vida de los residentes (Brega & Erokhina, 2022).

Conclusiones

La revisión sistemática de la literatura y los estudios de caso sobre la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de infraestructuras urbanas demuestra que dichas tecnologías están transformando significativamente la forma en que las ciudades optimizan sus recursos y mejoran la calidad de vida de sus habitantes. El Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y el análisis de grandes volúmenes de datos han permitido avances notables en la eficiencia energética, la gestión de servicios públicos y la reducción de la congestión vehicular. Casos como los de Singapur, Ámsterdam y Barcelona evidencian cómo la adopción de estas tecnologías ha contribuido a un desarrollo urbano más sostenible. Sin embargo, la investigación también resalta que existen desafíos importantes, tales como la ciberseguridad,

la protección de datos y la interoperabilidad entre sistemas. Estos aspectos deben ser abordados con urgencia para garantizar que las ciudades inteligentes puedan operar de manera segura y eficiente, minimizando los riesgos inherentes a la interconexión de múltiples dispositivos y plataformas.

En este contexto, es fundamental que los gobiernos, las empresas tecnológicas y los ciudadanos trabajen conjuntamente para desarrollar marcos regulatorios que promuevan la interoperabilidad, fortalezcan la ciberseguridad y faciliten la implementación de tecnologías emergentes de forma equitativa. Los casos exitosos analizados en este estudio, como el uso de contenedores inteligentes en Barcelona y los sistemas de gestión de tráfico en Londres, demuestran que, con una planificación adecuada y un enfoque colaborativo, es posible superar los retos operativos y éticos, aprovechando al máximo el potencial de las infraestructuras inteligentes. De cara al futuro, será esencial continuar investigando y desarrollando nuevas soluciones tecnológicas que no solo mejoren la gestión urbana, sino que también respondan a las necesidades cambiantes de las ciudades en crecimiento.

Referencias Bibliográficas

Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. Cities, 89, 80–91. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032

Barns, S., Cosgrave, E., Acuto, M., & Mcneill, D. (2017). Digital Infrastructures and Urban Governance. Urban Policy and Research, 35(1), 20–31. https://doi.org/10.1080/08111146.2016.1235032

Brega, A. V., & Erokhina, O. V. (2022). Smart City Transport Technologies: Infrastructure of the Future. 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 1–5. https://doi.org/10.1109/IEEECONF53456.2022.9744352

Din Dar, M. U., Shah, A. I., Bhat, S. A., Kumar, R., Huisingh, D., & Kaur, R. (2021). RETRACTED: Blue Green infrastructure as a tool for sustainable urban development. Journal of Cleaner Production, 318, 128474. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128474

Engin, Z., van Dijk, J., Lan, T., Longley, P. A., Treleaven, P., Batty, M., & Penn, A. (2020). Data-driven urban management: Mapping the landscape. Journal of Urban Management, 9(2), 140–150. https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.12.001

Freshwater, D., Garcilazo, E., Latto, J., Pace, J., Simms, A., Ward, J., & Wojan, T. (2019). Business development and the growth of rural SMEs. https://doi.org/10.1787/20737009

Gagan Deep. (2023). The impact of technology on Urban infrastructure. International Journal of Science and Research Archive, 10(2), 664–668. https://doi.org/10.30574/ijsra.2023.10.2.0995

Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. (2021). Proposal of 100% renewable energy production for the City of Cuenca- Ecuador by 2050. Renewable Energy, 170, 1324–1341. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.067

Islam Ahmad Ibrahim Ahmad, Anthony Chigozie Anyanwu, Shedrack Onwusinkwue, Samuel Onimisi Dawodu, Onyinyechi Vivian Akagha, & Emuesiri Ejairu. (2024). Cybersecurity challenges in smart cities: a case review of african metropolises. Computer Science & IT Research Journal, 5(2), 254–269. https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i2.756

Kalenyuk, I., Bohun, M., & Djakona, V. (2023). Investing in intelligent smart city TECHNOLOGIES. Baltic Journal of Economic Studies, 9(3), 41–48. https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-3-41-48

Lemeš, S. (2021). Information Technology Solutions and Challenges for Healthy Urban Environment (pp. 653–662). https://doi.org/10.1007/978-3-030-75275-0_72

Maia, S. C., Teicher, H., & Meyboom, A. (2015). Infrastructure as social catalyst: Electric vehicle station planning and deployment. Technological Forecasting and Social Change, 100, 53–65. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.020

Martinez-Mosquera, D., Recalde, L., & Tipantuna, C. (2023). Building Cognitive Cities in Developing Countries: Ecuador Case Study. 2023 Ninth International Conference on EDemocracy & EGovernment (ICEDEG), 1–6. https://doi.org/10.1109/ICEDEG58167.2023.10121914

Meijer, A., & Thaens, M. (2018). Urban Technological Innovation: Developing and Testing a Sociotechnical Framework for Studying Smart City Projects. Urban Affairs Review, 54(2), 363–387. https://doi.org/10.1177/1078087416670274

Navas, A., & Tintin, R. (2021). Smart City Model Analysis Using Fuzzy-set QCA: Evidence from Ecuador. 2021 Eighth International Conference on EDemocracy & EGovernment (ICEDEG), 118–123. https://doi.org/10.1109/ICEDEG52154.2021.9530903

Stolfi, D. H., Armas, R., Alba, E., Aguirre, H., & Tanaka, K. (2016). Fine Tuning of Traffic in our Cities with Smart Panels. Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference 2016, 1013–1019. https://doi.org/10.1145/2908812.2908868

Talamo, C., Pinto, M. R., Viola, S., & Atta, N. (2019). Smart cities and enabling technologies: influences on urban Facility Management services. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 296(1), 012047. https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012047

Tintin, R. A., Vela, M., Anzules, V., & Escobar, V. (2015). Smart cities and telecommuting in Ecuador. 2015 Second International Conference on EDemocracy & EGovernment (ICEDEG), 49–53. https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2015.7114462

Yu, G., Hu, M., Dai, Z., Ding, W., Chang, Y., Wang, Y., & Li, Z. (2021). Smart City Service (pp. 228–256). https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5024-3.ch011

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 11

Revisión del Estado del Arte en Impacto del Cambio Climático en las Infraestructuras Civiles

AUTORES: Martha Johana Álvarez Álvarez; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza; Julio Johnny Regalado Jalca

SABER**EC 5.0**

Revisión del Estado del Arte en Impacto del Cambio Climático en las Infraestructuras Civiles

State of the Art Review on the Impact of Climate Change on Civil Infrastructures

Resumen

El presente estudio revisa el impacto del cambio climático en las infraestructuras civiles, enfocándose en cómo fenómenos como el aumento de las temperaturas, las lluvias intensas y la elevación del nivel del mar afectan su funcionalidad y durabilidad a largo plazo. El objetivo de esta ponencia es examinar los principales impactos que el cambio climático está teniendo sobre las infraestructuras civiles, prestando especial atención a cómo el incremento de las temperaturas, las lluvias torrenciales y el ascenso del nivel del mar están afectando la resistencia de los materiales y el rendimiento de los sistemas de drenaje. La metodología utilizada consistió en una revisión bibliográfica de estudios publicados en los últimos diez años en bases de datos académicas como IEEE Xplore, ScienceDirect y SpringerLink. Se analizaron un total de 35 artículos, de los cuales se seleccionaron 21 para el análisis profundo. Los resultados revelaron que las altas temperaturas aceleran la degradación de materiales como el asfalto y el concreto, mientras que las precipitaciones intensas sobrecargan los sistemas de drenaje urbano, ocasionando daños estructurales significativos. Asimismo, se constató que el incremento en el nivel del mar agrava la vulnerabilidad de las infraestructuras costeras. En conclusión, el estudio subraya la necesidad de utilizar materiales más resistentes, diseñar infraestructuras adaptativas y aplicar tecnologías innovadoras para mejorar la resiliencia y reducir los costos de mantenimiento. Además, se destaca la importancia de la colaboración intersectorial y la investigación continua para garantizar infraestructuras más seguras y sostenibles frente a los efectos del cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, infraestructuras civiles, resiliencia, materiales de construcción, adaptación climática.

Abstract

This study reviews the impact of climate change on civil infrastructures, focusing on how phenomena such as rising temperatures, heavy rains and sea level rise affect their functionality and long-term durability. The objective of this paper is to examine the main impacts that climate change is having on civil infrastructures, paying special attention to how increasing temperatures, heavy rains and sea level rise are affecting the strength of materials and the performance of drainage systems. The methodology used consisted of a literature

review of studies published in the last ten years in academic databases such as IEEE Xplore, ScienceDirect and SpringerLink. A total of 35 articles were analyzed, of which 21 were selected for in-depth analysis. The results revealed that high temperatures accelerate the degradation of materials such as asphalt and concrete, while heavy rainfall overloads urban drainage systems, causing significant structural damage. It was also found that rising sea levels aggravate the vulnerability of coastal infrastructure. In conclusion, the study highlights the need to use more resistant materials, design adaptive infrastructure and apply innovative technologies to improve resilience and reduce maintenance costs. It also highlights the importance of cross-sectoral collaboration and continued research to ensure safer and more sustainable infrastructures in the face of climate change impacts.

Keywords: climate change, civil infrastructures, resilience, construction materials, climate adaptation.

Introducción

El cambio climático está generando desafíos significativos para las infraestructuras civiles, debido al incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos como olas de calor, lluvias torrenciales y el ascenso del nivel del mar. Las infraestructuras, diseñadas bajo supuestos climáticos más estables, están ahora en riesgo de sufrir un deterioro acelerado y mayores costos de mantenimiento debido a estas nuevas condiciones climáticas. Diversos estudios han señalado que el cambio en los patrones climáticos afecta tanto la durabilidad de los materiales de construcción como el rendimiento de los sistemas de drenaje y otras infraestructuras esenciales para el funcionamiento urbano (Kalogeraki & Antoniou, 2022; Neumann et al., 2015).

Uno de los principales efectos del cambio climático en las infraestructuras civiles es el aumento de la vulnerabilidad debido a fenómenos meteorológicos extremos. Las variaciones en la temperatura, las precipitaciones y el nivel del mar pueden afectar la durabilidad y el rendimiento de las infraestructuras existentes. Por ejemplo, se ha observado que el aumento del nivel del mar y las tormentas costeras incrementan la vulnerabilidad de las propiedades costeras y los sistemas de drenaje urbano (Neumann et al., 2015). Además, las altas temperaturas y las precipitaciones intensas pueden causar daños significativos en las carreteras y puentes, afectando su funcionalidad y seguridad (Abreu et al., 2022; Nasr et al., 2020).

La planificación y adaptación de las infraestructuras civiles en el contexto del cambio climático requieren una consideración de aspectos económicos, sociales y ambientales. El enfoque del triple resultado (TBL por sus siglas en inglés) se ha propuesto como un marco para priorizar las inversiones en infraestructuras, teniendo en cuenta estos tres pilares de la sostenibilidad. Este marco permite una planificación más efectiva y beneficios a largo plazo para las comunidades y economías (Schweikert et al., 2018). Además, la implementación de medidas de adaptación puede reducir significativamente los impactos económicos y mejorar la resiliencia de las infraestructuras (Neumann et al., 2015).

El fenómeno de la migración inducida por el cambio climático también está alterando las necesidades regionales de infraestructuras resilientes. A medida que las personas se trasladan a áreas con menor riesgo percibido, se incrementa la demanda de infraestructuras en estas regiones. La inversión proactiva en infraestructuras civiles en áreas que se espera que reciban migración climática puede facilitar la resiliencia y sostenibilidad, asegurando infraestructuras seguras y equitativas (Maxim & Grubert, 2021).

Es esencial continuar investigando y desarrollando estrategias para mitigar los efectos del cambio climático en las infraestructuras civiles. La integración de los impactos del cambio climático en las evaluaciones del ciclo de vida de las infraestructuras, así como la identificación de riesgos específicos y la implementación de técnicas de adaptación, son pasos necesarios para garantizar la funcionalidad y seguridad de las infraestructuras a largo plazo (Guest et al., 2019; Nasr et al., 2019). La colaboración entre investigadores, gobiernos y comunidades es fundamental para enfrentar estos desafíos y proteger las infraestructuras civiles frente a los efectos del cambio climático.

El objetivo de esta ponencia es examinar los principales impactos que el cambio climático está teniendo sobre las infraestructuras civiles, prestando especial atención a cómo el incremento de las temperaturas, las lluvias torrenciales y el ascenso del nivel del mar están afectando la resistencia de los materiales y el rendimiento de los sistemas de drenaje. Además, se exploran las medidas de adaptación y mitigación que han sido implementadas para fortalecer la capacidad de las infraestructuras de enfrentar estos fenómenos climáticos y, a su vez, reducir los gastos asociados a su mantenimiento y reparación.

Materiales y métodos

Para desarrollar esta ponencia se realizó una revisión del estado del arte utilizando fuentes académicas ampliamente reconocidas, tales como IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. La revisión abarcó investigaciones publicadas en la última década, con un enfoque particular en artículos de revistas científicas, actas de conferencias, informes técnicos y libros especializados en infraestructuras civiles y cambio climático. Los términos de búsqueda empleados incluyeron “infraestructuras civiles”, “cambio climático”, “resiliencia”, “materiales de construcción” y “adaptación climática”, con el objetivo de abarcar una perspectiva amplia de los impactos climáticos sobre las infraestructuras y las estrategias para su adaptación y mitigación.

Inicialmente, se identificaron 35 estudios potencialmente relevantes tras una revisión exhaustiva de los resultados. La selección final de artículos se realizó evaluando los resúmenes y, en algunos casos, el texto completo para determinar su pertinencia en relación con el tema central de esta investigación. En caso de divergencia en la evaluación de algún estudio, se discutió entre los investigadores involucrados, y si persistían dudas, se consultó a un tercer evaluador para llegar a un consenso. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 21 estudios para un análisis más profundo. Los estudios descartados no aportaban suficientes datos empíricos o no se alineaban completamente con el enfoque del análisis. Finalmente, los artículos elegidos se organizaron en función de los efectos del cambio climático que abordaban, las metodologías de adaptación propuestas y los estudios de caso que ilustraban las estrategias implementadas.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan y analizan los hallazgos obtenidos a partir de la revisión de la literatura sobre los impactos del cambio climático en infraestructuras civiles. Los resultados evidencian que las infraestructuras están siendo afectadas por diversos fenómenos climáticos, tales como el aumento de las temperaturas, las precipitaciones extremas y la elevación del nivel del mar. A continuación, se discuten los principales efectos de estos fenómenos y las estrategias de mitigación que se han implementado en distintas regiones para hacer frente a estos desafíos, destacando tanto las limitaciones como los logros alcanzados en cada caso.

Efectos del Cambio Climático en Infraestructuras Civiles

El análisis de la literatura muestra que el cambio climático tiene impactos variados y profundos en las infraestructuras civiles. Estos efectos se manifies-

tan a través de fenómenos climáticos extremos como el aumento de temperaturas, precipitaciones intensas y la elevación del nivel del mar. Estos factores no solo deterioran las infraestructuras existentes, sino que también comprometen la planificación futura de nuevos proyectos.

Aumento de Temperaturas

El incremento en las temperaturas globales tiene un impacto directo en la durabilidad de los materiales de construcción. Un estudio de Guest et al. (2019) muestra que las temperaturas extremas pueden reducir la vida útil de los materiales de pavimentación, como el asfalto, en un 15-20 % en regiones afectadas por olas de calor prolongadas. Esta degradación se debe principalmente a la expansión térmica que genera fisuras y grietas, especialmente en carreteras y puentes.

Precipitaciones Intensas

Nasr et al. (2020), indican que las lluvias intensas sobrecargan los sistemas de drenaje urbano, resultando en frecuentes inundaciones. Ciudades como Londres han adoptado estrategias de mitigación, como la construcción de barreras de protección y sistemas de drenaje avanzados. Sin embargo, los costos de mantenimiento continúan siendo elevados, lo que sugiere la necesidad de explorar tecnologías más sostenibles y menos costosas a largo plazo.

Elevación del Nivel del Mar

El ascenso del nivel del mar es uno de los mayores retos para las infraestructuras costeras. En Miami, la implementación de sistemas de bombeo ha reducido temporalmente las inundaciones, pero su sostenibilidad a largo plazo está en duda debido a los crecientes costos de mantenimiento y la falta de soluciones permanentes (Neumann et al., 2015).

Adaptación y Mitigación de los Impactos

La investigación indica que las estrategias de adaptación y mitigación son esenciales para contrarrestar los efectos del cambio climático en infraestructuras civiles. Estas estrategias incluyen el uso de materiales resilientes, el diseño de infraestructuras adaptativas y la implementación de nuevas tecnologías para mejorar la resiliencia y reducir los costos de mantenimiento.

Uso de Materiales Resilientes

El uso de materiales más resistentes a las condiciones climáticas extremas es una de las estrategias más efectivas. Materiales como el concreto de alto rendimiento y los polímeros avanzados ofrecen una mayor durabilidad

frente a la expansión térmica y la corrosión. Guest et al. (2019), sugieren que el uso de estos materiales en la construcción de carreteras y puentes puede extender significativamente su vida útil y reducir la frecuencia de reparaciones. Además, el uso de materiales reciclados y sostenibles no solo mejora la resiliencia de las infraestructuras, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental.

Diseño de Infraestructuras Adaptativas

El diseño adaptativo de infraestructuras permite que las estructuras respondan mejor a las condiciones cambiantes del clima. Por ejemplo, los sistemas de drenaje ajustables pueden manejar mejor las variaciones en las precipitaciones, evitando inundaciones y reduciendo la presión sobre los sistemas urbanos. Kalogeraki y Antoniou (2022) mencionan que el diseño de puentes y carreteras elevadas puede mitigar los riesgos asociados con la elevación del nivel del mar y las inundaciones costeras. Estudios de caso en países como los Países Bajos, conocidos por su gestión avanzada del agua, demuestran la eficacia de estas estrategias adaptativas.

Implementación de Nuevas Tecnologías

11. La incorporación de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial en la gestión de infraestructuras ofrece soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos climáticos. Estas tecnologías permiten una supervisión y mantenimiento más precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informada. Maxim y Grubert (2021) indican que el uso de sensores inteligentes en puentes y carreteras puede detectar y comunicar daños estructurales antes de que se conviertan en problemas mayores, permitiendo intervenciones preventivas y reduciendo los costos a largo plazo.

Estudios de Caso

El cambio climático es un fenómeno global que está teniendo un impacto significativo en diversas áreas, incluyendo las infraestructuras civiles. Este conjunto de estudios de caso explora cómo el cambio climático afecta a diferentes tipos de infraestructuras y las medidas de adaptación necesarias para mitigar estos efectos.

1. **Tendencias actuales de investigación sobre el efecto del cambio climático en infraestructuras de ingeniería civil: Una revisión bibliométrica**

El cambio climático y la industria de la construcción están estrechamente relacionados. Por un lado, la industria de la construcción es una de las principales emisoras de carbono; por otro, es también una de las más vulnerables a las condiciones climáticas extremas. Este estudio realiza una revisión bibliométrica para entender cómo el cambio climático afecta a la industria de la construcción y las infraestructuras actuales y futuras. Se identifican las principales tendencias de investigación y se discuten las posibles direcciones para futuras investigaciones (Kalogeraki & Antoniou, 2022).

2. **Riesgos del cambio climático para la infraestructura en EE.UU.: impactos en carreteras, puentes, desarrollo costero y drenaje urbano.**

Los cambios en la temperatura, la precipitación, el nivel del mar y las tormentas costeras probablemente aumentarán la vulnerabilidad de la infraestructura en los Estados Unidos. Este estudio estima los impactos en carreteras, puentes, propiedades costeras e infraestructura de drenaje urbano y analiza la sensibilidad a diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Los resultados sugieren que los impactos del cambio climático en este sector podrían ser grandes, especialmente en la segunda mitad del siglo XXI (Neumann et al., 2015).

3. **La triple línea de fondo: llevando un marco de sostenibilidad para priorizar inversiones en cambio climático para la planificación de infraestructuras.**

El cambio climático es una preocupación creciente para agencias, gobiernos y comunidades en todo el mundo. Este estudio introduce el enfoque de la triple línea de fondo (TBL) como un marco para la planificación holística de infraestructuras bajo la incertidumbre del cambio climático. Se analiza un estudio de caso en la región de Sacramento, California, para demostrar cómo este marco puede ser utilizado para una toma de decisiones más equitativa y efectiva en la inversión en políticas de adaptación de infraestructuras críticas (Schweikert et al., 2018).

4. **Efectos de la migración climática en las transiciones de pueblo a ciudad en los Estados Unidos: inversiones proactivas en infraestructura civil para la resiliencia y sostenibilidad.**

El cambio climático está contribuyendo a patrones cambiantes de precipitación y temperatura que alteran el perfil de riesgo de un área. Este estudio analiza el impacto de los patrones anticipados de migración climática en el crecimiento comunitario en los Estados Unidos utilizando el conjunto de datos de Escenarios Integrados de Clima y Uso de la Tierra de la EPA de EE.UU. Se destaca la importancia de la inversión proactiva y regionalmente apropiada en infraestructura civil en regiones que se espera atraigan migración climática (Maxim & Grubert, 2021).

5. **Huellas de la contaminación del aire y el cambio ambiental en la sostenibilidad de la infraestructura construida**

Este estudio revisa más de 150 artículos de investigación para examinar las huellas de la contaminación del aire y el cambio ambiental en la sostenibilidad de las estructuras de construcción y transporte. Se discuten los impactos de las vías químicas derivadas del clima y la contaminación en la infraestructura construida y se identifican las prioridades de investigación para desarrollar funciones de respuesta a la dosis más robustas y teóricas (Kumar & Imam, 2013).

6. **Impactos del cambio climático en la infraestructura de transporte por carretera: una revisión sistemática sobre medidas de adaptación.**

El transporte por carretera es uno de los principales contribuyentes al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también es uno de los sectores que más sufre los efectos del cambio climático. Este estudio realiza una revisión sistemática con un enfoque bibliométrico para analizar las medidas de adaptación para la infraestructura vial. Se identifican las amenazas climáticas y los impactos biofísicos en la infraestructura vial, así como las medidas de adaptación para minimizar estos problemas (Abreu et al., 2022).

7. **Puentes en un clima cambiante: un estudio de los posibles impactos del cambio climático en los puentes y sus posibles adaptaciones.**

El cambio climático puede tener impactos multifacéticos en la seguridad y el rendimiento de la infraestructura. Este estudio presenta los posibles impactos del cambio climático en los puentes y combina los hallazgos de cerca de 70 artículos de investigación para construir una lista amplia de técnicas de adaptación posibles. Aunque el estudio se centra en los puentes, muchos de

los impactos y adaptaciones presentados son relevantes también para otros tipos de infraestructura (Nasr et al., 2020).

8. **Impacto del Cambio Climático en la Red Vial de Ecuador.**

El impacto del cambio climático en la infraestructura vial de Ecuador evaluado mediante el Sistema de Soporte a la Planificación de Infraestructuras (SSPI) revela que adoptar una estrategia de adaptación proactiva es más rentable a largo plazo. Aunque inicialmente los costos son mayores, se reducen significativamente en comparación con una estrategia reactiva. Las provincias con mayores infraestructuras pavimentadas, como Pichincha y Guayas, enfrentan altos costos de oportunidad si no adoptan medidas proactivas. Este enfoque mejora la resiliencia y sostenibilidad de las carreteras, esencial para el desarrollo económico de Ecuador (Espinet et al., 2014).

9. **Estudios de caso en Londres y Ámsterdam**

Ciudades como Londres han desarrollado sistemas avanzados de drenaje urbano, como el Thames Barrier, diseñado específicamente para mitigar el riesgo de inundaciones debido a las mareas altas y el incremento de precipitaciones (Nasr et al., 2020). Por otro lado, en Ámsterdam, la implementación de "infraestructuras azules" ha sido clave en la gestión de inundaciones. Estas infraestructuras permiten que las aguas de las tormentas se canalicen de forma natural, reduciendo la presión sobre los sistemas de drenaje convencionales. Estos ejemplos sugieren que una combinación de tecnología avanzada y diseño urbano adaptativo es esencial para enfrentar los desafíos climáticos futuros.

Evaluación de Costos y Beneficios

La evaluación de costos y beneficios del impacto del cambio climático en infraestructuras civiles es esencial para su planificación y adaptación, dado que el cambio climático presenta riesgos significativos y costos económicos potencialmente elevados, especialmente en la segunda mitad del siglo XXI (Neumann et al., 2015). Implementar medidas de adaptación rentables y políticas de mitigación más agresivas puede reducir estos impactos considerablemente. El enfoque del triple resultado (TBL) ofrece un marco integral para la planificación, considerando aspectos económicos, ambientales y sociales (Schweikert et al., 2018). Ejemplos prácticos incluyen el análisis de costos y beneficios de opciones de adaptación vial y la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de trabajos adicionales. En áreas urbanas, mitigar el efecto de isla de calor mediante techos verdes y pavimentos frescos no solo reduce riesgos climáticos, sino que también mejora la

sostenibilidad y el bienestar comunitario, demostrando la importancia de una evaluación integral en la gestión de infraestructuras frente al cambio climático (Estrada et al., 2017).

Costos de Implementación

El costo de implementación de medidas para mitigar el impacto del cambio climático en las infraestructuras civiles es significativo y varía según la región y el tipo de infraestructura. En África, se estima que el costo de reparar y mantener las carreteras dañadas por los cambios en la temperatura y la precipitación podría alcanzar los $183.6 mil millones de dólares hasta el año 2100, con costos anuales promedio por país que oscilan entre $22 millones y $54 millones de dólares (Chinowsky et al., 2013). En Ghana, el costo acumulado para mantener y reparar las carreteras existentes debido al cambio climático podría ser de $473 millones de dólares, aumentando a $678.47 millones si se adaptan las nuevas infraestructuras (Twerefou et al., 2015). En Sudáfrica, los costos anuales promedio varían entre $141 millones y $522 millones de dólares dependiendo del escenario climático y de si se implementan políticas de adaptación (Schweikert et al., 2015). En Vietnam, el costo adicional para mantener la red vial hasta 2050 se estima en $10.5 mil millones de dólares (Chinowsky et al., 2015). Estos costos reflejan la necesidad urgente de incorporar estrategias de adaptación y mitigación en la planificación de infraestructuras para reducir los impactos económicos a largo plazo.

Beneficios Económicos y Sociales

El cambio climático tiene un impacto significativo en las infraestructuras civiles, generando tanto beneficios económicos como sociales. La adopción de estrategias sostenibles en la construcción, como la producción y uso de concreto sostenible, no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino que también disminuye el consumo de energía y agua, recursos críticos en economías en desarrollo (Akan et al., 2017). Además, la implementación de infraestructuras verdes en entornos urbanos ofrece múltiples beneficios, como la mejora de la salud pública y el bienestar, así como la mitigación y adaptación al cambio climático (Choi et al., 2021; Schweikert et al., 2014). Estas infraestructuras verdes también pueden proporcionar beneficios económicos al reducir los costos de mantenimiento y reparación de las infraestructuras tradicionales, especialmente en áreas vulnerables a eventos climáticos extremos (Neumann et al., 2015; Parker & Baro, 2019).

Desafíos y Limitaciones

Uno de los principales desafíos es la vulnerabilidad de las infraestructuras a los cambios en la temperatura, la precipitación, el nivel del mar y las tormentas costeras, lo que puede aumentar significativamente los riesgos para carreteras, puentes, propiedades costeras y sistemas de drenaje urbano (Neumann et al., 2015). Además, la contaminación del aire y las condiciones ambientales cambiantes también afectan la sostenibilidad de las infraestructuras construidas, acelerando la degradación de materiales como el acero, la piedra y el concreto (Kumar & Imam, 2013). La incertidumbre en las proyecciones climáticas futuras y la falta de modelos robustos para predecir los extremos climáticos complican aún más la planificación y el diseño de infraestructuras resilientes. A pesar de los avances en la evaluación de riesgos y la optimización robusta para la gestión de activos, sigue existiendo una necesidad urgente de investigación adicional para mejorar la adecuación de estos métodos en la planificación de infraestructuras (Shortridge & Camp, 2019). Además, la adaptación exitosa requiere superar desafíos institucionales y normativos, así como integrar la justicia ambiental y la equidad social en la planificación de infraestructuras (Ulibarri & Scott, 2019).

Futuras investigaciones

Aunque se han implementado múltiples estrategias de mitigación y adaptación, persisten importantes vacíos en el conocimiento. Una de las áreas que requiere mayor investigación es el impacto a largo plazo de la elevación del nivel del mar en infraestructuras subterráneas, como sistemas de metro y redes de alcantarillado, en grandes ciudades costeras. Además, estudios comparativos sobre la efectividad de diferentes materiales resistentes al calor y su costo-beneficio en infraestructuras viales también son necesarios para desarrollar estrategias de adaptación más eficaces y rentables.

Conclusiones

El análisis de los estudios revisados muestra que las infraestructuras civiles están cada vez más expuestas a los efectos adversos del cambio climático, principalmente debido al aumento de las temperaturas, las precipitaciones extremas y la elevación del nivel del mar. Estos fenómenos afectan de manera significativa tanto la durabilidad de los materiales de construcción como la capacidad de los sistemas de drenaje para manejar las nuevas cargas hidráulicas. En este contexto, se vuelve esencial porque la adopción de soluciones que incorporen materiales más resistentes y diseños adaptativos que puedan

responder de manera eficiente a las condiciones climáticas cambiantes. Además, la implementación de tecnologías emergentes, como el uso de sensores inteligentes y sistemas de monitoreo en tiempo real, ofrece una vía prometedora para mejorar la resiliencia de las infraestructuras y reducir los costos asociados al mantenimiento.

Asimismo, aunque se han logrado avances importantes en la adaptación de infraestructuras a las nuevas condiciones climáticas, los desafíos continúan siendo considerables, especialmente en zonas costeras y urbanas densamente pobladas. La investigación futura deberá centrarse en desarrollar soluciones más rentables y sostenibles, así como en fomentar la colaboración entre sectores para asegurar que las infraestructuras no solo resistan los efectos del cambio climático, sino que también sigan siendo funcionales y seguras a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

Abreu, V. H. S. de, Santos, A. S., & Monteiro, T. G. M. (2022). Climate Change Impacts on the Road Transport Infrastructure: A Systematic Review on Adaptation Measures. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su14148864

Akan, M. Ö. A., Dhavale, D., & Sarkis, J. (2017). Greenhouse gas emissions in the construction industry: An analysis and evaluation of a concrete supply chain. Journal of Cleaner Production, 167, 1195–1207. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.225

Chinowsky, P., Schweikert, A., Strzepek, N., Manahan, K., Strzepek, K., & Schlosser, C. A. (2013). Climate change adaptation advantage for African road infrastructure. Climatic Change, 117(1–2), 345–361. https://doi.org/10.1007/s10584-012-0536-z

Chinowsky, P., Schweikert, A., Strzepek, N., & Strzepek, K. (2015). Road Infrastructure and Climate Change in Vietnam. Sustainability, 7(5), 5452–5470. https://doi.org/10.3390/su7055452

Choi, C., Berry, P., & Smith, A. C. (2021). The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: A systematic literature review. Journal of Environmental Management, 291, 112583. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112583

Espinet, X., Kwiatkowski, K., & Chinowsky, P. (2014). Análisis del Impacto del Cambio Climático en las Infraestructuras de América Latina y Caribe:

Estudio de la Red Vial Ecuatoriana. 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 1–10.

Estrada, F., Botzen, W. J. W., & Tol, R. S. J. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. Nature Climate Change, 7(6), 403–406. https://doi.org/10.1038/nclimate3301

Guest, G., Zhang, J., Maadani, O., & Shirkhani, H. (2019). Incorporating the impacts of climate change into infrastructure life cycle assessments: A case study of pavement service life performance. Journal of Industrial Ecology, 24, 356–368. https://doi.org/10.1111/jiec.12915

Kalogeraki, M., & Antoniou, F. (2022). Current research trends into the effect of climate change on civil engineering infrastructures: A bibliometric review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1123. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1123/1/012037

Kumar, P., & Imam, B. (2013). Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. Science of The Total Environment, 444, 85–101. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.056

Maxim, A., & Grubert, E. (2021). Effects of climate migration on town-to-city transitions in the United States: proactive investments in civil infrastructure for resilience and sustainability. Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, 1. https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac33ef

Nasr, A., Björnsson, Í., Honfi, D., Ivanov, O. L., Johansson, J., & Kjellström, E. (2019). A review of the potential impacts of climate change on the safety and performance of bridges. Sustainable and Resilient Infrastructure, 6, 192–212. https://doi.org/10.1080/23789689.2019.1593003

Nasr, A., Kjellström, E., Björnsson, Í., Honfi, D., Ivanov, O. L., & Johansson, J. (2020). Bridges in a changing climate: a study of the potential impacts of climate change on bridges and their possible adaptations. Structure and Infrastructure Engineering, 16, 738–749. https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1670215

Neumann, J., Price, J. C., Chinowsky, P., Wright, L., Ludwig, L., Streeter, R., Jones, R., Smith, J. B., Perkins, W., Jantarasami, L., & Martinich, J. (2015). Climate change risks to US infrastructure: impacts on roads, bridges, coastal development, and urban drainage. Climatic Change, 131, 97–109. https://doi.org/10.1007/s10584-013-1037-4

Parker, J., & Baro, M. E. Z. de. (2019). Green Infrastructure in the Urban Environment: A Systematic Quantitative Review. Sustainability. https://doi.org/10.3390/SU11113182

Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X., & Tarbert, M. (2014). Climate Change and Infrastructure Impacts: Comparing the Impact on Roads in ten Countries through 2100. Procedia Engineering, 78, 306–316. https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.07.072

Schweikert, A., Chinowsky, P., Kwiatkowski, K., Johnson, A., Shilling, E., Strzepek, K., & Strzepek, N. (2015). Road Infrastructure and Climate Change: Impacts and Adaptations for South Africa. Journal of Infrastructure Systems, 21(3). https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000235

Schweikert, A., Espinet, X., & Chinowsky, P. (2018). The triple bottom line: bringing a sustainability framework to prioritize climate change investments for infrastructure planning. Sustainability Science, 13, 377–391. https://doi.org/10.1007/s11625-017-0431-7

Shortridge, J., & Camp, J. S. (2019). Addressing Climate Change as an Emerging Risk to Infrastructure Systems. Risk Analysis, 39(5), 959–967. https://doi.org/10.1111/risa.13234

Twerefou, D., Chinowsky, P., Adjei-Mantey, K., & Strzepek, N. (2015). The Economic Impact of Climate Change on Road Infrastructure in Ghana. Sustainability, 7(9), 11949–11966. https://doi.org/10.3390/su70911949

Ulibarri, N., & Scott, T. A. (2019). Environmental hazards, rigid institutions, and transformative change: How drought affects the consideration of water and climate impacts in infrastructure management. Global Environmental Change, 59, 102005. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.102005

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 12

Análisis de normativas y prácticas de seguridad en los procesos de construcción civil en Ecuador

AUTORES: Daniel David Carvajal Rivadeneira; Gilmar Gerardo Delgado Zamora; Diego Sornoza Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

SABER**EC 5.0**

Análisis de normativas y prácticas de seguridad en los procesos de construcción civil en Ecuador

Analysis of Regulations and Safety Practices in Civil Construction Processes in Ecuador

Resumen

Este estudio investiga las normativas y prácticas de seguridad en la construcción civil en Ecuador, una industria que ha experimentado un rápido crecimiento, pero que enfrenta desafíos significativos en materia de seguridad laboral. A través de una revisión detallada de la legislación vigente y estudios de caso específicos en proyectos de construcción, se identifican y analizan las principales deficiencias en la implementación de las normativas. La investigación también incluye encuestas y entrevistas con profesionales del sector, como ingenieros y supervisores, para evaluar la efectividad de las prácticas actuales. Los resultados destacan la necesidad de capacitación más robusta de los trabajadores, mejor provisión y uso de equipos de protección personal, y una supervisión más rigurosa. Se proponen mejoras para fortalecer la seguridad laboral, centradas en una implementación más efectiva de las normativas y en la promoción de una cultura de seguridad más sólida dentro del sector.

Palabras clave: Seguridad laboral, normativas, capacitación, construcción civil, protección personal.

Abstract

In Ecuador, the civil construction sector has experienced remarkable growth in recent decades, driven by economic development and infrastructure demand. However, this growth has brought significant challenges in terms of occupational safety. The high incidence of accidents and occupational diseases in this sector underscores the need for more robust and effective safety regulations and practices. This article analyzes the current safety regulations and practices in Ecuador, evaluating their effectiveness and proposing improvements to ensure worker safety.

Through a thorough review of current legislation, including the Constitution of the Republic of Ecuador, the Labor Code, and specific regulations such as the Occupational Safety and Health Regulations for Workers and Improvement of the Work Environment, the main deficiencies are identified. Additionally, case studies have been conducted in various construction projects, allowing for direct observation of the safety practices implemented in the field. This is complemented by surveys and interviews with industry professionals, such as engineers,

architects, and site supervisors, who have provided valuable insights into the application and effectiveness of existing regulations. Among the most common deficiencies are insufficient worker training, lack of provision and proper use of personal protective equipment (PPE), and inadequate supervision of safety measures.

Keywords: Occupational safety, regulations, training, civil construction, personal protection.

Introducción

La construcción es un sector clave en la economía ecuatoriana, reflejando su impacto en la situación económica nacional. Su desempeño actúa como un indicador macroeconómico, influyendo en el desarrollo del país, impulsando significativamente el progreso de infraestructuras básicas como carreteras, puentes y edificaciones (Díaz-Kovalenko et al., 2023). Este crecimiento, motivado por la necesidad de mejorar las condiciones de vida y por inversiones tanto públicas como privadas en proyectos de infraestructura, ha sido notable en las últimas décadas.

Sin embargo, este avance ha revelado serios desafíos en cuanto a la seguridad laboral, evidenciados por una alta tasa de accidentes y enfermedades ocupacionales. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), la construcción es una de las industrias con mayor incidencia de accidentes laborales en el país, con un incremento notable en los últimos años.

La seguridad en el trabajo es crítica en cualquier sector industrial, pero es especialmente importante en la construcción, donde los riesgos físicos y mecánicos son elevados y los trabajadores están expuestos a peligros constantes como caídas, electrocución y manejo de maquinaria pesada (Arenas López, 2019). Esto hace indispensable contar con normativas y prácticas de seguridad efectivas.

En este contexto, este artículo analiza las normativas y prácticas de seguridad vigentes en el sector de la construcción en Ecuador mediante una metodología que combina la revisión de la legislación vigente, estudios de caso específicos, encuestas y entrevistas con profesionales del sector (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2024).

El análisis incluye una revisión exhaustiva de documentos legales como la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), el Código de Trabajo, y reglamentos específicos como el Reglamento de Seguridad y Salud para los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2017).

Además, se realizan estudios de caso en proyectos de construcción, así como encuestas y entrevistas estructuradas con ingenieros, arquitectos y supervisores de obra para evaluar la aplicación y efectividad de las normativas existentes. El objetivo de esta investigación es identificar las deficiencias principales en las prácticas de seguridad y proponer mejoras basadas en evidencia para fortalecer la seguridad laboral en el sector.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo de las normativas y prácticas de seguridad en la construcción civil en Ecuador, se emplearon una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos que incluyeron revisión documental, estudios de caso, encuestas y entrevistas estructuradas. Este enfoque multidimensional permite una evaluación integral de la efectividad de las prácticas de seguridad en el sector y propicia el desarrollo de recomendaciones basadas en evidencias concretas.

Se realizó una revisión sistemática de la legislación relevante, incluyendo la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), el Código de Trabajo y reglamentos específicos como el Reglamento de Seguridad y Salud para los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2017). Además, se revisaron normativas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) pertinentes a la industria de la construcción.

Además, se seleccionaron cinco proyectos de construcción distribuidos en diferentes regiones del Ecuador para realizar observaciones directas de las prácticas de seguridad. Estos proyectos fueron escogidos por representar una variedad de tipos de construcción y por estar en distintas fases de desarrollo, lo que permite una comparación más rica y diversa de las prácticas de seguridad implementadas.

Por otra parte, se diseñaron y distribuyeron encuestas a 200 trabajadores de los proyectos seleccionados para evaluar su percepción y experiencia con las normativas y prácticas de seguridad. Las encuestas incluyeron preguntas sobre la frecuencia y tipo de capacitación recibida, uso de equipos de protección personal (EPP) y satisfacción con las medidas de seguridad en su lugar de trabajo.

Finalmente, se realizaron entrevistas con 30 profesionales del sector, incluyendo ingenieros, arquitectos y supervisores de obra, para obtener información cualitativa sobre la aplicación y efectividad de las normativas de seguridad. Las entrevistas permitieron profundizar en los desafíos y limitaciones

de las prácticas actuales y recoger sugerencias para mejorar la seguridad en el sector.

Los datos cuantitativos recopilados a través de las encuestas fueron analizados utilizando software estadístico para identificar tendencias y patrones (Lino et al., 2024). El análisis cualitativo de las entrevistas se llevó a cabo mediante técnicas de análisis de contenido (Zavala et al., 2024), lo que permitió categorizar y evaluar las respuestas en términos de temas comunes relacionados con las normativas y prácticas de seguridad (Intriago et al., 2025).

Esta metodología robusta garantiza que los hallazgos y recomendaciones del estudio estén bien fundamentados y reflejen las realidades del sector de la construcción civil en Ecuador. Los proyectos de construcción, al estar bajo la supervisión de las Normas de Control Interno utilizadas por las instituciones públicas ecuatorianas, demandan una estricta adherencia a normativas y especificaciones legales para prevenir errores e irregularidades. La administración financiera gubernamental juega un papel clave en garantizar que estos proyectos no solo cumplan con los requisitos técnicos y legales, sino también con altos estándares de seguridad laboral. Esto incluye la provisión adecuada de equipos de protección personal y la implementación de prácticas de seguridad efectivas. La rigurosidad en el cumplimiento de estas normativas no solo busca la eficiencia y eficacia operativa, sino también asegurar la confiabilidad y oportunidad de la información, promoviendo un entorno seguro y saludable para todos los trabajadores involucrados (Carvajal & Piguave, 2019).

La importancia de estructurar adecuadamente los informes de investigación. La presentación clara y precisa de los resultados, utilizando gráficos, tablas y otros recursos visuales, es fundamental para comunicar los hallazgos a todas las partes interesadas. Además, las conclusiones y recomendaciones basadas en datos concretos son esenciales para la implementación de mejoras efectivas en las normativas y prácticas de seguridad en la construcción civil (Yépez et al., 2018). Estas prácticas, combinadas con una estricta adherencia a las normativas vigentes y la implementación de programas de capacitación continua, permiten reducir la incidencia de accidentes y enfermedades ocupacionales en el sector de la construcción en Ecuador (Carvajal et al., 2023).

Resultados y discusión

Capacitación de trabajadores

La capacitación de los trabajadores en materia de seguridad y salud laboral es un pilar fundamental para prevenir accidentes y enfermedades profe-

sionales en el sector de la construcción. La normativa ecuatoriana establece la obligatoriedad de la capacitación, pero su implementación en la práctica presenta desafíos significativos.

El Código del Trabajo ecuatoriano establece que los empleadores tienen la obligación de capacitar a sus trabajadores en materia de seguridad y salud, proporcionándoles información sobre los riesgos específicos de su actividad, las medidas de prevención y los procedimientos de emergencia (Asamblea Nacional del Ecuador, 2005). Además, la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo establece que la capacitación debe ser continua y adaptada a las necesidades de los trabajadores y las características de su labor (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016).

Mediante encuestas realizadas a 30 trabajadores de diferentes proyectos de construcción, se encontró que solo un 35% de los trabajadores había recibido capacitación formal sobre seguridad en el trabajo en el último año. De estos, solo un 15% calificó la capacitación recibida como 'Alta' en términos de calidad y relevancia, mientras que un 20% la calificó como 'Media' y un 65% como 'Baja' o 'Ninguna'. Este bajo nivel de capacitación contribuye a un mayor riesgo de accidentes laborales, ya que los trabajadores no están preparados para identificar y manejar adecuadamente los riesgos en el lugar de trabajo (Chu Wan, 2013).

Tabla 31.

Nivel de Capacitación en Seguridad Laboral.

Nivel de capacitación	Porcentaje de trabajadores
Alta	15%
Media	20%
Baja	35%
Ninguna	30%

Las entrevistas a trabajadores y empleadores confirmaron estas deficiencias. Muchos trabajadores señalaron que la capacitación recibida era insuficiente y no se actualizaba periódicamente. Algunos empleadores reconocieron que la capacitación en seguridad no era una prioridad debido a los costos y la interrupción de las actividades productivas.

Los estudios de caso en proyectos de construcción evidenciaron la falta de capacitación como un factor contribuyente a los accidentes laborales. En uno de los proyectos, se observó que los trabajadores no conocían los procedimientos de seguridad para el manejo de maquinaria pesada, lo que resultó

en un accidente grave. En otro proyecto, los trabajadores no estaban capacitados en el uso adecuado de equipos de protección personal, exponiéndose a riesgos innecesarios.

La falta de capacitación adecuada en seguridad laboral es un problema persistente en el sector de la construcción en Ecuador. A pesar de la existencia de una normativa que establece la obligatoriedad de la capacitación, su implementación en la práctica es deficiente. Esto se debe a diversos factores, como la falta de conciencia de los empleadores sobre la importancia de la capacitación, la escasez de recursos económicos y la falta de tiempo para dedicar a la formación.

La baja proporción de trabajadores que recibe formación adecuada refleja una deficiencia en las políticas de capacitación de las empresas constructoras. Estudios previos han demostrado que la capacitación continua y específica en seguridad laboral reduce significativamente la incidencia de accidentes (Noel et al., 2019). Por tanto, es esencial implementar programas de capacitación regulares y obligatorios para todos los trabajadores del sector. El boletín estadístico del IESS de 2018 revela que la industria de la construcción en Ecuador tiene una tasa de accidentabilidad del 7.19 % a nivel nacional, situándola como la cuarta industria más peligrosa. Tradicionalmente, cuando se aborda el tema de los accidentes laborales, se hace referencia a condiciones o acciones inseguras por parte de los trabajadores, sin profundizar en las causas subyacentes que generan estas condiciones o acciones (Gallegos & Castillo, 2022)

Es necesario fortalecer la capacitación en seguridad laboral en el sector, garantizando que todos los trabajadores reciban formación adecuada y actualizada sobre los riesgos específicos de su actividad y las medidas de prevención. La capacitación debe ser impartida por personal cualificado y adaptada a las necesidades de los trabajadores, utilizando métodos didácticos y participativos (Macías-Quiroz et al., 2020).

Además, es fundamental promover una cultura de seguridad en el sector, donde la capacitación sea valorada como una inversión en la prevención de riesgos y la protección de la salud de los trabajadores. La colaboración entre empleadores, sindicatos y organismos gubernamentales es esencial para lograr este objetivo.

Uso de equipos de protección personal (EPP)

El uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) es esencial para prevenir lesiones y enfermedades en el sector de la construcción. La

normativa ecuatoriana exige a los empleadores proporcionar EPP a sus trabajadores y garantizar su uso correcto, pero la realidad en terreno a menudo difiere de lo establecido.

El Código del Trabajo y la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo establecen la obligación de los empleadores de proporcionar EPP adecuados a los riesgos específicos de cada actividad, así como de capacitar a los trabajadores en su uso y mantenimiento (Asamblea Nacional del Ecuador, 2005, 2016). Los trabajadores, a su vez, tienen la responsabilidad de utilizar el EPP proporcionado y de informar sobre cualquier daño o deterioro.

Las encuestas revelaron que, si bien la mayoría de los empleadores proporciona algún tipo de EPP, persisten problemas en cuanto a su adecuación, disponibilidad y uso. Los resultados (Tabla 32) mostraron que solo el 40% de los trabajadores utiliza siempre el EPP proporcionado, mientras que el 25% lo hace de manera ocasional, y el 35% raramente o nunca lo utiliza. Estas cifras indican una clara necesidad de mejorar la provisión y gestión del EPP en el sector.

Tabla 32.

Nivel de Capacitación en Seguridad Laboral.

Frecuencia de uso	%
Siempre	40%
Ocasionalmente	25%
Rara vez/Nunca	35%

Las entrevistas a trabajadores y empleadores resaltaron barreras adicionales al uso de EPP, como la incomodidad, la falta de hábito y la percepción de que el EPP dificulta el trabajo. Algunos empleadores mencionaron el costo de los EPP como un obstáculo, especialmente en pequeñas empresas.

Los estudios de caso ilustraron las consecuencias de la falta de uso o uso inadecuado de EPP. En un proyecto, se observó que varios trabajadores no utilizaban casco de seguridad, a pesar de estar expuestos a riesgos de caída de objetos. En otro proyecto, los trabajadores utilizaban guantes de protección inadecuados para el manejo de sustancias químicas, lo que resultó en lesiones cutáneas.

El uso de EPP en el sector de la construcción en Ecuador enfrenta desafíos importantes. A pesar de la normativa existente, persisten problemas en la provisión, adecuación y uso de EPP. Es necesario fortalecer la fiscalización del

cumplimiento de la normativa, así como promover una cultura de seguridad donde el uso de EPP sea visto como una práctica indispensable para proteger la salud de los trabajadores.

Es evidente en los resultados que la provisión insuficiente y la falta de una cultura de seguridad entre los trabajadores contribuyen a este problema. Según la Organización Internacional del Trabajo (2019), el uso correcto de EPP puede prevenir hasta el 60% de las lesiones graves en el lugar de trabajo. Es necesario que las empresas constructoras no solo proporcionen los EPP adecuados, sino que también aseguren que los trabajadores comprendan la importancia de su uso y estén supervisados para garantizar el cumplimiento de esta medida (Jiménez et al., 2024)

Supervisión de Medidas de Seguridad

La supervisión efectiva de las medidas de seguridad es fundamental para garantizar su cumplimiento y prevenir accidentes en el sector de la construcción. La normativa ecuatoriana establece la responsabilidad de los empleadores en la supervisión, pero su implementación en la práctica presenta desafíos considerables.

El Código del Trabajo y la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo establecen la obligación de los empleadores de supervisar el cumplimiento de las medidas de seguridad en sus obras, designando personal responsable y estableciendo mecanismos de control (Asamblea Nacional del Ecuador, 2005, 2016). Además, se establece la figura del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, encargado de vigilar el cumplimiento de la normativa y promover la prevención de riesgos.

Según los datos recopilados, solo el 50% de los proyectos de construcción cuenta con supervisores capacitados en seguridad laboral. La Tabla 33 muestra la proporción de proyectos con y sin supervisores capacitados.

Tabla 33.

Presencia de supervisores capacitados en proyectos de construcción.

Supervisores capacitados	Porporción de proyectos
Si	50%
No	50%

Las entrevistas a trabajadores y empleadores confirmaron esta problemática. Muchos trabajadores reportaron que los supervisores se enfocan principalmente en la productividad, descuidando la seguridad. Algunos emplea-

dores admitieron que la supervisión es un desafío debido a la escasez de personal capacitado y la extensión de las obras.

Los estudios de caso mostraron la relación directa entre la falta de supervisión y los accidentes laborales. En un proyecto, se observó que los trabajadores realizaban tareas en altura sin arnés de seguridad debido a la ausencia de supervisión. En otro proyecto, la falta de control sobre el almacenamiento de materiales peligrosos resultó en un derrame que afectó la salud de varios trabajadores.

La falta de supervisores capacitados observada en muchos proyectos de construcción en Ecuador indica una deficiencia en la gestión de la seguridad laboral (Guerrero Salamanca, 2020). La presencia de supervisores bien entrenados es fundamental para asegurar que se cumplan las normativas de seguridad y se reduzcan los riesgos laborales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2018). Por lo tanto, las empresas deben invertir en la formación de supervisores especializados en seguridad laboral.

La supervisión efectiva de las medidas de seguridad es esencial para garantizar la implementación de prácticas seguras en el ámbito laboral, particularmente en el sector de la construcción civil (Aguillón & Uribe, 2023). Una supervisión adecuada no solo asegura que las normativas de seguridad se comprendan, sino también que se apliquen de manera correcta en los sitios de construcción, lo que contribuye significativamente a la reducción de accidentes y mejora el bienestar de los trabajadores (Delgado & García, 2022).

La supervisión debe ser constante y proactiva, identificando y corrigiendo situaciones de riesgo antes de que ocurran accidentes. Los supervisores deben tener autoridad para detener trabajos inseguros y sancionar el incumplimiento de las normas de seguridad. Además, es importante fomentar la participación de los trabajadores en la supervisión, a través de mecanismos de reporte de riesgos y sugerencias de mejora. La colaboración entre empleadores, trabajadores y organismos gubernamentales es esencial para mejorar la supervisión y garantizar la seguridad en las obras de construcción en Ecuador.

Conclusiones

El presente estudio ha puesto de manifiesto la brecha existente entre la normativa de seguridad laboral en la construcción en Ecuador y su aplicación efectiva en el terreno. A pesar de contar con un marco legal sólido, persisten deficiencias significativas en áreas clave como la capacitación de los trabajadores, el uso de equipos de protección personal (EPP) y la supervisión de las medidas de seguridad.

Los resultados de las encuestas, entrevistas y estudios de caso revelan que un porcentaje considerable de trabajadores no recibe capacitación adecuada, el uso de EPP es inconsistente y la supervisión en las obras es a menudo deficiente. Estas deficiencias se traducen en un entorno laboral donde los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores son elevados, lo que contribuye a la alta tasa de accidentes en el sector.

Es fundamental que se implementen medidas para fortalecer la aplicación de las normativas de seguridad. Esto implica no solo mejorar la fiscalización y el control por parte de las autoridades, sino también fomentar una verdadera cultura de seguridad en el sector. La capacitación continua y efectiva de los trabajadores, la provisión y uso adecuado de EPP, y una supervisión rigurosa y proactiva son elementos esenciales para lograr este objetivo.

Además, es necesario abordar las causas subyacentes de las deficiencias actuales, como la falta de conciencia sobre la importancia de la seguridad, la escasez de recursos y la presión por cumplir con los plazos de entrega. La colaboración entre empleadores, trabajadores, sindicatos y organismos gubernamentales es indispensable para superar estos desafíos y construir un sector de la construcción más seguro y saludable en Ecuador.

Referencias Bibliográficas

Aguillón, V., & Uribe, P. (2023). *Estudio de la Gestión de los riesgos laborales en la modalidad de teletrabajo en Colombia* [Universidad Autónoma de Bucaramanga]. https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/23385

Arenas López, R. (2019). *Desarrollo de la auditoria interna del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en una empresa del sector de la construccion en el Año 2019 con base en la Resolución 0312 De 2019* [Universidad Católica de Manizales]. https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2819

Asamblea Nacional del Ecuador. (2005). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Quito: Asamblea Nacional.*, 1–136. https://doi.org/10.59991/rvam/2008/m.6/484

Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). Informe Anual. In *Ministerio del Interior Chile, Dirección Extranjería y Migración*. www.unicef.org/publications%0Ahttps://www.indh.cl/bb/wp-content/uploads/2018/12/Libro-Informe-Anual-2018.pdf

Carvajal, D., & Piguave, R. (2019). Los proyectos de Obras Públicas. In *VI Congreso Internacional de Ingenierías 2019* (pp. 948–955). Editorial Internacional Runaiki. https://doi.org/10.46296/runaiki-2019-08-21

Carvajal, D., Ponce, F., Sornoza, D., Pincay, M., Quimis, A., & Miller, J. (2023). *Elementos Básicos de la Investigación Científica*. Editorial Internacional Runaiki. https://www.runaiki.es/index.php/runaiki/article/view/83/95

Chu Wan, A. (2013). *Análisis de la aplicación de la normativa en seguridad a través de la evaluación estadística reportada y recomendaciones de mejoras de acuerdo a los resultados obtenidos* [Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/3ec9acdc-3ea5-48da-83ae-0914a141176d

Delgado, C., & García, T. (2022). Análisis de la falta de supervisión técnica en las construcciones aprobadas por el municipio de Manta y su incidencia. ***Fipcaec***, ***7***(4), 1–22. https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/download/730/1315/

Díaz-Kovalenko, I. E., Larrea-Rosas, K. P., & Barros-Naranjo, J. (2023). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. ***Ciencias Sociales y Económicas***, ***6***(2), 58–69. https://doi.org/10.18779/csye.v6i2.598

Gallegos, M., & Castillo, T. (2022). Eficiencia, carga de trabajo, salud y seguridad ocupacional en la industria de la construcción en las principales ciudades del Ecuador. ***Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología***, ***5***(1), 150–162. https://doi.org/10.37135/ns.01.09.09

Guerrero, D. (2020). ***Plan de implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo basado NTC ISO 45001: 2018 en la empresa Ingeniag Diseño y Construcción Ltda*** [Fundación Universidad de América]. https://repository.uamerica.edu.co/items/6e76452b-4991-4283-8f4f-3e5573e39c17

INEC. (2023). ***Informe anual de accidentes laborales en el sector de la construcción.*** Instituto Nacional de Estadística y Censos. Quito: INEC.

Intriago, G., Quinatoa, E., Centeno, J., & Lino, V. (2025). Gestión de riesgos en planificación de obras civiles: mitigación de retrasos y sobrecostos en construcción, un análisis textual discursivo. ***Revista Ingenio Global***, ***4***(1), 160–174. https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.203

Jiménez, J. C., Cabrera, R. A., & Figuera, P. (2024). Perception of Risk Factors in Construction Workers. ***Revista Cientifica Conectividad***, ***5***(4), 21–32. https://doi.org/10.37431/conectividad.v5i4.199

Lino, V., Carvajal, D., Sornoza, D., Vergara, J., & Intriago, Y. (2024). Jamovi, the technological tool for analyzing and interpreting data in civil engineering projects. ***Innovaciones Educativas***, ***26***(41), 151–165. https://doi.org/10.22458/ie.v26i41.5145

Macías, M., Ruiz, S., & Valdivieso, P. (2020). Human talent and job satisfaction in a civil construction company. ***Ingeniería Industrial***, ***XLI***(2), 1–13. http://www.rii.cujae.edu.cu

Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2017). *Reglamento de Seguridad y Salud para los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*. Quito: Ministerio de Trabajo.

Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2024). *Guía de seguridad y salud ocupacional en la construcción*. Quito: Ministerio de Trabajo. https://acortar.link/KsXXj7

Noel, G., Frías, M., & Silva, J. (2019). Propuesta de un sistema de evaluación de desempeño en una empresa constructora. In *Repositorio de la Universidad del Pacífico - UP*. https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2311%0Ahttps://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2311/Gerardo_Tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1

Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Panorama Laboral 2019. América Latina y el Caribe*. https://www.ilo.org/es/publications/panorama-laboral-2019-america-latina-y-el-caribe

Yépez, R., Ormaza, M., & Flores, D. (2018). Adaptabilidad Social Y El Éxito En La Administración De Seguridad Industrial En Obras De Construcción Civil. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 1–21. https://www.eumed.net/rev/oel/2018/05/administracion-seguridad-industrial.html

Zavala, C., Lino, V., Cordero, M., & Sornoza, D. (2024). El rol de la Ingeniería Civil en el desarrollo sostenible: Tendencias y desafíos. *Revista Alcance*, *7*(1), 1–13. https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.57

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 13

Análisis del proceso constructivo de la obra Ikaria en la ciudad de Manta

AUTORES: Glider Nunilo Parrales Cantos; Jhoan Aaron Plaza Meneses; Kerly Yesenia Morales Ushiña; Jéssica Fiorela Salinas Martínez

SABER**EC 5.0**

Análisis del proceso constructivo de la obra Ikaria en la ciudad de Manta

Analysis of the construction process of the Ikaria work in the city of Manta

Resumen

La finalidad del análisis de los procesos constructivos es la planificación, programación y control integral del proceso constructivo del proyecto IKARIA en la ciudad de Manta, estas actividades son esenciales para asegurar una ejecución eficiente, en estricto cumplimiento de las normativas técnicas y los plazos establecidos. La programación se enfoca en la gestión detallada de las actividades constructivas, garantizando que cada etapa del proyecto inicie y finalice dentro de los tiempos programados. El control de obra implica una supervisión constante del avance, mediante la comparación de los resultados reales con los planificados. El análisis del proceso constructivo del proyecto IKARIA se organiza en varias fases críticas, tales como la preparación del terreno, la cimentación, la ejecución de la estructura, las instalaciones y los acabados. Cada una de estas etapas es evaluada en función de tres factores clave: tiempo, costo y calidad. Se aplicaron ensayos técnicos como la prueba del cono de Abrams y el ensayo de cilindros de concreto para verificar la resistencia del hormigón empleado. Adicionalmente, el proyecto incorpora aspectos fundamentales como la seguridad en la obra y la sostenibilidad, con el objetivo de asegurar que las prácticas constructivas no solo protejan a los trabajadores, sino que también minimicen el impacto ambiental. Un análisis minucioso del proceso constructivo del proyecto IKARIA en Manta permite optimizar el uso de recursos, reducir los retrasos y entregar un proyecto de alta calidad, alineado con las expectativas de los usuarios y contribuyendo al desarrollo urbano de la ciudad.

Palabras claves: proceso constructivo, sostenibilidad, recursos, cono de Abrams, resistencia del hormigón.

Abstract

The purpose of this project is to plan, schedule, and comprehensively control the construction process of the IKARIA project in the city of Manta. These activities are essential to ensure efficient execution, in strict compliance with technical regulations and the established deadlines. Scheduling focuses on the detailed management of construction activities, ensuring that each phase of the project starts and finishes within the planned time frame. Project control involves constant supervision of progress by comparing actual results with the planned ones. The analysis of the construction process for the IKARIA project

is organized into several critical phases, such as site preparation, foundation, structure execution, installations, and finishes. Each of these phases is evaluated based on three key factors: time, cost, and quality. Technical tests, such as the Abrams cone test and concrete cylinder testing, were applied to verify the strength of the concrete used. Additionally, the project incorporates fundamental aspects such as site safety and sustainability, aiming to ensure that construction practices not only protect workers but also minimize environmental impact. A thorough analysis of the construction process of the IKARIA project in Manta allows for the optimization of resources, reduction of delays, and delivery of a high-quality project, aligned with user expectations and contributing to the urban development of the city.

Keywords: Constructive process, sustainability, resources, Abrams cone, concrete strength

Introducción

La relevancia del proceso constructivo en proyectos de gran magnitud como hoteles, edificios residenciales, entre otros, especialmente en el contexto de la ingeniería civil, con un enfoque en el desarrollo urbano de la ciudad de Manta, Ecuador. La investigación pone como ejemplo el proyecto Ikaria, cuyo análisis se centra en las distintas etapas del proceso constructivo, así como en los desafíos enfrentados y las soluciones implementadas. En general, los proyectos urbanos de esta naturaleza exigen una planificación rigurosa y una ejecución eficiente, debido a su complejidad. Además, el texto subraya que los conocimientos actuales sobre construcción en entornos urbanos priorizan tanto la sostenibilidad como la optimización de recursos. Estos aspectos son fundamentales para mejorar la eficiencia del proyecto, reducir costos y, al mismo tiempo, mantener altos estándares de calidad en la construcción civil. El análisis del proceso constructivo del proyecto Ikaria refleja la importancia de estas consideraciones en el ámbito del desarrollo urbano en Manta.

A nivel mundial, se ha estudiado el proceso constructivo tanto en ciudades europeas como norteamericanas, donde las técnicas y regularizaciones suelen estar establecidas. En estos estudios, se han identificado diversas estrategias para enfrentar problemas comunes en la construcción, como la gestión de recursos, el control de calidad y la integración de tecnologías avanzadas. Sin embargo, estos enfoques pueden necesitar ajustes para ser aplicables a contextos específicos como el de Manta (Velásquez, 2023).

El proyecto Ikaria, ubicado en la ciudad de Manta, se desarrolla en estricto cumplimiento con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), que

establece los lineamientos fundamentales para todas las fases de un proyecto constructivo en el Ecuador. Esta normativa no solo regula aspectos técnicos y estructurales, sino que también garantiza que la obra cumpla con los requisitos de seguridad sismorresistente, esenciales en un país con alta actividad sísmica como Ecuador. En el caso de Ikaria, la NEC ha guiado tanto la selección de materiales como las técnicas de construcción, priorizando la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental, lo que asegura que el proyecto no solo se ajuste a los estándares nacionales, sino que también contribuya al desarrollo sostenible. Así, la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-15 (2015), se convierte en una herramienta clave para alcanzar los niveles de calidad y seguridad esperados en una obra de gran envergadura y complejidad como Ikaria.

El objetivo de esta investigación es analizar en detalle el proceso constructivo de la obra Ikaria, ubicada en la ciudad de Manta, evaluando cada fase del proyecto, desde la planificación inicial hasta su culminación. Se enfocará en identificar los principales desafíos, las soluciones implementadas y las prácticas adoptadas, con el fin de garantizar el éxito del proyecto, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad.

Este estudio tiene como finalidad no solo contribuir a una comprensión profunda de los procesos constructivos en entornos urbanos emergentes, sino también resaltar el impacto significativo que la construcción del edificio Ikaria tiene en el desarrollo urbano de la ciudad de Manta. Al tratarse de una obra de gran amplitud, su influencia va más allá de la infraestructura, impulsando la modernización y sostenibilidad del entorno local. Además, se espera que el análisis de este proyecto proporcione recomendaciones prácticas para futuros desarrollos en ciudades con características similares, optimizando los procesos constructivos y mejorando la calidad de vida de la población. La investigación se fundamenta en la revisión exhaustiva de la documentación del proyecto, entrevistas con los profesionales involucrados, y el análisis de datos sobre el desempeño del proceso constructivo, subrayando así la relevancia de este tipo de construcciones para el crecimiento y transformación de ciudades emergentes.

Materiales y métodos

Dentro de los materiales y métodos empleados cabe mencionar que, la investigación es de tipo aplicativa, dado que se fundamentó en el seguimiento y control técnico del proceso constructivos de un edificio de 5 pisos, el cual en la primera planta servirá para locales comerciales y las demás plantas como departamentos habitacionales.

Según Lozada (2014), afirma que, "La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa" (p. 1). La cual busca resolver problemas prácticos mediante el uso del método científico, con resultados inmediatos y aplicables.

De acuerdo con Hernández et al (2014), en su libro de alcance de la investigación en el capítulo 5 definición del alcance de la investigación descriptiva, menciona que, "Los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas" (p. 92). Los estudios descriptivos buscan observar y detallar las características de un fenómeno sin manipular variables. Su objetivo es describir el "qué" y "cómo" de una situación, utilizando herramientas como encuestas u observaciones.

Se establecieron varios métodos de investigación para la recopilación de datos. En este proyecto se recurrió a la estrategia de la investigación de campo. Las técnicas que se utilizaron en el presente estudio fueron: Documental, Análisis y Experimental.

Documental: Análisis bibliográfico, se basó en la aplicación de la NEC, para la supervisión técnica en la construcción de un edificio de 5 pisos utilizadas para el análisis y pruebas de calidad, trabajando mediante un libro de obra diario e informes diarios llevando un correcto control mediante un diagrama de Gantt de seguimiento y un CPM.

Dentro de los conceptos que se pueden denotar está el diagrama de seguimiento el cual es una representación gráfica en porcentaje de un proceso o actividad que muestra la secuencia de pasos o acciones que deben realizarse para completar esa actividad.

Es un diagrama de flujo en el que se presentan las actividades y la dependencia entre ellas, a través de los conceptos de evento y actividad. Ruta crítica en la programación general de obra es elaborada con el programa MS PROJECT según lo afirma Asana (2024).

Análisis: Determinar el diagrama de seguimiento de las actividades propuestas, además las pruebas de calidad estructural durante todas las etapas del proceso constructivo, con el objetivo de detectar posibles fallas o deficiencias y por último monitorear el rendimiento de la mano de obra involucrada para asegurar que se sigan las prácticas y procedimientos recomendados por la NEC.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental, a saber, cómo, por ejemplo: Un cronómetro, flexómetro, cono Abrams, probetas Cilíndrica para ruptura de hormigón, un libro de obra, cámara fotográfica. Donde todos estos materiales que permiten evidenciar todo el proceso constructivo. Los instrumentos utilizados fueron ficha de observación/ ficha de revisión bibliográfica, medición y control de calidad de material, se emplearán programas como AutoCAD y Excel para realización de planificación y seguimiento de los progresos de la construcción diario.

Experimental: Se expondrá una síntesis de los ensayos realizados a los componentes y los resultados obtenidos de ellos, así como los resultados de cono de Abrams y de las roturas facilitado el valor de resistencia de hormigón aplicada en columnas y cadenas.

El enfoque cuantitativo se expresará en datos numéricos como lo puede afirmar Otero Ortega (2018), define al enfoque cuantitativo, como el proceso de investigación que se concentra en las mediciones numéricas. Utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación.

La población objeto de estudio o la unidad de análisis de esta investigación será el Proyecto Ikaria, en la cual el proyecto consiste en la construcción de un edificio de 5 pisos, el cual en la primera planta servirá para locales comerciales y las demás plantas como departamentos habitacionales. La muestra de esta investigación será la estructura que conforma la cimentación del edificio de 5 piso tales como; armado estructural de acero, muros, zapatas corridas, columnas, cadenas y contrapiso.

Resultados y discusión

El Diagrama de Gantt y el Método de la Ruta Crítica (CPM, por sus siglas en inglés) son herramientas fundamentales en la planificación y gestión de proyectos de construcción, especialmente cuando se trata de obras complejas como el proyecto Ikaria en Manta, Ecuador. Estas técnicas permiten una visión clara de las etapas del proyecto, la asignación de recursos y la optimización del tiempo y costos, elementos cruciales para asegurar el éxito en cada fase.

El Diagrama de Gantt es una herramienta gráfica que facilita la planificación y el seguimiento de las tareas a lo largo del tiempo. En el caso del proyecto Ikaria, este diagrama permitió descomponer el proceso constructivo en fases detalladas, como la excavación, cimentación, levantamiento de estructuras, instalación de servicios, y acabados. Cada fase se representó en

una línea de tiempo, indicando tanto las fechas de inicio como de finalización previstas para cada actividad.

Uno de los beneficios clave del Diagrama de Gantt es que permite a los gestores visualizar de manera inmediata el progreso del proyecto, detectando retrasos y permitiendo ajustes para mantener el cronograma. En Ikaria, el uso del diagrama ayudó a identificar los momentos críticos en los que varias actividades dependían unas de otras. Por ejemplo, la colocación de columnas y zapatas estaba estrechamente ligada a la finalización de la cimentación. Así, cualquier retraso en esta fase inicial impactaría las actividades subsiguientes. A través del Gantt, el equipo de gestión pudo asignar recursos adicionales en áreas donde se requería acelerar el trabajo, mitigando retrasos.

Además, la herramienta permitió una coordinación efectiva entre los diferentes actores del proyecto, desde arquitectos hasta obreros, facilitando la asignación adecuada de recursos humanos y materiales. La visualización de las tareas y sus plazos fue clave para mantener a todos los involucrados alineados con el plan general.

El Método CPM se utiliza para identificar las actividades más importantes de un proyecto, aquellas que, si se retrasan, afectarán el tiempo total de finalización. A través de este método, se determinó la ruta crítica del proyecto Ikaria, que involucraba actividades clave como la cimentación, el levantamiento de la estructura principal y la instalación de los sistemas eléctricos y de plomería.

El análisis del CPM en el proyecto permitió priorizar actividades que no podían sufrir demoras. Por ejemplo, si bien algunos trabajos, como los acabados o la instalación de ventanas, podían realizarse simultáneamente con otras tareas sin afectar el cronograma general, las actividades en la ruta crítica exigían atención especial. El software MS Project fue empleado para realizar este análisis, proporcionando un desglose claro de las tareas críticas y permitiendo ajustes en tiempo real.

Una de las ventajas del CPM es que, al identificar la ruta crítica, el equipo puede concentrarse en gestionar de manera más eficiente estas actividades, destinando más recursos y supervisión a aquellas que tienen el mayor impacto en el plazo de entrega. En Ikaria, por ejemplo, la gestión eficiente de la ruta crítica fue fundamental para garantizar que se cumplieran los plazos establecidos por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015), respetando las normativas de seguridad y sostenibilidad.

El uso de herramientas como el Diagrama de Gantt y el Método CPM en proyectos constructivos de gran magnitud, como el edificio Ikaria, es fundamental para garantizar una planificación y ejecución eficientes. La investigación aplicada, tal como la definen Lozada (2014) y Hernández et al. (2014), se centra en la aplicación directa de conocimientos para resolver problemas prácticos, lo que encaja perfectamente con la necesidad de gestionar proyectos complejos. En este sentido, ambas herramientas de planificación permiten abordar estos desafíos de manera sistemática.

En primer lugar, Lozada (2014) menciona que la investigación aplicada busca la generación de conocimientos con aplicación inmediata, lo que se observa en el uso del Diagrama de Gantt en Ikaria. Esta herramienta fue crucial para visualizar las etapas del proyecto y facilitar el monitoreo del avance de las actividades. Al permitir a los gerentes de proyecto observar el progreso y los posibles retrasos, se ajustaron las tareas de manera eficiente para evitar cuellos de botella que podrían comprometer la fecha de entrega. El Diagrama de Gantt también sirve para representar gráficamente el porcentaje de avance en actividades específicas, lo que permite identificar áreas que requieren una mayor asignación de recursos. Este enfoque coincide con la visión de Lozada (2014) sobre la investigación aplicada, ya que busca soluciones inmediatas y prácticas a problemas de planificación en proyectos constructivos.

El análisis de Hernández et al. (2014) sobre los estudios descriptivos es aplicable en el Método CPM, que se utilizó para identificar la ruta crítica en el proyecto Ikaria. Los estudios descriptivos, como señala Hernández et al. (2014), no buscan manipular variables, sino más bien observar y detallar las características de un fenómeno. De manera similar, el CPM no altera las actividades del proyecto, sino que observa cuáles son las tareas críticas que pueden retrasar el plazo de finalización. Al identificar las actividades clave, como la cimentación y la instalación de los sistemas de servicios, se estableció un enfoque prioritario en estas tareas para garantizar que el proyecto cumpliera con los plazos establecidos por la NEC-15 y normativas internacionales, como ACI y ASTM.

Asimismo, la integración de la NEC en el proyecto, mencionada en la introducción, subraya la importancia de los estándares técnicos y de seguridad sismorresistente, que también influyen en la planificación de proyectos urbanos. La NEC-15 es una guía clave para asegurar que los proyectos en Ecuador, como el Ikaria, cumplan con las regulaciones nacionales, lo que contribuye a una construcción más segura y sostenible. Como argumenta Asana (2024), el uso de herramientas de programación, como MS Project, permite

llevar un control adecuado de la ruta crítica del proyecto, garantizando así que las actividades que dependen unas de otras se completen a tiempo y que los requisitos de seguridad sean cumplidos.

El enfoque experimental propuesto por Otero Ortega (2018), en cuanto al análisis cuantitativo es aplicable a las pruebas de calidad realizadas durante el proceso constructivo de Ikaria. El uso de herramientas como el cono de Abrams y las probetas cilíndricas para medir la resistencia del hormigón no solo garantiza la calidad estructural, sino que también proporciona datos numéricos que permiten ajustar los procesos en tiempo real. Estos ensayos ayudan a evitar fallos estructurales y optimizan la durabilidad del edificio, alineándose con las normativas NEC y ACI, y asegurando la eficiencia en términos de recursos y tiempo.

Conclusiones

Implementar un diagrama de Gantt y CPM, el cual facilitará la planificación y el monitoreo del progreso del proyecto, asegurando que se cumplan los plazos establecidos en el proyecto. Tomando en cuenta que en análisis de las etapas del proceso constructivo se pueden detectar a través de la observación rigurosa, medición y ensayo de campo, con la ayuda de las normativas vigentes tales como, NEC-15, ACI 318-19 y ASTM donde existe el cumplimiento adecuado para en la ejecución de la obra. De la misma manera el monitoreo del rendimiento de la mano de obra permitirá identificar áreas para mejorar y garantizar la eficiencia y la calidad del trabajo realizado en obra.

Referencias Bibliográficas

ACI 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA: ACI.

ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Preparado por el Comité ACI 318.

American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint.* ASTM.

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN",*

7(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Angulo Tenorio, I. W. (2023). ***Diseño de un parque recreativo para el sector de Casa Bonita del cantón Esmeraldas***. Obtenido de Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte: http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6167

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). ***¿Cómo funciona un biodigestor?*** Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Arivabene, A. C. (2015). ***Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:.*** Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

Asana. (28 de marzo de 2024). ***Asana.*** Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

Asana. (28 de 03 de 2024). ***Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos***. Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). ***Normas de diseño geométrico de carreteras.*** Quito: Protecvía CIA.

ASTM C 805/805M-13A. (2013). ***Ensayo de esclerometro.*** American Society for Testing and Materials.

Banco Mundial. (2019). ***Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador.*** Banco Mundial.

Bastidas Caceres, J. A. (2021). La Recreación activa en el desarrollo socio afectivo de los niños del subnivel II, en la Escuela de Educación Básica General Juan Lavalle. ***Universidad Nacional de Chimborazo***, 55-68.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. ***Sustainability, 11***(1), 209.

Blanco, D., Ramírez, J., & Castellanos, J. (2018). ***EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES.*** Bucaramanga: EIEI ACOFI. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/359/357

Borsellino, L., Zufiaurre, E., & Bilenca, D. N. (2022). La investigación científica y la conservación de la biodiversidad en parques nacionales de la Argentina. ***Asociación Argentina de Ecología, 5***, 493-501.

Bravo Castro, P. I. (12 de Julio de 2021). ***Universidad de Chile.*** Obtenido de Estudio hidraulico de aguas subterraneas de la zona de Monturaqui, Salar de Atacama, Chile.

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). ***ESTRUCTURAS DE GUADÚA.*** ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

Broto, C. (2005). ***Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.*** Links.

Cabrera, M. I. (2015). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos. 16.

Campo, F. (2022). Tecnica de la investigacion. ***RAI. Revista Academica Institucional***, 1. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. ***RAI. Revista Académica Institucional, 3***(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Cañarte, G. (2016). ***Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación).*** Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Cárdenas Grisales, J. (2013). ***Diseño geométrico de carreteras.*** Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?srsltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-I4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ymJUWl

Cárdenas Mateus, J. A. (2019). Parque lineal Álamos: Proyecto urbano de espacio. ***Universidad La Gran Colombia***(5), 66-78.

Cárdenas, N. (15 de Noviembre de 2019). ***¿Cuál es la importancia de realizar un ‹estudio de suelo› para construir?*** Obtenido de UTPL Blog: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Cárdenas, N. (13 de 11 de 2019). ***¿Por qué incursionar en la creación de viviendas de interés social?*** Obtenido de noticias.utpl.edu.ec: https://noticias.utpl.edu.ec/por-que-incursionar-en-la-creacion-de-viviendas-de-interes-social

Carhuapoma Ugarte, P. A. (24 de Abril de 2023). ***Diseño del parque recreativo y la mejora de la calidad de vida del centro poblado Bustamante Reyes, Barranca, 2021***. Obtenido de Repositorio UNJFSC: http://hdl.handle.net/20.500.14067/7524

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. ***Universidad Industrial de Santander, Colombia.*** Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=-fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Cerón, L. M. (2021). ***Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico.*** Universidad de Chile.

Cevallos Sánchez, K., & Palacios, J. (2017). ***Diseño de una edificación de dos pisos con estructura metálica, utilizando vigas y columnas compuestas (acero – concreto) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].*** Repositorio digital. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

CHIGNE, A. D. (25 de marzo de 2023). ***Linked In***. Obtenido de La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad: https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Chiquito Blanca, D. G. (19 de 10 de 2022). ***Nuestra Riqueza*** . Obtenido de Nuestra Riqueza : https://www.nuestrasriquezas.com/2022/10/19/fiesta-en-la-comuna-joa-de-jipijapa/

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4° edición ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Cordova, J. (2023). ***simulacion estructural .*** Jipijapa : Todotut Constr.

Correa Abendaño, C. E., & Sempértegui Flores, D. D. (2022). ***Estratégias de Diseño Interior de Viviendas de interés Público.*** Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de dspace.uazuay.edu.ec: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12009/1/17537.pdf

Cuesta Santos, A., Delgado Fernández, M., Fleita Triana, S., & Linares Borell, M. (2023). Optimización del capital humano por innovación en procesos de gestión humana y del conocimiento. ***Scielo, 113***(1).

De La Cruz Vega, S., Pezo Morales, P., Noel, C. E., & Mendoza Flores, C. (marzo de 2022). Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada. ***Universidad, ciencia y tecnología, 26***(112), 84-94. doi:https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Delaflor, M. (2018). ***Material Alternativos; la construcción de un nuevo paradigma***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Sitio web Real Estate: http://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11360-material-alternativos-la-construccion-de-un-nuevo-paradigma

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. ***DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura***(2), 75-93. Recuperado el 04 de abril de 2022, de https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/32/28

Diaz, W. Á. (2015). Definición de la mecanica de suelos. ***Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de calculo - Tesis***, 18. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0lyqPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Dr. Mera Martinez, I. (2024). ***Análisis de agua y microbiologia de alimentos.*** Portoviejo.

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Edge. (2019). ***Software Edge.*** Obtenido de https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf

Esterlin, J. G., & Herreño, M. A. (2011). ***Metodología para el cálculo de reología e hidráulica para pozos estratigráficos profundos, usando una herramienta software (compras y well plan).*** Bucaramanga.

e-struc. (2018). ***Función estructural de las placas de anclaje***. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. ***Química viva, 11***(3), 147-170. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, J. (2021). Efectos de la recreación activa sobre la motivación intrínseca, las relaciones socio afectivas y el disfrute en niños de 9 a 12 años. . ***Repositorio Institucional Universidad de Cuenca***(23), 45-67.

Fernandez, N. V. (2020). ***Certificación de plantaciones y cadena de custodia de bambú gigante (Dendrocalamus asper) y caña guadúa (Guadua angustifolia Kunth), bajo los criterios del Forest Stewardship Council (FSC).*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10370/2/03%20FOR%20300%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Fernández, S. D. (2018). ***Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua.*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8415/1/14135.pdf

Figueroa, A., & Ávila, J. (2022). Espacios recreativos en el cantón Portoviejo. ***Revista Educare, 6***(22), 279-303.

Flores Xolocotzi, R., & Ceballos Pérez, S. G. (2022). Un estudio sobre usos recreativos en el Parque México ubicado en la Ciudad de México. ***Revistas Electrónicas, 9***(9), 23-40.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

Fuentes Delgadillo, V. H. (2021). Espacios recreativos infantiles y el desarrollo social espacial de los niños en el distrito de Ventanilla, Callao. . ***Repositorio de la Universidad César Vallejo***(9), 1-34.

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gallardo Valle, M. E., & Villamar Mera, S. J. (2022). ***Análisis de los espacios públicos recreativos en la ciudadela el Progreso en la ciudad de Portoviejo***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo : http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2646

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2015). ***Plan de ordenamiento territorial del GAD municipal de Quinindé.*** Esmeraldas.

Gonzales, D. M. (2021). ***Ingeniería sismorresistente aplicado a viviendas de albañilería estructural.*** Quito, Ecuador: Centro de Altos Estudios y Desarrollo Profesional.

Gonzáles, J. E., León , B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. ***Revista Ciencia y construcción, 4***(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Google Earth. (2024). Obtenido de Ubicación del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas.

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja "El Guayabal". ***Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32***(3), e05.

GUADUA NEC-SE, E. (s.f.). TODOTUT COSNTR. - ING BYRON LINO.

Guerrero Garay, E. L., & Delgado Pinzón, J. D. (2022). ***RESUMEN DE FALLAS EN CONEXIONES DE.*** San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7341

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2019). ***Metodología de la Investigación.*** Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. (2014). ***Metodología de la investigación (Sexta)*** (Vol. Sexta). McGrawHill.

Herrera, C. (2008). ***Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú.*** Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrero, J. (2008). ***Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.*** Jaime Marti Herrero.

Hurtado Olivera, E. R. (16 de Noviembre de 2021). *Estrategia de gestión urbana en los parques que optimicen la convivencia y seguridad ciudadana.* Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia: http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11195

Instituto del Agua . (2024). *Recursos Hídricos del Ecuador: Un Tesoro de Agua en el Corazón de América Latina.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.* Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad.* Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INVE. (22 de 06 de 2006). *Sección 200 - Agregados Pétreos.* Obtenido de https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf

Johnson, P., & Brown, T. (2022). *Statistical methods for engineering applications.* Tech Publishers.

Juliao Vargas, C., Sánchez Roa, I. J., & Reina Monrroy, J. L. (2023). Los Parques: su uso como indicador de salud y calidad de vida. *Retos*(48), 24-33.

Lino, J. (2020). *Análisis dinámico de una residencia universitaria de dos plantas utilizando caña guadua como elemento estructural, ubicado en los predios de la Unesum.* Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2273/1/LINO%20QUIROZ%20JOSE%20RAMON.pdf

Lozada. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria* (Universidad Tecnológica Indoamérica ed., Vol. 3). Quito, Pichincha, Ecuador: CIENCIAMÉRICA,. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). *PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL.* Paraná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). *GESTION DIGITAL*. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Massolo, L. (2015). ***Introducción a las herramientas de gestión ambiental.*** Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Matute, M. (2016). ***Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala.*** Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

Menéndez, W. (2021). ***Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa.*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*** (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

MIDUVI. (2022). ***Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal.*** Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). ***nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022.*** Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-HS-AU-Accesibilidad-Universal.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Madera.*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK).*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MINUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones. (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). ***NEVI-12. Vol. N° 3: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.*** Técnico, Quito, Ecuador.

Molina, C. A. (15 de febrero de 2024). ***Alternativa de diseño de vivienda de interés social para superar el déficit habitacional en el cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6101

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Napoleón Burbano, S. B. (2015). ***Introduccion a la hidrogeologia del Ecuador .*** Quito.

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2014). ***AGUA POTABLE. REQUISITOS.*** Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). ***Gestión de Residuos Sólidos Municipales***. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. ***Producción+ Limpia, 15***(2), 71-91.

Otero Ortega, A. (2018). ***Enfoques de investigación: Métodos para el Diseño Urbano Arquitectonico.*** Obtenido de . https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf

Palmer, E. (2023). ***Propuesta de criterios de sostenibilidad para el diseño de una vivienda multifamiliar en chachapoyas a nivel de certificación Edge.*** Chachapoyas. Obtenido de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3283/Palmer%20Cruz%2C%20Edinson%20Ronaldo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parrales, C., & Castro, J. L. (2020). Influencia de los espacios recreativos en el desarrollo territorial. ***Dominio de las Ciencias, 6***(2), 525-538.

RAS. (2000). ***Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Realia. (2023). ***Vivienda de interés social***. Obtenido de www.realia.es: https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social

Rivera, L. (2022). Los parques urbanos como indicadores de calidad de vida, símbolos de bienestar y espacios de uso recreativo. ***Redalyc.org, 16***(27), 215-237.

Rodrigo, C. C., & Gabriela, M. R. (2020). ***Desarrollo de herramienta computacional para el cálculo y sensibilidad de la hidraulica básica de un pozo petrolero.*** Mexico.

Rodrigues. (29 de julio de 2024). ***Hubspot.es.*** Obtenido de https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). ***iagua***. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas Velez, J. C. (2019). Propuesta de diseño de parque lineal para el oerfil costero del centro consolidado del cantón Jama-Manabí. ***Universidad Laica Elou Alfaro de Manabí, 2***(4), 83-90.

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Rotoplas. (2021). ***Biodigestor Rotoplas***. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Rueda Rodríguez, S. (2020). Importancia de los espacios y ambientes lúdicos y recreativos en los descansos de los estudiantes de Básica primaria. ***Los Libertadores, 9***, 55-72.

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Sanchez, K. V. (2017). ***DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO VIGAS Y COLUMNAS COMPUESTAS (ACERO – CONCRETO).*** Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. ***Creative Commons*** . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Soledispa, L. (2022). ***Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción en el sitio joa cantón jipijapa.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/75536

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños viales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Sumba Buenaventura, V. A. (2020). ***Análisis de espacios públicos recreativos en el casco urbano del Cantón Chone***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1687

Suquillo-Ronquillo, B., Cabrera-Álvarez, E., Chacón-Sánchez, J., & Mayacela-Rojas, M. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. ***Investigación Y Desarrollo, 16***(1). doi:https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. ***Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3***(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). ***Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*** (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Tirado, M. N. (2021). ***Manual para el diseño de anclajes al concreto segun ACI318-19.*** Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Obtenido de https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1690

Tomeo, F., Sellanes, G., & Alonzo, A. (06 de 2008). ***Materiales Alternativos.*** Obtenido de construccion3.weebly.com: http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf

TULSMA. (2000). ***REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.*** Ecuador.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). ***Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.***

Universidad Mayor San Simón, F. d. (2008). ***Manual Completo Diseño de Pavimentos.*** Manual , Cochabamba.

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. ***Revista Digital Novasinergia, 4***(1), 53-73. Recuperado el 04 de abril de 2022, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf

Velasquez Chigne, A. D. (2023 de 03 de 25). ***La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad***. Obtenido de https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Vera, R. F. (2024). ***Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Viera, P. (2017). ***Proyectos de Viviendas con Materiales Alternativos***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Construcciones UCE: https://construccionesuce.wordpress.com/2017/06/21/proyectos-de-viviendas-con-materiales-alternativos/

Villarreal, R. E. (2017). ***La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el principio constitucional del buen vivir.*** Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

Vivienda, M. d. (2017). ***ESTRUCTURAS DE GUADUA GAK.*** Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). doi:NEC-SE-GUADUA

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 14

Diseño de una conexión soldada cimentación-columna RCFT mediante elementos finitos en pórticos especiales a momento SMF, utilizados en Ecuador

AUTORES: David Joel Suárez Reyes; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza

SABER**EC 5.0**

Diseño de una conexión soldada cimentación-columna RCFT mediante elementos finitos en pórticos especiales a momento SMF, utilizados en Ecuador

Design of a welded connection foundation-column RCFT using finite elements in special moment frames (SMF) used in Ecuador

Resumen

La presente investigación titulada "diseño de una conexión soldada cimentación-columna RCFT mediante elementos finitos en pórticos especiales a momento SMF, en donde trata la problemática en cuanto a las consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta para obtener una resistencia adecuada en el diseño de la conexión cimentación-columna en pórticos especiales a momento que garantice la seguridad estructural de las edificaciones. El objetivo principal de esta investigación es diseñar la conexión soldada cimentación-columna RCFT mediante elementos finitos en pórticos especiales a momento SMF utilizados en Ecuador basados en las normas AISC 341, AISC 358, AISC 360 y NEC 15. Para el análisis de datos se emplearon software como el ETABS 19 y el IDEA StatiCa, aplicando la metodología experimental, en el primero se realizó el diseño de pórticos SMF y posteriormente con los datos obtenidos de este programa se realizó el diseño de la placa base en el IDEA StatiCa, programa usado para el diseño de conexiones mediante el método de elementos finitos. Los resultados obtenidos en el programa IDEA StatiCa en cuanto al diseño de la conexión soldada cimentación-columna brindan seguridad y confianza, en donde se logró obtener secciones de placa base, diámetro y longitud de anclaje y espesor de soldadura que cumplieron con las condiciones de cargas con mayor demanda obtenidas de análisis estructural en ETABS.

Palabras claves: placa base, pórtico SMF, IDEA StatiCa, ETABS, normas técnicas.

Abstract

The present research titled 'Design of a Welded Foundation-Column RCFT Connection Using Finite Elements in Special Moment Frames (SMF)' addresses the issues related to the technical considerations that must be taken into account to achieve adequate strength in the design of the foundation-column connection in special moment frames that ensures the structural safety of buildings. The main objective of this research is to design the welded foundation-column RCFT connection using finite elements in special moment frames (SMF) used in Ecuador, based on the AISC 341, AISC 358, AISC 360, and

NEC 15 standards. Software such as ETABS 19 and IDEA StatiCa were used for data analysis, applying an experimental methodology. In the first program, the SMF frames were designed, and then with the data obtained from this program, the base plate design was carried out in IDEA StatiCa, a program used for connection design using the finite element method. The results obtained in IDEA StatiCa regarding the design of the welded foundation-column connection provide safety and confidence, where base plate sections, anchor diameter and length, and weld thickness were achieved that met the load conditions with the highest demand obtained from structural analysis in ETABS.

Keywords: base plate, SMF frame, IDEA StatiCa, ETABS, technical standards.

Introducción

Según León Escobedo & Trueba Albino (2020), expresaron que el terremoto de 1994 en Northridge, California, causó inesperadas fallas en uniones de acero soldadas lo que produjo un proceso de controversias y estudios en los estándares y guías de diseño para uniones de acero ante fuerzas sísmicas. Este evento despertó el interés de nuevos investigadores por indagar y profundizar en hipótesis y generalizaciones existentes, que se esconden en la elección ciertos tipos de conexiones, en donde se expusieron nuevos estudios para que sirvan de guía y recomendaciones en el diseño de conexiones.

En su proyecto de titulación Borbor & Panchna (2020), sostiene que Ecuador se ubica dentro del Cinturón de Fuego, debido a esto su actividad sísmica es elevada teniendo como evidencia el terremoto de 1906, que alcanzó una magnitud de 8.8, siendo uno de los sismos más grandes conocidos en la historia. El último sismo con magnitud 7.8 suscitado el 16 de abril del 2016 en la ciudad de Pedernales, provincia de Manabí dejó al descubierto ciertos problemas relacionados al diseño sismo resistente en el país.

Saavedra (2024), afirma en su trabajo de titulación "Metodología unificada de diseño de placa base y pedestales para estructuras de acero industriales" que las placas bases son elementos fundamentales para el diseño de las estructuras metálicas, puesto que estas son las responsables de transmitir las cargas de las columnas a los pedestales.

El Ingeniero Civil García (2018), señala en el artículo "Evolución de las conexiones en pórticos a momentos" que los pórticos resistentes a momentos son uno de los sistemas en ediciones de acero que tienen más versatilidad en la construcción y menos cantidad de componentes, solo columnas y vigas, por lo que su uso es muy común en edificaciones e industrias. La conexión es

uno de sus componentes con mayor cuidado, permitiendo la acción conjunta de la estructura, también aporta la resistencia y rigidez necesaria en la viga permitiendo la deformación inelástica para liberar la energía producida por el sismo.

En los últimos años las estructuras de acero han ganado popularidad en proyectos arquitectónicos, poseen muchos beneficios en relación a las estructuras de hormigón armado, como la de vencer grandes luces, los elementos poseen menor sección, entre otros. Estas estructuras deben ser unidas por medio de conexiones a través de pernos y soldadura. El mal diseño de las conexiones puede ocasionar fallas en la estructura provocando el colapso de la mismo, es así que se planteó que el diseño óptimo de la conexión soldada cimentación-columna RCFT en pórticos especiales a momento SMF usados en Ecuador mediante el método de Elementos Finitos, permitirá obtener una conexión eficiente, garantizando una resistencia adecuada de las edificaciones cuando se aplican las condiciones sísmicas que existente en el Ecuador.

Materiales y métodos

La investigación se realizó considerando la caracterización de la ciudad de Jipijapa tomando datos como el tipo de suelo y zonificación sísmica, datos requeridos para el análisis sísmico de la estructura. Mediante el diseño experimental que se aplicó para esta investigación, permitió emplear herramientas que ayudó a la recolección de datos para el diseño de la estructura metálica y conexión de placa base, así mismo para el análisis en software por medio del método de elementos finitos.

Ortiz (2019), en la revista “Incidencia del clima organizacional en la productividad laboral en instituciones prestadoras de servicios de salud” explicó que los estudios de investigación de tipo correlacional, tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular.

Para este proyecto según el nivel de profundidad fue de tipo correlacional en vista de que para realizar el estudio se requiere contar con bases de conocimiento apoyados y fuentes bibliográficas sobre el diseño estructural y así posteriormente se procede a recurrir a fuentes bibliográficas complementarias.

Para Hernández et al. (2014), autores de “Definiciones de los enfoques Cuantitativo y cualitativo, sus Similitudes y diferencias” el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos.

Por medio del enfoque cuantitativo se siguieron realizaron los pasos para el diseño de pórticos SMF y también de placa base. Una vez se obtuvieron los resultados del análisis estructural, se logró realizar el diseño de la conexión cimentación-columna.

En base a otros autores, Robles (2019), define la población como objeto de estudio en una investigación, es el conjunto total de elementos de interés y la muestra un subconjunto de la población.

Para el proyecto se determinó como población las estructuras metálicas, puesto que son el objeto donde se enfocó el estudio y también se determinó como muestra de la investigación la conexión entre la cimentación y la columna de los pórticos SMF con mayor carga axial y momento.

De acuerdo con Caro (2020), las técnicas de recolección de datos son mecanismos e instrumentos que se utilizan para reunir y medir información de forma organizada y con un objetivo específico. Cada una de estas técnicas permite recopilar información de diferente tipo.

Para desarrollar este tipo de estudio se utilizó la técnica de recolección de datos en bases bibliográficas sobre diseño y especificaciones técnicas para la construcción en hormigón, estructuras metálicas, conexiones, soldadura, etc.

Según Sánchez et al. (2021), afirman que entre los instrumentos de recolección de información se recalcan la guía de observación, diario del investigador, artefactos, etc. En relación al análisis y procesamiento de la información indagada se enfatizan la inducción analítica, método comparativo constante, codificación, análisis de contenido y análisis del discurso, etc.

Los instrumentos que se utilizaron para el cumplimiento de la investigación fueron las normas técnicas del AISC y NEC-15, Autodesk Civil 3D, Word, Excel y Software de análisis estructural.

Finamente las técnicas para procesar y analizar los datos que se usaron fueron la observación y revisión bibliográfica. Se realizó el calcular el prediseño de viga, columna y placa base, posteriormente estos datos se analizaron en el software ETABS 19 y software IDEA StatiCa donde se obtuvieron los resultados buscados

Resultados y discusión

Materiales y propiedades

Tabla 34.

Materiales y propiedades usadas en el diseño estructural de las edificaciones.

Material	Acero ASTM A36	Hormigón f'c 210	Acero ASTM A653 G90
Uso	Vigas, columnas, placa base	Losa de compresión, columnas, pedestal	Losa de compresión
Propiedades	Fy = 2530 Kg/cm^2 Fu = 4080 Kg/cm^2 Es = 2100000 Kg/cm^2	f'c = 210 Kg/cm^2 Ec = 218820 Kg/cm^2	Fy = 2600 Kg/cm^2

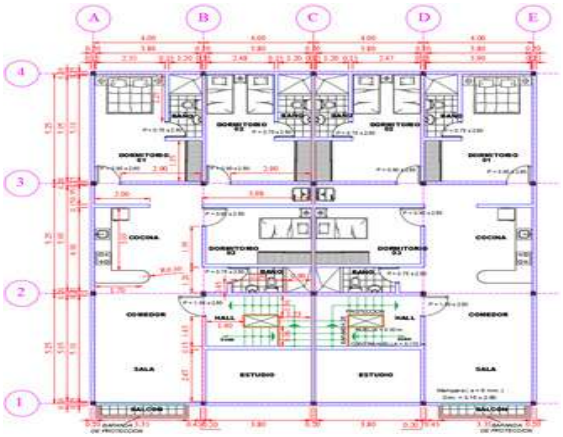
Nota. En la tabla se detallan el tipo de material con sus propiedades y en que elemento se usa.

Configuración arquitectónica del edificio de acero

Edificio residencial de 4 plantas de 3.00 m de entrepiso y cubierta metálica, con un área de construcción de 1033.18 m^2, la altura total de la edificación es de 12.00 m. A continuación, se muestra la vista en planta:

Figura 28.

Planta arquitectónica de un edificio de uso residencial de cuatro plantas.



Nota. En la figura se evidencia la distribución de las áreas del edificio y sus respetivas cotas.

Predimensionamiento

Losa colaborante.

Para este caso de estudio se optó por emplear una losa colaborante o steel deck para la distribución de las cargas a los otros elementos estructurales. Para el predimensionamiento de los elementos que componen la losa se tomó como referencia las especificaciones de un catálogo proporcionada por el fabricante, como se muestra a continuación:

Tabla 35.

Propiedades del panel metálico y la sección compuesta de la losa colaborarte.

Propiedades de la sección simple Novalosa 55mm					
Espesor Novalosa (mm)	Peso (Kg/m2)	Ie+ (cm4/m)	Se+ (cm3/m)	Se- (cm3/m)	As (cm2/m)
0.76	7.47	36.89	11.46	12.81	9.03
1.00	9.82	52.38	16.76	18.84	12.02
Propiedades de la sección compuesta Novalosa 55mm					
Espesor Novalosa (mm)	Espesor losa {a} (cm)	Volumen Hormigón(m3/m2)	Peso hormigón (Kg/m2)	Id {b} (cm4/m)	>sMno {c} (Ton.m)
0.76	5	0.07491	179.8	593.57	0.950
	6	0.08491	203.8	773.98	1.109
	8	0.10491	251.8	1238.75	1.442
	10	0.12491	299.8	1861.98	1.789
	12	0.14491	347.8	2667.20	2.145
	14	0.16491	395.8	3677.76	2.508
	16	0.18491	443.8	4916.88	2.875

Nota. Espesor de losa Deck y propiedad según el catálogo del fabricante. Novalosa

Cargas de diseño

Para los pisos 1,2 y 3 se considera una carga muerta de 582.00 kg/cm^2 donde se incluye (panel metálico, hormigón sobre deck, mampostería, cielo raso, acabado de piso, instalaciones, enlucido y masillado), una carga viva de 200.00 kg/cm^2 como lo indica la norma NEC-15 (edificios de uso residencial). Para la cubierta metálica una carga muerta de 17.47 kg/cm^2 y una carga viva de 70.00 kg/cm^2. Por último, para la escalera una carga muerta de 35.00 kg/cm^2 y una carga viva de 200.00 kg/cm^2 según criterios técnicos y normativos.

Prediseño viga secundaria

Previo al predimensionamiento se asume el número de vigas secundarias (LVS) repartidas en la viga principal de mayor luz (LV), para este modelo se considera 3 vigas con una longitud de 4.00 m con un ancho tributario (At) de 1.31 m y, con un espacio entre vigas (s) de 1.31 m.

Tabla 36.

Proponer secciones.

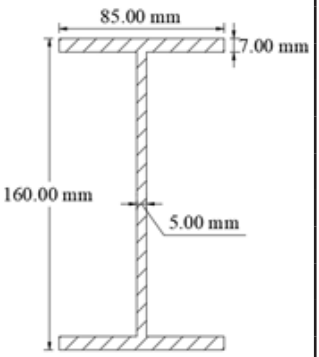
Secciones propuestas y propiedades		
Peralte (hw)=	160.00 mm	Viga secundaria 85x7-160x5
Patín (bf)=	85.00 mm	
e alma (tw)=	5.00 mm	
e patín (tf)=	7.00 mm	
As=	1920.00	
Ix=	8265760.00	
Iy=	718000.00	
Sx=	103322.00	
Sy=	16894.12	
Zx=	117680.00	
Zy=	27112.50	
rx=	65.61 mm	
ry=	19.34 mm	

Tabla 37.

Límite de la relación ancho-espesor del patín y el alma de la viga secundaria.

Razón ancho-espesor		**Limite**		
Patín (AISC 341-16)	$\frac{bf}{tf} = 6.07$	>hd	$0.32 * \sqrt{Es/Ry * Fy} = 8.09$	AAMENTE DUCTIL
Alma (AISC 360-16)	$\frac{hw}{tw} = 29.20$	>p	$3.76 * \sqrt{Es/Fy} = 108.33$.	COMPACTO

Nota. En viga secundarias la relación ancho-espesor del patín debe ser altamente dúctil según la tabla D1.1 del AISC 341-16 y la tabla B4.1b del AISC 360-16.

Prediseño viga principal

Para el prediseño se escoge la viga principal (LV) con mayor luz la cual es de 5.25 m, como las vigas secundarias descansan sobre la principal se toman en cuenta los datos obtenidos del prediseño de la viga secundaria.

Tabla 38.

Proponer secciones.

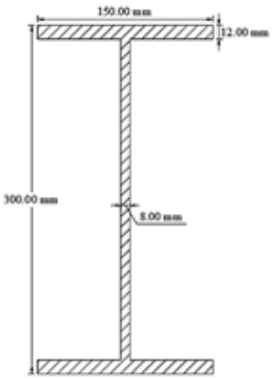
Secciones propuestas y propiedades		
Peralte (hw)=	300.00 mm	Viga principal 150x12-300x8
Patín (bf)=	150.00 mm	
e alma (tw)=	8.00 mm	
e patín (tf)=	12.00 mm	
As=	5808.00	
Ix=	88709184.00	
Iy=	6761776.00	
Sx=	591394.56	
Sy=	90157.01	
Zx=	670752.00	
Zy=	143832.00	
rx=	123.59 mm	
ry=	34.12 mm	

Tabla 39.

Límite de la relación ancho-espesor del patín y el alma de la viga principal.

Razón ancho-espesor			**Limite**	
Patín (AISC 341-16)	$\frac{bf}{tf}.6.25$	>hd	$0.32*\sqrt{Es/Ry*Fy}=8.09$	ALTAMENTE DUCTIL
Alma (AISC 341-16)	$\frac{hw}{tw}=34.60$	>hd	$2.57*\sqrt{Es/Ry*Fy}=64.94$	ALTAMENTE DUCTIL

Nota. En viga principal el patín y el alma deben ser altamente dúctil según la tabla D1.1 del AISC 341-16

Prediseño columna compuesta

Para la columna compuesta se realiza el prediseño bajo los criterios del diseño a compresión, se debe considerar las longitudes de las vigas principales conectadas a la columna para obtener el área tributaria y así obtener la resistencia ultima a la compresión de la columna RCFT

Tabla 40.

Proponer secciones.

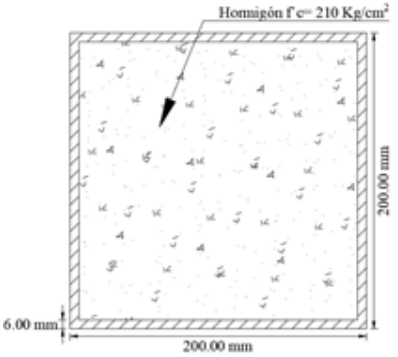
Secciones propuestas y propiedades		
Base (b)=	200.00 mm	Columna RCFT 200x6-200x6
Altura (h)=	200.00 mm	
Espesor (t)=	6.00 mm	
As=	4656.00	
Ac	35344.00	
Asr	0.00	
Ix=	29233472.00	
Iy=	29233472.00	
Zx=	338832.00	
Zy=	338832.00	
rx=	79.24 mm	
ry=	79.24 mm	

Tabla 41.

Límite de la relación ancho-espesor de la base y la altura de la columna compuesta.

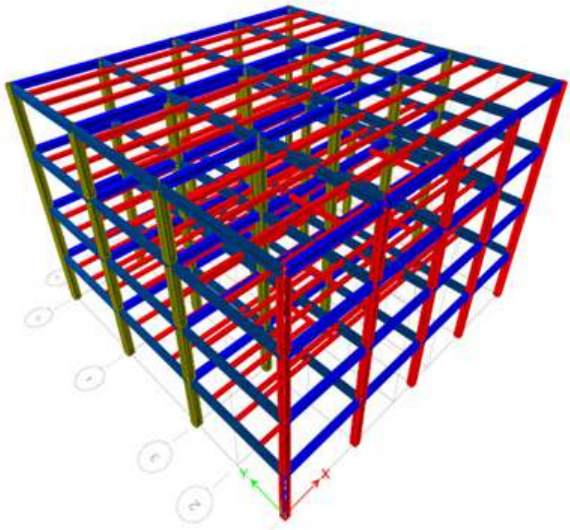
	Razón ancho-espesor	**Limite**		
Base y altura (AISC 341-16)	$\frac{b}{t} o \frac{h}{t} = 31.33$	>hd	$1.48 * \sqrt{Es/Ry * Fy} = 37.40$	ALTAMENTE DUCTIL
Base y altura (AISC 360-16)	$\frac{b}{t} o \frac{h}{t} = 31.33$	>p	$2.26 * \sqrt{Es/Fy} = 65.11$	COMPACTO

Nota. Para columnas compuestas la razón ancho-espesor según el AISC 341-16 debe ser altamente dúctil y para el AISC 360-16 deber ser compacta tanto en base y altura.

Modelación en ETABS-19 y verificación de resultados

Figura 29.

Modelo estructural del edificio en ETABS.



Nota. Elementos estructurales columnas (rojo, marón), vigas secundarias (rojo) y vigas principales (azul) modelados en el software ETABS 19

Secciones finales

Tabla 42.

Secciones obtenidas en el análisis estructural, cumpliendo los requerimientos de diseño.

Viga Secundaria		Viga Principal		Columna Compuesta	
Peralte (hw)=	160.00 mm	Peralte (hw)=	300.00 mm	Base (b)=	300.00 mm
Patín (bf)=	85.00 mm	Patín (bf)=	170.00 mm	Altura (h)=	300.00 mm
e alma (tw)=	5.00 mm	e alma (tw)=	8.60 mm	Espesor (t)=	10.00 mm
e patín (tf)=	7.00 mm	e patín (tf)=	13.50 mm		

Nota. En base a la modelación y análisis en ETABS se llegó a las seccione finales.

Tabla 43.

Geometría de la sección reducida (Reduced Beam Section - Viga de Sección Reducida).

Valor mínimo	$0.5*b_{bf} \leq a \leq 0.75*b_{bf}$	*Valor máximo*
0.5*170.00 mm=85.00 mm	0.56*170.00=95.20 mm	0.75*170.00 mm=127.50 mm
Valor mínimo	0.65*d≤b≤0.85*d	Valor máximo
0.65*300.00 mm =195.00 mm	0.65*300.00 mm =195.00 mm	0.85*300.00 mm =255.00 mm
Valor mínimo	0.1*b_bf≤c≤0.25*b_bf	Valor máximo
0.1*170.00 mm=17.00 mm	0.22*170.00=37.40 mm	0.25*170.00 mm=42.50 mm

Chequeos estructurales

Tabla 44.

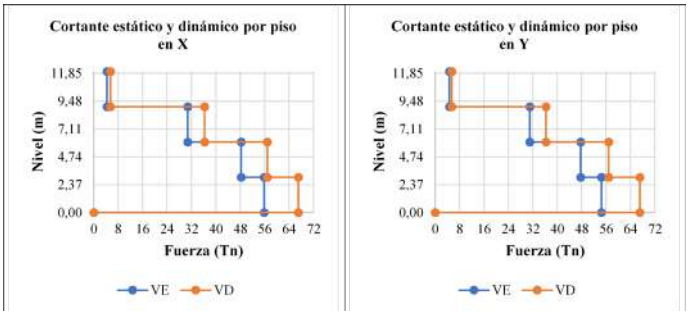
Verificación de cortante dinámico y estático.

Sentido	Cortante Estático Ve (Tn)	Cortante Dinámico Vd (Tn)	NEC-SE-DS Vd = 80%Ve (Tn)	Verificación Vd > 80% Ve
X	67.039	55.818	53.63	OK
Y	67.039	54.489	53.63	OK

Nota. Se debe garantizar que el cortante dinámico debe ser mayor al 80% del córtate estático.

Figura 30.

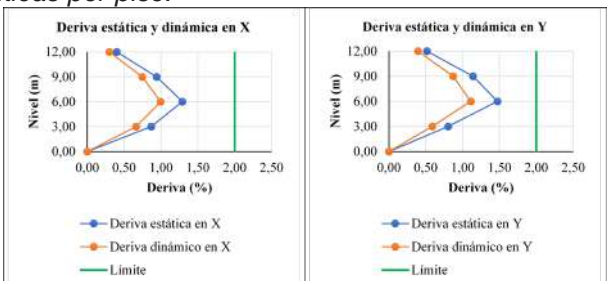
Fuerza cortante estática y dinámica por piso.



Nota. Diferencia entre el cortante estático y dinámico en el sentido X y Y en cada piso.

Figura 31.

Derivas inelásticas por piso.



Nota. Diferencia entre la deriva estático y dinámico en el sentido X y Y en cada piso.

Tabla 45.

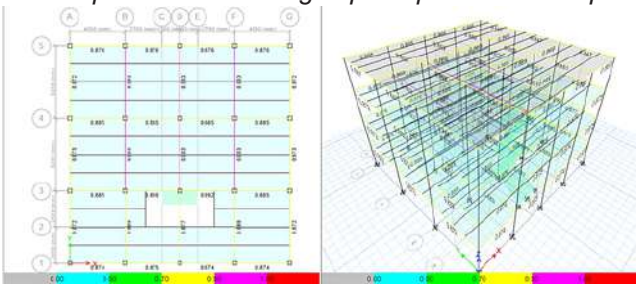
Verificación de los modos de vibrar mediante el porcentaje de rotación en cada modo del modelo 2.

Rotación en planta								
Case	Mode	Periodo (seg)	RX	RY	RZ	∑R	%Rtotal	Tipo
MODAL	1	0.58	0.2282	0	0	0.23	0.00%	Traslación
MODAL	2	0.55	0	0.2005		0.20	0.35%	Traslación
MODAL	3	0.51	0	3.00E-04		0.83	99.96%	Rotación

Nota. Apreciación del cumplimiento de la normativa en los primeros modos de la estructura (traslación)

Figura 32.

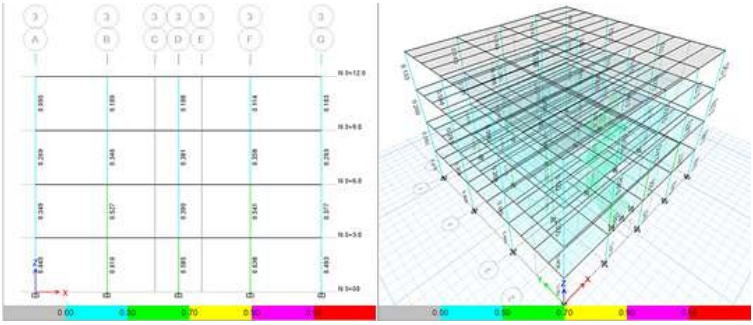
Relación demanda-capacidad de las vigas principales-vista en plata y 3D.



Nota. Apreciación del radio (D/C) de las vigas principales con un máximo del 90%.

Figura 33.

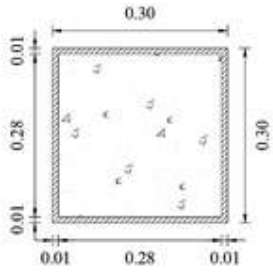
Relación demanda-capacidad de las columnas RCFT-vista en elevación y 3D.



Nota. Apreciación del radio (D/C) de las columnas con un máximo del 63%.

Tabla 46.

Diseño de placa base según el AISC Design Guide - Base Plate And Anchor Rod Design.

Datos:		
Base (b)=	300.00 mm	
Altura (h)=	300.00 mm	
Espesor (t)=	10.00 mm	
As=	11600.00	
Ac=	78400.00	
Pu=	75744.00 Kg	
Mu=	759500 Kg-cm	

1. Proponer dimensiones N y B de la placa base

N > d+(2 * 3 in)

N > 30.00 cm+(15.24 cm)= 45.24 cm ≈ 46.00 cm

B > bf+(2 * 3 in)

B > 30.00 cm+(15.24 cm)=45.24 cm ≈ 46.00 cm

2. Proponer secciones para el pedestal

Se asumo que el área del pedestal tiene que ser 2 veces el área de la placa base, entonces:

$$A2 = 2*A1$$

$$A2 = 2*\left(46.00\ cm*46.00\ cm\right) = 4232.00\ cm^2$$

$NP > \sqrt{A2}$	$BP > \sqrt{A2}$
$NP > \sqrt{4232.00\ cm^2} = 65.05\ cm \approx 66.00\ cm$	$BP > \sqrt{4232.00\ cm^2} = 65.05\ cm \approx 66.00\ cm$

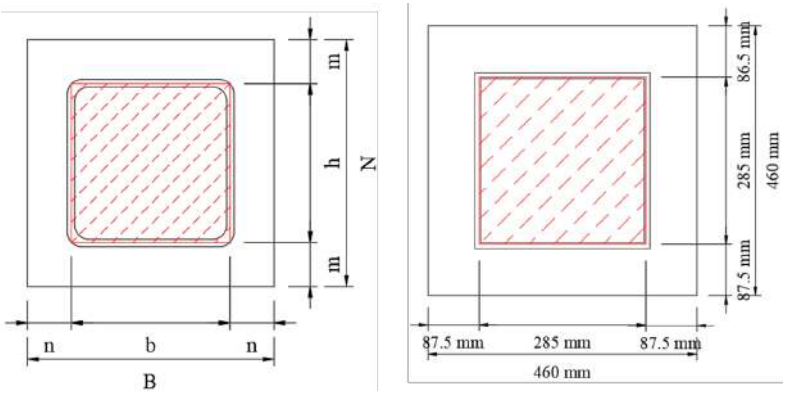
3. Calcular la longitud de voladizo m y n de la placa base

$$m = \frac{\left(N - 0.95*h\right)}{2} \qquad n = \frac{\left(B - 0.95*b\right)}{2}$$

$$m = \frac{(46.00\ cm - 0.95 * 30.00\ cm)}{2} = 8.75\ cm \qquad n = \frac{(46.00\ cm - 0.95 * 30.00\ cm)}{2} = 8.75\ cm$$

Figura 34.

Secciones de placa base propuesto para el prediseño.



Nota. La figura muestra las secciones de la placa base y la longitud del voladizo n y m.

4. Determinar la excentricidad equivalente

$$e_u = \frac{Mu}{Pu} = \frac{759500.00\ kg-cm}{75744.00\ kg} = 10.027\ cm$$

5. Determinar la excentricidad critica $^{e}{}_{Kern}$

$$e_{Kern} = \frac{N}{6} = \frac{46.00\ cm}{6} = 7.667\ cm$$

6. Verificar la relación de excentricidades para verificar a que condición pertenece

$e_u \le e_{Kern} \rightarrow Momeo\ pequeño.$ $10.027\ cm \le 7.667\ cm$ NO	$e_u > e_{Kern} \rightarrow Momento\ grande.$ $10.027\ cm > 7.667\ cm$ **SI**

Nota. Para ese caso se procede realizar el prediseño de placa base para Momento Grande.

7. Calcular la resistencia del hormigón

$$P_p = 0.85*f'c*A1*\sqrt{\frac{A2}{A1}} = 0.85*210\frac{Kg}{cm^2}*\left(2116\ cm^2\right)*\sqrt{\frac{4356.00\ cm^2}{2116.00\ cm^2}} = 541926.00\ Kg$$

$$f_p = 1.7*f'c*\phi = 1.710.00\frac{Kg}{cm^2}*0.60 = 214.20\ \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\phi_c*\frac{P_p}{A1} = 0.6*\frac{541926.0Kg}{2116.00\ cm^2} = 153.67\ \frac{Kg}{cm^2} \quad \le . \quad f_p = 214.20\ \frac{Kg}{cm^2}$$

Determinar la distancia entre el centro del perno en tensión y la presión máxima de la distribución de presiones

$$N' = N - 1.5\ in = 46.00\ cm - 3.81\ cm = 42.19\ cm$$

Calcular la longitud cortante

$$A' = \frac{N}{2} - 1.5\ in = \frac{46.00\ cm}{2} - 3.81\ cm = 19.19\ cm$$

$$f' = \frac{f_p * B * N'}{2} = \frac{214.20\ \frac{Kg}{cm^2} * 46.00\ cm * 42.19\ cm}{2} = 207853.25\ \frac{Kg - cm}{cm}$$

$$A = \frac{f' \pm \sqrt{f'^2 - 4\left(\frac{f_p * B}{6}\right) * (Pu * A' + Mu)}}{\frac{f_p * B}{3}}$$

$$A = 114.83\ cm \qquad \boldsymbol{A = 11.74\ cm}$$

Nota. se escoge el menor valor

8. Calcular la fuerza resultante de tensión de perno

$$T = \frac{f_p * A * B}{2} - Pu = \frac{214.20\ \frac{Kg}{cm^2} * 11.74\ cm * 46.00\ cm}{2} - 75744.00\ kg = -17929.85\ Kg$$

Determinar el esfuerzo de flexión

$$f_{p(m)} = f_p * \frac{A - m}{A} = 214.20\ \frac{Kg}{cm^2} * \frac{11.74\ cm - 8.75\ cm}{11.74\ cm} = 54.49\ \frac{Kg}{cm^2}$$

Calcular los momentos críticos de la placa base

$$M_{u\ pl} = \frac{f_{p(m)} * m^2}{2} + \frac{\frac{2}{3} * f_p - f_{p(m)} * m^2}{2}$$

$$M_{u\ pl} = \frac{54.49\ \frac{Kg}{cm^2} * (8.75\ cm)^2}{2} + \frac{214.20\ \frac{Kg}{cm^2} - 54.49\ \frac{Kg}{cm^2} * (8.75\ cm)^2}{2} = 6161.84\ \frac{Kg - cm}{cm}$$

$$M_{u\ pl} = \frac{T * (m - 1.5\ in)}{2 * (m - 1.5\ in)} = \frac{-17929.85\ Kg * (8.75\ cm - 3.81\ cm)}{2 * (8.75\ cm - 3.81\ cm)} = -8964.92\ \frac{Kg - cm}{cm}$$

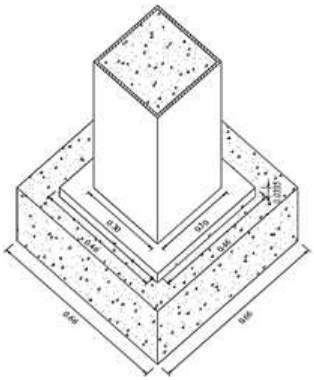
Nota. se escoge el máximo valor

Calcular el espesor requerido para la placa base

$$t_p = \sqrt{\frac{4*M_{u\,pl}}{\phi*Fy}} = \sqrt{\frac{4*6161.84\,\frac{Kg-cm}{cm}}{0.9*2530.00\,\frac{Kg}{cm^2}}} = 3.29\ cm \approx 3.35\ cm$$

Figura 35.

Modelo 3D de la cimentación para la columna analizada.

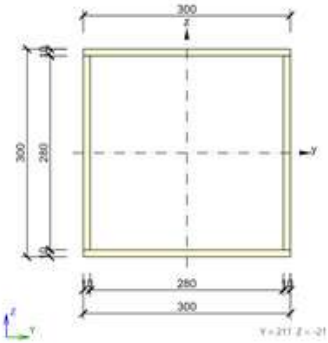


Nota. Secciones de placa base y pedestal

Diseño de placa base en el software IDEA StatiCa

Figura 36.

Definición de las secciones de columna.



Nota. Se define la columna con las secciones finales obtenidas del análisis estructural en ETABS

Figura 37.

Definición de secciones de la placa base, anclajes, soldadura y bloque de cimentación.

Nota. En la parte de operación en el programa IDEA StatiCa se definen todos los elementos de la conexión

Tabla 47.

Exportación de cargas obtenida del ETABS para el diseño en el IDEA StatiCa.

Story	Column	Unique Name	Output Case	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
N 0+3.0	C9	10	DIS 01	-594.8182	-0.3492	0.8412	0	1.882	-0.3385
N 0+3.0	C9	10	DIS 02	-742.7998	0.1863	1.5807	0	3.0054	0.1806
N 0+3.0	C9	10	DIS 03	-700.9935	40.1761	-2.1855	0	-3.7809	74.2675
N 0+3.0	C9	10	DIS 04	-609.8893	-40.1677	4.7022	0	8.7475	-74.2594
N 0+3.0	C9	10	DIS 05	-737.0922	16.6195	26.1624	0	64.4342	17.4432
N 0+3.0	C9	10	DIS 06	-573.7906	-16.611	-23.6457	0	-59.4676	-17.435
N 0+3.0	C9	10	DIS 07	-427.9352	39.9474	-2.9031	0	-5.0543	74.0458
N 0+3.0	C9	10	DIS 08	-336.831	-40.3964	3.9846	0	7.4741	-74.4811
N 0+3.0	C9	10	DIS 09	-464.034	16.3908	25.4448	0	63.1608	17.2215
N 0+3.0	C9	10	DIS 10	-300.7323	-16.8397	-24.3633	0	-60.741	-17.6567

Nota. Se identifica la columna más solicitada para realizar el diseño

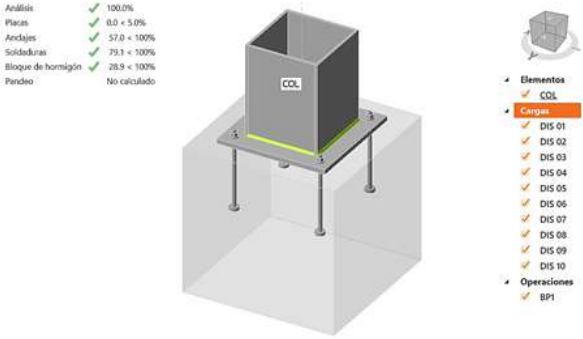
Figura 38.

Cargas de diseño obtenidas de los combos definidos en ETABS.

Nota. En la parte de cargas en el programa IDEA StatiCa se aprecian las fuerzas axiales, cortantes y momentos.

Figura 39.

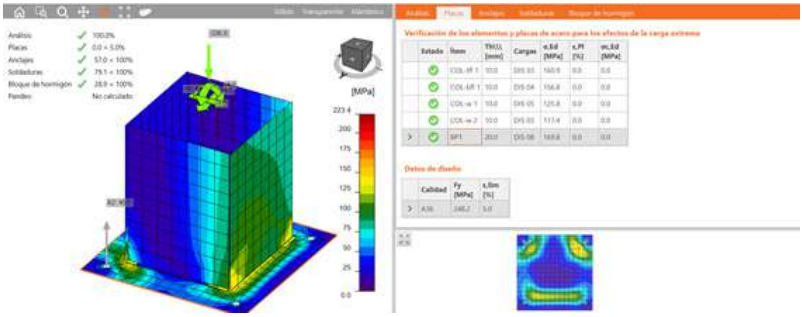
Resumen del análisis de los elementos de la conexión en el programa IDEA StatiCa.



Nota. El resumen ayuda a verificar el porcentaje en el que trabaja cada elemento.

Figura 40.

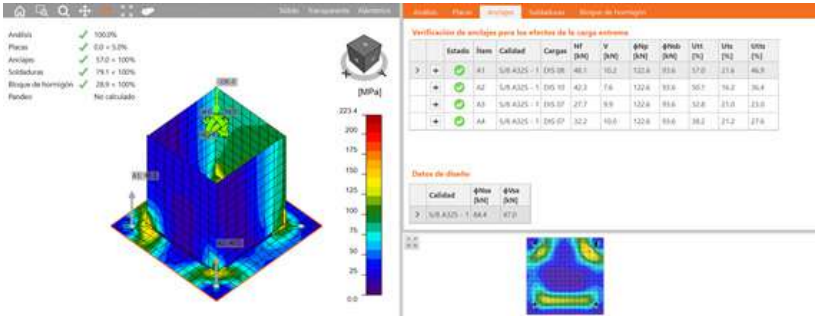
Verificación de la tensión equivalente en la paca base bajo los efectos de la carga extrema por medio de elementos finitos.



Nota. En el apartado de verificación en el programa IDEA StatiCa se detallan los resultados del análisis

Figura 41.

Verificación de los anclajes bajo los efectos de la carga extrema.



Nota. El programa proporciona el cálculo realizado en cada anclaje.

Figura 42.

Verificación de la soldadura bajo los efectos de la carga extrema.

Análisis | Placas | Anclajes | Soldaduras | Bloque de hormigón

Verificación de soldaduras para los efectos de la carga extrema (Redistribución plástica)

		Estado	Ítem	Borde	Xu	Th \\\ [mm]	Ls [mm]	L [mm]	Lc [mm]	Cargas	Fn [kN]	ϕRn [kN]	Ut [%]
>	+	✓	BP1	COL-tfl 1	E60xx	◢5.7	◢8.0	299	27	DIS 05	33.4	42.4	78.8
	+	✓	BP1	COL-bfl 1	E60xx	◢5.7	◢8.0	299	27	DIS 04	33.5	42.6	78.7
	+	✓	BP1	COL-w 1	E60xx	◢5.7	◢8.0	280	28	DIS 05	34.7	43.8	79.1
	+	✓	BP1	COL-w 2	E60xx	◢5.7	◢8.0	280	28	DIS 03	34.1	43.6	78.2

Nota. El programa proporciona el cálculo realizado a la soldadura.

Conclusiones

- Previo a la modelación de la edificación en el programa ETABS, se realizó el prediseño de vigas secundarias, vigas principales y columnas RCFT para obtener una aproximación a las secciones finales obtenidas en el programa.
- En el diseño de los pórticos SMF se garantizó que la relación demanda-capacidad en columnas se encuentre entre el 75% y en vigas entre el 90% cumpliendo con la filosofía de diseño sismorresistente, así mismo se evidencio el cumplimiento de los chequeos estructurales dando como resultado una estructural segura.
- Mediante el diseño manual de la placa base especificado en la guía que proporciona el AISC, se pudo clasificar el método de cálculo en base a la relación de excentricidades obtenidos de la carga axial y el momento mayor que se genera en la columna y también de las secciones de la placa base.
- En el diseño manual se obtuvieron secciones similares de placa base en relación al diseño realizado en el software IDEA StatiCa, en este modelo, manualmente se obtuvieron secciones 460x460x33.5 mm y en el software 452x452x20 mm. Cabe destacar que en el software se utilizó los resultados de las combinaciones de cargas generadas en el ETABS, realizando un mejor diseño optimizando las secciones.
- En el software IDEA StatiCa se realizó el diseño de la placa, los anclajes y soldadura de una forma fácil y sencilla, realizando pocas ite-

raciones en el modelo, gracias a su metodología se logró obtener las cargas de diseño del ETABS, en el apartado de verificación se pudo comprender y analizar el comportamiento de la conexión bajo las cargas con mayor demanda, permitiendo tomar la mejor decisión en beneficio de la conexión.

Referencias Bibliográficas

Borbor, J., & Panchna, C. (2020). Estudio comparativo entre sistemas estructurales de pórticos especiales arriostrados concéntricos y excéntricos, y pórticos sin arriostramientos para edificaciones con estructuras de acero. Universidad Estatal Península De Santa Elena Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera Ingeniería civil, 1–4.

Caro, L. (2020). *7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos*.

García, P. (2018, August 28). Evolución de las conexiones en pórticos a momentos. CONSTRUSOFT. https://www.construsoft.es/es/blog-bim/articulos/evolucion-de-las-conexiones-en-porticos-momentos#:~:text=Los%20p%C3%B3rticos%20a%20momento%20es,como%20industriales%20es%20muy%20com%C3%BAn.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. www.elosopanda.com

León Escobedo, D., & Trueba Albino, J. C. (2020). Comparación entre 3 tipos alternativos de conexión en un edificio de acero bajo cargas sísmicas. Ingeniería Investigación y Tecnología, 21(3), 1–12. https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21.3.028

Ortiz, L. (2019). Incidencia del clima organizacional en la productividad laboral en instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS): un estudio correlacional. En ***Revista Latinoamericana de Hipertensión*** (Vol. 14).

Robles, B. (2019). Población y muestra. PUEBLO CONTINENTE, 30(1), 245–246. https://doi.org/10.22497/PuebloCont.301.30121

Saavedra, D. (2024). Metodología unificada de diseño de placas base y pedestales para estructuras de acero industriales.

Sánchez, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el

investigador cualitativo. Revista Científica UISRAEL, 8(1), 113–114. https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 15

Estudio de caso sobre la planificación, programación y control de obra a través del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar

AUTORES: Erick Andrés Mero Santana; Keyla Paulette Ríos Pincay;
Glider Nunilo Parrales Cantos

SABER**EC 5.0**

Estudio de caso sobre la planificación, programación y control de obra a través del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar

Case study on planning, programming and work control through the construction process of a single-family home

Resumen

El presente estudio científico, se enmarcó en la planificación, programación y control de obra aplicado al proceso constructivo de una vivienda unifamiliar en la ciudadela Municipal del Cantón Portoviejo, a través de la residencia de obra por parte de los estudiantes de noveno semestre en la cátedra de Construcciones Civiles, determinando las consideraciones técnicas, así como los escenarios probables en el desarrollo de las etapas constructivas en función a las normativas tales como; Norma Ecuatoriana de la Construcción, Código ACI 318, Instituto Ecuatoriano de Normalización, destacando la importancia de la planeación y el cumplimiento de cada una de sus actividades por etapas constructivas a razón del; presupuesto, cronograma, elaboración del CPM y su representación gráfica de la ruta crítica con Microsoft Project. La metodología del estudio propuesto fue de carácter experimental, observacional, bibliográfica, científica y descriptiva, estimando datos cuantitativos y cualitativos en función a la residencia efectuada. Los resultados del estudio sostienen que la ejecución de la obra se realizó bajo la diagramación en un plazo de 51 días, cuyo control se efectuó a través de la concordancia de las normativas y códigos internacionales de la construcción vigentes, catapultando el conocimiento de los estudiantes en función a las bases científicas expuestas, de la misma forma, los colaboradores ejecutores y responsables de los proyectos civiles, consideran que la programación y control de obras, así como la comunicación entre los miembros catapulta al cumplimiento de las actividades y la posterior entrega de los proyectos civiles.

Palabras clave: Planificación, Control de obra, Proceso constructivo, Ruta crítica, Microsoft Project.

Abstract

The present scientific study was framed in the planning, programming and control of work applied to the construction process of a single-family home in the Municipal citadel of the Canton Portoviejo, through the work residency by the ninth semester students in the chair. of Civil Constructions, determining the technical considerations, as well as the probable scenarios in the development of the construction stages based on regulations such as; Ecuadorian

Construction Standard, ACI Code 318, Ecuadorian Institute of Standardization, highlighting the importance of planning and compliance with each of its activities by construction stages at the rate of; budget, schedule, preparation of the CPM and its graphic representation of the critical path with Microsoft Project. The methodology of the proposed study was experimental, observational, bibliographic, scientific and descriptive, estimating quantitative and qualitative data based on the residence carried out. The results of the study maintain that the execution of the work was carried out under the layout in a period of 51 days, whose control was carried out through the agreement of the current international construction regulations and codes, catapulting the knowledge of the students in function to the scientific bases exposed, in the same way, the executing collaborators and those responsible for the civil projects, consider that the programming and control of works, as well as the communication between the members catapults the fulfillment of the activities and the subsequent delivery of the civil projects.

Keywords: Planning, residence, construction control, construction process, critical path, Microsoft Project.

Introducción

El desarrollo e innovación de los proyectos civiles, se encuentra ligada con la planificación, programación y control de obra, ya que desempeña un papel fundamental en los procesos constructivos, ya que se constituyen como una clave para asegurar la ejecución eficiente y la optimización de los recursos en cada fase de las etapas constructivas (Bernal & Parrales, 2021). La programación se convierte en una componente de manera efectiva en el control de los diferentes proyectos civiles, los cuales aseguran una gestión eficiente y exitosa en el marco de organización y desenvolvimiento de tareas desde el inicio hasta el término del proyecto (Campoverde, 2022). Destacando la secuencias y duración de las actividades y tomando medidas correctivas a tiempo para no afectar el cronograma de la obra, permitiendo tareas más influyentes y cumplir con los plazos establecidos en los contratos (Arboleda & Serna, 2017).

El objetivo del presente estudio expone la planificación, programación y control de obra durante el proceso constructivo de una vivienda unifamiliar ubicado en la ciudadela Municipal del cantón Portoviejo. Por medio de la residencia de obra ejecutada por parte de los estudiantes de noveno semestre en la cátedra de Construcciones Civiles, afianzando el conocimiento y proyectándolo en el análisis y elaboración del CPM o diagrama de redes y la ruta crítica del proyecto en ejecución (Coello et al., 2018).

Para posteriormente realizar la representación gráfica a través del diagrama de seguimiento de Gantt y la complementación con el aplicativo Microsoft Project, detallando los tiempos y denotando las dependencias de las actividades y visualizando la duración total del proyecto de vivienda unifamiliar (Sandino, 2016).

El aporte investigativo, se enfoca en el cumplimiento de las bases científicas a razón de la edificación del proyecto civil, generando un gran impacto académico y pre profesional, contribuyendo a la formación y experimentación de los mismos en diferentes obras civiles, garantizando el cumplimiento de estándares y normativas dentro de los plazos propuestos en obra.

Materiales y métodos

El siguiente estudio científico, ejecutó una investigación fue de carácter experimental, observacional, bibliográfica, científica y descriptiva, aplicando el conocimiento de los elementos fundamentales que componen los procesos en las diferentes etapas de un Proyecto Civil, y a su vez contrastándolo con el cumplimiento de los mismos por medio de la residencia de obra por parte de los estudiantes de noveno semestre.

Consecuentemente, se empleó el método deductivo el cual reside en el discernimiento y entendimiento de las normativas nacionales e internacionales vigentes, en función del criterio profesional y la posterior búsqueda de soluciones proactivas en escenarios particulares en función a las siguientes normativas: (NEC-SE-VIVIENDA, 2015), (Instituto ecuatoriano de normalización, 2016), (NEC Instalaciones Eléctricas, 2015), (Miduvi Geotecnia, 2008).

Para la planificación, programación y control de obra aplicado al seguimiento del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar en la Ciudadela Municipal del Cantón Portoviejo se emplearon los siguientes aplicativos;

Microsoft Excel

Microsoft Project

Microsoft Word

CivilCAD

Google Earth Pro

El siguiente estudio científico, empleó la técnica de observación directa resaltando los criterios específicos en función del seguimiento de la planificación y control de obra aplicado al proceso constructivo de una vivienda

unifamiliar ubicado en la ciudadela Municipal del Cantón Portoviejo, donde se recolectaron a través de un registro de obra, cada uno de los detalles y aspectos relevantes que trascendían durante el desarrollo del proceso constructivo, tales como; resistencia del hormigón f^' c, rendimiento de las cuadrillas en las diferentes actividades, separaciones mínimas entre juntas, dosificación del mortero, traslapes mínimos, diámetros de tuberías de agua potable y sanitaria ϕ, entre otros.

Desde otra arista del estudio científico, se ejecutó una encuesta dirigida al personal que labora dentro de los diferentes proyectos de obra, incluyendo cuestionamientos sobre la planificación y control en obra, así como los factores que generarían un atraso en las etapas constructivas y el desenvolvimiento de sus colaboradores a razón del cumplimiento con los cronogramas y fechas estipuladas en los contratos.

Las herramientas antes mencionadas, complementaron el estudio a través de sus enfoques científicos e investigativos, de tal forma que aportaron con elementos esenciales en la recolección de información y datos basados en la ejecución de obras civiles, aplicados al presente caso de estudio (Colacce et al., 2015).

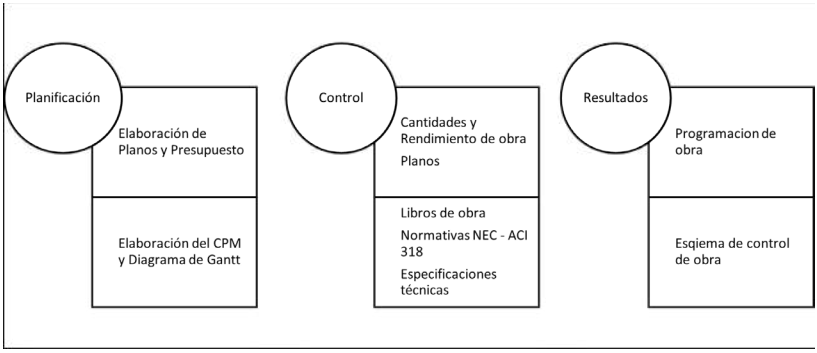
Resultados y discusión

El proyecto de construcción de una vivienda unifamiliar se encuentra localizado en la Ciudadela Municipal pertenecientes al Cantón Portoviejo.

El proyecto antes mencionado es una construcción separada e independiente, la cual se constituye por componentes tales como; elementos estructurales de hormigón, cubierta metálica, mampostería de ladrillo, acabados con gypsum y porcelanato, adicionalmente, posee una recámara máster, dos recámaras simples, cuatro baños completos, sala, comedor y cocina.

Figura 43.

Esquema metodológico aplicados a proyectos civiles.



Nota: Esquema metodológico aplicado a proyectos civiles, Fuente: (Los autores, 2024).

Ubicación del Proyecto Civil

La ubicación del proyecto civil se presente por medio del sistema de referencias de coordenadas Datum UTM WGS 84.

Tabla 48.

Coordenadas UTM WGS 84.

Norte	Este	Zona	Descripción
9886794.00	557795.00	17 sur	Identificación de Coordenadas del Proyecto Civil

Nota: Identificación de coordenadas en el sitio de construcción del Proyecto "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo", Fuente: (Google Earth, 2023).

Representación gráfica del Diagrama de Seguimiento de Gantt

Figura 44.

Representación gráfica del Diagrama de Seguimiento de Gantt del proyecto "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo"

Concluida la diagramación inicial de la red CPM, se presenta la siguiente tabla donde se calcularon los tiempos más próximos y los tiempos más tardíos, posteriormente se calculan las holguras totales, libres e independiente, detallados a continuación:

Tabla 49.

Holguras CPM del proyecto "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo".

Actividad	Nombre	ETAPAS	Duración	TIEMPOS				HOLGURAS			Estado
				T Inicio		T Término					
				Inicio	Final	Inicio	Final	HT	HL	HI	
A	Replanteo y Nivelación	1 - 2	3	0	3	0	3	0	0	0	CRITICO
B	Cimentación	2 - 3	2	3	5	3	5	0	0	0	CRITICO
C	Mejoramiento con relleno lastre hidratado y compactado	2 - 4	2	3	6	3	6	1	1	1	
D	Plintos	3 - 5	6	5	11	5	11	0	0	0	CRITICO
E	Muro y Cadenas	4 - 5	5	6	11	6	11	0	0	0	CRITICO
F	Levantamiento de Columnas	5 - 6	9	11	20	11	20	0	0	0	CRITICO
G	Encofrado y función de losa	6 - 7	13	20	33	20	33	0	0	0	CRITICO

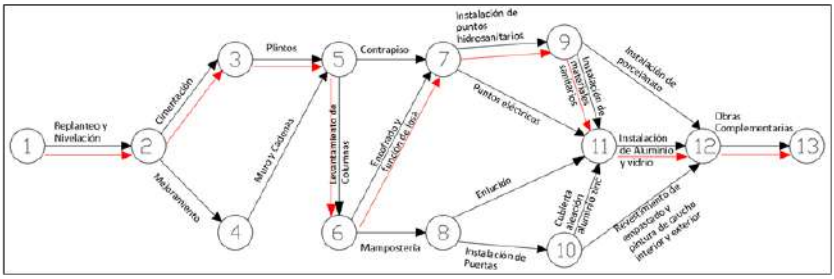
H	Mampostería	6 - 8	5	20	25	27	32	7	0	0	
I	Instalación de puntos hidrosanitarios	7 - 9	6	33	39	33	39	0	0	0	CRITICO
J	Instalación de materiales sanitarios	9 - 11	6	39	45	39	45	0	0	0	CRITICO
K	Contrapiso	5 - 7	3	11	14	30	33	19	19	19	
L	Puntos eléctricos	7 - 11	8	33	41	37	45	4	4	4	
M	Enlucido	8 - 11	9	25	34	36	45	11	11	4	
N	Instalación de Puertas	8 - 10	3	25	28	32	35	7	0	-7	
O	Instalación de porcelanato	9 - 12	8	39	47	39	47	0	0	0	CRITICO
P	Instalación de Aluminio y vidrio	11 - 12	2	45	47	45	47	0	0	0	CRITICO
Q	Cubierta aleación aluminio zinc	10 - 11	10	28	38	35	45	7	7	0	
R	Revestimiento de empastado y pintura de caucho interior y exterior	10 - 12	6	28	34	41	47	13	13	6	
S	Obras Complementarias	12 - 13	4	47	51	47	51	0	0	0	CRITICO

Nota: Holguras CPM del proyecto "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo"

Finalmente, conocida la ruta crítica del proyecto "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo", se grafica la Red Final CPM detallada de la siguiente forma:

Figura 45.

Graficación de la Red Final CPM "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo".

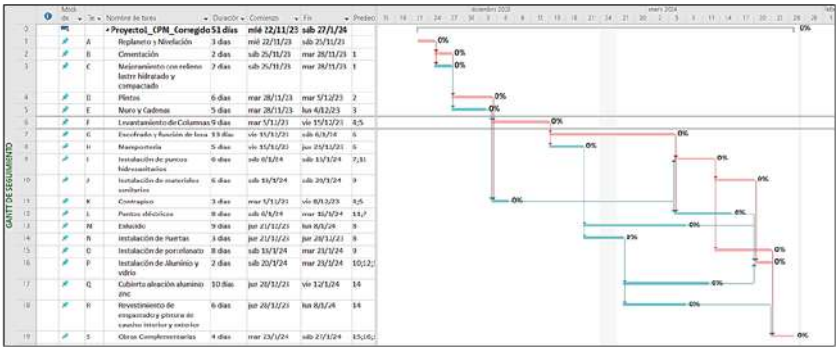


Nota: Graficación de la Red Final CPM "Construcción de Vivienda unifamiliar en la Cdla. Municipal del Cantón Portoviejo"

Ruta crítica en Microsoft Project

Figura 46.

Proyección de la Ruta crítica con Microsoft Project.



Nota: Proyección de la Ruta crítica con Microsoft Project, Fuente: (Los autores, 2024).

Conclusiones

Una vez concluido el presente estudio, la importancia de la residencia de obra ejecutada por parte de los estudiantes de noveno semestre, catapulta el conocimiento y contrasta la idealización y conceptualización científica con la realidad en obra, generando un alto impacto de conocimiento para contribuir con el desarrollo pre profesional.

Por consiguiente, se determina que la planificación y programación en las fases preliminares y el control en la operatividad de los procesos constructivos permiten la aplicación rigurosa y la consideración de los factores críticos para así optimizar los recursos y el cumplimiento de los plazos establecidos en el proyecto civil.

Consecuentemente ejecutado el método, se identifican las actividades y sus predecesoras en función a la ruta crítica encontrada, ya que su tendencia en el comportamiento de sus actividades denota la importancia de la aplicación de herramientas tecnológicas a través de software, permitiendo a los profesionales en el campo civil ejercer con mayor proactividad y eficacia el desempeño y desarrollo de sus proyectos civiles.

Referencias Bibliográficas

Arboleda, S., & Serna, E. (2017). Presupuesto y programación de obras. *Fondo Editorial*. https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1894/PRESUPUESTO Y PROGRAMACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Campoverde, K. (2022). *"Planificación, programación y control de obra en la construcción de una vivienda unifamiliar de Infraestructura Civil ubicada en el Cantón Jipijapa."* https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3608/1/COMPOVERDE CAMPOVERDE KEVIN FRANCISCO.pdf

Coello, O., Banchón, Y., & Mero, P. (2018). *Programación y el control de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales del Hospital General Monte Sinaí 400 camas utilizando el método del diagrama de las flechas (adm).* https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/956b1092-8078-42eb-b79d-131cf3bf2fd1/content

Colacce, C., Leao, C., & Pastorino, D. (2015). Mamposteria Estructural. In *Mamposteria Estructural*.

Instituto ecuatoriano de normalización. (2016). Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de Ensayo. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 45. file:///C:/Users/Alba/Downloads/nte_inen_3066.pdf

Miduvi Geotecnia. (2008). Geotécnica y Cimentaciones. In *Design and Optimization of Metal Structures*.

NEC-SE-VIVIENDA. (2015). VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m. In *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (Issue 1). https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/12.-NEC-SE-VIVIENDA-parte-1.pdf

NEC Instalaciones Eléctricas. (2015). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construccion- Instalaciones Eéctricas*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Electricas.pdf

Sandino, A. C. (2016). *Uso de Microsoft Project*. https://sjnavarro.files.wordpress.com/2018/05/project-2016.pdf

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 16

Pronóstico de problemas en infraestructura física para la prevención futura en la comuna Sancán: tendencias y necesidades

AUTORES: Daniel David Carvajal Rivadeneira; Ana Belén Zambrano Zambrano; Denny Augusto Cobos Lucio; Víctor Alejandro Lino Calle

SABER**EC 5.0**

Pronóstico de problemas en infraestructura física para la prevención futura en la comuna Sancán: tendencias y necesidades

Prognosis of Physical Infrastructure Problems for Future Prevention in the Sancán Commune: Trends and Needs

Resumen

La comuna de Sancán enfrenta serios problemas de Infraestructura Física, incluyendo la falta de planificación urbana, la ausencia de un mapa de zonificación de riesgos, la escasez de servicios públicos y una planificación deficiente en transporte. Estos desafíos tienen un impacto directo en la calidad de vida de los residentes al complicar la gestión del crecimiento urbano y aumentar los riesgos ambientales. El objetivo principal del estudio es identificar estos problemas para orientar inversiones estratégicas y políticas públicas efectivas. La metodología del estudio incluye el análisis exhaustivo de documentos, estudios de campo y consultas con expertos locales, empleando un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. Como resultado del análisis, se destaca la urgente necesidad de invertir en infraestructura básica como agua, saneamiento y sistemas de transporte. Se identifican también oportunidades en la integración de tecnologías emergentes para mejorar la eficiencia energética, así como la imperiosa necesidad de desarrollar un plan urbano integral. Se concluye que es importante priorizar la inversión en infraestructura física para asegurar el desarrollo sostenible de Sancán. Las políticas públicas deben centrarse en la planificación urbana y en mejorar los servicios para garantizar un entorno seguro y habitable, mientras se anticipan y se enfrentan a los desafíos futuros.

Palabras clave: Planificación urbana, infraestructura básica, calidad de vida, desarrollo sostenible, gestión de recursos, eficiencia energética.

Abstract

The commune of Sancán faces serious physical infrastructure problems, including a lack of urban planning, the absence of a risk zoning map, a shortage of public services, and poor transportation planning. These challenges have a direct impact on the quality of life of residents by complicating urban growth management and increasing environmental risks. The main objective of the study is to identify these problems in order to guide strategic investments and effective public policies. The study methodology includes extensive document analysis, field studies and consultations with local experts, employing a mixed approach combining quantitative and qualitative methods. As a result of the analysis, the urgent need to invest in basic infrastructure such as water, sanitation and transportation systems is highlighted. Opportunities are also identified in the integra-

tion of emerging technologies to improve energy efficiency, as well as the urgent need to develop a comprehensive urban plan. It is concluded that it is important to prioritize investment in physical infrastructure to ensure the sustainable development of Sancan. Public policies should focus on urban planning and improving services to ensure a safe and livable environment, while anticipating and addressing future challenges.

Keywords: Urban planning, basic infrastructure, quality of life, sustainable development, resource management, energy efficiency.

Introducción

Este trabajo es parte del proyecto desarrollado por la Zambrano (2023), de la Carrera de Ingeniería Civil, titulado “Diagnóstico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa”. Examina sectores rurales con retrasos económicos debido a la falta de infraestructuras adecuadas, destacando que una gestión eficiente de estas puede mejorar la productividad, economía y turismo.

Puesto que las ciudades se encuentran en un proceso continuo de evolución y desarrollo. Con el aumento de la población y los avances tecnológicos, es importante realizar evaluaciones constantes de las infraestructuras urbanas, como viviendas, redes de agua potable, alcantarillado y calles, para asegurar su seguridad y eficiencia. Estas evaluaciones son esenciales para la planificación, la prevención de desastres y la mejora de la calidad de vida de los habitantes (Quiroz & Cobos, 2023).

Por ello, la planificación urbana juega un papel vital en este proceso. Este enfoque integral y multidisciplinario busca organizar y gestionar el desarrollo de las ciudades de manera eficiente y sostenible. Lo que implica la creación de documentos y políticas, así como también la implementación de metodologías que permiten evaluar y seleccionar alternativas para el crecimiento urbano. Al responder a las necesidades cambiantes de las ciudades, considerando factores como la industrialización, la densificación poblacional y los desafíos ambientales (Cedeño et al., 2016; Rodríguez, 2011) .

A nivel global, la planificación urbana y el desarrollo de infraestructura sostenible son considerados elementos esenciales para elevar la calidad de vida y fomentar el crecimiento económico. La ONU (2018), mediante su Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, destaca la necesidad de infraestructuras resilientes y sostenibles en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular en el ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, y el ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.

El desarrollo sostenible se ha convertido en un imperativo global en respuesta a la creciente conciencia sobre los impactos negativos de las actividades humanas en el medio ambiente y en las comunidades. En este sentido, la ingeniería civil, como una disciplina que se ocupa del diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras y sistemas que sustentan la vida moderna, juega un papel imperante en la transición hacia un desarrollo más sostenible. Desde la planificación de ciudades y transporte hasta la gestión de recursos hídricos y la construcción de edificaciones resistentes y eficientes (Zavala et al., 2024).

América Latina, con un 78% de su población viviendo en centros urbanos, se posiciona como una de las regiones más urbanizadas del planeta. Este fenómeno ha provocado un rápido crecimiento de las ciudades, superando frecuentemente la capacidad de las infraestructuras actuales. La expansión urbana ha dado lugar a problemas como la pobreza, la contaminación y la inseguridad, lo que resalta la urgencia de una planificación urbana eficaz y sostenible (Estupiñan, 2018).

Según Cordoví & Galeano (2019), la infraestructura física comprende el conjunto de instalaciones y sistemas materiales necesarios para el funcionamiento y desarrollo de una sociedad. Sin embargo, simplemente tener estas instalaciones no garantiza que se utilicen de manera eficiente. La efectividad de la infraestructura también depende del marco institucional y de las condiciones operativas que la rodean. Por lo tanto, una definición completa del término debe integrar tanto el componente físico de la infraestructura como el entorno institucional y operativo que influye en su funcionamiento.

En Ecuador, a pesar de los esfuerzos por mejorar la infraestructura urbana, persisten desafíos importantes. El país ha implementado el Sistema Nacional de Inversión Pública y ha recibido apoyo financiero del Banco Mundial para proyectos de infraestructura y viviendas asequibles. Sin embargo, existe una brecha entre las necesidades de inversión y el presupuesto disponible, lo que limita el desarrollo urbano efectivo. La falta de recursos y una planificación urbana integral son problemas recurrentes que afectan la capacidad para abordar las necesidades crecientes de infraestructura (Bojorque & Chuquiguanga, 2021).

En este sentido, la comuna de Sancán, cantón Jipijapa, enfrenta déficit de infraestructuras físicas que limita su desarrollo en diversos aspectos. La carencia de servicios básicos como agua y saneamiento, una planificación urbana inadecuada y un sistema de transporte deficiente afectan gravemente

la calidad de vida de sus residentes. Estas deficiencias desalientan la inversión y el crecimiento empresarial, lo que se traduce en una falta de empleos y oportunidades económicas. Además, la ausencia de un mapa de zonificación de riesgos incrementa la vulnerabilidad de la población frente a desastres naturales (A. Zambrano & Carvajal, 2023)which identifies three groups of stakeholders: the demand-side, the supply-side, and the public-sector stakeholders. A search on scholarly databases yielded 49 related articles. The results of the review illustrate certain similarities between RHA services in SEA with those reported from developed countries, such as the socio-economic profile of the users. However, several observations unique to the SEA context were also revealed, including (1.

Este estudio de gran ayuda para identificar y abordar los problemas de infraestructura física en Sancán, proporcionando una base sólida para orientar inversiones estratégicas y desarrollar políticas públicas efectivas. La identificación de estas necesidades y tendencias permitirá a los responsables de la toma de decisiones diseñar intervenciones que mejoren la calidad de vida de los residentes y promuevan un desarrollo urbano sostenible.

El objetivo principal de este estudio es identificar los problemas de infraestructura física en la comuna de Sancán para orientar inversiones estratégicas y políticas públicas efectivas que mejoren la calidad de vida de sus residentes y aseguren un desarrollo sostenible.

La hipótesis planteada es que la falta de planificación urbana y la ausencia de un mapa de zonificación de riesgos en Sancán aumentan significativamente los riesgos ambientales y sociales, afectando negativamente la calidad de vida de los residentes. La implementación de un plan urbano integral y la inversión en infraestructura básica son esenciales para mitigar estos riesgos y promover el desarrollo sostenible de la comuna.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para abordar de manera integral las preguntas planteadas. El diseño de la investigación fue descriptivo y correlacional. El enfoque descriptivo permitió obtener una visión detallada y sistemática de las características y fenómenos del sitio Sancán, sin intentar establecer relaciones causales entre las variables. En contraste, el enfoque correlacional se centró en identificar y analizar las posibles relaciones entre las necesidades de infraestructura y la percepción de los habitantes.

Para abordar los aspectos teóricos del estudio, se emplearon los métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo, que facilitaron una comprensión profunda y estructurada de la información. En cuanto a los aspectos prácticos, se utilizaron métodos estadísticos, incluyendo la estadística descriptiva e inferencial (Lino-Calle et al., 2024). La estadística descriptiva permitió resumir y describir las características de los datos recopilados, mientras que la estadística inferencial se utilizó para realizar generalizaciones y establecer relaciones significativas entre las variables estudiadas.

La recolección de datos se realizó mediante diversas técnicas. Se aplicaron encuestas a la población general, que incluyó tanto a comerciantes como a agricultores, utilizando un cuestionario de 10 preguntas, diseñadas con una escala Likert. Esta escala permitió medir las percepciones y necesidades relacionadas con la infraestructura. Además, se llevaron a cabo entrevistas con cinco delegados de la junta comunal, utilizando un banco de preguntas orientadas a identificar problemas y condiciones actuales en la infraestructura de Sancán.

Los datos recopilados fueron procesados y analizados con el software Jamovi (Lino et al., 2024), lo que permitió establecer tendencias y conclusiones sobre las necesidades de infraestructura y las prioridades de los habitantes de Sancán. La población de estudio incluyó a 2,000 habitantes de la comuna, de los cuales se seleccionó una muestra representativa de 100 personas, elegidas aleatoriamente de los cinco sectores principales de la localidad.

Resultados y discusión

Resultados de la entrevista con los delegados de la Comuna Sancán

La siguiente entrevista fue realizada a los delegados de la comunidad de Sancán. La finalidad de esta entrevista es proporcionar una visión detallada de las condiciones socioeconómicas, la infraestructura existente, y los desafíos que enfrenta la comunidad. A través de las respuestas obtenidas, se destacan diversos aspectos como la falta de servicios básicos, la insuficiente infraestructura para la gestión de riesgos y emergencias, y la carencia de planificación y mantenimiento de las instalaciones comunitarias.

En este sitio la población se dedica a actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la venta de tortillas. Sin embargo, hay una falta notable de conocimiento sobre las condiciones superficiales y subterráneas del suelo, así como la disponibilidad y calidad de aguas subterráneas. Esta carencia de información esencial destaca la necesidad urgente de estudios geotécnicos y de recursos hídricos para garantizar el desarrollo seguro y sostenible de la comunidad.

Los delegados expresaron su preocupación por la falta de infraestructura y planificación adecuada en la comunidad. Sancán no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, ni con estructuras de control suficientes para prevenir inundaciones. Además, no hay un mapa de zonificación de riesgos ni un refugio en caso de emergencias. Esta situación pone en peligro a los habitantes y limita la capacidad de la comunidad para manejar desastres naturales, resaltando la necesidad de una intervención gubernamental para mejorar la infraestructura y la gestión de riesgos.

La falta de servicios básicos es otro problema crítico en Sancán. Los habitantes carecen de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y un porcentaje significativo no tiene acceso a electricidad. La cobertura telefónica es débil y las calles se vuelven intransitables en épocas de lluvia. Estas condiciones dificultan la vida diaria y el desarrollo productivo del sector. Los delegados enfatizaron la necesidad de declarar la comunidad en estado de emergencia para recibir apoyo y mejorar la salubridad y las condiciones de vida.

Sancán también carece de infraestructura social y económica adecuada. No hay suficientes instalaciones educativas, culturales ni de servicios médicos. La comunidad necesita un mercado de abastos, dispensarios médicos operativos las 24 horas, y canchas deportivas para la recreación. Además, la construcción de calles y pavimentos, junto con la señalización y la implementación de ciclovías, son cruciales para mejorar el sistema de transporte y fomentar el desarrollo económico, especialmente en la comercialización de tortillas, una actividad clave para la economía local.

Por último, los delegados destacaron la falta de planificación y mantenimiento anual de las infraestructuras existentes. No reciben apoyo del GAD cantonal, lo que complica la gestión y el mantenimiento de las infraestructuras básicas. Es imperativo desarrollar un plan de mantenimiento anual que permita gestionar eficientemente los recursos y garantizar la sostenibilidad de las infraestructuras, mejorando así la calidad de vida de los habitantes de Sancán.

Resultados de la encuesta

En el presente estudio, se han seleccionado 10 preguntas de un total de 32 originalmente formuladas por Zambrano & Carvajal (2023)which identifies three groups of stakeholders: the demand-side, the supply-side, and the public-sector stakeholders. A search on scholarly databases yielded 49 related articles. The results of the review illustrate certain similarities between RHA services in SEA with those reported from developed countries, such as the socio-economic profile of the users. However, several observations unique to

the SEA context were also revealed, including (1, las cuales han sido adaptadas para reflejar la situación actual y evaluar la percepción de los habitantes sobre diversos aspectos. La encuesta utiliza una escala Likert de cinco niveles para medir las respuestas: 1 = Muy en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = De acuerdo, 5 = Muy de acuerdo. Esta escala permite captar de manera detallada las opiniones y actitudes de los participantes en relación con los temas investigados. A continuación, se presenta la tabla de resultados de la encuesta:

Tabla 50.

Medias y Desviaciones Estándar de la Percepción de los Habitantes sobre Servicios y Políticas Locales.

N°		Media	DE
1	¿Está satisfecho con la calidad de los servicios en su área?	2.43	1.45
2	¿Cree que el gobierno local está haciendo un buen trabajo en la gestión de los recursos públicos?	2.45	1.29
3	¿Está de acuerdo con la cantidad de áreas verdes disponibles en su comunidad?	2.4	1.38
4	¿Considera que las calles y carreteras están bien mantenidas?	1.95	1.22
5	¿Cree que hay suficientes oportunidades de empleo en su área?	1.69	1.2
6	¿Está satisfecho con la disponibilidad de transporte público?	1.98	1.4
7	¿Cree que la seguridad en su comunidad es adecuada?	1.95	1.37
8	¿Está satisfecho con la calidad de la educación en las escuelas locales?	2.09	1.35
9	¿Considera que los servicios de salud en su área son adecuados?	2.39	1.49
10	¿Está de acuerdo con las políticas ambientales implementadas por el gobierno local?	2.09	1.38

Nota: La encuesta fue realizada a 100 personas. Los resultados reflejan la percepción de los habitantes sobre diversos servicios y políticas locales.

Figura 47.

Estadística descriptiva relacionada a la encuesta.

La encuesta se enfoca en la satisfacción con la calidad de los servicios en la comuna de Sancán. Con una media aritmética de 2.43 y una desviación estándar de 1.45, los resultados indican una insatisfacción generalizada entre los habitantes. Esta percepción subraya la necesidad de mejorar los servicios básicos para elevar la calidad de vida en la comuna. En cuanto a la gestión de los recursos públicos por parte del gobierno local, la media es de 2.45 con una desviación estándar de 1.29. Estos valores reflejan una baja percepción de la efectividad gubernamental en la administración de los recursos, lo cual resalta la urgencia de implementar medidas más transparentes y eficientes en la gestión pública. Para Adrianzén et al. (2022) sería factible una nueva Gestión Pública que busque mejorar la administración de recursos estatales mediante la meritocracia, ofreciendo respuestas más efectivas a los ciudadanos y promoviendo su participación activa.

La disponibilidad de áreas verdes obtuvo una media de 2.4 y una desviación estándar de 1.38. Los habitantes expresan insatisfacción respecto a las zonas verdes, subrayando la necesidad de crear más espacios recreativos y naturales para el bienestar comunitario. El mantenimiento de las calles y carreteras presenta una media de 1.95 y una desviación estándar de 1.22. Estos bajos valores evidencian el mal estado de la infraestructura vial en la comuna, lo que requiere inversiones significativas para su mejoramiento y mantenimiento. Para Briones et al. (2024) “La infraestructura verde urbana desempeña un papel crucial en el desarrollo sostenible de las ciudades y la capacidad en adaptarse a las diferentes situaciones generadas por el cambio” (p. 282)

La percepción sobre las oportunidades de empleo en Sancán es bastante negativa, con una media de 1.69 y una desviación estándar de 1.2. Esta situación refleja la necesidad de generar políticas y programas que impulsen el desarrollo económico y la creación de empleos en la región. La disponibilidad de transporte público es otro aspecto crítico, con una media de 1.98 y una desviación estándar de 1.4. La insatisfacción en este ámbito sugiere la necesidad de mejorar la cobertura y eficiencia del transporte público para facilitar la movilidad de los habitantes. Rivera (2021) sugiere implementar estrategias de comunicación y comercialización bien planificadas, junto con la digitalización de los negocios, permitirá a las zonas rurales aprovechar las oportunidades del turismo online, contribuyendo a un desarrollo económico más robusto y una mayor satisfacción de los residentes.

La percepción de la seguridad en la comunidad muestra una media de 1.95 y una desviación estándar de 1.37. Los resultados sugieren que los habitantes no se sienten seguros, lo que demanda una revisión y fortalecimiento de las políticas de seguridad pública. En términos de la calidad de la educación en las escuelas locales, la media es de 2.09 con una desviación estándar de 1.35. Este puntaje revela percepciones negativas sobre la educación, indicando la necesidad de mejorar las instalaciones y la calidad educativa. Para Zambrano et al. (2024) es necesario incluir "una inversión significativa en la mejora y mantenimiento de la infraestructura educativa, así como en la adquisición de recursos tecnológicos actualizados" (p. 96).

La satisfacción con los servicios de salud en Sancán tiene una media de 2.39 y una desviación estándar de 1.49. Aunque mejor que otros aspectos, los resultados aún reflejan una percepción de que los servicios de salud no son adecuados, lo que sugiere áreas de mejora en la atención médica. Según George et al. (2021), es esencial recordar que la salud es un derecho universal de los ciudadanos y una responsabilidad del Estado, que debe garantizar una cobertura integral de los servicios. Finalmente, la percepción sobre las políticas ambientales implementadas por el gobierno local tiene una media de 2.09 y una desviación estándar de 1.38. Los habitantes muestran insatisfacción en este ámbito, lo que resalta la importancia de desarrollar y aplicar políticas ambientales más efectivas.

Análisis de Infraestructura y Necesidades en Sancán

El concepto de Análisis de Infraestructura y Necesidades se refiere a la evaluación sistemática y detallada de los recursos físicos, servicios públicos y estructuras existentes en una comunidad o área específica. Este análisis iden-

tifica las deficiencias, carencias y áreas que requieren mejoras o desarrollo, permitiendo una planificación efectiva para satisfacer las demandas actuales y futuras de la población.

No existe una planta de tratamiento de aguas residuales en Sancán, resultando en la descarga de aguas negras al medio ambiente sin control. Se requiere un sistema de tratamiento de aguas residuales y la construcción de una planta de tratamiento. Además, la eliminación de desechos sólidos es inadecuada, con residuos quemados o arrojados al entorno, lo que demanda un sistema de tratamiento de desechos sólidos y la construcción de un relleno sanitario. La quema de desechos sólidos y el polvo por construcción no están regulados, afectando la salud de los pobladores. Es necesario implementar vertederos regulados para los desechos sólidos y tomar acciones que controlen y mitiguen el polvo de construcción, estableciendo un plan de gestión ambiental.

No se han identificado zonas de riesgo, lo que provoca inundaciones en algunas áreas durante el invierno. Es importante controlar las inundaciones mediante la identificación de zonas de riesgo y desarrollar un plan de protección ante desastres naturales. Aunque existe un parque central, su infraestructura está deteriorada, requiriendo mantenimiento. La falta de áreas de recreación al aire libre afecta la calidad de vida, por lo que es esencial construir y mantener lugares de recreación al aire libre y espacios abiertos. Sancán no cuenta con sectorización para zonas residenciales, lo que impide el desarrollo urbanístico del sitio. Es necesario iniciar un proceso de identificación de áreas adecuadas para desarrollo residencial y la planificación urbana correspondiente.

Aunque Sancán tiene acceso a las principales calzadas y carreteras, estos accesos están en mal estado. Se requiere la reparación de estos accesos y la repotenciación de la infraestructura vial. Además, la falta de sectorización para zonas residenciales y de organización en la comercialización demanda la creación de un área regenerada para el desarrollo productivo y económico, junto con la implementación de señalización y estacionamientos adecuados para consumidores. Las instituciones educativas públicas y privadas están en malas condiciones, requiriendo mantenimiento y estudios de viabilidad para nuevas construcciones. No existen servicios culturales como bibliotecas, museos, centros cívicos o talleres de arte, lo que limita el acceso a la educación y conocimiento.

Sancán necesita la construcción de instituciones culturales y estudios de viabilidad. La falta de hospitales incrementa la mortalidad y morbilidad, subrayando la necesidad de construir un hospital. La estación de policía existente está deteriorada, requiriendo mantenimiento y estudios de viabilidad para su ampliación. No hay servicios de bomberos ni ambulancias, lo que agrava los incendios y retrasa la atención médica, indicando la necesidad de inversión y coordinación con autoridades para la creación de estos servicios. El sistema de distribución de agua potable no abastece a toda la población, afectando la actividad productiva y la calidad de vida.

Es necesario ampliar el sistema existente y realizar estudios de viabilidad. Sancán carece de sistemas de alcantarillado sanitario, recolección de desechos sólidos y cobertura eléctrica adecuada, lo que afecta la calidad de vida y el medio ambiente. Se requieren estudios y diseños definitivos para la construcción de infraestructuras de servicios públicos. Las calles de Sancán están en mal estado y sin señalización, lo que afecta la movilidad y seguridad de peatones y vehículos. Es fundamental adecuar y mejorar los caminos peatonales, ciclovías y lugares de estacionamiento, y realizar estudios y diseños definitivos para la planeación vial del sitio.

Pronósticos y Tendencias en la Planeación Local para Sancán

El propósito de un plan es guiar y gestionar eventos futuros, por lo que es esencial entender los cambios que pueden surgir de la continuación de las tendencias y programas actuales. Las tendencias se proyectan hacia el futuro y las demandas y necesidades se pronostican basándose en estas tendencias (Merritt et al., 1992). Comprender estos elementos permite a los planificadores anticipar desafíos y oportunidades, asegurando una toma de decisiones informada y proactiva.

La primera tendencia se enfoca en la necesidad de realizar una consultoría integral para abordar la cobertura y uso del suelo, además de regularizar la extracción de recursos minerales para asegurar un desarrollo sostenible y equilibrado del entorno geológico. En cuanto a los recursos hidráulicos, se proyecta la implementación de un sistema de abastecimiento de agua potable, fundamental para la calidad de vida de los residentes. Es esencial llevar a cabo estudios detallados sobre las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, para garantizar un suministro adecuado y constante.

En el ámbito del desagüe e inundaciones, se ha identificado la necesidad de desarrollar un plan de contingencia para desastres e inundaciones. Esto incluye la adopción de medidas preventivas para evitar inundaciones provo-

cadas por obstrucciones en las estructuras de control, así como la instalación de un sistema de drenaje eficiente en las calles de Sancán. Los estudios preliminares sugieren la construcción de una planta de tratamiento de agua y un relleno sanitario como parte de las medidas para mejorar la calidad del agua y la gestión de residuos. Estas instalaciones son cruciales para la salud pública y la protección del medio ambiente.

Para abordar la calidad del aire, se requiere un plan de gestión ambiental que incluya medidas para controlar las emisiones contaminantes y promover prácticas sostenibles que protejan el entorno. En términos de recreación al aire libre y espacios abiertos, es necesario desarrollar un plan de protección ante desastres naturales y un plan de mantenimiento para estas áreas. La planificación urbana y el diseño deben centrarse en preservar y mejorar estos espacios para el disfrute de la comunidad.

Además, se debe invertir en la mejora de la infraestructura vial para áreas comerciales, incluyendo la implementación de señalización y estacionamientos adecuados. La planificación urbana debe apoyar el desarrollo de estas áreas para fomentar el crecimiento económico local. La construcción de instituciones educativas, culturales, un hospital y una estación de policía también requiere estudios de viabilidad. Es fundamental coordinar con las autoridades locales para establecer un cuerpo de bomberos y servicios de ambulancia, así como adecuar un subcentro de salud público que funcione las 24 horas del día.

Finalmente, la ampliación de los sistemas de servicios públicos, como el de distribución de agua potable, alcantarillado y recolección de desechos sólidos, es esencial para satisfacer las crecientes necesidades de la comunidad. Además, es necesario estudiar la viabilidad de ampliar el sistema eléctrico y la cobertura telefónica. La planificación de los sistemas de transporte también debe incluir estudios y diseños definitivos para las calles, asegurando un sistema de transporte eficiente que contribuya al bienestar general de los residentes.

Conclusiones

El estudio ha logrado identificar de manera integral los problemas de infraestructura física en la comuna de Sancán, permitiendo una visión clara de las áreas que requieren atención urgente y las oportunidades para mejoras significativas. Al evaluar las tendencias y necesidades en áreas clave como el abastecimiento de agua, la gestión de residuos, el sistema de drenaje, la

calidad del aire y el desarrollo urbano, se ha proporcionado una base sólida para orientar inversiones estratégicas y políticas públicas efectivas. Estas inversiones deben enfocarse en fortalecer el sistema de abastecimiento de agua y la gestión de residuos, mejorar la infraestructura vial y de transporte, y desarrollar espacios recreativos y servicios públicos esenciales. Las políticas públicas deben priorizar la planificación urbana integral, la regulación de recursos naturales, y la implementación de sistemas de gestión ambiental y de emergencia. Al atender estos problemas de infraestructura física, se busca no solo mejorar la calidad de vida de los residentes de Sancán, sino también asegurar un desarrollo sostenible que promueva el crecimiento económico, la salud pública y el bienestar comunitario. Esta orientación estratégica contribuirá a la construcción de una comuna más resiliente, equitativa y adecuada para enfrentar los desafíos futuros.

Referencias Bibliográficas

Adrianzén, R. E., Carranza, B. E., Barrantes, J. C., & Bravo, K. E. (2022). La nueva gestión pública: la respuesta para un estado eficiente y eficaz. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *6*(5), 5648–5658. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3724

Bojorque, J., & Chuquiguanga, C. (2021). Efecto de la infraestructura pública en el precio del suelo urbano. Caso de la ciudad de Cuenca-Ecuador. *Revista Urbano*, *24*(43), 74–83. https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.43.07

Briones, C., Vidal, K., Pazmiño, M., Romero, M., & Cedeño, P. (2024). Impacto de la infraestructura verde urbana en espacios educativos. *ARANDU UTIC*, *11*(1), 272–285. https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.171

Cedeño, H., Paz, A., & Macías, A. (2016). Una aproximación al estudio del diseño urbano y su implicación para el desarrollo local. *Dominio de Las Ciencias*, *2*(4), 546–559.

Cordoví, J. T., & Galeano, L. (2019). Infraestructura en Cuba: retos para el desarrollo futuro. *Economía y Desarrollo*, *164*(2), 1–19. http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v164n2/0252-8584-eyd-164-02-e1.pdf

Estupiñan, N. (2018). *América Latina necesita mejores infraestructuras urbanas*. Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe. https://acortar.link/i5p0vH

George, R., Gámez Toirac, Y., Matos Laffita, D., González Rodriguez, I., Labori Ruiz, R., & Guevara Silveira, S. (2021). Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud. ***Revista de Información Científica Para La Dirección En Salud***, ***35***(e_974), 1–15. https://www.medigraphic.com/pdfs/infodir/ifd-2021/ifd2135m.pdf

Lino-Calle, V. A., Carvajal-Rivadeneira, D. D., Sornoza-Parrales, D., Vergara-Ibarra, J. L., & Intriago-Delgado, Y. M. (2024). Herramienta tecnológica Jamovi en el análisis e interpretación de datos en proyectos de Ingeniería Civil. ***Innovaciones Educativas***, ***26***(41), 151–165. https://doi.org/10.22458/ie.v26i41.5145

Lino, V., Carvajal, D., Muñoz, J., & Intriago, Y. (2024). Jamovi como herramienta para el análisis de datos en la asignatura de estadística y diseño de experimentos. ***Revista Alcance***, ***7***(1), 73–83. https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.62

Merritt, F. S., Loftin, K., & Ricketts, J. (1992). ***Manual del Ingeniero Civil*** (Cuarta). McGrawHill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V. https://www.academia.edu/36877196/Manual_del_ingeniero_civil_Tomo_I_4ta_Edición_Frederick_S_Merritt

ONU. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In ***Publicación de las Naciones Unidas***. https://acortar.link/8GTRaN

Quiroz, M., & Cobos, D. (2023). ***Evaluación de las condiciones en que se encuentran las edificaciones y calles existentes en el sitio Sancán del cantón Jipijapa*** [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6124

Rivera, M. (2021). Turismo sostenible en zonas rurales. ***Ambienta***, ***61–67***, 29. https://acortar.link/b0JRdA

Rodríguez V, J. C. (2011). Planificación Urbana en perspectiva: Una mirada a nuestra formación en Teoría de la Planificación Urbana. ***Quivera***, ***13***(2), 232 258. http://www.redalyc.org/pdf/401/40119956012.pdf

Universidad Estatal del Sur de Manabí. (2022). ***Diagnóstico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa***. Proyecto de Investigación.

Zambrano, A., & Carvajal, D. (2023). *Tendencias y necesidades de infraestructura física para el desarrollo productivo del sitio Sancán del Cantón Jipijapa* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://acortar.link/449g3e

Zambrano, N., Maldonado, E., & Gómez, M. (2024). Calidad de la infraestructura dentro de las aulas : perspectivas de los estudiantes. *Universidad Nacional de Educación*, 89–97.

Zavala, C., Lino, V., Cordero, M., & Sornoza, D. (2024). El rol de la Ingeniería Civil en el desarrollo sostenicle: Tendencias y desafíos. *Revista Alcance*, *7*(1), 1–13. https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.57

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 17

Diseño de un parque lúdico para la ciudadela Las Cumbres de la ciudad de Jipijapa

AUTORES: Miguel Perfecto Terán García; Ernesto Jandry Delvalle Avila

SABER**EC 5.0**

Diseño de un parque lúdico para la ciudadela Las Cumbres de la ciudad de Jipijapa

Design of a recreational park for the Las Cumbres citadel of the city of Jipijapa

Resumen

La investigación titulada "Diseño de un parque lúdico para la ciudadela Las Cumbres de la ciudad de Jipijapa" abordó la falta de espacios recreativos en la comunidad debido al crecimiento demográfico y la escasez de infraestructura adecuada. Por ellos se planteó como objetivo diseñar un parque lúdico que contribuya significativamente a la creación de espacios recreativos para la comunidad. Con un enfoque mixto, que combinó métodos teóricos y empíricos, se aplicaron encuestas, entrevistas y observaciones directas para recopilar información sobre las expectativas y preferencias de los residentes. Los resultados destacaron la demanda de opciones para actividades familiares al aire libre y la importancia percibida de un parque lúdico para promover la unión comunitaria y el bienestar. La población compuesta por 405 habitantes de la ciudadela Las Cumbres, expresó su interés en contar con un espacio recreativo que ofreciera seguridad y diversión. Las conclusiones resaltaron la necesidad de proporcionar un lugar que no solo satisfaga las necesidades recreativas, sino que también fomente la interacción social y contribuya al desarrollo personal y comunitario.

Palabras claves: Diseño, parque, lúdico, recreación

Abstract

The research titled "Design of a recreational park for the Las Cumbres citadel in the city of Jipijapa" addressed the lack of recreational spaces in the community due to demographic growth and the scarcity of adequate infrastructure. Therefore, the objective was to design a recreational park that would significantly contribute to the creation of recreational spaces for the community. With a mixed approach, combining theoretical and empirical methods, surveys, interviews, and direct observations were applied to gather information about residents' expectations and preferences. The results highlighted the demand for outdoor family activity options and the perceived importance of a recreational park in promoting community unity and well-being. The population, consisting of 405 inhabitants of the Las Cumbres citadel, expressed their interest in having a recreational space that offered safety and fun. The conclusions emphasized the need to provide a place that not only meets recreational needs but also fosters social interaction and contributes to personal and community development.

Keywords: Design, park, playful, recreatio

Introducción

La importancia de los espacios públicos bien diseñados y regulados se reflejan en las grandes ciudades, los cuales no solo satisfacen necesidades cotidianas, sino que también contribuyen a la identidad única de cada ciudad. Los beneficios sociales y de salud se evidencian en las oportunidades para la recreación, el ejercicio y la socialización, mejorando así la salud física y mental de la comunidad (Figueroa y Ávila, 2022)

En términos ambientales, Angulo Tenorio (2023), señalan que la vegetación y la infraestructura verde en estos espacios ayudan a reducir la contaminación del aire, el efecto de islas de calor y las emisiones de gases de efecto invernadero, además de fomentar la biodiversidad urbana.

Los espacios públicos desempeñan un papel crucial en la vida urbana según Parrales y Castro (2020), estos cumplen dos funciones esenciales dotar de significado a la vida comunitaria y actuar como representantes tangibles de la sociedad, facilitando la expresión e identificación social de las personas. En Jipijapa, los espacios públicos son fundamentales para la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, la ciudadela Las Cumbres enfrenta una carencia significativa de áreas recreativas adecuadas, lo que limita las oportunidades de esparcimiento, socialización y actividades al aire libre de sus residentes.

Esta escasez de espacios recreativos tiene consecuencias negativas para la comunidad. En primer lugar, la falta de áreas para la actividad física puede fomentar el sedentarismo, aumentando el riesgo de problemas de salud tanto físicos como mentales. Además, a demás las actividades recreativas son esenciales para el desarrollo de los niños, ya que facilita la expresión emocional, la resolución de conflictos y la construcción de identidad. La ausencia de espacios seguros para estas actividades obstaculiza este proceso crucial en el crecimiento infantil.

Los espacios públicos son catalizadores de la interacción social, su carencia puede debilitar los lazos comunitarios y reducir las oportunidades de socialización entre vecinos. La falta de un parque en Las Cumbres limita las opciones de recreación y esparcimiento para todos los grupos etarios, impactando negativamente en la calidad de vida de los residentes. Es por lo que el objetivo de esta investigación es diseñar un parque lúdico para la ciudadela Las Cumbres de Jipijapa que satisfaga las necesidades recreativas y promueva la interacción social en la comunidad.

Materiales y métodos

La presente investigación adopto un enfoque mixto (cuali-cuantitativo), para el desarrollo del proyecto. La investigación está enmarcada en un diseño no experimental, porque no se manipulan variables, sino que se observa y analiza la situación actual de la ciudadela y se recopila información para desarrollar el diseño del parque lúdico (Hernández Sampieri et al., 2019).

La población representa el conjunto completo de individuos, elementos o entidades que están directamente relacionados con el tema de investigación y que son accesibles para el investigador en el contexto particular de su estudio (Hernández Sampieri et al., 2019).

En el contexto de la investigación la población corresponde a todas las personas que viven en la ciudadela Las Cumbres de la ciudad de Jipijapa, con un total de 658 habitantes. El total de la muestra corresponde a 243 habitantes de la ciudadela Las Cumbres de la ciudad de Jipijapa.

Resultados y discusión

Los datos se registraron de manera organizada y sistemática, y se tabularán para crear resúmenes visuales que faciliten su interpretación. Además, se realizará un análisis estadístico descriptivo y se aplicarán técnicas lógicas para interpretar los resultados cualitativos.

La situación actual en la ciudadela Las Cumbres no cumple las expectativas de los habitantes, por ello, el diseño de un parque lúdico responde de manera favorables a las necesidades de la comunidad.

Tabla 51.

Nivel de satisfacción.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Muy insatisfecho	84	35%
Insatisfecho	107	44%
Neutral	34	14%
Satisfecho	18	7%
Muy satisfecho	0	0%
TOTAL	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

De igual manera no se registran áreas para recreación, ni espacios para eventos comunitarios, lo que evidencia una falta significativa de infraestructura

recreativa. Estos resultados sugieren una alta factibilidad para la construcción de un parque, ya que cubriría una necesidad insatisfecha en la comunidad.

Tabla 52.

Actividades recreativas.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Parques	0	0%
Áreas verdes	0	0%
Canchas deportivas	103	42%
Espacios para eventos comunitarios	0	0%
Ninguna	139	57%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Es así que esto refleja la necesidad de mejorar y ampliar las áreas destinadas a la recreación de los niños, dado que carece de espacios seguros para su desarrollo, incidiendo en su interacción con los demás miembros de la comunidad.

Tabla 53.

Espacios seguros para niños.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	150	62%
En desacuerdo	92	37,6%
Neutral	1	0,4%
De acuerdo	0	0%
Totalmente de acuerdo	0	0%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Existe una clara demanda por la creación de un espacio específico dedicado a la recreación y entretenimiento de toda la comunidad. Este clamor refleja no solo una necesidad percibida, sino también una aspiración de contar con un espacio que no solo satisfaga las expectativas recreativas, sino que también fomente la interacción social, promueva la actividad física y contribuya al bienestar general de los habitantes de la ciudadela Las Cumbres.

Tabla 54.

Principales carencias y necesidades.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Ausencia de áreas verdes y espacios abiertos	44	18%
Opciones limitadas para niños y adolescentes	25	10%
Falta de un parque	174	72%
Total	**243**	**100%**

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Dado los resultados, es aceptable la idea de insertar elementos educativos en el diseño del parque lúdico, pues no solo contribuye al desarrollo cognitivo, sino que también combina el entretenimiento con oportunidades de aprendizaje.

Tabla 55.

Incorporar elementos educativos.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Nada interesado	0	0%
Poco interesado	0	0%
Neutral	9	4%
Interesado	74	30%
Muy interesado	160	66%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Dada la diversidad de preferencias, el diseño de un parque lúdico debe abarcar sus distintas propuestas para ofrecer un espacio completo que mejore la calidad de vida de todos los miembros de la comunidad.

Tabla 56.

Tipos de instalaciones.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Zonas de juegos infantiles	45	19%
Áreas para picnics	23	9%
Pistas para caminar o correr	12	5%
Zonas de descanso para adultos	51	21%
Todas	112	46%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Con respecto a la gestión del mantenimiento y limpieza del parque lúdico los habitantes de la ciudadela Las Cumbres, consideran necesario involucrar tanto a los residentes como recursos externos para garantizar el buen estado del parque.

Tabla 57.

Gestión del mantenimiento y limpieza del parque lúdico.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
Responsabilidad comunitaria	67	28%
Voluntariado programado	84	35%
Asignación de personal específico	59	24%
Contratación de servicios	33	13%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

En base a los resultados, existe un respaldo por parte de la comunidad por participar en eventos y actividades en el parque lúdico, lo que fomenta la interacción social en este nuevo espacio recreativo.

Tabla 58.

Participar en actividades comunitarias.

Escala	Frecuencia	Porcentaje
No estoy dispuesto	0	0%
Poco dispuesto	0	0%
Neutral	0	0%
Dispuesto	41	17%
Totalmente dispuesto	202	83%
Total	243	100%

Fuente: Habitantes de la ciudadela Las Cumbres

Discusión

La metodología de este estudio, que incluyó encuestas y entrevistas con usuarios y autoridades locales, coincide con investigaciones previas que destacan cómo los espacios recreativos bien diseñados promueven la cohesión social y mejoran la salud mental y física de la comunidad (Borsellino et al., 2022). Esto resalta la importancia de considerar las necesidades sociales y culturales locales en la planificación y diseño de parques y áreas recreativas (Flores y Ceballos, 2022).

La literatura actual sugiere que el diseño de parques urbanos debe priorizar la accesibilidad universal, sostenibilidad ambiental, seguridad, estética y funcionalidad (Rojas Velez, 2019). Incorporar estos elementos puede aumentar la utilidad y aceptación de los parques, garantizando que sean inclusivos y beneficiosos para todos los residentes (Fuentes Delgadillo, 2021).

Diversos estudios evidencian que los espacios verdes urbanos reducen el estrés, fomentan estilos de vida saludables y mejoran la calidad de vida (Bastidas Caceres, 2021), impactando positivamente en la salud física y mental, reduciendo la criminalidad y mejorando el bienestar emocional (Sumba Buenaventura, 2020).

En Ecuador, la planificación urbana ha priorizado la infraestructura vehicular sobre la creación de espacios públicos, resultando en una escasez de áreas verdes accesibles (Fernández, 2021). Este déficit es crítico, dado que los espacios recreativos promueven estilos de vida activos, la cohesión social y el fortalecimiento comunitario (Rueda Rodríguez, 2020).

Los resultados de este estudio subrayan la necesidad de enfoques integrados y multidisciplinarios en el diseño de espacios recreativos urbanos

(Cárdenas Mateus, 2019). No se trata solo de crear parques, sino de incluir elementos y actividades que fomenten la participación y apropiación comunitaria del espacio (Juliao Vargas et al., 2023).

Conclusiones

- Se logró diseñar un parque lúdico que realmente cumple con las necesidades y expectativas de recreación de la comunidad de la ciudadela Las Cumbres. Dado que los resultados de la investigación muestran que la mayoría de los residentes de la ciudadela Las Cumbres están bastante descontentos con las áreas de recreación actuales. Esto se fundamenta en un diagnóstico inicial que permitió identificar las demandas y preferencias de los residentes en cuanto a actividades recreativas y espacios de esparcimiento.
- El análisis detallado de la topografía del terreno fue esencial para el diseño del parque, permitiendo la implementación de terrazas en diferentes niveles. Estas terrazas se han integrado de manera efectiva para ofrecer espacios destinados a la práctica de actividades variadas como la bailoterapia, la calistenia y juegos infantiles, fomentando así la interacción entre vecinos y contribuir al bienestar general de la comunidad.
- Se establecieron espacios que promueven la participación de toda la comunidad en actividades de recreación activa y pasiva. Los residentes desean instalaciones variadas para el juego infantil, áreas verdes y oportunidades educativas. El crear un espacio completo que mejore la calidad de vida en el vecindario, se logró mediante la incorporación de zonas que fomentan la interacción social y el disfrute colectivo.

Referencias Bibliográficas

ACI 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA: ACI.

ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Preparado por el Comité ACI 318.

American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint.* ASTM.

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. ***Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN",7***(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Angulo Tenorio, I. W. (2023). ***Diseño de un parque recreativo para el sector de Casa Bonita del cantón Esmeraldas***. Obtenido de Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte: http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6167

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). ***¿Cómo funciona un biodigestor?*** Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Arivabene, A. C. (2015). ***Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:.*** Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

Asana. (28 de marzo de 2024). ***Asana.*** Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

Asana. (28 de 03 de 2024). ***Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos***. Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). ***Normas de diseño geométrico de carreteras.*** Quito: Protecvía CIA.

ASTM C 805/805M-13A. (2013). ***Ensayo de esclerometro.*** American Society for Testing and Materials.

Banco Mundial. (2019). ***Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador.*** Banco Mundial.

Bastidas Caceres, J. A. (2021). La Recreación activa en el desarrollo socio afectivo de los niños del subnivel II, en la Escuela de Educación Básica General Juan Lavalle. ***Universidad Nacional de Chimborazo***, 55-68.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. ***Sustainability, 11***(1), 209.

Blanco, D., Ramírez, J., & Castellanos, J. (2018). ***EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES.*** Bucaramanga: EIEI ACOFI. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/359/357

Borsellino, L., Zufiaurre, E., & Bilenca, D. N. (2022). La investigación científica y la conservación de la biodiversidad en parques nacionales de la Argentina. *Asociación Argentina de Ecología, 5*, 493-501.

Bravo Castro, P. I. (12 de Julio de 2021). *Universidad de Chile.* Obtenido de Estudio hidraulico de aguas subterraneas de la zona de Monturaqui, Salar de Atacama, Chile.

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). *ESTRUCTURAS DE GUADÚA.* ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.* Links.

Cabrera, M. I. (2015). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos. 16.

Campo, F. (2022). Tecnica de la investigacion. *RAI. Revista Academica Institucional*, 1. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. *RAI. Revista Académica Institucional, 3*(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Cañarte, G. (2016). *Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación).* Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras.* Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?srsltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-l4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ymJUWI

Cárdenas Mateus, J. A. (2019). Parque lineal Álamos: Proyecto urbano de espacio. *Universidad La Gran Colombia*(5), 66-78.

Cárdenas, N. (15 de Noviembre de 2019). *¿Cuál es la importancia de realizar un ‹estudio de suelo› para construir?* Obtenido de UTPL Blog: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Cárdenas, N. (13 de 11 de 2019). *¿Por qué incursionar en la creación de viviendas de interés social?* Obtenido de noticias.utpl.edu.ec: https://

noticias.utpl.edu.ec/por-que-incursionar-en-la-creacion-de-viviendas-de-interes-social

Carhuapoma Ugarte, P. A. (24 de Abril de 2023). ***Diseño del parque recreativo y la mejora de la calidad de vida del centro poblado Bustamante Reyes, Barranca, 2021***. Obtenido de Repositorio UNJFSC: http://hdl.handle.net/20.500.14067/7524

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. ***Universidad Industrial de Santander, Colombia.*** Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Cerón, L. M. (2021). ***Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico.*** Universidad de Chile.

Cevallos Sánchez, K., & Palacios, J. (2017). ***Diseño de una edificación de dos pisos con estructura metálica, utilizando vigas y columnas compuestas (acero – concreto) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].*** Repositorio digital. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

CHIGNE, A. D. (25 de marzo de 2023). ***Linked In***. Obtenido de La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad: https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Chiquito Blanca, D. G. (19 de 10 de 2022). ***Nuestra Riqueza*** . Obtenido de Nuestra Riqueza : https://www.nuestrasriquezas.com/2022/10/19/fiesta-en-la-comuna-joa-de-jipijapa/

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4° edición ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Cordova, J. (2023). ***simulacion estructural .*** Jipijapa : Todotut Constr.

Correa Abendaño, C. E., & Sempértegui Flores, D. D. (2022). ***Estratégias de Diseño Interior de Viviendas de interés Público.*** Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de dspace.uazuay.edu.ec: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12009/1/17537.pdf

Cuesta Santos, A., Delgado Fernández, M., Fleita Triana, S., & Linares Borell, M. (2023). Optimización del capital humano por innovación en procesos de gestión humana y del conocimiento. ***Scielo, 113***(1).

De La Cruz Vega, S., Pezo Morales, P., Noel, C. E., & Mendoza Flores, C. (marzo de 2022). Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada. ***Universidad, ciencia y tecnología, 26***(112), 84-94. doi:https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Delaflor, M. (2018). ***Material Alternativos; la construcción de un nuevo paradigma***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Sitio web Real Estate: http://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11360-material-alternativos-la-construccion-de-un-nuevo-paradigma

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. ***DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura***(2), 75-93. Recuperado el 04 de abril de 2022, de https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/32/28

Diaz, W. Á. (2015). Definición de la mecanica de suelos. ***Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de calculo - Tesis***, 18. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0IyqPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Dr. Mera Martinez, I. (2024). ***Análisis de agua y microbiologia de alimentos.*** Portoviejo.

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Edge. (2019). ***Software Edge.*** Obtenido de https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf

Esterlin, J. G., & Herreño, M. A. (2011). ***Metodología para el cálculo de reología e hidráulica para pozos estratigráficos profundos,usando una herramienta software (compras y well plan).*** Bucaramanga.

e-struc. (2018). ***Función estructural de las placas de anclaje***. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. ***Química viva, 11***(3), 147-170. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, J. (2021). Efectos de la recreación activa sobre la motivación intrínseca, las relaciones socio afectivas y el disfrute en niños de 9 a 12 años. . ***Repositorio Institucional Universidad de Cuenca***(23), 45-67.

Fernandez, N. V. (2020). ***Certificación de plantaciones y cadena de custodia de bambú gigante (Dendrocalamus asper) y caña guadúa (Guadua angustifolia Kunth), bajo los criterios del Forest Stewardship Council (FSC).*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10370/2/03%20FOR%20300%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Fernández, S. D. (2018). ***Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua.*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8415/1/14135.pdf

Figueroa, A., & Ávila, J. (2022). Espacios recreativos en el cantón Portoviejo. ***Revista Educare, 6***(22), 279-303.

Flores Xolocotzi, R., & Ceballos Pérez, S. G. (2022). Un estudio sobre usos recreativos en el Parque México ubicado en la Ciudad de México. ***Revistas Electrónicas, 9***(9), 23-40.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

Fuentes Delgadillo, V. H. (2021). Espacios recreativos infantiles y el desarrollo social espacial de los niños en el distrito de Ventanilla, Callao. . ***Repositorio de la Universidad César Vallejo***(9), 1-34.

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gallardo Valle, M. E., & Villamar Mera, S. J. (2022). ***Análisis de los espacios públicos recreativos en la ciudadela el Progreso en la ciudad de Portoviejo***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo : http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2646

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2015). ***Plan de ordenamiento territorial del GAD municipal de Quinindé.*** Esmeraldas.

Gonzales, D. M. (2021). ***Ingeniería sismorresistente aplicado a viviendas de albañilería estructural.*** Quito, Ecuador: Centro de Altos Estudios y Desarrollo Profesional.

Gonzáles, J. E., León , B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. *Revista Ciencia y construcción, 4*(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Google Earth. (2024). Obtenido de Ubicación del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas.

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja "El Guayabal". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32*(3), e05.

GUADUA NEC-SE, E. (s.f.). TODOTUT COSNTR. - ING BYRON LINO.

Guerrero Garay, E. L., & Delgado Pinzón, J. D. (2022). *RESUMEN DE FALLAS EN CONEXIONES DE.* San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7341

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2019). *Metodología de la Investigación.* Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta)* (Vol. Sexta). McGrawHill.

Herrera, C. (2008). *Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú.* Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrero, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.* Jaime Marti Herrero.

Hurtado Olivera, E. R. (16 de Noviembre de 2021). *Estrategia de gestión urbana en los parques que optimicen la convivencia y seguridad ciudadana.* Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia: http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11195

Instituto del Agua . (2024). *Recursos Hídricos del Ecuador: Un Tesoro de Agua en el Corazón de América Latina.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.* Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad.* Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INVE. (22 de 06 de 2006). *Sección 200 - Agregados Pétreos.* Obtenido de https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf

Johnson, P., & Brown, T. (2022). *Statistical methods for engineering applications.* Tech Publishers.

Juliao Vargas, C., Sánchez Roa, I. J., & Reina Monrroy, J. L. (2023). Los Parques: su uso como indicador de salud y calidad de vida. *Retos*(48), 24-33.

Lino, J. (2020). *Análisis dinámico de una residencia universitaria de dos plantas utilizando caña guadua como elemento estructural, ubicado en los predios de la Unesum.* Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2273/1/LINO%20QUIROZ%20JOSE%20RAMON.pdf

Lozada. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria* (Universidad Tecnológica Indoamérica ed., Vol. 3). Quito, Pichincha, Ecuador: CIENCIAMÉRICA,. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). *PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL.* Paraná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). *GESTION DIGITAL*. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Massolo, L. (2015). *Introducción a las herramientas de gestión ambiental.* Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Matute, M. (2016). ***Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala.*** Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

Menéndez, W. (2021). ***Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa.*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*** (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

MIDUVI. (2022). ***Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal.*** Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). ***nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022.*** Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-HS-AU-Accesibilidad-Universal.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Madera.*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK).*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MINUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones. (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). ***NEVI-12. Vol. N° 3: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.*** Técnico, Quito, Ecuador.

Molina, C. A. (15 de febrero de 2024). ***Alternativa de diseño de vivienda de interés social para superar el déficit habitacional en el cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6101

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Napoleón Burbano, S. B. (2015). ***Introduccion a la hidrogeologia del Ecuador .*** Quito.

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2014). ***AGUA POTABLE. REQUISITOS.*** Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). ***Gestión de Residuos Sólidos Municipales***. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. ***Producción+ Limpia, 15***(2), 71-91.

Otero Ortega, A. (2018). ***Enfoques de investigación: Métodos para el Diseño Urbano Arquitectonico.*** Obtenido de . https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf

Palmer, E. (2023). ***Propuesta de criterios de sostenibilidad para el diseño de una vivienda multifamiliar en chachapoyas a nivel de certificación Edge.*** Chachapoyas. Obtenido de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3283/Palmer%20Cruz%2C%20Edinson%20Ronaldo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parrales, C., & Castro, J. L. (2020). Influencia de los espacios recreativos en el desarrollo territorial. ***Dominio de las Ciencias, 6***(2), 525-538.

RAS. (2000). ***Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Realia. (2023). ***Vivienda de interés social***. Obtenido de www.realia.es: https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social

Rivera, L. (2022). Los parques urbanos como indicadores de calidad de vida, símbolos de bienestar y espacios de uso recreativo. ***Redalyc.org, 16***(27), 215-237.

Rodrigo, C. C., & Gabriela, M. R. (2020). ***Desarrollo de herramienta computacional para el cálculo y sensibilidad de la hidraulica básica de un pozo petrolero.*** Mexico.

Rodrigues. (29 de julio de 2024). ***Hubspot.es.*** Obtenido de https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). ***iagua***. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas Velez, J. C. (2019). Propuesta de diseño de parque lineal para el oerfil costero del centro consolidado del cantón Jama-Manabí. ***Universidad Laica Elou Alfaro de Manabí, 2***(4), 83-90.

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Rotoplas. (2021). ***Biodigestor Rotoplas***. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Rueda Rodríguez, S. (2020). Importancia de los espacios y ambientes lúdicos y recreativos en los descansos de los estudiantes de Básica primaria. ***Los Libertadores, 9***, 55-72.

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Sanchez, K. V. (2017). ***DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO VIGAS Y COLUMNAS COMPUESTAS (ACERO – CONCRETO).*** Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. ***Creative Commons*** . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Soledispa, L. (2022). ***Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción en el sitio joa cantón jipijapa.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/75536

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños víales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Sumba Buenaventura, V. A. (2020). *Análisis de espacios públicos recreativos en el casco urbano del Cantón Chone*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1687

Suquillo-Ronquillo, B., Cabrera-Álvarez, E., Chacón-Sánchez, J., & Mayacela-Rojas, M. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. *Investigación Y Desarrollo, 16*(1). doi:https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3*(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Tirado, M. N. (2021). *Manual para el diseño de anclajes al concreto segun ACI318-19.* Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Obtenido de https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1690

Tomeo, F., Sellanes, G., & Alonzo, A. (06 de 2008). *Materiales Alternativos.* Obtenido de construccion3.weebly.com: http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf

TULSMA. (2000). *REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.* Ecuador.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). *Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.*

Universidad Mayor San Simón, F. d. (2008). *Manual Completo Diseño de Pavimentos.* Manual , Cochabamba.

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. *Revista Digital Novasinergia, 4*(1), 53-73. Recuperado el 04 de abril de 2022, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf

Velasquez Chigne, A. D. (2023 de 03 de 25). *La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad*. Obtenido de https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Vera, R. F. (2024). *Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.* Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Viera, P. (2017). *Proyectos de Viviendas con Materiales Alternativos*. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Construcciones UCE: https://construccionesuce.wordpress.com/2017/06/21/proyectos-de-viviendas-con-materiales-alternativos/

Villarreal, R. E. (2017). *La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el principio constitucional del buen vivir.* Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

Vivienda, M. d. (2017). *ESTRUCTURAS DE GUADUA GAK.* Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). doi:NEC-SE-GUADUA

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 18

Evaluación de la calidad del suelo para cimentación de obras civiles sector 3 del sitio Sancán del cantón Jipijapa

AUTORES: Denny Augusto Cobos Lucio; Saury Fabricio Cañarte Valencia; Vanessa Estefanía Suárez Carriel; Sheyla Nasari Reyes Calero

SABER**EC 5.0**

Evaluación de la calidad del suelo para cimentación de obras civiles sector 3 del sitio Sancán del cantón Jipijapa

A Evaluation of the quality of the soil for the foundation of civil works sector 3 of the Sancán site of the Jipijapa canton

Resumen

El análisis de muestras para la obtención de la calidad del suelo es primordial, ya que conociendo las propiedades y características del suelo, se cuenta con las bases para desarrollar un proyecto civil, es así que, en el sector 3 del sitio Sancán perteneciente al cantón Jipijapa, se observó una falta de conocimiento técnico sobre el suelo, por lo tanto, tomando en cuenta que utilicé el método teórico y el método empírico se realizó un estudio mediante el Ensayo de Penetración Estándar, en que se tomaron 18 muestras que se procedieron analizar en el laboratorio, para su posterior clasificación de suelos y realizar los cálculos de capacidad de carga, ángulos de fricción, entre otros. Los resultados evidencian que el suelo estudiado se clasifica en su mayoría como un suelo marginal, no susceptible a la licuefacción y con una capacidad admisible aceptable, lo que hace del sitio estudiado un lugar apto para obras civiles, brindando a la comunidad un estudio que permitan realizar cimentaciones adecuadas evitando sobre gastos y futuros problemas de asentamientos, garantizando confiabilidad y durabilidad de la misma, favoreciendo también, la investigación que lleva a cabo la Universidad Estatal del Sur de Manabí por medio de su proyecto “Diagnostico de infraestructura para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa”.

Palabras clave: Análisis, Suelo, Calidad, Cimentación, Sancán.

Abstract

The analysis of samples to obtain the quality of the soil is essential, since knowing the properties and characteristics of the soil, the bases are available to develop a civil project, thus, in sector 3 of the Sancán site belonging to the canton. Jipijapa, a lack of technical knowledge about the soil will be verified, therefore, taking into account that I used the theoretical method and the empirical method, a study was carried out using the Standard Penetration Test, in which 18 samples were taken and proceeded to analyze. in the laboratory, for subsequent classification of soils and carrying out calculations of load capacity, friction angles, among others. The results show that the soil studied is mostly classified as marginal soil, not susceptible to liquefaction and with an acceptable admissible capacity, which makes the studied site a suitable place for civil works, providing the community with a study that allows make

adequate foundations, avoiding overspending and future settlement problems, guaranteeing reliability and durability, also favoring the research carried out by the State University of the South of Manabí through its project “Infrastructure diagnosis to promote productive development.” ”. from the Sancán site of the Jipijapa canton.”

Keywords: Analysis, Soil, Quality, Foundation, Sancan.

Introducción

El suelo como elemento básico para cimentación debe analizarse correctamente, en toda obra de ingeniería moderna es imprescindible la realización de un estudio de suelos, como rama de la ingeniería civil, el estudio de la mecánica del suelo se ocupa de la aplicación de leyes de mecánica e hidráulica a los distintos problemas del terreno, estudia el comportamiento y resistencia que ofrezca seguridad, estabilidad y durabilidad a las estructuras. Dicho estudio también permite conocer las propiedades físicas y mecánicas, su composición estratigráfica, logrando diseñar una cimentación técnicamente adecuada, considerando el factor económico (Diaz, 2015).

En el sitio Sancán, sector 3 se presenta un clima templado con variación de temperaturas, el trabajo tiene como propósito identificar el tipo de suelo que existe, determinando el uso adecuado de estabilizadores por medio de métodos y herramientas tecnológicas que se presentan en la actualidad, es así que, por condiciones de trazo y topografía, es necesario conocer su tipo y clasificación para un adecuado asentamiento de obra civil. Buscando brindar un servicio en la construcción de obras civiles para alcanzar una mayor estabilidad en la estructura a beneficio de la comunidad en general, ya que teniendo una cimentación consolidada de obras civiles se garantiza una correcta ejecución del trabajo.

La actividad humana se orienta en torno a la producción, comercio, equipamiento comunal, recreacional y vivienda. Alemania, sobre las bases proporcionadas por la Geología implantó una escuela para estudiar, definir e inventariar los suelos. El estudio de la calidad del suelo es necesario para todo proyecto civil, agrícola, u otro. La historia de la evolución de la Ciencia del Suelo, encargada del estudio de la composición y naturaleza del mismo, en su relación con las plantas y el entorno que lo rodea, de acuerdo a su gran importancia y correspondencia con la Ingeniería Geotécnica complementa lo que se ha venido tratando, en busca de mayores conocimientos en cuanto a la cimentación de obras civiles (Cárdenas, 2019).

Es muy notorio que en el Ecuador se viva una etapa de cambios y en este contexto, el país enfrenta nuevos retos, enrolados en el marco de la modernización y la globalización constante, para continuar con un desarrollo dinámico y sostenible para asumir transformaciones económicas, comerciales, institucionales, sociales y otras. Existe, además, un agresivo deterioro del recurso suelo, por su uso inadecuado, situación que se acentúa cada vez más. Su origen se debe al desconocimiento del tipo de suelos en el que se encuentran asentados y al crecimiento demográfico, que presiona la explotación intensiva de los recursos (suelo, agua, vegetación).

La importancia de la implementación de este trabajo recae en el conocimiento de las propiedades del suelo en la zona mencionada, por lo cual se le dará una valoración con fines constructivos, de esta manera se asegura el adecuado método que tendrán las nuevas edificaciones que pretendan erigirse en el área de estudio (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016). Es así que en la comuna Sancán, existe un ecosistema desconocido para el uso de suelo y no se toma en consideración las normas técnicas para una correcta construcción de obra civil, por tanto, es necesario un estudio ya que los suelos están sometidos a una fuerte erosión y de esta manera, los habitantes serán los beneficiados de manera que el estudio servirá como fuente de información para futuros proyectos en el sector.

El trabajo tiene como propósito identificar el tipo de suelo que existe por medio una evaluación mediante Ensayo de Penetración Estándar y posteriores ensayos en laboratorio, determinando que el suelo es tolerable si logra ser estabilizado por medio de métodos y herramientas tecnológicas que son muy utilizados en la actualidad o, esperando su estabilización a través del tiempo. Conocer la capacidad portante del suelo del sector 3, del sitio Sancán, contribuye al avance y desarrollo de la comuna por medio del proyecto de investigación “Diagnostico de infraestructura para fomentar el desarrollo productivo del sitio Sancán del cantón Jipijapa” que mantiene vigente la carrera de ingeniería civil como parte de vinculación con la comunidad.

Materiales y métodos

Mediante el método teórico se recopiló información que se plasmó en el marco teórico ya que es el sustento científico para realizar los estudios de suelos, permite explorar y comprender los conceptos fundamentales y principios subyacentes en un campo técnico. Esto es esencial para construir una base sólida sobre la cual se pueden desarrollar y aplicar soluciones prácticas, obtener resultados confiables, así mismo, un correcto análisis e interpretación de

datos, por medio del método empírico se basa en la recolección de datos directos a través de observaciones, experimentos y mediciones (Torres, 2021). Esto permite obtener evidencia concreta y real sobre fenómenos técnicos, proporcionando una base sólida para el análisis y la toma de decisiones, para posteriormente determinar sus propiedades físicas y mecánicas en el laboratorio, con el fin de obtener un informe verás y oportuno.

Las técnicas implementadas para recolección de datos en la presente investigación son los siguientes, los cuales son regidos por la NEC 15 (2014):

- Granulometría por lavado. - Esta prueba consiste en clasificar las partículas tamizándolas hasta la malla #200 (Norma AASTHO T – 88, INEN 692)
- Contenido de Humedad Natural. - Esta prueba determina la cantidad de agua natural en el suelo, expresada como porcentaje del peso seco del suelo. (Norma ASTMD – 2216, INEN 690).
- Limite Líquido. - Permite establecer el valor del índice de plasticidad, parámetro importante para reconocer un limo y una arcilla. (Norma AASTHO T – 89, INEN 691).
- Limite Plástico. – Permite determinar al igual que el anterior el índice de plasticidad, por la diferencia entre los dos (IP=LL-LP). (Norma AASTHO T – 90, INEN 692).
- Gravedad Específica. - Es la densidad de un material en relación con el agua. (Norma AASTHO T – 84, INEN 856)
- Clasificación de Suelos (SUCS). - Esta práctica incluye todas las pruebas previas de identificación de un suelo particular por símbolo.
- Factor N corregido para Suelos. - El ensayo SPT, aunque se denomine estándar tiene muchas variantes y fuentes de diferencia y por ello en todas las variantes hay factores de corrección a la energía teórica de referencia Er y el valor N de campo debe corregirse de la siguiente manera:

N_{crr}=N*n1*n2*n3*n4

En la cual: Ncrr= valor de N corregido

N= valor de N de campo

N1= factor por energía del martillo ($0{,}45 \leq n1 \leq 1$)

N2= factor por longitud de la varilla ($0{,}75 \leq n2 \leq 1$)

N3= factor por revestimiento interno de toma muestras (0,8 ≤ n3 ≤ 1)

N4= factor por diámetro de la perforación (> 1 para D>5", = 1,15 para D=8")

Tendríamos que calcular N1:

$$N1 = \frac{Er}{E60}$$

Er = el porcentaje de energía de golpeo obtenido con referencia de la barra.

E_{60} = es el valor de la energía de referencia base que usualmente es 60%.

Y para los demás factores de N se utilizará la tabla de Skempton con los valores ya establecidos.

Tabla 59.

Factores de corrección N escogidos.

Corrección	Denominación	Variable	Corrección
Por energía	Er	Martillo de Seguridad	0,6
Por longitud de barras	N2	4m - 6m	0,85
Por muestreado	N3	Sin Camisa	0,8
Por diámetro del barreno	N4	65mm - 115mm	1

Capacidad de carga. - Para este cálculo se aplicó la fórmula de Bowles (1977).

BOWLES (1977)

$$q_{(adm)}\left(\frac{KN}{m^2}\right) = 19{,}16 * N_{Corr} * F_d\left(\frac{Se}{25{,}4}\right)$$

Donde:

$q_{(adm)}$ = Capacidad portante admisible del suelo.

N_{corr} = Número de golpes corregido.

F_d = 1 + 0,33 (Df/B) ≤ 1.33.

Se= Asentamiento tolerable em mm.

Densidad Relativa de los Suelos (Dr%): Para la estimación de la densidad relativa de las arenas se utilizan los métodos de (Terzaghi & Skempton, 1986).

Tabla 60.

Correlación entre el número de Golpes y el N60.

.	Dr%	Compacidad
0-3	0-15	Muy suelta
3-8	15-35	Suelta
8-25	35-65	Medianamente densa
25-42	65-85	Densa
42-58	85-100	Muy densa

Angulo de Fricción Interna. Ø- Los datos que se obtienen del ensayo SPT permiten indirectamente estimar el ángulo de rozamiento interno de los materiales, deducido de los valores de la densidad Dr, a partir del valor de numero de golpes. N_{SPT}

Existen numerosas propuestas para estimar .

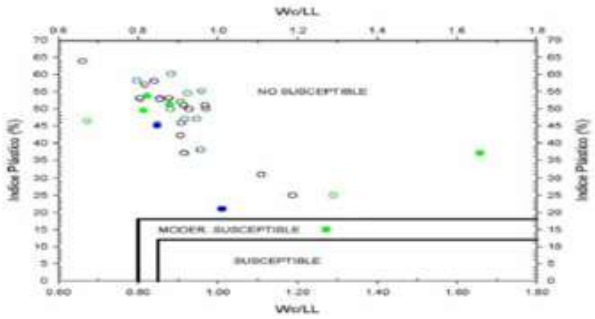
Una de ellas son expresiones propuestas por Meyerhof en 1956 y son las siguientes:

Ø =25+0.15 Dr%(>5% arenas finas y limos)

Susceptibilidad a la licuación de suelos. - Para la evaluación a la susceptibilidad a la licuación de arenas y limos, así como las arcillas de baja plasticidad por medio de los criterios de susceptibilidad de Bray y Sancio (2006) que se representa gráficamente en la figura.

Figura 48.

Criterio de susceptibilidad de Bray y Sancio (2006).



Coeficiente de colapsabilidad. - Para poder identificar estos suelos colapsables Priklonski (1952) propuso una expresión:

$$KD = \frac{(W - LP)}{IP}$$

Dónde: W= es el contenido de humedad

LP= es el límite plástico

IP= el índice de plasticidad=LL-IP

Tabla 61.

Condiciones del Suelo Colapsable.

KD	Tipo de Suelo
Menor que 0	Muy Colapsable
Menor que 0.5	Poco colapsable
Mayor que 0.5	No es colapsable
Mayor que 1	Expansivo

Clasificación del Suelo por el UNE. - Incluye una clasificación de suelos en función de sus cualidades (Clasificación ASTM, 2021).

Resultados

Esta tabla proporciona una visión clara de las propiedades del suelo, lo que facilita la interpretación y el análisis de los datos.

Se obtuvieron valores de las características del suelo, sus propiedades físicas y mecánicas.

Los valores de densidad saturadas obtenidos de la tabla “Propiedades comunes de los suelos arcillosos” de Hunt, considera valores de Gravedad Especifica que se encuentran alrededor de 2,60 y 3,10 que son los que normalmente se encuentran en los suelos. En el sector 3 del sitio Sancán, la gravedad específica promedio encontrada es de 2,10, siendo así la relación 2,10/2,60=0,84, por esta razón, a los valores de la tabla de Hunt, se los afectara por el 80%.

Durante el trabajo de campo, se observó la presencia de suelos con matices cristalinos y un color blanquecino. Estas características sugieren que los suelos tienen un bajo valor de gravedad específica, lo que indica una posible composición mineral con una densidad aparente reducida. Estos suelos, de-

bido a su estructura y composición, pueden tener propiedades geotécnicas particulares que deben considerarse para su uso en la construcción, ya que podrían afectar la estabilidad y capacidad de carga de las estructuras.

Los resultados obtenidos luego de los ensayos de laboratorio fueron los siguientes.

Tabla 62.

Resumen del Sondeo 1.

SONDEO 1

Muestra	Prof (m)	Color	SPT (N2+N3)	SPT (N Corr.)	Gráfico	Límites de atterberg				Gravedad especifica	Clasificacion de suelos ASTM	Colpasabilidad de suelo	Friccion Interna (Ø)	q admisible (Tn/m2)	Criterio de susceptibilidad	Clasificacion de materiales	Densidad Sumergida (γ')	Densidad Seca (γd)	Densidad Húmeda (γh)
						%W	LL	LP	IP										
1	0,55 - 1,00		9	6,75	0 15 30	23,36	73,00	25,37	47,63	2,09	CH	Muy Colapsable	29,10	5,64	No susceptible	Suelo Marginal	0,63	1,21	1,49
2	1,55 - 2,00		23	17,25		24,89	73,50	27,39	46,11	2,07	CH	Muy Colapsable	32,11	14,42	No susceptible	Suelo Marginal	0,69	1,34	1,67
3	2,55 - 3,00		18	13,5		24,73	74,20	25,98	48,22	2,09	CH	Muy Colapsable	31,05	11,29	No susceptible	Suelo Marginal	0,69	1,32	1,65
4	3,55 - 4,00		19	14,25		24,94	54,40	24,83	29,57	2,09	CH	Muy Colapsable	31,27	11,91	No susceptible	Suelo Marginal	0,7	1,33	1,66
5	4,55 - 5,00		20	15		23,98	64,70	29,08	35,62	2,09	CH	Muy Colapsable	31,48	12,54	No susceptible	Suelo Marginal	0,7	1,35	1,67
6	5,55 - 6,00		33	24,75		19,24	66,50	28,40	38,10	2,10	CH	No es colapsable	34,19	20,69	No susceptible	Suelo Marginal	0,78	1,48	1,76

Tabla 63.

Resumen del Sondeo 2.

SONDEO 2

Muestra	Prof (m)	Color	SPT (N2+N3)	SPT (N Corr.)	Gráfico	Límites de atterberg				Gravedad especifica	Clasificacion de suelos ASTM	Colpasabilidad de suelo	Friccion Interna (Ø)	q admisible (Tn/m2)	Criterio de susceptibilidad	Clasificacion de materiales	Densidad Sumergida (γ')	Densidad Seca (γd)	Densidad Húmeda (γh)
						%W	LL	LP	IP										
1	0,55 - 1,00		8	6	0 15 30	19,07	61,20	25,43	35,77	2,14	CH	Muy Colapsable	28,88	5,02	No susceptible	Suelo Marginal	0,54	1	1,2
2	1,55 - 2,00		17	12,75		27,11	67,00	25,73	41,27	2,08	CH	Poco Colapsable	30,84	10,66	No susceptible	Suelo Marginal	0,68	1,31	1,66
3	2,55 - 3,00		25	18,75		26,56	57,20	31,46	25,74	2,23	MH & OH	Muy Colapsable	32,54	15,68	No susceptible	Suelo Marginal	0,75	1,36	1,72
4	3,55 - 4,00		22	16,5		25,83	80,00	35,17	44,83	2,12	MH & OH	Muy Colapsable	31,90	13,79	No susceptible	Suelo Marginal	0,72	1,36	1,71
5	4,55 - 5,00		25	18,75		25,80	86,00	30,20	55,80	2,22	CH	Muy Colapsable	32,54	15,68	No susceptible	Suelo Marginal	0,75	1,37	1,72
6	5,55 - 6,00		34	25,5		17,58	82,40	33,99	48,41	2,00	CH	Muy Colapsable	34,40	21,32	No susceptible	Suelo Marginal	0,62	1,24	1,46

Tabla 64.

Resumen del Sondeo 3.

SONDEO 3

Muestra	Prof. (m)	Color	SPT (N2-N3)	SPT (N Corr.)	Gráfico	Límites de atterberg %W	LL	LP	IP	Gravedad especifica	Clasificacion de suelos ASTM	Colpacabilidad de suelo	Friccion Interna (Φ)	q admisible (T/m2)	Criterio de susceptibilidad	Clasificacion de materiales	Densidad Sumergida (γ')	Densidad Seca (γd)	Densidad Húmeda (γh)
1	0,55 - 1,00		17	12,75	0 15 30 45	17,79	84,00	35,17	48,83	1,98	CH	Muy Colapsable	30,84	10,66	No susceptible	Suelo Marginal	0,68	1,38	1,62
2	1,55 - 2,00		25	18,75		14,41	59,00	30,22	28,78	2,13	MH & OH	Muy Colapsable	32,54	15,68	No susceptible	Suelo Marginal	0,75	1,42	1,63
3	2,55 - 3,00		30	22,5		6,88	57,50	25,57	31,93	2,17	CH	Muy Colapsable	33,58	18,81	No susceptible	Suelo Marginal	0,79	1,47	1,57
4	3,55 - 4,00		40	30		20,13	83,00	32,44	50,56	2,10	CH	Muy Colapsable	35,61	25,08	No susceptible	Suelo Marginal	0,66	1,27	1,52
5	4,55 - 5,00		41	30,75		26,19	77,00	36,52	40,48	2,05	CH	Muy Colapsable	35,81	25,71	No susceptible	Suelo Marginal	0,67	1,3	1,64
6	5,55 - 6,00		40	30		24,63	73,60	33,54	40,06	2,15	CH	Muy Colapsable	35,61	25,08	No susceptible	Suelo Marginal	0,66	1,24	1,55

Después de llevar a cabo los ensayos de suelos en el laboratorio, se concluyó que los suelos en el sector 3 del área de Sancán pueden ser adecuados para la cimentación de obras civiles, siempre que se estabilicen con cal o cemento.

Perfiles Estratigráficos

Figura 49.

Perfil Estratigráfico – Tipo de Suelo ASTM.

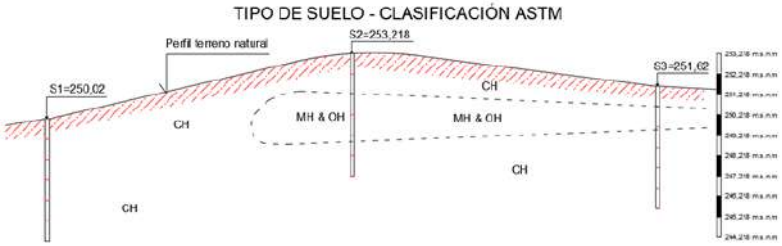


Figura 50.

Perfil Estratigráfico - Clasificación de suelos UNE.

Figura 51.

Perfil Estratigráfico – Capacidad de carga del suelo.

Conclusiones

Los métodos existentes para evaluar suelos utilizados como cimentación de obras civiles son muy útiles, fáciles de aplicar y garantizan resultados confiables.

En el desarrollo del trabajo de campo se pudo observar la presencia de suelos con ciertos matices cristalinos y de color blanquecino, lo que muestra suelos de bajo valor de gravedad especifica.

Realizados los ensayos de suelos en el laboratorio se pudo determinar que los suelos en el sector 3 del sitio Sancán son aptos para ser utilizados en la cimentación de obras civiles solo si se estabilizan con cal o cemento.

La información obtenida con el SPT permitió redactar información útil y necesaria que facilitará tomar decisiones respecto al uso de suelos que se dará al sector 3 del sitio Sancán.

Referencias Bibliográficas

Bowles, J. E. (1977). Foundation Analysis and Design. New York: McGraw-Hill

Bray, J., & Sancio, R. (2006). Criterio de susceptibilidad. Ingeniería geotécnica y geoambiental.

Cárdenas, N. (2019, 15 de noviembre). ¿Cuál es la importancia de realizar un 'estudio de suelo' para construir? UTPL Blog. https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Clasificación ASTM. (2021). Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de https://www.wikivia.org/wikivia/index.php?title=Clasificaci%C3%B3n_ASTM

Díaz, W. Á. (2015). Definición de la mecánica de suelos. Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de cálculo [Tesis], 18. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Eddyhrbs. (2010, 4 de enero). Fases del suelo. Ingeniero Civil Info. https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/fases-del-suelo.html

Torres, C. (2021). Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos, 10. Recuperado el 11 de diciembre de 2021, de https://www.mapfrere.com/media/prontuario-suelos-cimentaciones.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación. Quito.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). Geotecnia y cimentaciones (NEC-SE-CM). Recuperado de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CM.pdf

Terzaghi, P., & Skempton, A. (1986). Standard Penetration Test Procedures and the Effect in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Over-Consolidation. Geotechnique, 36.

Priklonski, V. (1952). Coeficiente de colapsabilidad de los suelos. Boletin de Ciencias de la Tierra.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 19

Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil: Del Teodolito al LiDAR

AUTORES: Jordy Rafael Pluas Ponce; Diego Sornoza Parrales; Harol Andres Rosero Bazantes; Dimas Geovanny Vera Pisco

SABER**EC 5.0**

Evolución de las Técnicas Topográficas en Ingeniería Civil: Del Teodolito al LiDAR

Evolution of Topographic Techniques in Civil Engineering: From Theodolite to LiDAR

Resumen

El objetivo de este trabajo fue examinar la evolución de las técnicas topográficas utilizadas en la ingeniería civil, desde los métodos tradicionales con el teodolito hasta las innovaciones modernas con la tecnología Lidar. Este estudio busca comprender cómo estos avances han influido en la precisión y eficiencia de los proyectos de ingeniería civil. La metodología se basó en una revisión de literatura utilizando bases de datos científicas como SCOPUS y Web of Science, así como buscadores académicos como Google Scholar. Se seleccionaron estudios publicados en los últimos treinta años que abordaron avances tecnológicos en instrumentos topográficos, aplicaciones prácticas en proyectos de ingeniería civil y comparaciones de eficiencia y precisión entre diferentes técnicas. Además, se realizó un análisis bibliométrico para evaluar la cantidad y calidad de las publicaciones en el área aplicando el software Vosviewer. Se establecieron criterios de inclusión para asegurar la relevancia y calidad de los artículos revisados. Los resultados muestran que el teodolito, utilizado desde el siglo XVI, fue esencial en la topografía tradicional. Avances posteriores incluyeron el tránsito y el nivel, y la estación total que integra la medición electrónica de distancia (EDM). Recientemente, la tecnología Lidar ha revolucionado la topografía con su capacidad para generar modelos tridimensionales de alta resolución y recopilar datos de forma rápida y precisa. Estos resultados permiten concluir que la evolución de las técnicas topográficas ha mejorado significativamente la precisión y eficiencia en la ingeniería civil. La adopción de nuevas tecnologías como el Lidar es importante para continuar avanzando en las prácticas de construcción y diseño.

Palabras clave: Topografía, Avances tecnológicos, Innovaciones en topografía.

Abstract

The objective of this work was to examine the evolution of topographic techniques used in civil engineering, from traditional methods with the theodolite to modern innovations with Lidar technology. This study seeks to understand how these advancements have influenced the accuracy and efficiency of civil engineering projects. The methodology was based on a literature review using scientific databases such as SCOPUS and Web of Science, as well as academic search engines like Google Scholar. Studies published in the last thirty years that addressed technological ad-

vances in topographic instruments, practical applications in civil engineering projects, and comparisons of efficiency and accuracy between different techniques were selected. Additionally, a bibliometric analysis was conducted to evaluate the quantity and quality of publications in the area using Vosviewer software. Inclusion criteria were established to ensure the relevance and quality of the reviewed articles. The results show that the theodolite, used since the 16th century, was essential in traditional topography. Subsequent advancements included the transit and level, and the total station which integrates electronic distance measurement (EDM). Recently, Lidar technology has revolutionized topography with its ability to generate high-resolution three-dimensional models and collect data quickly and accurately. These results allow us to conclude that the evolution of topographic techniques has significantly improved accuracy and efficiency in civil engineering. The adoption of new technologies such as Lidar is important for continuing advancements in construction and design practices.

Keywords: Topography, Technological advances, Innovations in topography.

Introducción

En la era actual, caracterizada por el rápido avance tecnológico, la ingeniería civil y sus diversas ramas, incluida la topografía, han experimentado notables progresos. Real Academia de la Lengua Española (2014), la palabra “topografía” proviene del griego “topos”, que significa “lugar”, y “grafía”, que significa “descripción”. Rincón Villalba et al. (2018), definen la topografía como la ciencia que establece las posiciones de puntos situados sobre, encima y debajo de la superficie terrestre mediante la medición de distancias, ángulos y elevaciones. Esta disciplina es fundamental para la ingeniería civil, abarcando desde el inicio de una obra hasta la operación de infraestructuras sofisticadas.

Gonzales (1997), define la ingeniería civil como la disciplina que gestiona fuerzas, procesos y materiales naturales a gran escala para proporcionar la infraestructura necesaria para la producción. Esto incluye la concepción, diseño, construcción, operación y mantenimiento de diversas obras. Al igual que otras disciplinas, la ingeniería civil está en constante desarrollo tecnológico. Vintimilla (2024), afirma que los ingenieros civiles no solo construyen infraestructuras, sino que también son pioneros tecnológicos. Utilizan herramientas avanzadas, como el diseño asistido por computadora y la gestión de proyectos en tiempo real, para transformar ideas en realidades concretas, situándose a la vanguardia de la revolución tecnológica. En este contexto, la topografía avanza al ritmo de la innovación tecnológica, adaptándose y evolucionando continuamente.

Es importante subrayar que los avances tecnológicos en la ingeniería civil son indispensables para la sociedad, ya que facilitan la mejora y el desarrollo social. Estos avances están directamente relacionados con la calidad de vida de los habitantes, al planificar, diseñar y gestionar la construcción de la infraestructura necesaria para el correcto funcionamiento de una ciudad (Serrano, 2023). Sin embargo, para llevar a cabo cualquier construcción, primero se debe estudiar el terreno donde se van a asentar estas estructuras, y es aquí donde la topografía juega un papel fundamental en la ingeniería civil.

Impacto de la precisión topográfica

Para determinar y representar la forma, tamaño y ubicación de una porción de la superficie terrestre en la topografía, es esencial medir diversas magnitudes. Estas mediciones se efectúan utilizando instrumentos específicos, aplicando métodos adecuados y bajo ciertas condiciones generales de trabajo (Videla, 2012).

La precisión en las mediciones topográficas es transcendental para el éxito de los proyectos de ingeniería civil. Sin embargo, Davis et al. (1967) y Estopinal (1993), coinciden que toda magnitud observada o medida contiene errores de una cantidad desconocida debido a múltiples causas, por lo cual una medida nunca es realmente verdadera. En este sentido Ballesteros (1984), Bannister et al. (2002) y Barry (1991), afirman que los errores en la medición se pueden agrupar en tres categorías: equivocaciones, errores sistemáticos y errores aleatorios; los primeros resultan de descuidos en las observaciones, los segundos se originan de fuentes que actúan de forma similar en las observaciones, se rigen por las leyes de la física por lo que su magnitud puede calcularse y su efecto eliminarse.

No obstante, la calibración de los equipos es también un factor que afecta en la precisión, por ello la tecnología está en juego en esta parte, pues contar con equipos con sensores o antenas receptoras de señal satelital (GNSS por sus siglas en inglés *"Global Navigation Satellite System")* que permiten la posición con gran exactitud son de mayor ayuda (Prieto, 2020). Siguiendo este enfoque una medición precisa con equipos de alta tecnología garantiza la correcta planificación y ejecución de las obras, minimizando errores costosos y mejorando la seguridad. Por ejemplo, en la construcción de puentes y túneles, una desviación mínima en las mediciones puede llevar a problemas estructurales significativos.

Tecnologías Emergentes en la Topografía

Con los avances tecnológicos existen diversas tecnologías emergentes como el Sistema de Escáner Láser Terrestres (TLS) el cual es un sistema de medida sin prisma que resuelve la posición en función a la intensidad de la señal reflejada. El TLS, la nube de puntos y la malla generada a partir de ésta, dan una visión global del objeto observado, permitiendo modelizar el mismo e incorporar nuevos tipos de análisis. La principal ventaja de esta técnica es que permite obtener modelos continuos de paramentos, fachadas y estructuras de una manera rápida y segura en campo (Ramos et al., 2015).

Las estaciones totales robotizadas son equipos completamente automatizados que utilizan un sistema de reconocimiento automático de prisma (ATR) y servomotores para ajustar la retícula al centro del prisma. Controladas por ordenador, estas estaciones proporcionan datos de movimiento en tiempo real y son especialmente útiles en mediciones repetitivas, como trabajos de control y medidas en serie. El observador sólo necesita apuntar aproximadamente el visor al prisma y disparar la medición; el teodolito ajusta automáticamente el anteojo al centro del prisma, mide la distancia y corrige los ángulos con alta precisión. Este sistema asegura una precisión constante e independiente del observador, facilitando el trabajo del operador al eliminar la necesidad de enfocar y permitiendo medir cualquier prisma de manera rápida y eficiente (Campos de la Cruz, 2009).

Además, los sistemas modernos de GPS, drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV) y sensores LiDAR (por sus siglas en inglés ***Ligth Distance and Ranging***), han sido avances capaces de trabajar con una precisión milimétrica. Los drones equipados con cámaras de alta resolución y sensores LiDAR permiten la captura rápida y detallada de datos topográficos en áreas de difícil acceso. La fotogrametría digital, por su parte, facilita la creación de modelos tridimensionales precisos a partir de fotografías aéreas (Ulloa, 2014).

De cara al futuro, se espera que la topografía adopte tecnologías de vanguardia y agilice los procesos para obtener resultados más eficientes. Con la ayuda de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, los datos de las encuestas se pueden procesar y analizar de forma más rápida y precisa, lo que conduce a una mejor toma de decisiones. Estos nuevos inventos podrían cambiar por completo la forma en que realizamos el trabajo topográfico, haciéndolo más preciso y rápido.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se basó en la utilización exclusiva de la base de datos Scopus, reconocida por su extenso repertorio de literatura científica de alta calidad. El proceso de búsqueda fue sistemático y estructurado, enfocándose en la recopilación de artículos publicados entre los años 2000 y 2024. Este rango temporal se seleccionó con el fin de capturar investigaciones recientes y relevantes, dado que, es un estudio de evolución en el campo de la topografía y la ingeniería civil.

Proceso de búsqueda

Para iniciar, se empleó la ecuación de búsqueda:

""TITLE-ABS-KEY ("topographic techniques") AND PUBYEAR > 1998 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Topographic Techniques") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Topography") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Article") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"GPS") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Drones") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Laser Scanning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Laser Scanner") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Accuracy") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Aerial Photography") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Aerial Photograph") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Accuracy And Precision") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Acceptance Tests") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Robotics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Surveying") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"LiDAR") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Surface Property") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD ,"Topographic Mapping"))"

La misma que dio como resultado 173 artículos.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

Únicamente artículos científicos

Artículos publicados en el área de ingeniería.

Estudios que abordan específicamente técnicas topográficas y su aplicación en la ingeniería civil.

Se excluyeron aquellos artículos que no cumplían con estos criterios, enfocados en asegurar que los estudios seleccionados fueran accesibles y de alta calidad.

Refinamiento de la Búsqueda

Para afinar aún más los resultados, se emplearon palabras clave específicas como *"Topographic Techniques","Topography","GPS","Drones","LiDAR","Laser Scanning","Accuracy", y "Surveying".* Este proceso riguroso redujo el número de artículos a 42, que fueron considerados adecuados para una revisión detallada.

Selección de artículos

La selección de artículos se llevó a cabo mediante la lectura detallada de los resúmenes de cada uno de ellos. A partir de esta revisión inicial, se eligieron aquellos artículos que mejor se ajustaban a los criterios de investigación y relevancia para el estudio. Los artículos seleccionados se presentan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 65.

Aceptados y descartados.

Estudios Seleccionados
42 para su lectura
15 aceptados
9 estudios Cuasiexperimentales
6 estudios experimentales
27 estudios descartados
17 estudios no enfocados en la topografía
10 estudios fuera del área de ingeniería

Análisis de los Datos

Los datos extraídos de los artículos seleccionados fueron analizados mediante la aplicación VOSviewer, una herramienta eficaz para realizar análisis de coautoría y coocurrencia. Este software permite visualizar las redes de colaboración entre investigadores y las relaciones temáticas entre los términos utilizados en los artículos, proporcionando una visión comprensiva del estado actual y de las tendencias emergentes en la ingeniería civil y la topografía.

Procedimiento

Recopilación de Datos: Los artículos seleccionados se descargaron y almacenaron para su análisis.

Preparación y Limpieza de Datos: Se realizó una limpieza de datos para eliminar duplicados y asegurar la relevancia de la información recopilada.

Análisis en VOSviewer: Se cargaron los datos en VOSviewer para realizar el análisis de redes y coocurrencia, visualizando las interrelaciones entre los temas investigados y los autores.

Este enfoque riguroso y estructurado garantizó que los resultados fueran representativos, permitiendo una evaluación comprensiva del impacto de las técnicas topográficas en la ingeniería civil, destacando las innovaciones recientes y las tendencias futuras en este campo.

Resultados

Para el presente análisis se seleccionaron ocho artículos trascendentales, los cuales abarcan un período comprendido entre los años 2000 y 2024. Estos artículos fueron cuidadosamente elegidos debido a su relevancia y contribuciones significativas en el campo de las tecnologías y aplicaciones topográficas. Cada uno de ellos ofrece perspectivas únicas y avanzadas, permitiendo obtener una visión integral y actualizada sobre los desarrollos más recientes en este ámbito.

Se observa que los trabajos revisados se centran en la utilización de LiDar y Fotogrametría en diferentes aplicaciones, como la medición de superficies, la inspección de estructuras y la creación de modelos tridimensionales precisos, la utilización de UAVs se usan extensamente en estudios para la recopilación de datos topográficos en áreas de difícil acceso demostrando la versatilidad y eficacia en la obtención de datos detallados del terreno, además algunos estudios se centran en la utilización de estaciones robóticas y sistemas de mapeo móviles y manuales para el monitoreo estructural y la cartografía precisa.

Se han explorado las aplicaciones de estas tecnologías como el LiDAR pueden utilizarse para analizar la uniformidad de las pendientes de las pistas de aviones para mejorar la seguridad (Barbarella et al., 2014). Asimismo, se presenta la integración de nubes de puntos obtenidos mediante UAV y escáner para mejorar la precisión de los modelados terrestres y la inspección de estructuras civiles (Buffi et al., 2017; De Luis-Ruiz et al., 2024). A su vez, se presentan estaciones robóticas para el mapeo y recolecta de información precisa y eficiente de los terrenos (Maset et al., 2022).

En conjunto, estos artículos proporcionan un panorama comprensivo y avanzado de las tecnologías topográficas actuales, subrayando la importancia de la innovación en la mejora de la precisión y eficiencia en la recopilación de datos geoespaciales cambiando las técnicas tradicionales.

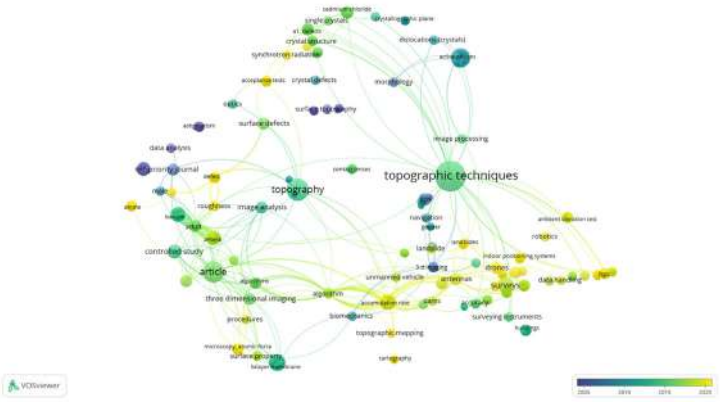
Análisis Bibliométrico

Análisis de mapa de Coocurrencia

El mapa de visualización generado por VOSviewer revela una red compleja y bien conectada de temas relacionados con las técnicas topográficas, que ocupa una posición central en la investigación. Los temas como la topografía, algoritmos, encuestas y drones están fuertemente interrelacionados, destacando su relevancia en estudios recientes, especialmente desde 2015 en adelante, como lo indican sus colores predominantemente amarillos. Esto sugiere un interés creciente en estas áreas, posiblemente debido a avances tecnológicos y la creciente importancia de los datos geoespaciales en diversas aplicaciones. Además, se observa una tendencia a la integración de tecnologías avanzadas, como los vehículos no tripulados y el manejo de datos, lo cual refleja un enfoque contemporáneo en mejorar la precisión y eficiencia de los estudios topográficos. La agrupación de temas también indica áreas de especialización, como la biomecánica y la compatibilidad de materiales, sugiriendo una interdisciplinariedad en la investigación actual. En conjunto, el mapa no solo muestra la evolución de estos campos a lo largo del tiempo, sino también la dirección futura de las investigaciones en técnicas topográficas y sus aplicaciones.

Figura 52.

Gráfico de Coocurrencia.

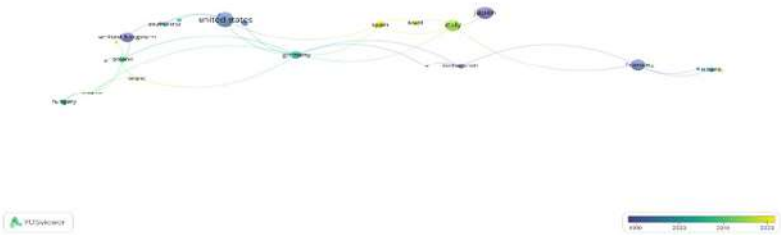


Análisis de Coocurrencia de Países

El mapa de coocurrencia de países en la investigación topográfica destaca la prominencia y liderazgo de Estados Unidos y Reino Unido, reflejados en su alto volumen de publicaciones y extensas redes de colaboración internacional. Países como Alemania, Italia y Japón también juegan un papel crucial, evidenciando fuertes conexiones con múltiples naciones europeas y asiáticas. Estas colaboraciones internacionales son vitales para el avance del campo, permitiendo el intercambio de conocimientos y tecnologías. La progresión temporal, indicada por una escala de colores, muestra un crecimiento significativo en la actividad de investigación en los últimos años, especialmente en países europeos y asiáticos. Este análisis subraya la importancia de las alianzas globales y destaca las regiones y países clave que están impulsando la evolución de las técnicas topográficas.

Figura 53.

Gráfico de Coocurrencia.

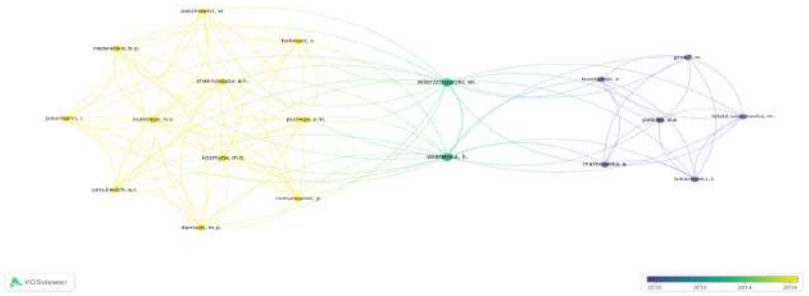


Análisis de Coautoría

El mapa de coautoría en la investigación topográfica revela la prominencia de investigadores como Wierzchowski, W., y Wieteska, K., quienes se destacan por su alta conectividad y liderazgo en el campo. Este análisis destaca dos redes principales de colaboración: un grupo centralizado en Paszkowicz, W., y otro alrededor de Wierzchowski, W., y Wieteska, K. La densa red de conexiones indica una colaboración robusta entre investigadores de diversas regiones, lo que es importante para el avance del conocimiento topográfico. Además, la progresión temporal desde 2010 hasta 2016 muestra la formación de nuevas alianzas de investigación, reflejando un campo dinámico y en constante evolución. Este mapa subraya la importancia de la colaboración interdisciplinaria y las alianzas internacionales en el impulso de la investigación topográfica.

Figura 54.

Gráfico de Coautoría.



Conclusiones

El estudio concluye que la evolución de las técnicas topográficas ha tenido un impacto significativo en la precisión y eficiencia de los proyectos de ingeniería civil. La transición del uso del teodolito a tecnologías avanzadas como el LiDAR ha permitido a los ingenieros civiles mejorar la exactitud de las mediciones y optimizar los procesos de diseño y construcción. Con el teodolito, los topógrafos podían medir ángulos con precisión, pero la incorporación de estaciones totales, GPS, y posteriormente LiDAR, ha revolucionado la capacidad para obtener datos tridimensionales detallados y realizar levantamientos en tiempo real, incluso en terrenos difíciles y peligrosos. La adopción de estas nuevas tecnologías es trascendental para mantener el ritmo de los avances tecnológicos y continuar mejorando las prácticas en el campo de la ingeniería civil, asegurando infraestructuras más seguras, eficientes y sostenibles. Estas innovaciones no solo reducen costos y tiempos, sino que también mejoran la calidad y precisión de los proyectos, lo cual es esencial en la construcción y mantenimiento de infraestructuras críticas.

Es esencial continuar invirtiendo en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías topográficas. Esto incluye la exploración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para mejorar aún más la precisión y eficiencia de las mediciones topográficas.

Los programas de educación y formación para ingenieros civiles deben actualizarse constantemente para incluir las últimas tecnologías y técnicas topográficas. Esto garantizará que los profesionales estén equipados con las habilidades necesarias para utilizar estas herramientas de manera efectiva.

Las empresas de ingeniería civil deben adoptar e integrar tecnologías avanzadas como el LiDAR, UAVs y estaciones totales robotizadas en sus prácticas diarias. La implementación de estas tecnologías puede mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos, reduciendo costos y aumentando la seguridad.

Publicar estudios de caso detallados sobre la implementación y beneficios de las nuevas tecnologías topográficas en proyectos reales puede ayudar a demostrar su valor y promover su adopción más amplia en la industria.

Referencias Bibliográficas

Ballesteros, N. (1984). Topografía (1a ed.). Limusa.

Bannister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2002). Técnicas modernas en topografía (7ma ed.). Alfaomega.

Barbarella, M., De Blasiis, M. R., Fiani, M., & Santoni, M. (2014). A LiDAR application to the study of taxiway surface evenness and slope. En F. Menna & F. Remondino (Eds.), ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (Vol. 2, Número 5, pp. 65-72). Copernicus GmbH. https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-65-2014

Barry, A. (1991). Errors in practical measurments in surveying, engineering, and technology. . Landmark Enterprises.

Buffi, G., Manciola, P., Grassi, S., Barberini, M., & Gambi, A. (2017). Survey of the Ridracoli Dam: UAV–based photogrammetry and traditional topographic techniques in the inspection of vertical structures. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8(2), 1562-1579. https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1362039

Campos de la cruz, L. F. (2009). Estudio Y Análisis Del Trabajo De Auscultación De Un Nuevo Modelo De Estación Total Automática [Tesis de Grado]. Universidad Politécnica de Catalunya.

Davis, R., & Surveying, F. F. (1967). Theory and practice (4ta ed.). McGraw-Hill Book Company.

De Luis-Ruiz, J. M., Sedano-Cibrián, J., Pérez-Álvarez, R., Pereda-García, R., & Ruiz-Fernández, C. (2024). UAV and Laser Scanner Point Clouds Integration. En M. del V. C, S. P. M, M. S. D, M. N. D, & M. B. R (Eds.), Lecture Notes in Mechanical Engineering (pp. 424-434). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51623-8_41

Estopinal, S. (1993). A guide to understanding land surveys (John Wiley & Sons, Eds.; 2da ed.).

Gonzales, A. J. (1997). Prospectiva Tecnológica de la Ingeniería Civil en Colombia. . Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/33754

Maset, E., Scalera, L., Beinat, A., Cazorzi, F., Crosilla, F., Fusiello, A., & Gasparetto, A. (2022). Preliminary Comparison Between Handheld and Mobile Robotic Mapping Systems. En G. Quaglia, A. Gasparetto, V. Petuya, & G. Carbone (Eds.), Mechanisms and Machine Science: Vol. 108 MMS (pp. 290-298). Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87383-7_32

Prieto, E. (2020). La metrología en la topografía (instrumentos, normas, procedimientos de calibración). Revista Española de la Metrología. https://www.e-medida.es/numero17/la-metrologia-en-la-topografia-instrumentos-normas-procedimientos-de-calibracion/

Ramos, L., Marchamalo, M., Rejas, J., & Matínez, R. (2015). Aplicación del Láser Escáner Terrestre (TLS) a la modelización de estructuras: precisión, exactitud y diseño de la adquisición de datos en casos reales. Informes de la Construcción, 65. https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4126

Real Academia de la Lengua Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23ra ed.).

Rincón Villalba, M., Vargas Vargas, W., & Gonzáles Vergara, C. (2018). Topografía Conceptos y Aplicaciones. https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topograf%C3%ADa-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf

Serrano, M. (2018). 5 razones para estudiar Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Guadalajara. https://www.uag.mx/es/mediahub/5-razones-para-estudiar-ingenieria-civil/2023-07#:~:text=As%C3%AD%20pues%2C%20la%20Ingenier%C3%ADa%20Civil,una%20ciudad%20para%20su%20correcto

Ulloa, A. (2014). Nuevas Herramientas, Tecnologías Y Técnicas Aplicadas En Las Ciencias Geológicas: Panorama Actual Y Perspectivas Futuras. Revista Geológica de América Central, 187-200. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45433963017

Videla, E. M. (2012, mayo 7). La Medición y los Errores. Universidad Nacional de Rosario.https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/catedras/Agrimensura/Topografa_I/La_medicin_y_los_errores.pdf

Vintimilla, R. (2024, enero 3). Los Avances Tecnológicos en el Campo de la Ingeniería Civil. Universidad Católica de Cuenca. https://www.ucacue.edu.ec/los-avances-tecnologicos-en-el-campo-de-la-ingenieria-civil/

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 20

Análisis de patología estructural del ducto cajón ubicado en el barrio 8 de Enero de la ciudad de Jipijapa

AUTORES: Joselyn Dayanara Castro Castro; George Alfredo Cañarte Baque

SABER**EC 5.0**

Análisis de patología estructural del ducto cajón ubicado en el barrio 8 de Enero de la ciudad de Jipijapa

Structural pathology analysis in the box culvert of barrio 8 de Enero in Jipijapa

Resumen

La falta de estudios detallados sobre las patologías estructurales en ductos cajón es un problema significativo en el barrio 8 de Enero de la ciudad de Jipijapa. Este estudio tiene como objetivo analizar y caracterizar las patologías presentes en un ducto cajón de hormigón armado en dicha área, y proponer tratamientos preventivos y correctivos. Se desarrolló una investigación no experimental, recopilando información de campo y bibliográfica, lo que permitió identificar de mejor forma las patologías actuales de la estructura utilizando métodos de inspección visual y ensayos no destructivos. Los resultados revelan que, gracias al ensayo no destructivo con el esclerómetro, la resistencia más baja fue de 150 kg/cm^2 en la falla patológica del muro central, mientras que en la zona no afectada del mismo muro la resistencia máxima fue de 370 kg/cm^2. De forma general, el ducto cajón tiene una resistencia de 301 kg/cm^2. Las patologías se clasificaron en tres categorías principales, y de manera general la estructura presenta daños leves, siendo moderado solo en la falla más crítica. La propuesta de remediación se basa en el mejoramiento de las fallas patológicas y mantenimiento, como la limpieza de toda la estructura. Se concluye que la estructura tiene daños menores y reparables. Este proyecto debe ser considerado una base sólida para una intervención por parte de las autoridades de turno para la posible ejecución de la propuesta.

Palabras clave: Observación científica, patologías físicas de construcción, ensayo no destructivo. meteorización del hormigón, tratamiento preventivo y correctivo

Abstract

The lack of detailed studies on structural pathologies in box culverts is a significant problem in the 8 de Enero neighborhood of Jipijapa city. This study aims to analyze and characterize the pathologies present in a reinforced concrete box culvert in this area and propose preventive and corrective treatments. A non-experimental investigation was conducted, collecting field and bibliographic information, which allowed for better identification of the current pathologies of the structure using visual inspection methods and non-destructive testing. The results reveal that, thanks to the non-destructive testing with a Schmidt hammer, the lowest strength recorded was 150 kg/cm^2 in the pathological failure of the central wall, while in the unaffected area of the same wall, the maximum strength

was 370 kg/cm^2. Overall, the box culvert has a strength of 301 kg/cm^2. The pathologies were classified into three main categories, and in general, the structure shows minor damage, with moderate damage only in the most critical failure. The remediation proposal is based on improving pathological failures and maintenance, such as cleaning the entire structure. It is concluded that the structure has minor and repairable damage. This project should be considered a solid foundation for intervention by the current authorities for the possible execution of the proposal.

Keywords: Scientific observation, construction physical pathologies, non-destructive testing, concrete weathering, preventive and corrective treatment

Introducción

La presencia de patologías en ductos cajón de hormigón armado representa una de las causas que más provoca el deterioro en las construcciones a nivel mundial, puesto que pueden comprometer la integridad estructural y funcionalidad, aumentando el riesgo de fallos estructurales, lo que podría provocar situaciones peligrosas para la seguridad pública. Estas infraestructuras de hormigón armado enfrentan desafíos considerables relacionados con la presencia de fallos, defectos y deterioros durante su ciclo de vida por presencia de patologías físicas en la construcción (Morales, 2023).

Los estudios relacionados a enfermedades del hormigón armado inician a finales del siglo XIX, con las primeras construcciones en Francia y Estados Unidos. Con el tiempo, se realizaron estudios sobre las patologías de estos ductos, enfocándose como causas de las fisuras. Para 1950, se desarrollaron técnicas avanzadas para la reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón armado (Arivabene, 2015).

El estudio de las patologías en ductos cajón de hormigón armado contribuye a mejorar la seguridad y la funcionalidad y durabilidad en proyectos de infraestructura civil, específicamente las investigaciones abordan problemáticas generalizadas en ciudades costeras del Ecuador, que permitirá identificar las patologías más comunes, determinar sus causas y desarrollar soluciones efectivas para su reparación y rehabilitación (Lucas, Gottems, & Oliveira, 2020).

Estas obras de ingeniería civil para alargar la vida de servicio dependen de un plan de mantenimiento preventivo en su estructura, ya que no se puede controlar a los factores de cargas laterales y naturales que afectan a la resistencia de diseño, al no existir mantenimiento, surgen las corrosiones, fisuras, entre otras (Guillén Morales & Córdova Veloz , 2023).

El objetivo del estudio es determinar las causas de las patologías físicas que afectan al ducto cajón de hormigón armado ubicado en el barrio 8 de Enero de Jipijapa, el análisis de la influencia de factores físicos, naturales, antrópicos, que generan grietas, meteorización de hormigón, erosión u otros problemas.es determinante para establecer tratamientos preventivos y correctivos.

Materiales y métodos

El ducto cajón de hormigón armado evaluado se encuentra ubicado en el barrio 8 de Enero de la cabecera cantonal Jipijapa cuyas coordenadas geográficas UTM son: Norte 9850769.41 y Sur 546303.21, cuya geometría rectangular está compuesta por siguientes elementos: losa inferior, muros laterales, losa superior, aleros de ingreso y salida, el servicio de este canal subterráneo es dar paso al río Jipijapa de particularidad estacional, además en su losa superior contribuye en la circulación vehicular, se consideró la edad de servicio aproximado que está el rango de 30 a 40 años.

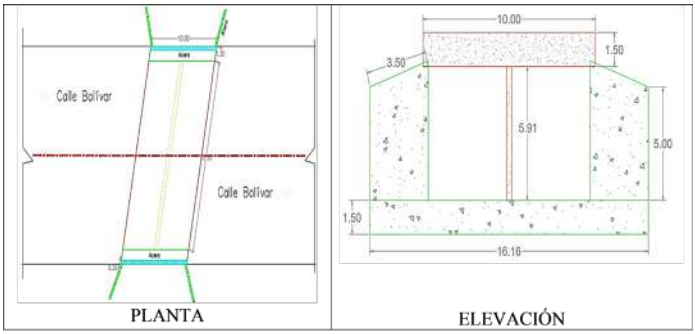
El punto de partida es la observación científica con el fin de fotografiar y recolectar datos preliminares de campo que determinó ser investigación aplicada con nivel de conocimiento descriptivo, aplicando una estrategia de recolección documental de campo aplicando ensayos no destructivos, esclerometrías, mediciones de las lesiones clasificadas en estructurales, materiales, medioambientales, basados en el diseños no experimentales transversales, cuyo enfoque mixto cuantitativo y cualitativo que en contraste con estándares normativos American Concrete Institute (ACI) 318-19 (2014), American Society for Testing and Materials (ASTM), Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y metodología de Charles Broto identificación de patologías, clasificación de patologías, análisis causales, evaluación del impacto, propuestas de solución que permite calificar los resultados más relevantes para diagnosticar y sugerir tratamientos preventivos o correctivos para el ducto cajón en estudio.

Resultados y discusión

El ducto cajón de hormigón armado está destinado para dos usos en el cual uno de ellos es utilizado para la circulación vehicular y paso del río Jipijapa. Está compuesto por vigas, apoyo, estribos, alero y esquema de los elementos en conjunto se presentan a continuación, en la Figura 55, tanto en planta como en elevación, Figura 56, ensayo de esclerometria.

Figura 55.

Graficación del ducto cajón ubicado en el barrio 8 de Enero del cantón Jipijapa.



La inspección visual de patologías en estructuras de hormigón armado es esencial para identificar y evaluar daños. Es una técnica básica y económica que aporta información crucial para la gestión del mantenimiento. La elección de métodos específicos de inspección depende del tipo de estructura, antigüedad del hormigón, condiciones ambientales y objetivos de evaluación.

Para caracterizar las patologías, se han elaborado fichas que documentan el estado del ducto cajón de hormigón armado ubicado en el barrio 8 de Enero, parroquia San Lorenzo, del cantón Jipijapa, provincia de Manabí, se empleó la ficha de evaluación de vulnerabilidad mediante inspección visual que abarca el registro de lesiones mecánicas, la Tabla 66. Ficha de evaluación de vulnerabilidad., especifica la evaluación de vulnerabilidad, Figura 56 , gráfica de vulnerabilidad.

Figura 56.

Ensayo de esclerometría con el martillo Schmidt (ASTM C 805/805M-13A).

Tabla 66.

Ficha de evaluación de vulnerabilidad.

Ficha de evaluación de vulnerabilidad						
Obra		Ducto cajón de hormigón armado		Fecha 11/11/2023		
Dirección		Barrio 8 de Enero				
Entidad reguladora		Gad de jipijapa	Ciudad	Jipijapa		
Año de construcción		2002	Uso	Vehicular	Pisos	1
Tipificación estructural						
Aspectos	Características	Rango de vulnerabilidad	Vulnerabilidad asignada	Peso	Vulnerabilidad parcial	
Edad	Antes de 1967	0,7 - 1,0	0.3	0.35	0.105	
	1967 A 1982	0,4 - 0,7				
	Después de 1982	0,0 - 0,4				
Pisos	Uno (1)	0,0 - 0,3	0.3	0.25	0.075	
	Dos (2)	0,3 - 0,5				
	Mas	0,5 - 1,0				

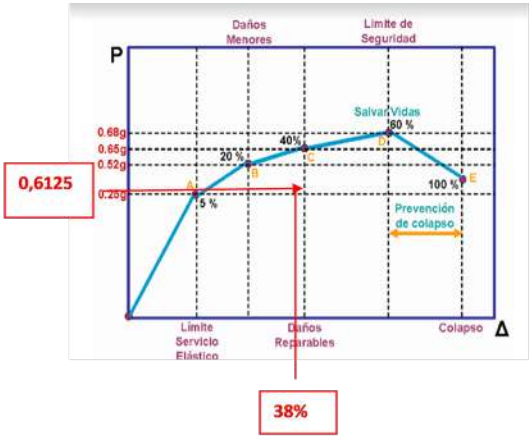
Edificios cercanos	Peligroso	0,5 - 1,0	0.4	1	0.4
	No peligroso	0,0 - 0,5			
Mantenimiento	Aceptable	0,0 - 0,3	0.9	0.5	0.45
	Regular	0,3 - 0,6			
	Deteriorado	0,6 - 1,0			
Fundaciones	Con vigas	0,0 - 0,3	0.3	0.5	0.15
	Sin vigas	0,3,- 1,0			
Densidad de paredes	Normal	0,0 - 0,3	0.5	0.5	0.25
	Mediano	0,3 - 0,6			
	Bajo	0,6 - 1,0			
Ubicación de las paredes	Simétrica	0,0 - 0,1	0.3	0.9	0.27
	Intermedia	0,1 - 0,6			
	Asimetría	0,6 - 1,0			
Detalles constructivos	Ejes desviados	0,0 - 1,0	0.2	1	0.2
	Soporte inadecuado	0,0 - 1,0			
	Malas conexiones	0,0 - 1,0			
Elementos no estructurales	Muros aliviados	0,0 - 1,0	0.2	0.25	0.05
	Balcones jardineras	0,0 - 1,0	0.7	0.25	0.175
	Elemento de vidrio	0,0 - 1,0	0	0.25	0
Diafragma	Rígido	0,0 - 1,0	0.4	0.5	0.2
	Intermedio	0,1 - 0,5			
	Flexible	0,5 - 1,0			
Sistema estructural	Buena estruc	0,0 - 0,2	0.4	1	0.4
	Mediana estruc	0,2 - 0,4			
	Mala estruc	0,4 - 1,0			
Masas y rigideces	Balanceado	0,0 - 0,2	0.2	1	0.2
	Intermedio	0,2 - 0,5			
	Desbalanceado	0,5 - 1,0			

Irregularidades	Piso blando	0,0 - 1,0	0.8	1	0.8
	Columna corta	0,0 - 1,0	0.2	1	0.2
	Diafragma discontinuo	0,0 - 1,0	0.4	1	0.4
	Escaleras asimétricas	0,0 - 1,0	0	1	0
Daños previos	Vigas, columnas	0,0 - 1,0	0.2	1	0.2
	Paredes de carga	0,0 - 1,0	0.6	1	0.6
	Losas	0,0 - 1,0	0.4	1	0.4
	Muro de contención	0,0 - 1,0	0.6	1	0.6
Índice de daños = sumatoria vulnerabilidad / 10 0.6125				10	6.125

Nota: Tabla tomada de Rodríguez, (2019)

Figura 57.

Grafica de vulnerabilidad.



Nota: Tabla tomada de Rodríguez (2019) .

Por medio del ensayo de esclerometría se conoce la resistencia de una estructura de hormigón armado por el cual se lo realiza con el fin de verificar si el concreto tiene la misma resistencia con el paso de los años, sin causar

daño alguno a la estructura, presente en las tablas y figuras consiguientes los resultados de la esclerometría.

Ensayo no destructivo de sclerometría

Número de rebote con Martillo Schmidt (ASTM C 805/805M-13A)

Tema:*"Análisis de patología estructural del ducto cajón ubicado en el barrio 8 de Enero de la ciudad de Jipijapa"*

Nombre del técnico: Joselyn Castro **Ensayo por área:** 12/ 5-12

Lugar de ensayo: Barrio 8 de enero **Elemento:** Ducto cajón

Fecha del ensayo: 26/05/2024

Tabla 67.

Resultados losa superior.

38	35	38
35	34	36
32	31	35
34	35	25

Promedio: 34

Tabla 68.

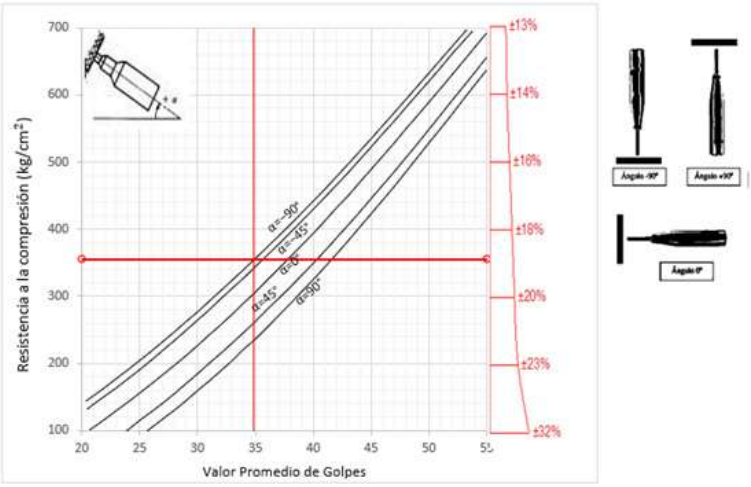
Ensayo de esclerometría.

Resumen del número de golpes	
Resultado Esclerometría	Angulo
	-90°
Resultado de muestra	Losa superior derecha Ensayo 1
	Datos de ensayo
1	38
2	35
3	38
4	35
5	34
6	36

7	32
8	31
9	35
10	34
11	35
12	
Promedio	34,82
IE Corregido (xFC)	0,19
Resistencia gráfica (kg/cm^2)	356
Error +-	67,17

Figura 58.

Ensayo esclerometría.



La imagen presenta un gráfico de esclerometría típico, una herramienta fundamental en la evaluación no destructiva de estructuras de hormigón. En este caso, se ha aplicado a la losa superior de un ducto cajón. El gráfico relaciona el número de golpes del esclerómetro (indicativo de la dureza superficial) con la resistencia a la compresión del hormigón, las curvas de calibración: Cada curva representa la relación entre los golpes del esclerómetro y la resistencia a la compresión para un ángulo de incidencia específico (0°, 45°, 90°). Valores de desviación indican la precisión de la correlación entre los golpes y la resistencia, límite inferior y superior definen un rango de valores esperados para la resistencia del hormigón en la zona ensayada.

Homogeneidad del hormigón: Si los puntos de datos se agrupan cerca de una sola curva, sugiere una homogeneidad razonable en las propiedades del hormigón (ACI 224, 2001).

Estimación de la resistencia: Ubicando los valores obtenidos en las curvas, se puede estimar la resistencia a la compresión del hormigón empleando el estándar ASTM C805-02, 2002 (Carreño & Serrano, 2005).

Influencia del Ángulo de Incidencia: El ángulo de incidencia afecta significativamente los resultados. El ángulo de 45° es común, pero la elección depende de la geometría y el tipo de hormigón (Solórzano Cerna & Valverde Bedon, 2021).

Limitaciones: La esclerometría mide la dureza superficial, no la resistencia interna en todo el elemento. Otros factores como la humedad o la carbonatación pueden influir en la resistencia del hormigón en la zona ensayada se encuentra dentro de un rango aceptable según las curvas de calibración (ASTM C 805/805M-13A, 2013)

Factores que influyen en la resistencia del hormigón: la resistencia final del hormigón en estado endurecido, entre los más representativos tenemos: relación agua cemento, granulometría del agregado, forma y textura de los agregados, aditivos químicos reductores de agua, curado del hormigón hidráulico (Cañarte, G., 2016).

La homogeneidad del hormigón es relativamente buena, se utilizó un ángulo de incidencia de 45°. El control de calidad verifica si el hormigón cumple con los requisitos de diseño para la evaluación del deterioro y detectar zonas debilitadas o dañadas (ACI 318, 2014).

Definición de zonas de reparación e identificar las áreas que requieren intervención.

Consideraciones adicionales: Debe estar basado en datos numéricos para un análisis más preciso, se necesitan los valores exactos de los golpes y otras propiedades del hormigón, el análisis estadístico mediante los cálculos de media, desviación estándar y coeficiente de variación proporcionan una evaluación más robusta defina la correlación con otros ensayos para comparar los resultados de la esclerometría con otros ensayos (ultrasonidos, extracción de núcleos) para validar los resultados (Duque Gómez & Valencia Hernández, 2019).

La esclerometría es una herramienta valiosa para la evaluación no destructiva del hormigón. Sin embargo, su interpretación requiere conocimiento

técnico y debe complementarse con otros ensayos y análisis para obtener una evaluación completa del estado de la estructura (ASTM C 805/805M-13A, 2013).

La tabla presenta los resultados de ensayos esclerométricos en distintas áreas de un ducto de hormigón armado, enfocándose en la evaluación de la dureza superficial (resistencia) de las losas superiores y los muros de ala y centrales. A continuación, se destacan los puntos clave:

1. Losa Superior Derecha: Los ensayos realizados en esta zona muestran un promedio de rebote de 34,82 a 30,64, indicando una dureza elástica de 356 kg/cm^2 a 288 kg/cm^2. La resistencia es relativamente alta, lo que sugiere un buen estado de conservación.
2. Losa Superior Izquierda: Con un rebote promedio de 32,33 a 32,67, la dureza varía de 315 kg/cm^2 a 320 kg/cm^2, mostrando consistencia en la calidad del hormigón en esta área.
3. Muro de Ala Izquierdo: Los ensayos revelan un rebote promedio de 36,00 a 32,75, con durezas de 316 kg/cm^2 a 322 kg/cm^2, lo que indica una resistencia adecuada para este tipo de estructura.
4. Muro Central Izquierdo: Los rebotes promedio van de 38,45 a 24,92, con una dureza elástica variando desde 364 kg/cm^2 a 153 kg/cm^2 en la zona con localización de falla, sugiriendo una posible debilidad estructural en esa área específica.
5. Muro de Ala Derecho: Se registran rebotes promedio de 37,09 a 33,75, con una dureza de 327 kg/cm^2 a 284 kg/cm^2, lo que indica una resistencia razonable, pero con variaciones que podrían requerir atención.
6. Muro Central Derecho: Los valores de rebote promedio de 37,67 a 36,92 y durezas de 350 kg/cm^2 a 337 kg/cm^2 demuestran una consistencia en la resistencia del hormigón.

Resúmenes de los resultados de ensayos no destructivos de esclerometría en general, los resultados sugieren una buena resistencia del hormigón en la mayoría de las áreas, con algunas zonas que presentan signos de debilidad que podrían requerir un análisis más detallado o refuerzo.

Caracterización de las patologías en base a la inspección visual y ensayo de esclerometría.

Patología por contaminación biológica: La evaluación del ducto cajón de hormigón armado, se define que una de las principales patologías más ex-

puestas es la contaminación biológica por parte de los moradores del sector. Siendo este uno de los problemas principales por el cual la estructura presenta fallos en el drenaje de agua, humedades, propagación de vectores, insectos, entre otros. La figura 59 demuestra la presencia de microorganismos genera olores desagradables debido a la descomposición de materia orgánica, que afecta a la estructura.

Figura 59.

Presencia de patología por contaminación biológica.

Nota: Alta contaminación biológica en el ducto cajón de hormigón armado.

Patología por manchas en el hormigón armado: Otra de las patologías visibles en el ducto cajón son las manchas, causadas por sales solubles en el hormigón. Estas se originan por la rápida evaporación del agua, favorecida por altas temperaturas y baja humedad, lo que provoca eflorescencia y altera físicamente la estructura.

Patología por presencia de fisuración: En el ducto cajón de hormigón armado ubicado en el barrio 8 de Enero presenta fisuración, atribuible a cambios térmicos que causan expansión y contracción, el ducto soporta un alto tránsito de vehículos y peatones, sometiéndolo a varias solicitudes de cargas que en ocasiones, superan su capacidad de diseño, provocando así la fisuración en la losa superior como se visualiza en la Figura 60.

Figura 60.

Presencia de fisuración en el ducto cajón.

Nota: Presencia de fisuración en el hormigón.

Patología por presencia de corrosión en el hormigón: Con respecto al análisis de los muros del ducto cajón de hormigón armado ubicado en el barrio 8 de enero de la ciudad de Jipijapa, se ha determinado que la falta de un mantenimiento preventivo adecuado es la principal causa de los agrietamientos y el deterioro de la estructura. Esto permite que el agua y agentes agresivos alcancen el acero de refuerzo de acuerdo con la Figura 61, lo que acelera la corrosión del acero y debilita significativamente la estructura (Rodriguez & Goez, 2021).

Figura 61.

Falla por corrosión en el ducto cajón de hormigón armado.

Nota: Falla por corrosión detectado en el ducto cajón de hormigón armado ubicado en el barrio 8 de enero de la ciudad de Jipijapa.

Las técnicas de tratamiento preventivo en patologías físicas permiten establecer medidas para evitar nuevos deterioros en construcciones. Estas incluyen eliminar causas indirectas durante la fase de diseño, ejecución y mantenimiento del proyecto. A continuación, se detallan algunos tratamientos preventivos:

Diseño adecuado: Es crucial considerar las cargas estructurales, características del terreno y condiciones ambientales para prevenir fallas en la estructura (Donini & Orler, 2021).

Materiales de calidad: Usar materiales de alta calidad es esencial para prevenir patologías como fisuración y desintegración en el hormigón armado, asegurando su durabilidad (Broto, 2005).

Mantenimiento: Un mantenimiento regular permite detectar y corregir daños, previniendo patologías mayores como la carbonatación y el agrietamiento (Broto, 2005).

Tratamientos para las patologías biológicas, como hongos y algas, requieren una limpieza cuidadosa en áreas afectadas, como ductos o cajones, para evitar la proliferación de microorganismos que dañen el material.

Tratamientos para manchas en el hormigón armado, comúnmente causadas por humedad, pueden tratarse limpiando la superficie, aplicando mortero estructural y, si es necesario, pintando para prevenir la absorción de humedad y evitar eflorescencias (Broto, 2005).

Reparación de superficies de hormigón: Reparaciones superficiales, aunque no siempre implican riesgos estructurales, pueden reducir la durabilidad del hormigón y su impermeabilidad. El tratamiento incluye:

- Saneado: Retirar partes sueltas o deterioradas.
- Limpieza: Eliminar suciedad, óxido y agentes contaminantes.
- Regeneración: Aplicar morteros para restaurar la geometría original del hormigón.

Tratamientos al ataque químico: Corrosión causada por aguas de escorrentía, requieren evaluar el daño, limpiar la superficie afectada y aplicar hormigón de reparación con una membrana impermeabilizante para prevenir futuras infiltraciones (Broto, 2005).

Preparación previa al soporte, es la fase limpiar la superficie de hormigón que ha sido afectada, retirando o eliminar lo que impida la adherencia entre el material de reparación.

Colocación de hormigón de reparación con una membrana impermeabilizante para muro epoxi y por cada saco de cemento se debe de aplicar 250 ml (Broto, 2005).

Protección superficial que impida el paso de humedad al elemento que se ha reparado por tratamiento de fisuras, se centra en restaurar la zona afectada e impedir la entrada de agentes corrosivos, lo que podría debilitar la armadura. Las fisuras pueden originarse por una transmisión deficiente de cargas o por problemas estéticos.

- Fisuras puntuales en estructuras
- Fisuras paralelas
- Fisuras en elementos superficiales

Reparación de daños por Corrosión, incluye:

- Saneado: Eliminar material deteriorado según la profundidad de cloruros y carbonatación.
- Limpieza: Quitar toda impureza en hormigón y acero.
- Pasivación: Aplicar una capa protectora anticorrosiva.
- Regeneración: Usar morteros adecuados para restaurar el hormigón.
- Revestimiento: Aplicar una capa fina de mortero para proteger la superficie.
- Protección Superficial: Finalizar con una capa protectora contra CO_2 y cloruros.

Conclusiones

Se realizó un ensayo no destructivo con el martillo de Schmidt Hammer, encontrando una resistencia mínima de 150 kg/cm^2 en el muro central, donde se identificó la falla patológica más crítica. La resistencia máxima fue de 370 kg/cm^2, en la misma sección sin fallas. En general, la resistencia promedio de la estructura es de 301 kg/cm^2, lo que resalta la necesidad de evaluaciones periódicas para asegurar la integridad estructural.

Se clasificó las fallas patológicas del ducto cajón en cuatro categorías, las patologías en la losa superior y muros de ala son moderadas, mientras que el muro central presenta daños de moderados a graves, debido a filtraciones de agua. Los daños son menores y actualmente reparables.

Se determinó un tratamiento preventivo de la estructura que consiste en eliminar hongos, algas y basura, además se debe preparar ciertas áreas de hormigón que presentan oxidación para prevenir un mayor deterioro para aplicarán anticorrosivos, el tratamiento correctivo ayuda a proteger la estructura y prolongar su vida útil aplicando un puente de adherencia al hormigón especial.

Referencias Bibliográficas

ACI 224. (2001). Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón. USA: ACI.

ACI 318. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Preparado por el Comité ACI 318.

Arivabene, A. C. (2015). Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:. Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

ASTM C 805/805M-13A. (2013). Ensayo de esclerometro. American Society for Testing and Materials.

Broto, C. (2005). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. Links.

Cañarte, G. (2016). Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación). Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander, Colombia. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=-fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0ly-

qPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL. Paraná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, S. A. (2019). Evaluación de patologías de falla en el puente de la calle 10 de agosto que atraviesa el río Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1727

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/75536

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 21

Influencia de la dirección de vigas secundarias en edificios de acero

AUTORES: Erik Gabriel Villavicencio Cedeño; Carlos Alexander Camacho Crespo

SABER**EC 5.0**

Influencia de la dirección de vigas secundarias en edificios de acero

Influence of the direction of secondary beams in steel buildings

Resumen

En la presente investigación titulada "Influencia de la dirección de vigas secundarias en edificios de acero", se aborda una problemática clave: el impacto del direccionamiento de las vigas secundarias en el comportamiento estructural y presupuestal de edificios de acero, especialmente en eventos sísmicos. El objetivo principal de este estudio es determinar cómo la orientación de las vigas secundarias afecta tanto la eficiencia estructural como el costo de los edificios de acero. Para lograrlo, se realizó una sistematización exhaustiva de antecedentes relevantes en diseño estructural, utilizando métodos teóricos avanzados para un análisis profundo. El estudio se llevó a cabo mediante un análisis estático lineal y un enfoque comparativo, considerando la relación entre el lado largo y el lado corto de la estructura. Se desarrollaron dos modelos estructurales: uno simétrico y otro asimétrico. A continuación, se procedió a diseñar los edificios variando la dirección de las vigas secundarias, siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas establecidas en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), el American Institute of Steel Construction (AISC 341-16) y el American Institute of Steel Construction (AISC 360-16). Cada modelo se simuló utilizando el software de análisis estructural ETABS-18.

Posteriormente, se evaluaron las eficiencias de cada modelo a partir de los datos obtenidos con el software y se calculó el presupuesto correspondiente para cada diseño, permitiendo establecer una relación entre costo y eficiencia. Los resultados indican que la orientación de las vigas secundarias tiene un impacto significativo tanto en la eficiencia estructural como en los costos asociados a la construcción.

Palabras clave: Edificios de acero, vigas secundarias, comportamiento estructural, análisis estático lineal, costo – eficiencia.

Abstract

The present research entitled "Influence of the direction of secondary beams in steel buildings" addresses a key issue: the impact of the direction of secondary beams on the structural and budgetary performance of steel buildings, especially in the seismic events. The main objective of this study is to determine how the orientation of secondary beams affects both the structural efficiency and the cost of steel buildings. To achieve this, a thorough systematization of relevant

background in structural design was carried out, using advanced theoretical methods for an in-depth analysis. The study was carried out using a linear static analysis and a comparative approach, considering the relationship between the long side and the short side of the structure. Two structural models were developed: one symmetric and one asymmetric. The buildings were then designed by varying the direction of the secondary beams, strictly following the technical specifications established in the Ecuadorian Construction Standard (NEC-15), the American Institute of Steel Construction (AISC 341-16) and the American Institute of Steel Construction (AISC 360-16). Each model was simulated using ETABS-18 structural analysis software. Subsequently, the efficiencies of each model were evaluated from the data obtained with the software and the corresponding budget was calculated for each design, allowing a cost-efficiency relationship to be established. The results indicate that the orientation of the secondary beams has a significant impact on both structural efficiency and construction costs.

Keywords: Steel buildings, secondary beams, structural behavior, linear static analysis, cost – efficiency.

Introducción

De acuerdo con Crisafulli (2018), el sistema sismorresistente brinda soluciones que ayudan a minimizar el riesgo sísmico mediante la aplicación de diferentes materiales constructivos, el acero estructural al ser un material constructivo se usa a nivel mundial, por ende, se deben considerar parámetros y criterios en base a las normativas de construcción para su dimensionamiento y diseño de tal manera que se empleen soluciones viables, sacando ventajas de otros materiales de construcción.

En la investigación de Plaza (2022), menciona que Ecuador se encuentra en un constante aumento constructivo con el uso del acero estructural, cuya finalidad consiste en cambiar el método de construcción tradicional.

Previo a lo citado, en la presente investigación se escogió la ciudad de Manta, provincia de Manabí porque está en zona de alto riesgo sísmico para la obtención de datos, la investigación se enfoca en el diseño de edificios de acero en base a la relación lado largo / lado corto cambiando la dirección de las vigas secundarias con la finalidad de determinar la influencia al comportamiento estructural ante un evento sísmico.

Se realiza un análisis estático lineal para cada edificio de acero y también el presupuesto, por ende, se determina la mejor configuración estructural en base a la relación costo -eficiencia.

Para los diseños de los edificios de acero se aplica y se cumple las especificaciones requeridas de la Normativa Ecuatoria de la Construcción (Nec-15), American Institute of Steel Construction (AISC 341-16) y American Institute of Steel Construction (AISC 360 -16).

Materiales y métodos

En materiales y métodos se recomienda precisar la organización de los procesos aplicados en una investigación, por ende, para llevar a cabo el diseño metodológico y que sea funcional, se debe definir qué tipo de pruebas realizar, de qué manera se tomarán y examinarán los datos. Se escogió la ciudad de Manta, provincia de Manabí para la obtención de datos del suelo y zonificación sísmica.

Según Leyva et al. (2021) la investigación pura o también llamada fundamental o básica "es aquella que aborda problemas de tipo teórico. No se orienta a la solución de un problema práctico, sino a dar solución a un enigma".

Como indicó Ramos-Galarza (2020), en este alcance de la investigación surge la necesidad de plantear una hipótesis en la cual se proponga una relación entre 2 o más variables, en el nivel cuantitativo surge la aplicación de procesos estadísticos inferenciales que buscan extrapolar los resultados de la investigación para beneficiar a toda la población. En el enfoque cualitativo se proponen estudios con análisis del contenido lingüístico, como es el análisis de codificación selectiva, en donde se proponen las relaciones que se pueden generar entre las categorías que surgen en los discursos de los participantes.

La investigación es correlacional porque su objetivo es encontrar correlaciones entre variables para observar cómo reacciona una de ellas ante cambios en la otra. En todo caso, trata de diferenciar el comportamiento de los edificios de acero cambiando la dirección de las vigas secundarias ante un evento sísmico.

Según Azuero (2019), el modelo "racionalista" o cuantitativo, la ciencia surge como una necesidad del ser humano por aprender sobre los fenómenos que ocurren a su alrededor y sus relaciones de causa y efecto, con el fin de poder interferir en ellos o utilizar este conocimiento a su favor.

La investigación es cuantitativa porque los datos son medibles y cuantificables. Se comparará los datos arrojados del software de análisis estructural "ETABS 18" una vez diseñado cada edificio para posteriormente realizar la respectiva comparación de acuerdo con la relación lado largo/lado corto.

Se obtendrá los resultados mediante los diseños estructurales de los modelos de edificios de acero cambiando la dirección de las vigas secundarias en el software de análisis estructural "ETABS 18", donde se analizará la relación costo – eficiencia para la determinación de la influencia sobre la estructura.

Instrumentos de recolección de información

En su estudio Hernández y Ávila (2020), expresan que una investigación es necesario considerar los métodos, las técnicas e instrumentos de recolección de información porque son elementos que aseguran el hecho empírico de la investigación, donde método representa el camino a seguir en la investigación, las técnicas constituyen el conjunto de instrumentos en el cual se elaborará el método, mientras que el instrumento incorpora el medio que ayuda a realizar la investigación, además el uso de técnicas de recolección de información es una etapa donde se inspecciona y se transforman los datos con el objetivo de resaltar información útil, lo que sugiere conclusiones y apoyo a la toma de decisiones.

Para la presente investigación se utilizó instrumentos para alcanzar los objetivos de estudio son:

Software de diseño asistido AutoCAD – 2020

Software de análisis estructural ETABS-18

Software Microsoft Excel

Resultados y discusión

Los modelos de edificios de acero estructural se cuantificaron geométricamente en base a la relación lado largo /lado corto (ly/lx) donde se denotan la distribución de las vigas secundarias en cada modelo de edificio, se estableció dos tipos de relaciones y son:

Relación (ly/lx) 1.0

Relación (ly/lx) 2.5

$$\frac{ly}{lx} = Relación$$	(Ec.1)

Donde:

Ly= Lado largo del vano.

Lx= Lado corto del vano.

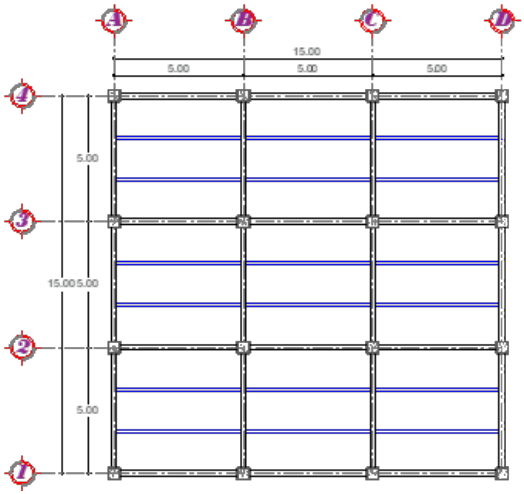
Relación lado largo/lado corto de 1.0

En la relación lado largo/ lado corto de 1.0, se estableció un modelo simétrico de edificios de acero estructural. Donde el lado largo (ly) tiene 15 m y el lado corto (lx) consta de 15 m.

$$\frac{15\ \boldsymbol{m}}{15\ \boldsymbol{m}} = 1$$

Figura 62..

Edificio simétrico en base a la relación 1.0.



Nota. Distribución de las vigas secundarias en el lado corto.

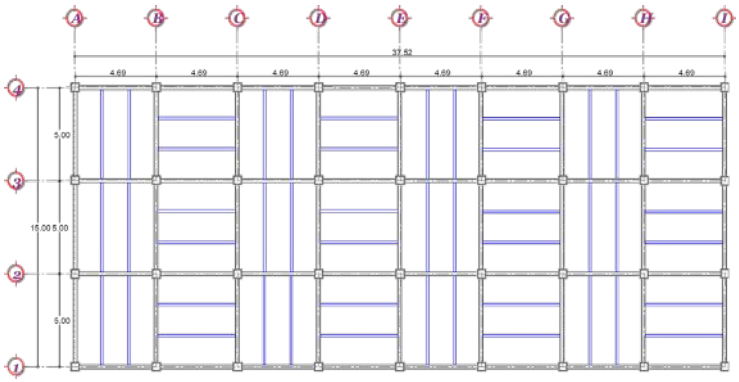
Relación lado largo/lado corto de 2.5

En la relación lado largo/ lado corto de 2.5, se estableció un modelo asimétrico de edificios de acero estructural. Donde el lado largo (ly) tiene 37.52 m y el lado corto (lx) consta de 15 m.

$$\frac{37.52\ \boldsymbol{m}}{15\ \boldsymbol{m}} = 2.5$$

Figura 63.

Edificio asimétrico en base a la relación 2.5.



Nota. Distribución de las vigas secundarias en el lado corto y lado largo.

Especificaciones generales de los modelos de edificios

Las especificaciones generales para el diseño estructural de los modelos de edificios se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 69.

Especificaciones generales de los modelos de edificios de acero estructural.

Especificaciones para el diseño de los edificios de acero estructural	
Uso de los edificios de acero estructural	Uso de vivienda
Niveles	7 niveles
Altura de entrepiso	4 metros
Resistencia del hormigón escogido	210 Kg/cm2
Acero escogido	A572 G50
Perfiles estructurales	Laminados en frio

Nota. Especificaciones generales para todos los modelos de edificios.

Losa deck

La losa deck para los modelos de edificios de acero estructural se estableció que trabaje como carga distribuida sobre la estructura, es decir, la losa deck no se diseñó, solo se consideró el peso propio de la misma. El peso propio de la losa deck se escogió del catálogo de acero NOVALOSA, específicamente en el capítulo NOVALOSA 76 tal como se muestra en la tabla 70.

Tabla 70.

Propiedades la losa deck.

Propiedades de la Sección Compuesta Novalosa 76 mm			
Espesor Novalosa (mm)	Espesor losa {a}(cm)	Peso Hormigón (Kg/m2)	Peso de placa (Kg/m2)
0.65	10.50	271.70	10.70

Nota. Tomada del Catálogo de acero NOVALOSA.

En la tabla 71 el peso propio de la losa deck (hormigón y placa de acero) es 282.40 kg/m2, para la estimación de la carga muerta de los modelos de edificios de acero estructural.

Estimaciones de cargas distribuidas

Los edificios de acero estructural se diseñaron con las mismas estimaciones de cargas distribuidas, tanto de carga muerta (CM) y carga viva (CV).

Carga muerte (CM)

La carga muerta (CM) se consideró para el diseño de los edificios de acero estructural, las estimaciones sobre la carga muerta se muestran en la Tabla 71.

Tabla 71.

Valores de carga muerta (CM.).

Carga muerta (CM)	
Materiales	[kg/m2]
Losa deck (peso de la placa + hormigón)	282.40
Instalaciones	40.00
Enlucido y masillado	44.00
Mampostería	250.00
Recubrimiento de piso	15.00
Total	631.40

Nota. Valores del peso propio de cada material

La carga muerta (CM) para el diseño estructural de todos los modelos de edificios es de 631.40 Kg/cm2.

Carga viva (CV)

En la presente investigación los edificios de acero estructural tienen uso de residencia (viviendas), el valor de la carga viva (CV) se consideró de acuerdo con su ocupación. Se basó en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), específicamente del capítulo de Cargas (No Sísmicas), el valor considerado se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 72.

Valores de carga viva (CV) respecto a su ocupación.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m^2)	Carga concentrada (kN)
Residencias		
Viviendas (Unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares Habitaciones Salones de uso Público y sus corredores	2.00 4.80	

Nota. Tomada de la norma la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015)

La carga viva (CV) para el diseño de todos los edificios es de 2.00 Kn/m2 o 200 Kg/cm2 tal como se muestra en la tabla correspondiente.

Combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas para el diseño de los edificios de acero fueron tomadas de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – 2015), específicamente del capítulo de Cargas (No sísmicas) como se muestra en la Tabla 73.

Tabla 73.

Combinaciones de cargas.

Combinaciones básicas	Fórmulas
Combinación 1	1.4CM
Combinación 2	1.2CM+1.6CV
Combinación 3	1.2CM+CV+Se_x
Combinación 4	1.2CM+CV-Se_x
Combinación 5	1.2CM+CV+Se_y
Combinación 6	1.2CM+CV-Se_y
Combinación 7	0.90CM+Se_x
Combinación 8	0.90CM-Se_x

Combinación 9	0.90CM+Se_y
Combinación 10	0.90CM-Se_y
Combinación 11	1.2CM+CV+Sd_x
Combinación 12	1.2CM+CV+Sd_y
Combinación 13	0.90CM+Sd_x
Combinación 14	0.90CM+Sd_y
Combinación 15	Servicio

Nota. Combinaciones de cargas para el diseño estructural.

Espectro de respuesta

Para el diseño de los edificios se elaboró el espectro de respuesta elástico e inelástico, los datos obtenidos para el espectro de diseño se basaron de acuerdo con las zonas sísmicas establecida por la Norma Ecuatoria de la Construcción (NEC -15), para su elaboración se usó el software Excel.

Tabla 74.

Valores para el espectro de diseño.

Parámetro	*Variable*	*Valor*	*Unidades*
Zona sísmica		VI	
Tipo de perfil de suelo		D	
Factor de zona	Z	≥ 0.50	S/U
Factor de sitio	Fa	1.12	S/U
Factor de sitio	Fd	1.11	S/U
Factor de sitio	Fs	1.4	S/U
Factor de importancia	I	1	S/U
Coeficiente de ductilidad	R	6	S/U
Irregularidades en elevación	>e	1	S/U
Irregularidades en planta	>p	1	S/U
Altura de edificio	H	28	m
Coeficiente Ct	Ct	0.072	S/U
Coeficiente para el período	>	0.80	S/U
Coeficiente de suelo	R	1	S/U
Amplificación espectral	N	1	S/U
Período límite inferior	To	0.14	Seg

Período de la estructura	T	1.04	Seg
Periodo límite superior	Tc	0.76	Seg
Aceleración espectral	Sa	1.008	g
Coeficiente sísmico	C	0.168	g

Nota. Resumen de los valores obtenidos para el espectro de diseño.

En la tabla 75 se muestra los valores calculados de acuerdo con la recopilación de datos para la gráfica del espectro de respuesta con un periodo de 4 segundos.

Tabla 75.

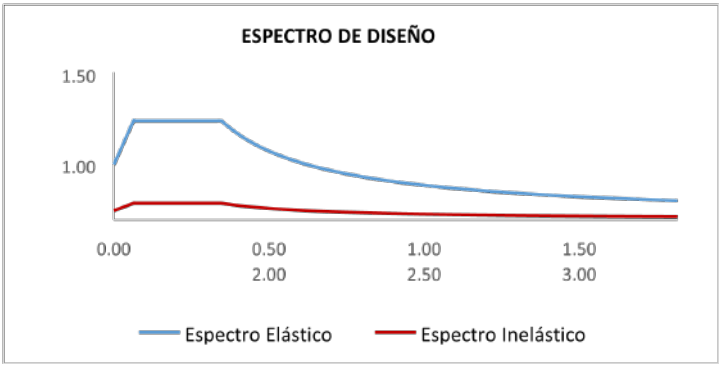
Valores para la gráfica del espectro de respuesta.

T [s]	Espectro Elástico [g]	Espectro inelástico [g]
0.00	0.560	0.093
0.10	1.008	0.168
0.14	1.008	0.168
0.15	1.008	0.168
0.20	1.008	0.168
0.30	1.008	0.168
0.40	1.008	0.168
0.50	1.008	0.168
0.60	1.008	0.168
0.70	1.008	0.168
0.76	1.008	0.168
0.77	0.999	0.167
0.80	0.962	0.160
4.00	0.192	0.032

Nota. Valores del espectro elástico e inelástico. Elaborado por: Carlos Alexander Camacho Crespo.

Figura 64.

Espectro de diseño - elástico e inelástico.



Nota. Gráfica del espectro de diseño.

Diseño del edificio simétrico y asimétrico

A continuación, se procedió a elaborar tablas de resúmenes comparativas con sus respectivas gráficas del diseño de los edificios mediante resultados obtenidos en el software de análisis estructural ETABS-18.

Dimensiones de las secciones estructurales calculadas

Las dimensiones estructurales se obtuvieron mediante un buen pre – diseño cumpliendo con las normativas de la construcción nacional como internacional.

Tabla 76.

Secciones estructurales del edificio simétrico y asimétrico.

Secciones estructurales			
		Dimensiones [mm]	
Elementos	Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5
Vigas secundarias	bf	120	120
	h	280	260
	tw	6	6
	tf	12	12
	bf	220	200

Vigas principales	h	450	450
	tw	12	14
	tf	20	20
Columnas Compuestas	b	480	480
	h	480	480
	e	30	32

Nota. Dimensiones de las secciones estructurales.

Tabla 77. Conexión RBS

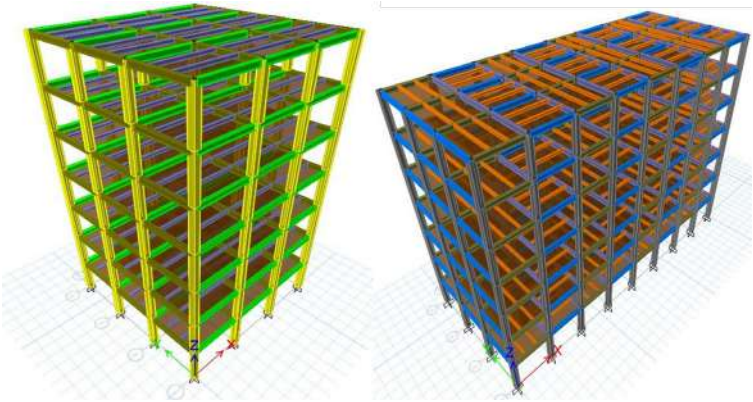
Conexión RBS			
Geometría de corte [mm]			
Secciones	Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5
Vigas principales	a	143	125
	b	337.50	337.50
	c	44	40

Nota. Geometría de corte de las vigas principales.

A continuación, en la Figura 65 se muestra en vista 3D el edificio simétrico y el edificio asimétrico modelados en el software de análisis estructural Etbas-18

Figura 65.

Vista 3D de los edificios de acero estructural modelados en Etabs-18.



Nota. Edificio simétrico y edificio asimétrico.

Tabla 78.

Períodos de vibración.

Periodos de vibración [seg]		
Casos modales	Edificio simétrico – relación 1.0	Edificio asimétrico – relación 2.5
1	1.06	1.04
2	1.06	0.94
3	0.87	0.91
4	0.32	0.32
5	0.32	0.29
6	0.27	0.28
7	0.17	0.16
8	0.17	0.16
9	0.14	0.15
10	0.10	0.10
11	0.10	0.10
12	0.09	0.09
13	0.07	0.07
14	0.07	0.07
15	0.06	0.06
16	0.05	0.05
17	0.05	0.05
18	0.04	0.05
19	0.04	0.04
20	0.04	0.04
21	0.04	0.04

Tabla 79.

Rotación en planta.

Rotación en planta [%]		
Casos modales	Edificio simétrico – relación 1.0	Edificio asimétrico – relación 2.5
1	0%	0%
2	0%	0%
3	100%	100%
4	0%	0%
5	0%	0%
6	100%	100%

7	0%	0%
8	0%	0%
9	100%	100%
10	0%	0%
11	0%	0%
12	100%	100%
13	0%	0%
14	0%	0%
15	100%	100%
16	0%	0%
17	0%	0%
18	100%	100%
19	0%	0%
20	0%	0%
21	100%	100%

La Norma Ecuatoriana de da Construcción (2015) rige que las derivas por piso no deben de exceder el 2%, por ende, el edificio simétrico y asimétrico cumplen con lo estipulado.

Tabla 80.

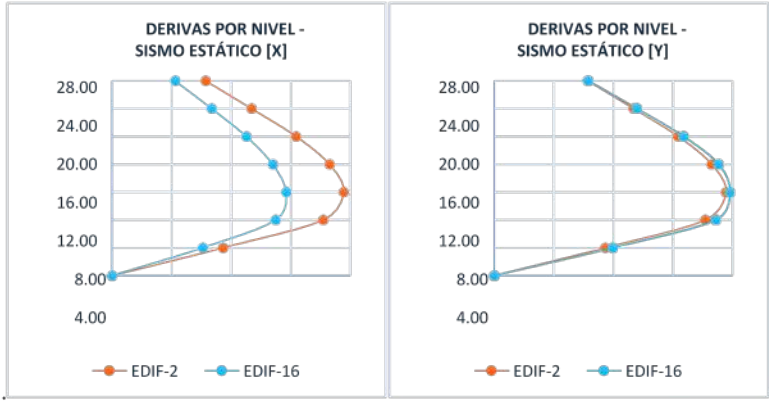
Derivas de nivel por sismo estático.

Derivas de piso por nivel - estático				
	Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5	
Nivel [m]	Sismo estático [%]		Sismo estático [%]	
	[X]	[Y]	[X]	[Y]
28.00	0.79	0.79	0.53	0.79
24.00	1.17	1.17	0.84	1.20
20.00	1.55	1.55	1.13	1.59
16.00	1.83	1.83	1.35	1.89
12.00	1.94	1.94	1.46	1.98
8.00	1.77	1.77	1.37	1.86
4.00	0.93	0.93	0.76	1.00

Nota. Derivas por nivel en el sismo estático en X-Y.

Figura 66.

Derivas de nivel por sismo estático.



Nota. Derivas por piso del sismo estático

Tabla 81.

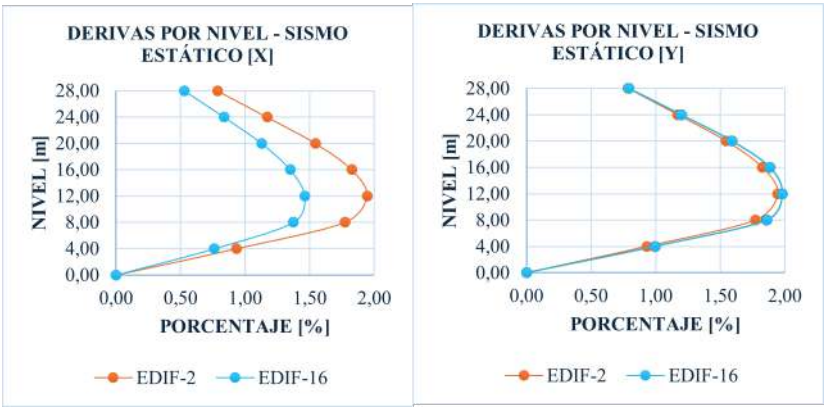
Derivas de nivel por sismo dinámico.

Derivas de piso por nivel - dinámico				
	Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5	
Nivel [m]	Sismo dinámico [%]		Sismo dinámico [%]	
	[X]	[Y]	[X]	[Y]
28.00	0.64	0.64	0.43	0.66
24.00	0.96	0.96	0.69	1.00
20.00	1.30	1.30	0.94	1.33
16.00	1.56	1.56	1.15	1.61
12.00	1.67	1.67	1.27	1.75
8.00	1.56	1.56	1.21	1.64
4.00	0.83	0.83	0.68	0.89

Nota. Derivas por nivel en el sismo dinámico en X-Y.

Figura 67.

Derivas de nivel por sismo dinámico.



Nota. Derivas por piso del sismo estático

Tabla 82.

Desplazamiento de nivel por sismo estático.

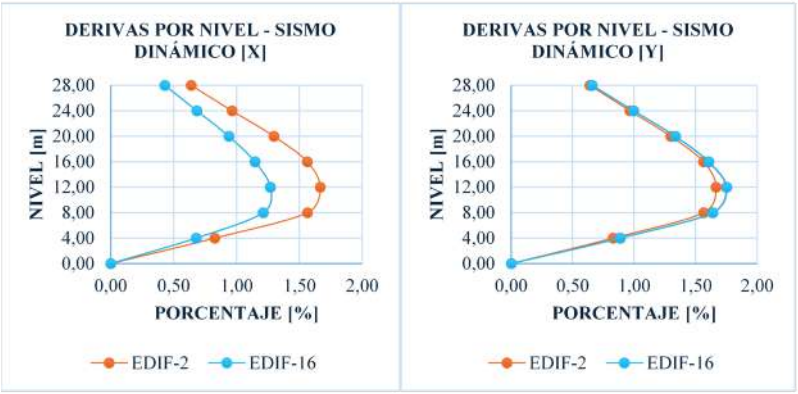
Desplazamiento de piso por nivel - estático

Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5				
Nivel [m]						
Sismo dinámico [cm]		Sismo dinámico [cm]				
[X]	[Y]	[X]	[Y]	28.00	8.22	8.22	6.38	7.78
24.00	7.57	7.57	5.93	7.18				
20.00	6.6	6.6	5.21	6.28				
16.00	5.33	5.33	4.25	5.08				
12.00	3.82	3.82	3.09	3.66				
8.00	2.22	2.22	1.83	2.14				
4.00	0.76	0.76	0.65	0.75				

Nota. Desplazamiento por nivel en el sismo estático en X-Y.

Figura 68.

Desplazamiento de nivel por sismo estático.



Nota. Desplazamiento por piso del sismo estático.

Tabla 83.

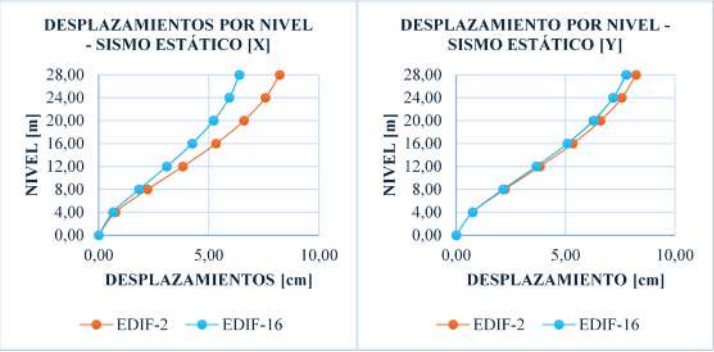
Desplazamiento de nivel por sismo dinámico.

Desplazamiento de piso por nivel – dinámico				
	Edificio simétrico – relación 1.0		Edificio asimétrico – relación 2.5	
Nivel [m]	Sismo dinámico [cm]		Sismo dinámico [cm]	
	[X]	[Y]	[X]	[Y]
28.00	8.22	8.22	6.38	7.78
24.00	7.57	7.57	5.93	7.18
20.00	6.6	6.6	5.21	6.28
16.00	5.33	5.33	4.25	5.08
12.00	3.82	3.82	3.09	3.66
8.00	2.22	2.22	1.83	2.14
4.00	0.76	0.76	0.65	0.75

Nota. Desplazamiento por nivel en el sismo dinámico en X-Y.

Figura 69.

Desplazamiento de nivel por sismo dinámico.



Nota. Desplazamiento por piso del sismo estático.

Nota. Desplazamiento por piso del sismo dinámico. El edificio simétrico y asimétrico no denotan torsión, por ende, cuentan con una óptima configuración estructural.

Tabla 84.

Torsión por sismo estático.

Torsión por sismo estático		
Sentido	Edificio simétrico – relación 1	Edificio asimétrico – relación 2.5
X	1.08	1.04
Y	1.08	1.18

Tabla 85.

Torsión por sismo dinámico.

Torsión por sismo dinámico		
Sentido	Edificio simétrico – relación 1	Edificio asimétrico – relación 2.5
X	1.00	1.00
Y	1.00	1.00

La presente investigación tiene como objeto determinar la influencia al cambio del direccionamiento de las vigas secundarias en el edificio simétrico y asimétrico, entonces, para cuantificar la influencia se basó en la relación costo – eficiencia.

Tabla 86.

Presupuesto referencial.

Presupuesto referencial		
Relación [ly/lx]	Edificio [n°]	Costo [$]
1.0 – 2.5	EDIF-2	1'257,825.65
	EDIF-16	3'013,928.14

Nota. Presupuesto referencial en base a la relación lado largo / lado corto.

Figura 70.

Representación del presupuesto referencial.

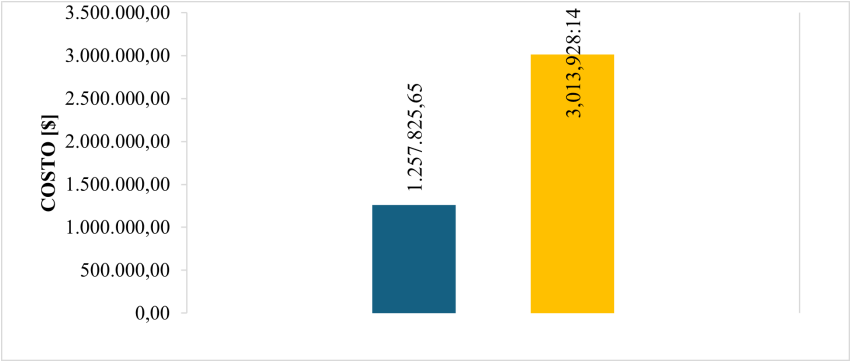


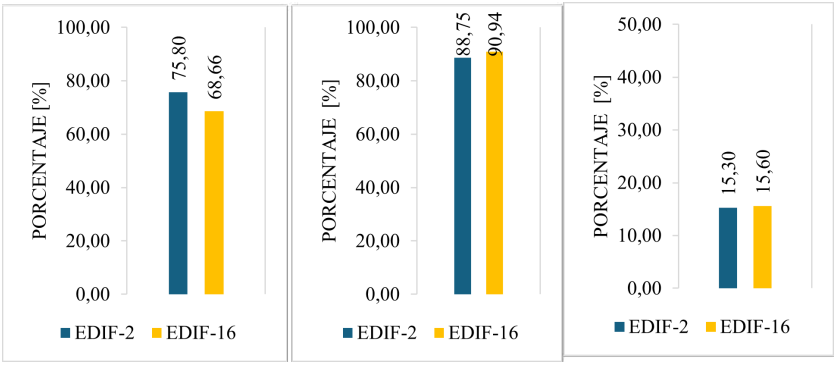
Tabla 87.

Eficiencias globales de las secciones estructurales.

Eficiencias globales				
Relación [ly/lx]	EDIFICIO [n°]	Elementos estructurales [%]		
		Vigas secundarias	Vigas principales	Columnas compuestas
1.0 – 2.5	EDIF-2	75.80	88.75	15.30
	EDIF-16	68.66	90.94	15.60

Figura 71.

Eficiencias globales de las secciones estructurales.



Nota. Representación de la eficiencia global de los elementos estructurales de cada edifico.

Tabla 88.

Relación costo - eficiencia.

Relación costo -eficiencia					
Relación [ly/lx]	Edificio [n°]	Cost [$]	Elementos estructurales [%]		
			Vigas secundarias	Vigas principales	Columnas compuestas
1.0 – 2.5	Simétrico		75.80	88.75	15.30
	Asimétrico		68.66	90.94	15.60

Conclusiones

- Se realizó la cuantificación de los modelos de edificio de acero estructural en base a la relación lado largo/lado corto de 1.0 y 2.5 lo cual fu de gran utilidad para la distribución de las vigas secundarias.
- Al realizar un adecuado pre – diseño de los edificios de acero estructural ayudó significativamente a obtener mayor aproximación de las secciones estructurales y no realizar procesos múltiples procesos iterativos.
- En el diseño del edificio simétrico y asimétrico modelados en el software Etabs-18 se garantizó derivas no excedentes al 2% para estructuras metálicas como lo estipula la Normativa Ecuatoriana de la

Construcción Nec-15, controlando la rotación en planta en sus modos traslacionales y la torsión.

- Se pudo determinar que el edificio simétrico de la relación 1.0 tiene mayor desplazamiento por nivel ante un evento sísmico que el edificio asimétrico de la relación 2.5 denotando la influencia significativa de las vigas secundarias.
- La dirección de las vigas secundarias influye significativamente sobre las estructuras, pero se denota en mayor porcentaje de influencia en el edificio asimétrico porque cambia el sentido de las vigas secundarias en cada vano.
- La relación costo – eficiencia es una herramienta fundamental e indispensable dentro del ámbito ingenieril, porque permite medir los resultados y fundamentar las variables de estudios mediante un juicio de valor para resaltar los beneficios del proyecto.
- En base a la relación costo eficiencia se pudo determinar que las vigas secundarias tienen mayor eficiencia en el edificio simétrico, pero en el edificio asimétrico las vigas principales y columnas compuestas denotan mayor eficiencia.

Referencias Bibliográficas

American Institute of Steel Construction. (2016a). Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf

American Institute of Steel Construction. (2016b). Specification for Structural Steel Buildings. https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/a360-16w-rev-june-2019.pdf

Azuero, Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 4(8), 110. https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274

Crisafulli, F. J. (2018). Diseño sismorresistente de construcciones de acero (Alacero, Ed.; 5ta ed.).

Leyva Vázquez, M. Y., Viteri Moya, J. R., Estupiñán Ricardo, J., & Hernández Cevallos, R. E. (2021). Diagnóstico de los retos de la investigación cien-

tífica postpandemia en el Ecuador. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i.2960

Hernández Mendoza, S., & Duana Ávila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA, 9(17), 51–53. https://doi.org/10.29057/ICEA.V9I17.6019

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). Cargas (no sísmicas).

Norma Ecuatoriana de da Construcción. (2015). Peligro sísmico diseño sismo resistente.

Plaza Martillo, M. A. (2022). Análisis de factibilidad para la importación y conformación de acero estructural dentro de la cadena del valor de una empresa constructora. Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL.

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. CienciAmérica, 9(3), 1–6. https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 22

Diseño de una vivienda unifamiliar utilizando bambú como elemento estructural y no estructural en la comuna Joa del cantón Jipijapa

AUTORES: Joselyn Azucena Baque Gómez; Glider Nunilo Parrales Cantos

SABER**EC 5.0**

Diseño de una vivienda unifamiliar utilizando bambú como elemento estructural y no estructural en la comuna Joa del cantón Jipijapa

Design of a single-family home using bamboo as a structural and non-structural element in the Joa commune of the Jipijapa canton

Resumen

Este proyecto destaca la importancia de considerar materiales alternativos o tradicionales en la construcción. El objetivo es diseñar una vivienda unifamiliar utilizando el bambú tanto como elemento estructural y no estructural. La investigación es de tipo analítica y descriptiva, y demuestra la versatilidad del bambú en la construcción de espacios exteriores e interiores, hasta el punto de ser utilizado como componente principal de la estructura. El diseño comenzó con la selección del material principal, el bambú, para lo cual se requiere asesoría técnica especializada y el cumplimiento de la normativa en Estructuras de Guadúa NEC-SE-GUADÚA. La vivienda incluye áreas esenciales como sala, comedor, cocina, baño, lavandería y tres dormitorios de iguales dimensiones. Se diseñó considerando el tipo de suelo de la comuna Joa del cantón Jipijapa, buscando utilizar materiales ligeros y seguros, comprobados mediante cálculos. Con el apoyo del software EDGE, se aplicaron criterios de diseño sustentable, permitiendo conocer los beneficios ambientales y económicos en comparación con una edificación tradicional. Este software ayudó a identificar rápidamente los costos de incorporación y opciones de ahorro energético, agua y materiales utilizados en la construcción. Esta estrategia está respaldada por la Corporación Financiera Internacional (IFC) y el Banco Mundial. En este contexto, y considerando la importancia de desarrollar proyectos que promuevan la conservación medioambiental y ofrezcan soluciones de vivienda de bajo costo, el trabajo se enfoca en diseñar y presupuestar una vivienda sismorresistente con materiales alternativos para la Comuna Joa del cantón Jipijapa.

Palabras claves: Vivienda unifamiliar, caña guadua, estructural, resistencia.

Abstract

This project highlights the importance of considering alternative or traditional materials in construction. The objective is to design a single-family home using bamboo as both a structural and non-structural element. The research is analytical and descriptive, and demonstrates the versatility of bamboo in the construction of exterior and interior spaces, to the point of being used as the

main component of the structure. The design began with the selection of the main material, bamboo, for which specialized technical advice and compliance with the regulations on Structures of Guadúa NEC-SE-GUADÚA are required. The house includes essential areas such as living room, dining room, kitchen, bathroom, laundry and three bedrooms of equal dimensions. It was designed considering the type of soil in the Joa commune of the Jipijapa canton, seeking to use light and safe materials, verified through calculations. With the support of the EDGE software, sustainable design criteria are applied, allowing the environmental and economic benefits to be known compared to a traditional building. This software helped quickly identify incorporation costs and savings options for energy, water and materials used in construction. This strategy is supported by the International Finance Corporation (IFC) and the World Bank. In this context, and considering the importance of developing projects that promote environmental conservation and offer low-cost housing solutions, the work focuses on designing and budgeting an earthquake-resistant home with alternative materials for the Joa Commune of the Jipijapa canton.

Keywords: Single-family home, guadua cane, structural, resistance.

Introducción

En la industria de la construcción este pueden generar una importante contribución a la económica, especialmente por requerir grandes cantidades de mano de obra. En Ecuador, la industria de la construcción es uno de los cinco principales sectores económicos, en 2019 representó un 8.17% del PIB y generó alrededor del 6.1% del total de empleos en el país (Lucero, 2020).

La construcción informal en el Ecuador está ligada directamente con el uso inadecuado de recursos naturales y aplicación de técnicas tradicionales que consumen mayor agua y energía durante el proceso constructivo. El 27% de la población ecuatoriana (2.8 millones de personas), residen en construcciones informales y de alto riesgo, es decir, 730000 viviendas son construidas por personas que no tienen un conocimiento adecuado sobre gestión de recursos dándonos a entender que la construcción informal influye de manera negativa en la calidad estructural de las viviendas poniendo en peligro la vida de las personas al ocasionarse un fuerte movimiento telúrico ya que por su mala construcción estas pueden llegar a fallar y terminar derrumbándose (MIDUVI, 2022).

Para la investigación se realizó mediante la recopilación de fuentes bibliográficas relacionadas con el objetivo del proyecto, se consideró la calidad de vida de las población en ámbito socioeconómico y seguridad al momento de

construir, considerando materiales de bajos costos pero que puedan brindar las calidad y sostenibilidad, como material principal utilizaremos el bambú por consiguiente se seleccionó el tema: "Diseño de una vivienda unifamiliar el bambú como elemento estructural y no estructural en la comuna Joa del cantón Jipijapa".

El resultado obtenido del sistema propuesto, muestra la versatilidad que tiene la caña guadua, la reducción de costos y tiempo, y el impacto ambiental generado, de igual forma se ha concluido indicando los beneficios del uso de la caña guadua como material de construcción, esta paradoja demuestra que bien utilizada la caña guadua como material de construcción permite la creación de viviendas con gran estética y sobrios acabados, brindando enormes ventajas en relación a los sistemas constructivos convencionales existentes en el medio (Matute, 2016).

Como último objetivo propuesto se realizó la certificación EDGE con el propósito de conocer la viabilidad de ahora en recursos habituales, como, energía, agua, emisión de carbono el ahorro de la eficiencia de los materiales al construir.

Como el proyecto los propone el diseño de una vivienda con material como la caña los principales detalles de la certificación son: el ahorro de energía, emisión de carbono y ahorro de agua

Materiales y métodos

Dentro de la propuesta presentada se habla de un diseño de vivienda con materiales alternativos. Los cuáles serán:

Bambú: Dentro de las características mecánicas (Tabla 89) que posee el bambú es por su forma acuminada de su tallo, sus dimensiones varían con su atura por lo que se puede estimar lo siguiente:

Altura. - Presenta una altura de 18 a 30m, pero esto es dependiendo de su especie y la edad

Diámetro. - Se encuentra entre los 20 y 8 cm en la base, y 3 cm en su extremo superior.

Para este proyecto se tomará en cuenta el bambú como material estructural de la vivienda ubicada en la comuna de Joa del cantón Jipijapa; dicho material será usado tanto para columnas, vigas, principales y segundarias. También se tomará en cuenta un promedio diámetro exterior de la caña de 10 cm y 2 cm de espesor de caña, con un módulo de elasticidad es de 1150244.16

Ton/m2 que es significante alto, lo cual nos indica que el Bambú puede soportar grandes esfuerzos longitudinales provocando pequeñas deformaciones; un peso por unidad de volumen de 0.7042 Ton/m3 lo que nos refiere a un material liviano para uso estructural, y un coeficiente de poisson que varía de 0.22 – 0.40 (Herrera, 2008).

Tabla 89.

Descripción de propiedades mecánica de la caña Bambú.

Propiedades mecánicas	Unidad	Valor
Flexión estática		
Tensión en límite de proporcionada	Mpa	360
Módulo de rotura	Mpa	74
Módulo de elasticidad	Mpa	9523
Cizalle		
Tensión de rotura	Mpa	9.4
Compresión Paralela		
Tensión Máxima	Mpa	48

Cemento: Este material tiene que cumplir con todas las especificaciones técnicas de acuerdo a las normas establecidas (Norma NTE INEN 152, 2010), va a ser utilizado en los plintos, contrapiso, es necesario tener en cuenta que el material este totalmente seco, sea un polvo suelto ni que contenga grumos por humedad, cabe destacar que si se lo va almacenar por un tiempo determinado tendrá que permanecer cubierto, en un lugar seco y con ventilación adecuada.

Agregado fino y grueso: Tanto el agregado fino como el agregado grueso en el hormigón tendrán que cumplir con las especificaciones técnicas de las normas establecidas (NTE INEN 872, 2011), los cuales deberán estar limpios, duro, sanos y sobre todo tienen que ser durables para que la granulometría pueda estar uniforme con un tamaño adecuado para el diseño de la cabaña (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011)

Agua: Es de suma importancia que el agua que se utilizará sea potable, no se podrá utilizar ninguna agua que esté contaminada ni del mar ya que cambiarían las propiedades que la mezcla tiene que alcanzar.

Además, el agua que se necesitara se tiene que medir por qué se debe considerar la relación agua/cemento ya que si no se cumple con lo requerido afectara su manejabilidad y comportamiento final del hormigón, generando

que pierda su mayor resistencia, lo cual va a perjudicar la durabilidad y dejando poros que no se tienen que presentar en la cimentación.

Resultados y discusión

Detalles de la estructura: La vivienda cuenta con una con una dimensión 8 x 9 mt, una área de construcción 72 m2 , cuenta con una cimentación tradicional de hormigos la vivienda está anclada a la cimentación por varillas de hierro que estarán incrustada a la caña para compensar las columnas, las columnas serán de caña y conexión seria por mediante pernos para el armazón de la estructura, las paredes externas y internas serán de caña. El acceso a la segunda planta será una escalera de madera al igual que el piso.

Método de diseño estructural: El buen desempeño de las construcciones depende de que en su planeamiento estructural se sigan los criterios apropiados, así:

Todos los elementos deben ser diseñados por el método de los esfuerzos admisibles empleando las cargas especificadas en el capítulo (NEC - SE - CG, 2014), así como las cargas sísmicas especificadas en el capítulo (NEC-SE-DS, 2014).

Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión solo en el elemento continuo

- **Determinación de diámetro:** Para medir en cada segmento del culmo el diámetro (Tabla 90) en ambos extremos y en dos direcciones perpendiculares entre sí. Para determinar el diámetro real (Figura 72. Determinación de diámetro) este corresponde al promedio de los cuatros medidas.

$$\boldsymbol{D} = \frac{4\boldsymbol{d}}{4}$$

Ecuación 1 Determinación *del diámetro*

$$\boldsymbol{D} = \frac{100+103+101+102}{4} = 101.5\ \boldsymbol{mm}$$

Tabla 90.

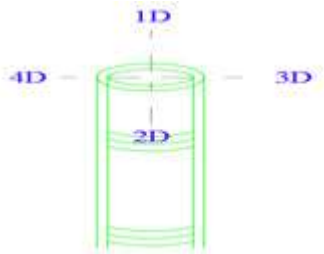
Tabla de resumen de diámetros.

Muestra #	ID (mm)	2D(mm)	3D(mm)	4D(mm)	Diámetro real (mm)
Muestra 1	100	103	101	102	101,5
Muestra 2	101	103	99	102	101,25
Muestra 3	95	98	100	101	98,5
Muestra 4	100	98	102	103	100,75

Nota: Esta tabla muestra los diámetros obtenidos mediante los cálculos realizados

Figura 72.

Determinación de diámetro.



terminación del espesor real: medir cuatro regiones (Figura 73) en cada sección transversal del culmo, al igual que el espesor en los mismos sitios en que se midió el diámetro. El espesor real (Tabla 91) corresponde al promedio de los ochos medidas.

Ecuación 2 Determinación de espesores

$$E = \frac{1.1+1.3+1.4+1.5+1.1+1+1+1}{8}.$$

$$E = 1.175\ mm$$

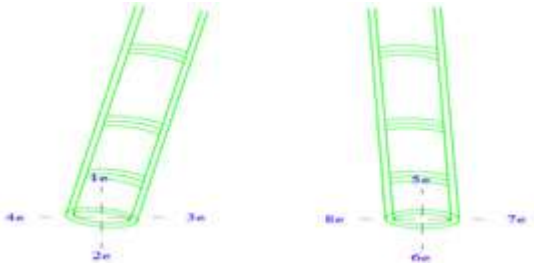
Tabla 91.

Tabla de resumen de espesores.

Muestra #	1E (mm)	2E	3E	4E	5E (mm)	6E	7E (mm)	8E (mm)	Diámetro real (mm)
Muestra 1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,1	1	1	1	1,175
Muestra 2	1,4	1,5	1,2	1,3	1,2	1,1	1	1,1	1,225
Muestra 3	0,8	1	0,9	1	1	1,1	0,9	1	0,9625
Muestra 4	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	1	1,1625

Figura 73.

Determinación de espesores.



A continuación, detallare el proceso del diseño de una vivienda unifamiliar utilizando bambú como material estructural y no estructural:

El anclaje: mediante varilla de acero debe considerara lo siguiente:

Las varillas inician en el cimiento (Figura 74) y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento, para cumplir las funciones de anclaje entre el sobrecimiento y los culmos

El sistema posibilita el apoyo de, uno o más culmos, en la cabeza del sobrecimiento

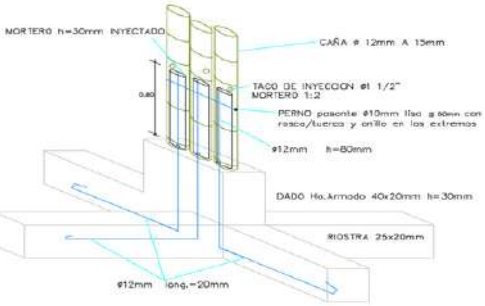
Antes de introducir el/los culmo(s) en las varillas, se debe eliminar el diafragma interior de los dos nudos inmediatos y extraer los restos del diafragma.

No realizar el relleno del mortero o mezcla de arena - cemento, hasta que se hayan concluido todos los soportes. Los componentes del mortero arena/ cemento son de 1:3 (preferiblemente con un aditivo plastificante que garantice

la fluidez de la mezcla (Bravo Ochoa, Morales Rodríguez, & Arias Zambrano, 2016).

Figura 74.

Anclaje estructural de hormigón con columnas de caña.



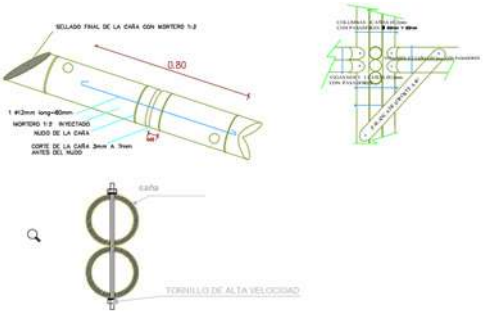
Las uniones: se utilizan generalmente cuando las solicitudes sobre una conexión son relativamente grandes, requiriendo por lo tanto el uso de pernos, acompañados de pletinas de acero, esto antes de empernar se debe de rellenar los canutos con mortero

Los pernos y pletinas usados para las conexiones (Figura 75) empernadas deben ser de acero estructural con refuerzo de fluencia no menor a 240 MPa; el diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas será de 5 mm (3/16")

Además, el primer conector se debe ubicar a una distancia aproximada de 50 mm

Figura 75.

Uniones de las cañas en vigas y columnas.



Estructura de caña: Cuando se construyen vigas (Figura 76) con dos o más culmos de G*a*K, se debe garantizar su estabilidad por medio de conectores transversales, que garanticen el trabajo en conjunto.

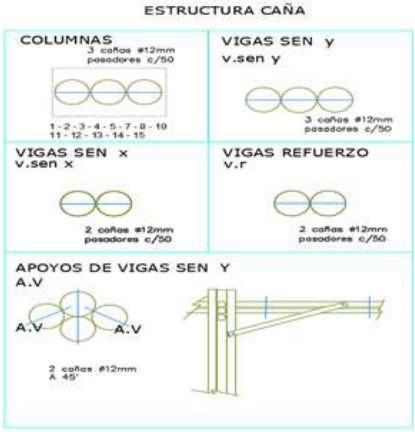
El espaciamiento de dichos conectores debe estar justificado en el diseño estructural.

Todos los canutos por los que atraviese un conector en vigas de sección compuesta deben estar rellenos de mortero de cemento, como se muestra en la figura siguiente

De acuerdo con las propiedades geométricas y mecánicas de la caña guadua según establecidos las normas NEC-SE GUADUA y NSR-10 y E-100 se pudo recopilar información necesaria el diseño de la residencia

Figura 76.

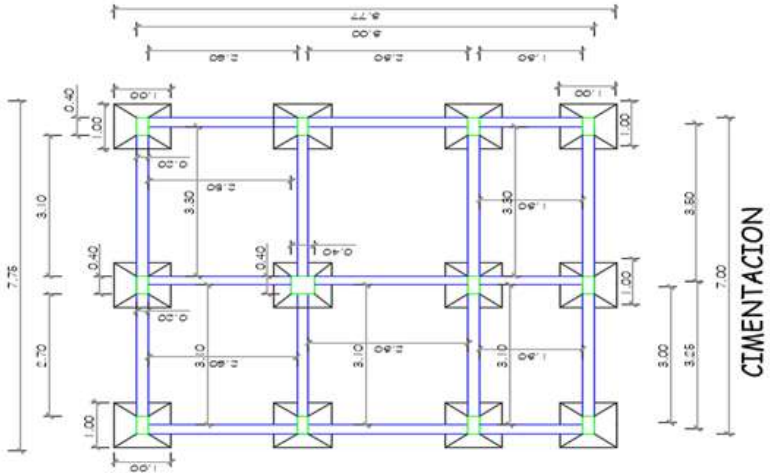
Detalles de la estructura de caña.



Planos de cimentación: La cimentación realizada (Figura 77) en este proyecto es una cimentación tradicional tipo MIDUVI la cual tiene un encadenamiento, muro ciclope y esta fundida con plintos de 1 x 1 y un contrapiso de igual magnitud.

Figura 77.

Planos de cimentación.



Piso de madera: para el diseño del piso (Figura 78) se usará la madera por su ética, también como elementos estructurales o arquitectónicos usando así la madera Machimbrada ya que está diseñada para ser encajada una a otra, facilitando la instalación y brindando una superficie rustica y continua.

Figura 78.

Piso de madera y vigas de cañas de madera y viga.

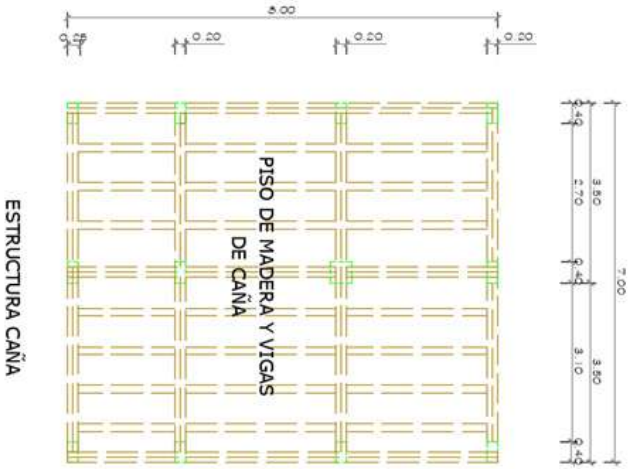


Figura 79.

Planta Baja.

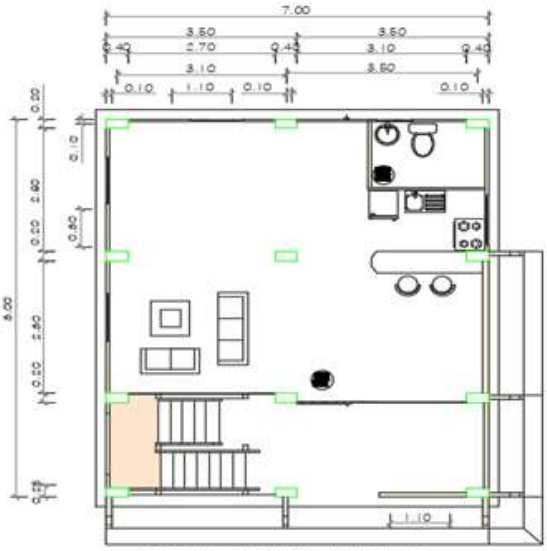


Figura 80.

Planta alta.

- **Diseño Final:** edificación de dos plantas (Figura 79 y Figura 80) con materiales alternativos ubicado en la comuna Joa del Cantón Jipijapa de la provincia de Manabí. Cuenta con un área de construcción 62.16 m2 compuesta de una cimentación tradicional de hormigón y hierro, la planta baja las columnas está determinada a base 4 cañas las cuales fueron determinadas, vigas también son de caña unida con pasadores a las columnas, las paredes del exterior son de bloques a base de plástico y en interior son paredes de caña picada, cuenta con dos cuartos y esposo unificado sala cocina y un baño, contaos con escalera de madera para acceder al segundo piso. La fachada (Figura 81) está diseñado con caña picada y la parte de la escalera y balcón se usó madera

Figura 81.

Fachada.

Conclusiones

Considerando que el material principal de este proyecto es la caña guadua la misma que solo se puede usar a partir de 3-5 años de maduración y su corte se lo debe realizar a dos nudos desde la raíz en época de menguante para su respectivo uso o proceso constructivos.

Con los datos obtenidos del ensayo del laboratorio de la caña guadua referidos de otras fuentes presentan que el contenido de humedad 16.07%. la cual demuestra que esta materia debe tener un proceso de conservación para poder utilizarlos y mantenerlos durante y después de la construcción

El esfuerzo a compresión paralela al eje longitudinal presento un valor promedio de 127.52 Kg/Cm^2 con una muestra húmeda. Con un factor de reducción de reducción de resistencia de 1.

Referencias Bibliográficas

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). Estructuras de Guadúa. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

E-struc. (2018). Función estructural de las placas de anclaje. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Herrera, C. (2008). Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú. Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Quito, Ecuador.

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). Gestión Digital. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Matute, M. (2016). Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala. Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

MIDUVI. (2022). Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal. Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK). Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MINUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

NEC - SE - CG, E. D. (2014). NEC Norma Ecuatoriana De La Construcción. Dirección De Comunicación Social, MIDUVI.

NEC-SE-DS, N. E.-N. (2014). Cargas sísmicas diseño sismo resistente.

Norma NTE INEN 152. (2010). NTE INEN 152:2010; Cemento portland. Requisitos. Quito.

NTE INEN 872, I. E. (2011). NTE Inenl 872:2011: Áridos para hormigón. Quito-Ecuador.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 23

Evaluación de innovaciones en técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas en viviendas en la comuna Sancán, cantón Jipijapa.

AUTORES: Angie Zambrano Zambrano; David Guanin Zamora; Juana Padilla Gutiérrez; Glider Parrales Cantos

SABER**EC 5.0**

Evaluación de innovaciones en técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas en viviendas en la comuna Sancán, cantón Jipijapa.

Evaluation of innovations in anchoring and connection techniques for metal structures in housing in the Sancán community, Jipijapa canton.

Resumen

Este artículo presenta un análisis enfocándose en la evaluación de prácticas actuales y la identificación de mejoras tecnológicas. El análisis se realiza específicamente haciendo un respectivo seguimiento de obra en tiempo real, el mismo se llevó a cabo por estudiantes de noveno semestre de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Estatal del sur de Manabí. Con el objetivo de poner en práctica los conocimientos teóricos obtenidos en clase en situaciones reales y así mismo identificar falencias presentadas en la ejecución de obra la metodología aplicada se basa en una revisión de la literatura, analizando estudios previos y normativas aplicables, complementada con un análisis de datos obtenidos a través de encuestas estructuradas y su procesamiento mediante el software SPSS. La revisión abarca aspectos fundamentales del diseño y la instalación de componentes metálicos, incluyendo la selección de diámetros y espesores adecuados para tubos estructurales, así como la incorporación de refuerzos internos y jaulas de acero. Los datos recolectados mediante encuestas, basadas en la escala de Likert y analizadas con SPSS, revelaron una relación significativa entre la aplicación correcta de técnicas de anclaje y conexión y la confianza en la estabilidad y durabilidad de las estructuras. La investigación proporciona una base sólida para futuras mejoras en las prácticas constructivas, promoviendo la seguridad y eficiencia en la industria de la construcción. Los resultados también demuestran cómo los estudiantes pueden mejorar su comprensión y prepararse para enfrentar desafíos en el campo de la construcción al involucrarse en el proceso educativo y de investigación.

Palabras claves: Estructuras metálicas, normativas técnicas, seguimiento de obra, formación continua, análisis de datos.

Abstract

This article presents an analysis focusing on the evaluation of current practices and the identification of technological improvements. The analysis was specifically conducted through real-time construction monitoring carried out by ninth-semester civil engineering students from the Universidad Estatal del Sur de Manabí. The objective was to apply theoretical knowledge in real-world si-

tuations and identify shortcomings in construction execution. The methodology employed is based on a literature review, analyzing previous studies and applicable standards, complemented by data analysis obtained through structured surveys and processed using SPSS software. The review covers fundamental aspects of the design and installation of metallic components, including the selection of appropriate diameters and thicknesses for structural tubes, as well as the incorporation of internal reinforcements and steel cages. Data collected through Likert-scale surveys and analyzed with SPSS revealed a significant relationship between the correct application of anchoring and connection techniques and confidence in the stability and durability of structures. The research provides a solid foundation for future improvements in construction practices, promoting safety and efficiency in the construction industry. The results also demonstrate how students can enhance their understanding and prepare to face challenges in the construction field by engaging in the educational and research process.

Keywords: Metal structures, technical standards, project monitoring, continuous education, data analysis.

Introducción

En el ámbito de la ingeniería civil, las técnicas de anclaje y conexión son fundamentales para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras metálicas, especialmente en viviendas de hasta dos pisos, el defecto en la conexión es el tipo más frecuente de fallo en una estructura de acero. Generalmente, la conexión es el primer componente en fallar cuando la carga aplicada supera lo anticipado (Guerrero Garay y Delgado Pinzón, 2022). Por eso, la correcta implementación de estas técnicas no solo asegura la integridad estructural, también influye en la durabilidad y resistencia de las edificaciones frente a diversos factores ambientales y cargas. La asignatura de "Construcciones Civiles" en la Universidad Estatal del Sur de Manabí ha abordado estas cuestiones mediante un enfoque práctico, realizando un seguimiento de obra en la comuna de Sancán, cantón Jipijapa. Este seguimiento permite a los estudiantes poner en práctica los conocimientos teóricos obtenidos en clase en situaciones reales que demandan la colaboración entre diversos roles y perfiles (Blanco et al., 2018), así como identificar tanto deficiencias como aciertos en la ejecución de la obra.

El objetivo del presente artículo es conectar la teoría con la práctica, brindando a los estudiantes una comprensión más profunda de las implicaciones prácticas de las técnicas de conexión y anclaje. A través de una encuesta

basada en la escala de Likert, aplicada a los estudiantes de la asignatura, se evaluó la percepción y comprensión de la importancia de estas prácticas en campo. El análisis de los datos recopilados se realizó utilizando el software SPSS, lo que permitió una interpretación detallada y cuantitativa de las respuestas (Johnson, P. y Brown, T., 2022).

Investigaciones como "Manual de Diseño de Anclajes al Concreto Según ACI318-19" (Tirado, 2021), han destacado la relevancia de una buena ejecución en técnicas de anclaje y conexión son un método de construcción eficaz para transferir cargas entre distintos tipos de estructuras, facilitan la combinación de elementos estructurales y aseguran un comportamiento adecuado frente a las diversas solicitaciones a las que están expuestos.

En el entorno específico de viviendas, estas técnicas cobran una especial importancia debido a la naturaleza de las cargas y las características estructurales particulares de este tipo de edificaciones. Por ello, es importante implementar un sistema estructural adecuado que pueda soportar las solicitaciones laterales, manteniendo un equilibrio apropiado entre resistencia, ductilidad y rigidez. (Sanchez K. V., 2017). Este estudio busca contribuir a la literatura existente, ofreciendo una visión práctica y basada en la experiencia directa de los estudiantes, con el objetivo de mejorar la formación académica y profesional en este campo.

Materiales y métodos

El estudio se basó en tres etapas.

Etapa 1. Escenario de estudio previo. El mismo se centró en el seguimiento de obra de una vivienda de dos pisos de estructura mixta ubicada en la comuna de Sancán, cantón Jipijapa, el seguimiento de la misma servirá como base para el análisis de innovaciones en técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas en viviendas de hasta dos pisos. Este análisis fue realizado por estudiantes de la asignatura de 'Construcciones Civiles' como parte de sus prácticas de aplicación. Basado en el seguimiento de obra se hizo énfasis en la inadecuada instalación de placas bases, columnas y vigas metálicas, dado esto los aspectos relevantes se detallan de la siguiente manera:

Etapa 2. Valoración a los estudiantes. Para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre la importancia de las prácticas en campo, específicamente en técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas en viviendas de hasta dos pisos, se diseñó una encuesta utilizando la escala de Likert. Esta escala permite medir la apreciación de los encuestados hacia diversas afirmaciones relacionadas con el tema de estudio. La encuesta se realizó a 30 estudiantes del noveno semestre de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Estatal del Sur

de Manabí, quienes han participado activamente en las prácticas de la asignatura "Construcciones Civiles."

La encuesta constó de diez preguntas, cada una de las cuales solicitaba a los estudiantes calificar su acuerdo o desacuerdo en una escala de cinco puntos, donde 1 representaba "totalmente en desacuerdo" y 5 "totalmente de acuerdo." Las preguntas se centraron en aspectos clave como la comprensión de las técnicas de anclaje y conexión, la importancia de las prácticas en campo, y la creencia de que estas estrategias de enseñanza son efectivas para el aprendizaje y desarrollo profesional.

Etapa 3. Procesamiento de datos e información. Los datos recopilados se analizaron utilizando el software SPSS, una herramienta practica y eficiente para el análisis estadístico. Se calcularon medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación estándar) para cada pregunta, lo que permitió obtener una visión detallada de las percepciones de los estudiantes. La media de las respuestas proporcionó una indicación de la tendencia general de las opiniones, mientras que la mediana ayudó a entender la respuesta central más representativa. La desviación estándar, por su parte, ofreció información sobre la variabilidad de las respuestas, lo cual es crucial para determinar la cantidad de discrepancia o consenso en las opiniones.

Resultados y discusión

Instalación de placas base

Debido a que permiten la transmisión de esfuerzos desde la superestructura hacia el sistema de fundaciones o la transmisión de cargas en sistemas mixtos, una estructura metálica requiere elementos complementarios que son de igual importancia que los elementos principales porque hacen que el diseño sea más práctico y rápido a la hora del montaje. Las vigas metálicas se unen a las columnas de hormigón en sistemas estructurales mixtos y entre la cimentación y las columnas de hormigón mediante pernos de anclaje y placas de soporte (Suquillo-Ronquillo et al., 2022).

En el seguimiento de obra se observan problemas en la correcta transferencia de cargas debido a la incorrecta instalación de placas base. Es esencial que las placas base reciban y distribuyan las cargas de las columnas de manera uniforme para evitar el sobreesfuerzo y la fractura del concreto. Además, se menciona la importancia de una plantilla de mortero entre la placa base y la cimentación, la cual debe tener una resistencia al menos el doble que la del concreto de la cimentación. En la Figura 82 se muestra la ineficiente ejecución de la instalación de placas base.

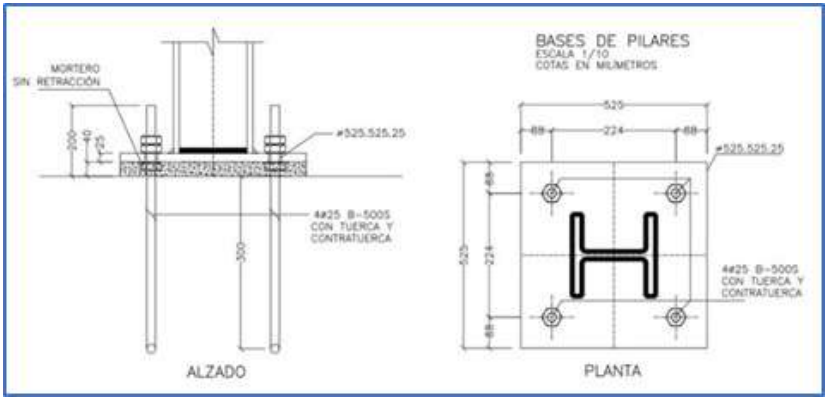
Figura 82.

Errónea instalación de placas base en cimentación.

Se puede observar en la Figura 82 como la placa sufre un pandeo, el mismo es provocado por componentes importantes como el espesor insuficiente de la placa, material de baja resistencia, deficiencias en la conexión y fijación de las mismas. Una correcta instalación de las mismas se identifica en la siguiente figura:

Figura 83.

Correcta instalación de placas base en cimentación (e-struc, 2018).



Es importante hacer énfasis en que se debe realizar un cálculo previo de diseño antes de la ejecución y instalaciones de las mismas. El cálculo de la

placa y los tornillos debe ser tal que garantice la compatibilidad y resistencia de las piezas para estructuras en compresión o tracción. En estructuras que están expuestas a cargas de viento o voladizos, es crucial examinar las tracciones potenciales. La ejecución de las placas de anclaje debe ser extremadamente rigurosa. Una vez que se ha fraguado el hormigón, la pieza se coloca de manera solidaria al mismo. Una corrección complicada en la obra resulta de un error en la geometría (e-struc, 2018).

Instalación de vigas y columnas metálicas

Las columnas metálicas en el seguimiento de obra se identificaron como componentes críticos para la transferencia de cargas verticales. Un informe realizado señala problemas relacionados con el uso de tubos metálicos que no cumplen con las especificaciones normativas de calidad y resistencia. Además, se destaca la importancia de la alineación y fijación correcta de las columnas para asegurar una distribución uniforme de las cargas y evitar comprometer la estabilidad estructural.

Por otra parte, también se observan deficiencias en el armado de las vigas, incluyendo errores en las uniones y conexiones, así como el uso de materiales que no cumplen con las especificaciones normativas, lo cual podría reducir la capacidad de carga. Además, la falta de recubrimientos anticorrosivos en vigas expuestas a la intemperie puede disminuir su durabilidad.

En las siguientes figuras se puede observar la instalación y anclaje de estos elementos, también se identifican puntos críticos que pueden ser riesgosos en la vivienda a lo largo del tiempo.

Figura 84.

Instalación de tubos metálicos en obra.

Figura 85.

Agregado de concreto en los tubos metálicos.

El informe de seguimiento señala que las especificaciones técnicas para el vertimiento de concreto no se están cumpliendo. A pesar de ello, se indica la necesidad de diseñar adecuadamente los tubos metálicos utilizados como columnas estructurales para soportar las cargas previstas. Se recomienda el

uso de refuerzos internos o jaulas de acero dentro de estos tubos para mejorar la capacidad de carga y resistencia a las fuerzas de flexión y compresión.

Estos refuerzos, que deben ser diseñados por ingenieros especializados según las normativas locales, controlan grietas y deformaciones, y mejoran la ductilidad del sistema. Las estructuras de acero están expuestas a una variedad de cargas, una de las que más puede afectar su funcionamiento normal a lo largo de su vida útil es el terremoto, que tiene varios niveles según su ubicación. Por lo tanto, es importante establecer un sistema estructural adecuado para soportar solicitaciones laterales mientras se mantiene un equilibrio adecuado entre resistencia, ductilidad y rigidez.

En Ecuador, el uso de secciones compuestas (columnas de sección tubular rellenas de concreto y vigas que trabajen en conjunto con la losa mediante conectores de cortante) ha aumentado. Al combinar estos dos materiales y lograr que trabajen monolíticamente, tanto las columnas como las vigas alcanzan propiedades superiores a las que tendrían si trabajaran independientemente (Cevallos Sánchez y Palacios, 2017).

En la obra también se observan deficiencias en el armado de las vigas, incluyendo errores en las uniones y conexiones, así como el uso de materiales que no cumplen con las especificaciones normativas, lo cual podría reducir la capacidad de carga. En las Figura 86 y Figura 87 se identifican estas falencias

Figura 86.

Espacios entre una errónea unión de viga columna.

Figura 87.

Instalación de rieles que no cumplen con las separaciones especificadas por la norma.

Las cargas de servicio y el uso específico de las estructuras, incluidas las cargas permanentes y variables como el peso propio, los revestimientos, el viento y los sismos, determinan la separación de perfiles en estructuras Novalosa. Las normas ASTM pertinentes, como ASTM E580/E580M para sistemas de suspensión de techos y ASTM A1003/A1003M para productos de acero formados en frío, deben cumplirse. La separación de perfiles típica oscila entre 400 mm y 600 mm, dependiendo de la carga y el tipo de material utilizado en techos y sistemas de piso (American Society for Testing and Materials, 2011).

El seguimiento de obra reveló varias deficiencias y áreas de mejora, se identificaron problemas en el uso de materiales, como acero de baja calidad y soldaduras deficientes, que no cumplían con los estándares de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Además, se observaron fallos en la planificación y ejecución, como la falta de alineación en columnas y vigas, y la instalación incorrecta de anclajes y conexiones. Para corregir estas deficiencias, se recomienda seguir normas de construcción como las establecidas por el AISC y la ASTM, además de las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC). Es fundamental asegurar el uso de materiales que cumplan con estas normas y realizar una instalación precisa y alineada de los elementos estructurales.

Los resultados obtenidos en la obra fueron presentados y fundamentados a través de una exposición en la asignatura "Construcciones Civiles," en la cual participaron tanto los estudiantes como el docente responsable de la materia. Se identificó la importancia de una adecuada planificación de obra, y se destacó el papel fundamental que desempeñan los materiales de alta calidad en la ejecución de estructuras metálicas. Además, se llevó a cabo una encuesta para evaluar la percepción y comprensión de la relevancia de estas prácticas en el campo.

Análisis de las encuestas

La Tabla 92 proporciona una visión cuantitativa del entendimiento de los estudiantes sobre diversos aspectos relacionados con las técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas. Con una muestra de 30 estudiantes, se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para cada una de las diez preguntas de la encuesta.

Tabla 92.

Estadística Relacionada a la Encuesta.

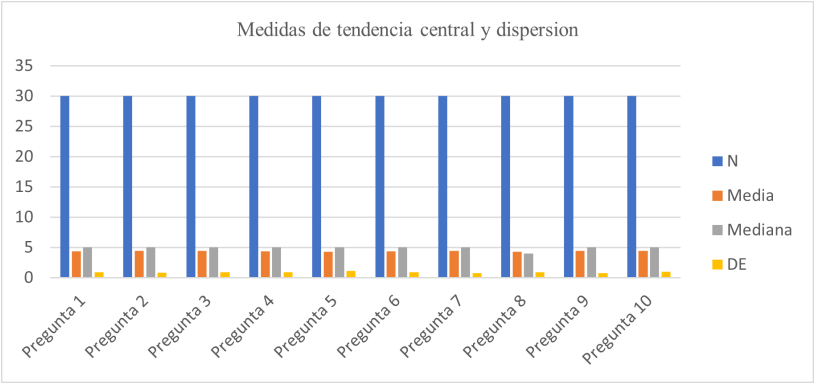
	N	Media	Mediana	Desviación Est.
Pregunta 1	30	4,37	5	0,89
Pregunta 2	30	4,40	5	0,86
Pregunta 3	30	4,43	5	0,94
Pregunta 4	30	4,37	5	0,89
Pregunta 5	30	4,30	5	1,09
Pregunta 6	30	4,33	5	0,92
Pregunta 7	30	4,40	5	0,77
Pregunta 8	30	4,27	4	0,91
Pregunta 9	30	4,43	5	0,73
Pregunta 10	30	4,40	5	1,00

Las medias varían ligeramente entre 4.26 y 4.43, lo que indica una tendencia general positiva hacia las afirmaciones presentadas. Esto sugiere que los estudiantes, en promedio, tienen una percepción favorable sobre la importancia y eficacia de las prácticas en campo relacionadas con estas técnicas. Las medianas para la mayoría de las preguntas son de 5, excepto para la pregunta 8, que tiene una mediana de 4. Esto indica que, aunque la mayoría de los estudiantes están de acuerdo con las afirmaciones, la percepción de algunos aspectos varía ligeramente. particularmente en la pregunta 8. Las des-

viaciones estándar, que oscilan entre 0.73 y 1.09, revelan la consistencia de las respuestas. Las desviaciones más bajas indican un mayor acuerdo entre los estudiantes, mientras que las desviaciones más altas indican una mayor dispersión en las respuestas. La pregunta 5 presenta la desviación estándar más alta (1.09), lo que puede señalar una diferencia significativa en las opiniones o experiencias de los estudiantes respecto a esa afirmación específica.

Figura 88.

Gráfica Relacionada a la Percepción de la Encuesta.



La Figura 88 representa gráficamente la distribución de las respuestas de los estudiantes. Los gráficos permiten visualizar rápidamente la tendencia central y la dispersión de los datos. La representación gráfica confirma las observaciones cuantitativas de la Tabla 92. Estadística Relacionada a la Encuesta, mostrando una concentración de respuestas en los niveles más altos de la escala de Likert, lo que refuerza la percepción positiva general de los estudiantes sobre la importancia de las prácticas de campo y la enseñanza de técnicas de anclaje y conexión.

En conjunto, estos resultados destacan un aprendizaje positivo y una buena aceptación de las prácticas y técnicas enseñadas, aunque también señalan áreas donde las percepciones pueden variar, lo que podría ser objeto de mayor estudio o intervención en el futuro. Este análisis subraya la relevancia de integrar prácticas de campo en la formación académica, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos en un entorno práctico y real.

Conclusiones

Las técnicas de anclaje y conexión para estructuras metálicas, especialmente en viviendas de hasta dos pisos, son importantes para garantizar la estabilidad y seguridad estructural. El estudio evidenció que errores comunes como la instalación incorrecta de placas base, la alineación deficiente de vigas y columnas, y el uso de materiales inadecuados afectan significativamente la capacidad de carga y la durabilidad de las estructuras.

Durante el seguimiento de obra, se identificaron fallas en la instalación de placas base y en el uso de vigas y columnas metálicas. Estas fallas incluyen la incorrecta transferencia de cargas, pandeo de placas, utilización de materiales que no cumplen con las especificaciones normativas, y la falta de recubrimientos anticorrosivos. Estas deficiencias resaltan la necesidad de una planificación técnica y de seguir los estándares de construcción locales e internacionales, como las normas de la NEC, AISC y ASTM.

La encuesta realizada a los estudiantes del noveno semestre de Ingeniería Civil mostró que, en general, tienen una percepción positiva sobre la importancia y eficacia de las prácticas en campo. Sin embargo, algunas áreas como la comprensión detallada de ciertos aspectos técnicos aún presentan variaciones significativas en las respuestas, sugiriendo la necesidad de enfoques pedagógicos más específicos en la enseñanza de estas técnicas.

El estudio se centró en un caso específico de una vivienda de dos pisos en la comuna de Sancán, lo que puede limitar la generalización de los resultados a otros contextos o tipos de estructuras. Además, la muestra de estudiantes encuestados, aunque representativa de un grupo específico, podría no reflejar completamente las opiniones y el nivel de conocimiento de otros estudiantes o profesionales del área.

Se recomienda realizar estudios adicionales con una mayor diversidad de casos y tipos de estructuras para evaluar la efectividad de diferentes técnicas de anclaje y conexión. Además, se sugiere investigar el impacto del uso de materiales innovadores y sostenibles en la mejora de la seguridad y durabilidad de las estructuras metálicas. Se pueden considerar experimentos a escala real que simulen diferentes condiciones de carga y ambientales para validar los resultados obtenidos en este estudio.

Para fortalecer la formación de los estudiantes y mejorar la calidad de las construcciones, se sugiere investigar más a fondo la implementación de nuevas tecnologías de monitoreo de calidad en tiempo real y la aplicación de técnicas de construcción modular. Estas líneas de investigación pueden in-

cluir estudios sobre la optimización de los procesos de instalación y unión de elementos metálicos bajo diversas condiciones de carga, incluyendo eventos sísmicos.

Referencias Bibliográficas

ACI 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA: ACI.

ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Preparado por el Comité ACI 318.

American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint.* ASTM.

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN",* 7(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Angulo Tenorio, I. W. (2023). *Diseño de un parque recreativo para el sector de Casa Bonita del cantón Esmeraldas*. Obtenido de Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte: http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6167

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). *¿Cómo funciona un biodigestor?* Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Arivabene, A. C. (2015). *Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:.* Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

Asana. (28 de marzo de 2024). *Asana.* Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

Asana. (28 de 03 de 2024). *Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos*. Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras.* Quito: Protecvía CIA.

ASTM C 805/805M-13A. (2013). *Ensayo de esclerometro.* American Society for

Testing and Materials.

Banco Mundial. (2019). ***Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador.*** Banco Mundial.

Bastidas Caceres, J. A. (2021). La Recreación activa en el desarrollo socio afectivo de los niños del subnivel II, en la Escuela de Educación Básica General Juan Lavalle. ***Universidad Nacional de Chimborazo***, 55-68.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. ***Sustainability, 11***(1), 209.

Blanco, D., Ramírez, J., & Castellanos, J. (2018). ***EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES.*** Bucaramanga: EIEI ACOFI. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/359/357

Borsellino, L., Zufiaurre, E., & Bilenca, D. N. (2022). La investigación científica y la conservación de la biodiversidad en parques nacionales de la Argentina. ***Asociación Argentina de Ecología, 5***, 493-501.

Bravo Castro, P. I. (12 de Julio de 2021). ***Universidad de Chile.*** Obtenido de Estudio hidraulico de aguas subterraneas de la zona de Monturaqui, Salar de Atacama, Chile.

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). ***ESTRUCTURAS DE GUADÚA.*** ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

Broto, C. (2005). ***Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.*** Links.

Cabrera, M. I. (2015). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos. 16.

Campo, F. (2022). Tecnica de la investigacion. ***RAI. Revista Academica Institucional***, 1. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. ***RAI. Revista Académica Institucional, 3***(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Cañarte, G. (2016). ***Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación).*** Universidad de Guayaquil. Ob-

tenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Cárdenas Grisales, J. (2013). ***Diseño geométrico de carreteras.*** Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?sr-sltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-l4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ym-JUWl

Cárdenas Mateus, J. A. (2019). Parque lineal Álamos: Proyecto urbano de espacio. ***Universidad La Gran Colombia***(5), 66-78.

Cárdenas, N. (15 de Noviembre de 2019). ***¿Cuál es la importancia de realizar un ‹estudio de suelo› para construir?*** Obtenido de UTPL Blog: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Cárdenas, N. (13 de 11 de 2019). ***¿Por qué incursionar en la creación de viviendas de interés social?*** Obtenido de noticias.utpl.edu.ec: https://noticias.utpl.edu.ec/por-que-incursionar-en-la-creacion-de-viviendas-de-interes-social

Carhuapoma Ugarte, P. A. (24 de Abril de 2023). ***Diseño del parque recreativo y la mejora de la calidad de vida del centro poblado Bustamante Reyes, Barranca, 2021***. Obtenido de Repositorio UNJFSC: http://hdl.handle.net/20.500.14067/7524

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. ***Universidad Industrial de Santander, Colombia.*** Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=-fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Cerón, L. M. (2021). ***Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico.*** Universidad de Chile.

Cevallos Sánchez, K., & Palacios, J. (2017). ***Diseño de una edificación de dos pisos con estructura metálica, utilizando vigas y columnas compuestas (acero – concreto) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].*** Repositorio digital. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

CHIGNE, A. D. (25 de marzo de 2023). ***Linked In***. Obtenido de La evolu-

ción de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad: https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Chiquito Blanca, D. G. (19 de 10 de 2022). ***Nuestra Riqueza*** . Obtenido de Nuestra Riqueza : https://www.nuestrasriquezas.com/2022/10/19/fiesta-en-la-comuna-joa-de-jipijapa/

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4° edición ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Cordova, J. (2023). ***simulacion estructural .*** Jipijapa : Todotut Constr.

Correa Abendaño, C. E., & Sempértegui Flores, D. D. (2022). ***Estratégias de Diseño Interior de Viviendas de interés Público.*** Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de dspace.uazuay.edu.ec: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12009/1/17537.pdf

Cuesta Santos, A., Delgado Fernández, M., Fleita Triana, S., & Linares Borell, M. (2023). Optimización del capital humano por innovación en procesos de gestión humana y del conocimiento. ***Scielo, 113***(1).

De La Cruz Vega, S., Pezo Morales, P., Noel, C. E., & Mendoza Flores, C. (marzo de 2022). Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada. ***Universidad, ciencia y tecnología, 26***(112), 84-94. doi:https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Delaflor, M. (2018). ***Material Alternativos; la construcción de un nuevo paradigma***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Sitio web Real Estate: http://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11360-material-alternativos-la-construccion-de-un-nuevo-paradigma

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. ***DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura***(2), 75-93. Recuperado el 04 de abril de 2022, de https://revistas.uazuay.edu.

ec/index.php/daya/article/view/32/28

Diaz, W. Á. (2015). Definición de la mecanica de suelos. ***Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de calculo - Tesis***, 18. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0lyqPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Dr. Mera Martinez, I. (2024). ***Análisis de agua y microbiologia de alimentos.*** Portoviejo.

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Edge. (2019). ***Software Edge.*** Obtenido de https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf

Esterlin, J. G., & Herreño, M. A. (2011). ***Metodología para el cálculo de reología e hidráulica para pozos estratigráficos profundos, usando una herramienta software (compras y well plan).*** Bucaramanga.

e-struc. (2018). ***Función estructural de las placas de anclaje***. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. ***Química viva, 11***(3), 147-170. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, J. (2021). Efectos de la recreación activa sobre la motivación intrínseca, las relaciones socio afectivas y el disfrute en niños de 9 a 12 años. . ***Repositorio Institucional Universidad de Cuenca***(23), 45-67.

Fernandez, N. V. (2020). ***Certificación de plantaciones y cadena de custodia de bambú gigante (Dendrocalamus asper) y caña guadúa (Guadua angustifolia Kunth), bajo los criterios del Forest Stewardship Council (FSC).*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10370/2/03%20FOR%20300%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Fernández, S. D. (2018). ***Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua.*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8415/1/14135.pdf

Figueroa, A., & Ávila, J. (2022). Espacios recreativos en el cantón Portoviejo. ***Revista Educare, 6***(22), 279-303.

Flores Xolocotzi, R., & Ceballos Pérez, S. G. (2022). Un estudio sobre usos recreativos en el Parque México ubicado en la Ciudad de México. ***Revistas Electrónicas, 9***(9), 23-40.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

Fuentes Delgadillo, V. H. (2021). Espacios recreativos infantiles y el desarrollo social espacial de los niños en el distrito de Ventanilla, Callao. . ***Repositorio de la Universidad César Vallejo***(9), 1-34.

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gallardo Valle, M. E., & Villamar Mera, S. J. (2022). ***Análisis de los espacios públicos recreativos en la ciudadela el Progreso en la ciudad de Portoviejo***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo : http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2646

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad

de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2015). ***Plan de ordenamiento territorial del GAD municipal de Quinindé.*** Esmeraldas.

Gonzales, D. M. (2021). ***Ingeniería sismorresistente aplicado a viviendas de albañilería estructural.*** Quito, Ecuador: Centro de Altos Estudios y Desarrollo Profesional.

Gonzáles, J. E., León , B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. ***Revista Ciencia y construcción, 4***(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Google Earth. (2024). Obtenido de Ubicación del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas.

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja "El Guayabal". ***Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32***(3), e05.

GUADUA NEC-SE, E. (s.f.). TODOTUT COSNTR. - ING BYRON LINO.

Guerrero Garay, E. L., & Delgado Pinzón, J. D. (2022). ***RESUMEN DE FALLAS EN CONEXIONES DE.*** San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7341

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2019). ***Metodología de la Investigación.*** Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. (2014). ***Metodología de la investigación (Sexta)*** (Vol. Sexta). McGrawHill.

Herrera, C. (2008). ***Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú.*** Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.

ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrero, J. (2008). ***Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.*** Jaime Marti Herrero.

Hurtado Olivera, E. R. (16 de Noviembre de 2021). ***Estrategia de gestión urbana en los parques que optimicen la convivencia y seguridad ciudadana.*** Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia: http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11195

Instituto del Agua . (2024). ***Recursos Hídricos del Ecuador: Un Tesoro de Agua en el Corazón de América Latina.***

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). ***NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.*** Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). ***NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad.*** Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INVE. (22 de 06 de 2006). ***Sección 200 - Agregados Pétreos.*** Obtenido de https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf

Johnson, P., & Brown, T. (2022). ***Statistical methods for engineering applications.*** Tech Publishers.

Juliao Vargas, C., Sánchez Roa, I. J., & Reina Monrroy, J. L. (2023). Los Parques: su uso como indicador de salud y calidad de vida. ***Retos***(48), 24-33.

Lino, J. (2020). ***Análisis dinámico de una residencia universitaria de dos plantas utilizando caña guadua como elemento estructural, ubicado en los predios de la Unesum.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2273/1/LINO%20QUIROZ%20JOSE%20RAMON.pdf

Lozada. (2014). ***Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*** (Universidad Tecnológica Indoamérica ed., Vol. 3). Quito, Pichincha, Ecuador: CIENCIAMÉRICA,. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). ***PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL.*** Pa-

raná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). ***GESTION DIGITAL***. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Massolo, L. (2015). ***Introducción a las herramientas de gestión ambiental.*** Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Matute, M. (2016). ***Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala.*** Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

Menéndez, W. (2021). ***Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa.*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*** (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

MIDUVI. (2022). ***Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal.*** Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). ***nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022.*** Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-HS-AU-Accesibilidad-Universal.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Madera.*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/

NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK).*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones. (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). ***NEVI-12. Vol. N° 3: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.*** Técnico, Quito, Ecuador.

Molina, C. A. (15 de febrero de 2024). ***Alternativa de diseño de vivienda de interés social para superar el déficit habitacional en el cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6101

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Napoleón Burbano, S. B. (2015). ***Introduccion a la hidrogeologia del Ecuador .*** Quito.

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2014). ***AGUA POTABLE. REQUISITOS.*** Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). ***Gestión de Residuos Sólidos Municipales***. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. ***Producción+ Limpia, 15***(2), 71-91.

Otero Ortega, A. (2018). ***Enfoques de investigación: Métodos para el Diseño Urbano Arquitectonico.*** Obtenido de . https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf

Palmer, E. (2023). ***Propuesta de criterios de sostenibilidad para el diseño de una vivienda multifamiliar en chachapoyas a nivel de certificación Edge.*** Chachapoyas. Obtenido de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3283/Palmer%20Cruz%2C%20Edinson%20Ronaldo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parrales, C., & Castro, J. L. (2020). Influencia de los espacios recreativos en el desarrollo territorial. ***Dominio de las Ciencias, 6***(2), 525-538.

RAS. (2000). ***Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Realia. (2023). ***Vivienda de interés social***. Obtenido de www.realia.es: https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social

Rivera, L. (2022). Los parques urbanos como indicadores de calidad de vida, símbolos de bienestar y espacios de uso recreativo. ***Redalyc.org, 16***(27), 215-237.

Rodrigo, C. C., & Gabriela, M. R. (2020). ***Desarrollo de herramienta computacional para el cálculo y sensibilidad de la hidraulica básica de un pozo petrolero.*** Mexico.

Rodrigues. (29 de julio de 2024). ***Hubspot.es.*** Obtenido de https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). ***iagua***. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas Velez, J. C. (2019). Propuesta de diseño de parque lineal para el oerfil costero del centro consolidado del cantón Jama-Manabí. ***Universidad Laica Elou Alfaro de Manabí, 2***(4), 83-90.

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Rotoplas. (2021). ***Biodigestor Rotoplas***. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Rueda Rodríguez, S. (2020). Importancia de los espacios y ambientes lúdicos y recreativos en los descansos de los estudiantes de Básica primaria. ***Los Libertadores, 9***, 55-72.

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Sanchez, K. V. (2017). ***DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO VIGAS Y COLUMNAS COMPUESTAS (ACERO – CONCRETO).*** Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. ***Creative Commons*** . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Soledispa, L. (2022). ***Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción en el sitio joa cantón jipijapa.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.

handle.net/20.500.12692/75536

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños viales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Sumba Buenaventura, V. A. (2020). ***Análisis de espacios públicos recreativos en el casco urbano del Cantón Chone***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1687

Suquillo-Ronquillo, B., Cabrera-Álvarez, E., Chacón-Sánchez, J., & Mayacela-Rojas, M. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. ***Investigación Y Desarrollo, 16***(1). doi:https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. ***Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3***(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). ***Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*** (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Tirado, M. N. (2021). ***Manual para el diseño de anclajes al concreto segun ACI318-19.*** Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Obtenido de https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1690

Tomeo, F., Sellanes, G., & Alonzo, A. (06 de 2008). ***Materiales Alternativos.*** Obtenido de construccion3.weebly.com: http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf

TULSMA. (2000). ***REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.*** Ecuador.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). ***Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.***

Universidad Mayor San Simón, F. d. (2008). ***Manual Completo Diseño de Pavimentos.*** Manual , Cochabamba.

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia

Kunth. *Revista Digital Novasinergia, 4*(1), 53-73. Recuperado el 04 de abril de 2022, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf

Velasquez Chigne, A. D. (2023 de 03 de 25). *La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad*. Obtenido de https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Vera, R. F. (2024). *Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.* Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Viera, P. (2017). *Proyectos de Viviendas con Materiales Alternativos*. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Construcciones UCE: https://construccionesuce.wordpress.com/2017/06/21/proyectos-de-viviendas-con-materiales-alternativos/

Villarreal, R. E. (2017). *La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el principio constitucional del buen vivir.* Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

Vivienda, M. d. (2017). *ESTRUCTURAS DE GUADUA GAK.* Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). doi:NEC-SE-GUADUA

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Unidad 3

Materiales de construcción para obras civiles y su impacto ambiental

Capítulo 24

Consideraciones técnicas y normativas de la guadua en la construcción de viviendas en el Ecuador

AUTORES: Daniel David Carvajal Rivadeneira; Josselyn Melissa Medina Velásquez; Diego Sornoza Parrales; Víctor Alejandro Lino Calle

SABER**EC 5.0**

Consideraciones técnicas y normativas de la guadua en la construcción de viviendas en el Ecuador

Technical and regulatory considerations of guadua in housing construction in Ecuador

Resumen

La construcción de viviendas en Ecuador utilizando materiales alternativos como la guadua ha ganado interés por sus beneficios ambientales y económicos. La problemática radica en la falta de adopción generalizada de estos materiales a pesar de sus ventajas. El objetivo de este estudio es analizar los aspectos técnicos y normativos de la guadua en la construcción de viviendas. El objeto de estudio incluye la guadua como un material alternativo en la construcción. La metodología se basa en una revisión exhaustiva de la literatura técnica y normativa, así como estudios de viabilidad. Los resultados muestran que tanto la caña guadua cumplen con los requisitos de resistencia y durabilidad, promoviendo prácticas constructivas más sostenibles y resilientes. Se concluye que la utilización de estos materiales optimiza el uso de recursos locales y mejora la seguridad estructural de las viviendas, siendo una opción viable y beneficiosa para la construcción en zonas sísmicas y no sísmicas de Ecuador.

Palabras Clave: Materiales alternativos; aspectos técnicos; normativos; resistencia; durabilidad.

Abstract

The construction of houses in Ecuador using alternative materials such as guadua has gained interest due to its environmental and economic benefits. The problem lies in the lack of widespread adoption of these materials despite their advantages. The objective of this study is to analyze the technical and regulatory aspects of guadua in the construction of houses. The object of study includes guadua as an alternative material in construction. The methodology is based on an exhaustive review of the technical and regulatory literature, as well as feasibility studies. The results show that both guadua cane meet the requirements of resistance and durability, promoting more sustainable and resilient construction practices. It is concluded that the use of these materials optimizes the use of local resources and improves the structural safety of houses, being a viable and beneficial option for construction in seismic and non-seismic areas of Ecuador.

Keywords: Alternative materials; technical aspects; regulatory; resistance; durability.

Introducción

La innovación de la construcción ha estado marcada por una constante búsqueda de innovación, impulsada por la necesidad de materiales alternativos y sostenibles que cumplan con altos estándares de calidad, resistencia y durabilidad. Según Cachiguango (2023), desde tiempos prehispánicos, la caña guadúa se ha empleado eficazmente en la construcción de viviendas antisísmicas, demostrando su valor en la resistencia estructural. Hoy en día, la integración de técnicas avanzadas de arquitectura e ingeniería ha transformado estas prácticas tradicionales en modernas obras de arte estructural.

Este enfoque innovador ha permitido el desarrollo de edificaciones más confortables y eficientes, también ha elevado la calidad de vida en entornos tanto urbanos como rurales. La combinación de saberes antiguos y nuevas tecnologías refleja un compromiso con la sostenibilidad y el bienestar, marcando un avance significativo en el campo de la construcción. En Latinoamérica, la guadua (Guadua angustifolia Kunth) se está utilizando cada vez más como material de construcción sostenible y de bajo costo para viviendas de interés social (Morán, 2009).

Poveda et al. (2016), destacan que, en países como Ecuador, la guadua se distingue por su ligereza y resistencia, exhibiendo una relación resistencia/peso comparable al acero. Su alta capacidad para soportar compresión, tracción y flexión la convierte en una opción ideal para estructuras portantes. Además, la guadua es un recurso renovable que crece rápidamente y es biodegradable, lo que la hace una alternativa ecológica y eficiente para la construcción en la región.

De la manera similar, Cachiguango (2023) señala que la caña guadúa, dada su amplia biodiversidad, abunda en vastas áreas y posee excelentes características botánicas y físicas en términos de resistencia y dureza. Esta combinación de propiedades refuerza la viabilidad de la guadua como material de construcción en Ecuador, tanto por su desempeño estructural como por su sostenibilidad ambiental. La caña guadua como material alternativo, concibe diferentes características en cuanto a sus procedimientos y técnicas de entalladuras, amarres y consolidación de sistemas estructurales en cada uno de sus componentes tales como; vigas, columnas y cubiertas.

En contraste, la producción de los materiales principales empleados en la construcción en el territorio ecuatoriano, tales como acero, cemento y hormi-

gón, no se realiza de manera sostenible. Esta falta de sostenibilidad impulsa la búsqueda de nuevos materiales que minimicen el impacto ambiental. En este contexto, la guadua surge como una solución prometedora que podría reducir la huella ecológica de la construcción y contribuir a un enfoque más sustentable en el sector (Montesdeoca & Párraga, 2021)

La provincia de Manabí, comprende un valor arquitectónico y patrimonial, ya que en la zona rural las principales viviendas son elaboradas de caña guadua, su concepción funcional, bajo estudios y análisis fundamentales complementan técnicas constructivas asociadas a su ocupación y transformación (Lorenzo & Rivera, 2023). La innovación de los sistemas constructivos incide en los profesionales del área de la construcción tales como; arquitectos e ingenieros civiles, a ejecutar ensayos y configurar nuevos proyectos donde los resultados se conjuguen con las nuevas tecnologías modernas y se conviertan en materiales idóneos para implementar en proyectos civiles.

La utilización de guadua en la construcción de viviendas en Ecuador representa una alternativa sostenible y económica frente a los materiales convencionales. A pesar de sus beneficios ambientales y su alta resistencia estructural, la guadua no ha sido adoptada ampliamente debido a la falta de normativas específicas. Este estudio busca analizar los aspectos técnicos y regulatorios de la guadua, con el fin de promover su integración en la construcción y contribuir a prácticas más sostenibles y eficientes en el sector.

Ante esta situación se plantea el siguiente objetivo: Analizar los aspectos técnicos y normativos de la guadua en la construcción de viviendas en Ecuador. Esto incluye una evaluación exhaustiva de las propiedades estructurales de la guadua, así como un análisis crítico de la normativa actual y su adecuación para integrar este material de manera efectiva en los proyectos de construcción.

Además, se plantea la siguiente hipótesis: Si se adopta un material alternativo con características estructurales y ambientales favorables en la construcción de viviendas, entonces es posible lograr mejoras significativas en la resistencia estructural y en la sostenibilidad ambiental de las edificaciones, además de optimizar el uso de recursos locales y reducir el impacto ecológico del sector de la construcción.

La presente investigación se centró en la búsqueda bibliográfica relacionada con el estudio de las normativas y técnicas del uso de la caña guadua en la construcción de edificaciones y viviendas en Ecuador, es así que la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC, referenciada en función a la Norma

Técnica E – 100 de Perú y la Norma Sismorresistente NSR – 10 de Colombia dirigidas a normalizar el estudio, análisis de ensayos y diseño estructural de edificaciones empleando la caña guadua en diferentes construcciones.

Metodología

La investigación se llevó a cabo como un estudio bibliográfico, centrado en la revisión de bases indexadas y repositorios de publicaciones científicas relacionadas con la ingeniería civil y la arquitectura, tanto en contextos regionales como locales. La búsqueda de información se realizó en bases de datos como Google Académico, Scielo, Redalyc y repositorios de centros de educación superior (Zavala et al., 2024). El enfoque temporal de la revisión se limitó a documentos publicados en los cinco años anteriores a la investigación para asegurar la relevancia y actualidad de los datos.

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura relevante en estas fuentes, priorizando estudios recientes, revisiones académicas y documentos normativos que abordaron las propiedades técnicas y regulaciones relacionadas con los materiales alternativos en la construcción. Los criterios de inclusión se centraron en documentos que evaluaron la resistencia, durabilidad y sostenibilidad de los materiales, así como las normativas ecuatorianas y comparativas internacionales pertinentes.

A continuación, se llevó a cabo un análisis cualitativo de los datos recopilados, identificando tendencias, lagunas en la normativa actual y la aplicabilidad de los materiales alternativos en el contexto ecuatoriano. Los hallazgos clave se extrajeron y sintetizaron para ofrecer una visión integral de las ventajas y desafíos asociados con la integración de estos materiales.

La investigación de información sobre la caña guadua es esencial para optimizar su uso y mejorar la calidad de vida al identificar nuevos materiales potenciales para promover prácticas sostenibles, generando beneficios económicos y ambientales, tal como refiere (Carvajal Rivadeneira et al., 2023).

Finalmente, los resultados de la revisión bibliográfica se integraron para el desarrollo de las recomendaciones prácticas sobre la incorporación de materiales alternativos en la construcción, y se identificaron áreas para futuras investigaciones y ajustes normativos que faciliten su uso en proyectos de construcción en Ecuador.

De manera similar, se empleó el método deductivo, tal como lo describe Lino-Calle et al. (2024), que se basa en el análisis y comprensión de las normativas nacionales e internacionales vigentes. Este enfoque permite evaluar

las normativas existentes y, a partir de ese entendimiento, buscar soluciones alternativas que se ajusten a la temática de la investigación.

Resultados y discusión

La caña guadua dentro del territorio nacional ecuatoriano, se consolida como una especie adaptable a diversos tipos de suelos y entornos ideales para su crecimiento y reproducción, por ello en la siguiente tabla se detalla estadísticamente su presencia por hectáreas en las diferentes provincias del país.

La Tabla muestra la distribución del área con presencia de caña guadua en diversas provincias de Ecuador. La provincia de Manabí lidera con una extensión significativa de 145,529 hectáreas, lo que representa el 24.30% del total del área estudiada. Le siguen Los Ríos y Esmeraldas con 80,763 hectáreas (13.50%) y 68,546 hectáreas (11.40%), respectivamente. Guayas y Morona Santiago también destacan, con 43,825 hectáreas (7.30%) y 42,806 hectáreas (7.10%). Las provincias de Napo, Orellana y Pastaza tienen áreas considerables, con 22,245 hectáreas (3.70%), 24,879 hectáreas (4.10%) y 23,467 hectáreas (3.90%), respectivamente. Por otro lado, provincias como Cotopaxi, Imbabura y Santa Elena tienen menores extensiones, con 19,047 hectáreas (3.20%), 7,702 hectáreas (1.30%) y 11,872 hectáreas (2.00%), respectivamente. En total, el área con presencia de caña guadua en Ecuador suma 600,025 hectáreas, distribuidas a lo largo de las diferentes provincias del país.

Tabla 93.

Área con presencia de caña guadua en Ecuador.

Provincia	Área (Ha)	%
Bolívar	6 754	1.10
Cotopaxi	19 047	3.20
El Oro	4 370	0.70
Esmeraldas	68 546	11.40
Guayas	43 825	7.30
Imbabura	7 702	1.30
Los Ríos	80 763	13.50
Manabí	145 529	24.30
Morona Santiago	42 806	7.10
Napo	22 245	3.70
Orellana	24 879	4.10

Pastaza	23 467	3.90
Pichincha	26 581	4.40
Santa Elena	11 872	2.00
Santo Domingo de los Tsáchilas	44 126	7.40
Sucumbíos	27 515	4.60
Total	600 025	100.00

Nota. Datos tomados de Alcívar et al. (2023)

La información proporcionada sobre la caña guadua en Ecuador destaca su adaptabilidad y la extensión significativa de su presencia en varias provincias, lo cual subraya la importancia de este recurso en el país. La distribución regional revela que Manabí, con el 24.30% del área total, es el principal productor, seguido por los Ríos y Esmeraldas. Esto sugiere una potencial oportunidad para el desarrollo de la industria de la construcción con caña guadua en estas áreas, aprovechando su abundancia.

Dentro de la investigación se estima la calidad de la vivienda de caña guadua en la zona urbana y rural de las ciudades, según las Naciones Unidas deben cumplir ciertos parámetros generales detallados a continuación;

La Tabla 94 compara la calidad de las edificaciones y viviendas de caña guadua en zonas urbanas y rurales. En términos de seguridad, las viviendas en zonas urbanas generalmente cumplen con los requisitos establecidos, mientras que en zonas rurales el cumplimiento es parcial. Los servicios también tienden a cumplirse en general en zonas urbanas, mientras que, en áreas rurales, la cobertura es parcial. En cuanto a la asequibilidad, tanto en zonas urbanas como rurales, la inversión es privada. El mantenimiento de estas edificaciones se realiza de manera periódica en ambas zonas. El acondicionamiento es más completo en zonas urbanas, donde se ofrecen servicios básicos completos, en contraste con las zonas rurales, donde los servicios básicos son solo parcialmente completos. La accesibilidad es adecuada para las necesidades de los habitantes en ambas zonas. Finalmente, en cuanto a la ubicación, las viviendas en zonas urbanas se sitúan en predios que cumplen con los estándares urbanos, mientras que, en zonas rurales, los predios cumplen con los estándares rurales.

Tabla 94.

Calidad de edificaciones y viviendas de caña guadua.

Ítems	Zona Urbana	Zona Rural
Seguridad	Generalmente se cumplen	Parcialmente se cumplen
Servicios	Generalmente se cumplen	Parcialmente se cumplen
Asequibilidad	Inversión privada	Inversión privada
Mantenimiento	Periódico	Periódico
Acondicionamiento	Servicios básicos completos	Servicios básicos parcialmente completos
Accesibilidad	Acorde a las necesidades de los habitantes	Acorde a las necesidades de los habitantes
Ubicación	Predios que cumplan con estándares urbanos	Predios que cumplan con estándares rurales

Nota. Datos tomados de Lorenzo & Rivera (2023).

La identificación e implementación de la caña guadua como elemento estructural en la construcción de viviendas requiere cumplir con ciertos requisitos específicos para garantizar su efectividad y seguridad. En primer lugar, es esencial que la caña guadua esté completamente seca, con un contenido de humedad igual o inferior al nivel de humedad de equilibrio del lugar donde se utilizará. Esta condición es esencial para evitar problemas relacionados con la expansión o contracción del material después de su instalación.

Además, se debe verificar que la deformación del eje longitudinal de la caña guadua sea superior al 0.33%. Esta deformación se evalúa colocando la pieza sobre una superficie plana, y su correcta medición asegura que la caña mantenga su forma estructuralmente adecuada durante el uso.

Otro aspecto importante es la ausencia de fisuras o agrietamientos en la estructura de la caña guadua. Las fisuras o agrietamientos pueden comprometer la integridad del material y, por ende, la estabilidad de las estructuras construidas con él. Por lo tanto, se debe realizar una inspección minuciosa para asegurar que no existan defectos que puedan afectar la resistencia y durabilidad de las vigas, columnas y cubiertas hechas con caña guadua.

Investigaciones de autores como Bello (2021), Carvajal-Rivadeneira et al. (2019), Arteaga (2020), Canelos & Hidrovo (2020) y Cevallos et al. (2020), destacan consideraciones técnicas asociadas a las propiedades físicas de la caña guadua. Su alta resistencia a la tracción, flexibilidad, y estructura hueca y nodular permiten el soporte de cargas y resistencia a fuerzas sísmicas. La durabi-

lidad del material como alternativa se ve favorecida por procesos de preservación como el curado y el secado, así como su capacidad de autodefensa contra hongos e insectos en entornos húmedos, así como la adherencia a normativas específicas, como la Norma Técnica de Construcción en Caña Guadua (NEC-SE-GUADÚA), es esencial para asegurar que las construcciones cumplan con los estándares de seguridad y calidad. Estas directrices abordan factores como el módulo de elasticidad y las propiedades mecánicas de la caña guadua, garantizando su uso apropiado en estructuras diseñadas para resistir sismos y minimizar los daños en caso de colapso.

La Tabla 95 detalla los requisitos para la identificación e implementación de la caña guadua en construcciones. En cuanto a las grietas longitudinales, se admite su presencia siempre que estén contenidas entre dos nudos y no superen el 20% de la longitud del culmo. Si las grietas se extienden más allá del canuto o afectan más del 20% de la longitud del culmo, no se consideran admisibles. En caso de que se detecten fisuras después de la instalación, se recomienda el uso de abrazaderas o zunchos metálicos para asegurar y estabilizar los culmos afectados. Estas medidas técnicas ayudan a mantener la integridad estructural y la durabilidad de las construcciones realizadas con caña guadua.

Tabla 95.

Requisitos para la identificación e implementación de la caña guadua en construcciones.

Tipología	Admisible	Límites	Recomendación técnica
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta sobrepasa el canuto, no se deben tener una longitud al 20 % del culmo.	Si los culmos presentan fisuras posteriormente a su instalación, puede ser tratados con abrazaderas o zunchos metálicos.

Nota. Datos tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2016)

Desde una perspectiva científica, los autores Echezuría (2020), González & Vásconez (2023), Gonzalo & Díaz (2023), Lorenzo & Rivera (2023), Montesdeoca & Párraga (2021), Sornoza et al. (2022) y Vanga & Briones (2021) abordan los reglamentos de construcción relacionados con la caña guadua, establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Estos reglamentos demuestran una seguridad en las construcciones posteriores, considerando aspectos como la zona, el riesgo sísmico, el tipo de proyecto y el impacto ambiental generado, asegurando que la utilización de caña guadua cumplan con los estándares de seguridad y funcionalidad.

Además, la presencia de grietas longitudinales en los culmos de caña guadua debe ser cuidadosamente supervisada y controlada. Estas grietas pueden comprometer la integridad estructural de las edificaciones. Por ello, se recomienda llevar a cabo inspecciones periódicas para detectar cualquier signo de agrietamiento y aplicar tratamientos adecuados para minimizar el daño. Las normas técnicas proporcionan procedimientos específicos para la unión de culmos y la construcción de paneles, incluyendo recomendaciones para garantizar la estabilidad y resistencia de las estructuras (Red Internacional de Bambú y Ratán Oficina Latinoamérica y El Caribe, 2011)liderado por el MIDUVI, integrado por un grupo de expertos nacionales e internacionales en temas de construcción con guadua, en consenso con entidades públicas, privadas e instituciones de educación superior relacionadas a los procesos de edificación. Mención especial a la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR.

Los elementos estructurales se encuentran sometidos a diferentes cargas, por lo que se exponen los coeficientes de modificación por duración de carga:

Tabla 96.

Coeficientes por duración de carga.

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión ∥	Compresión ⊥	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
Siete días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y Sismo
Impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

Nota. Datos tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2016)

La Tabla 96 presenta los coeficientes aplicados a diferentes tipos de carga en función de su duración, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2016). Para cargas permanentes, los coeficientes son uniformes a 0.90 para flexión, tracción, compresión y corte, y se consideran como carga muerta. Para cargas de diez años, los coeficientes aumentan a 1.00 en

todas las categorías, incluyendo la carga viva. En el caso de cargas de dos meses, los coeficientes se elevan a 1.15 para flexión, tracción y compresión, manteniéndose en 0.90 para corte, aplicándose a situaciones de construcción. Para cargas de siete días, los coeficientes son 1.25 en flexión, tracción y compresión, mientras que para corte se mantiene en 0.90. Cargas de diez minutos, como viento y sismo, tienen un coeficiente de 1.60 en todas las categorías, excepto en corte, que permanece en 0.90. Finalmente, para cargas de impacto, los coeficientes alcanzan 2.00 en flexión, tracción y compresión, siendo también 0.90 para corte. Estos coeficientes proporcionan una guía detallada para el diseño estructural en función de la duración y tipo de carga.

La caña guadua según estudios pierde resistencia y rigidez directamente proporcional al contenido de humedad, sus valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad se traducen a coeficientes de modificación por contenido de humedad. Por lo que la Tabla 97 muestra cómo los coeficientes de resistencia y módulo de elasticidad de la caña guadua varían en función del contenido de humedad. A medida que el contenido de humedad aumenta, los coeficientes para flexión, tracción, compresión y corte disminuyen, reflejando una reducción en la capacidad estructural del material. Los valores para el módulo de elasticidad también se ajustan, disminuyendo con el incremento en el contenido de humedad. Estos cambios subrayan la importancia de controlar la humedad para mantener la eficacia estructural de la caña guadua en construcciones.

Tabla 97.

Coeficientes por contenido de humedad.

Esfuerzos		**CH ≤ 12%**	**CH = 13%**	**CH = 14%**	**CH = 15%**	**CH = 16%**	**CH = 17%**	**CH = 18%**	**CH ≥ 19%**
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión>	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión>	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_y	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80

Módulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	E_{min}								

Nota. Datos tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2016)

El control del contenido de humedad es fundamental para prevenir el deterioro y asegurar la durabilidad de las estructuras hechas con caña guadua. Un nivel de humedad inadecuado puede provocar la formación de grietas y la degradación del material, comprometiendo su resistencia y funcionalidad. Por ello, es crucial llevar a cabo un monitoreo continuo de la humedad a lo largo de todas las fases de la construcción, desde el cultivo y corte hasta el curado y almacenamiento de la caña guadua (Cachiguango, 2023).

Conclusiones

La integración y la adaptabilidad de la guadua en la construcción de viviendas en Ecuador se destaca por su amplia presencia en el territorio nacional, ofreciendo mejoras significativas en la resistencia estructural y sostenibilidad ambiental de las edificaciones. La evaluación exhaustiva de las propiedades estructurales de la guadua demuestra que este material alternativo posee características favorables que pueden contribuir a la optimización del uso de recursos locales y a la reducción del impacto ecológico del sector de la construcción, donde es fundamental que la normativa actual se adapte y garantice una integración efectiva y segura de la guadua en los proyectos de construcción.

La importancia de la implementación efectiva de la guadua en los diferentes proyectos civiles, requiere una adaptación y actualización de la normativa actual para asegurar una integración segura y conforme a los estándares técnicos. La configuración de las bases estructurales, de acuerdo con la normativa NEC, enfatiza la importancia de considerar los coeficientes de compresión y humedad para los elementos estructurales como vigas, columnas y cubiertas elaboradas con este material. Es fundamental realizar más análisis y ensayos para evaluar plenamente su viabilidad en el contexto de la construcción sostenible en Ecuador.

La verificación de las tasas porcentuales y características de la guadua, conciben una percepción valorativa de la estructura en su durabilidad, resistencia, ecología y adaptación colectiva, lo que lo convierten en un material de gran supervisión y análisis antes, durante y después de la construcción de los proyectos, ejecutando tratamientos específicos para su estabilidad y posterior resistencia estructural.

Referencias bibliográficas

Alcívar, M., Torres, J., & Panchana, R. (2023). La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone. *Dominio de las ciencias*, *9*, 185–207.

Arteaga, D. (2020). Evaluación y Adecuación de sistemas constructivos con caña guadua. *Universidad Politécnica de Madrid*.

Bello, J. (2021). *Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social*. *6*(9), 1987–2011. https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3152

Cachiguango, J. (2023). Calidad de la vivienda de caña guadúa en Ecuador: Área rural vs área urbana. *Polo del conocimiento*, *8*(1), 1385–1407. https://doi.org/10.23857/pc.v8i1

Canelos, P., & Hidrovo, P. (2020). " EL ACERO VEGETAL " Una alternativa para la construcción y la promoción turística del Ecuador. *Scielo*, *20*(3).

Carvajal-rivadeneira, A. J., Cevallos-mera, R. X., Carvajal-rivadeneira, D. D., Vega-ponce, E. C., & Civil, I. (2019). *Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de las labores de arado y rastrado*. *4*(1), 113–133. https://doi.org/10.23857/pc.v4i1.874

Cevallos, M., Lissette, M., Franco, M., & Estefanía, R. (2020). Estudio de factibilidad para la producción de caña Guadua en el recinto de Rio Chico, cantón Paján de la provincia de Manabí y propuesta de plan de exportación para el mercado Chileno. *Universidad Politécnica Salesiana*.

Echezuría, H. (2020). *El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo*. *21*, 52–68.

González, C., & Vásconez, E. (2023). Guadua caña brava embutida en hormigón como elemento estructural horizontal para vivienda urbana sustentable Guadua caña brava embedded in concrete as a horizontal

structural element for sustainable urban housing. ***Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo***, 73–84.

Gonzalo, J., & Díaz, Y. (2023). Construir con guadua : Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica Building with guadua : Trends in studies at the Latin American level. ***Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar***, 9413–9435.

Lino-Calle, V. A., Carvajal-Rivadeneira, D. D., Sornoza-Parrales, D., Vergara-Ibarra, J. L., & Intriago-Delgado, Y. M. (2024). Herramienta tecnológica Jamovi en el análisis e interpretación de datos en proyectos de Ingeniería Civil. ***Innovaciones Educativas***, ***26***(41), 151–165. https://doi.org/10.22458/ie.v26i41.5145

Lorenzo, W., & Rivera, M. (2023). Análisis de la Vivienda Vernácula de Caña Guadúa Manabita del Ecuador y puesta en valor de su Sistema Constructivo en la Vivienda Contemporánea Analysis of the vernacular housing of Caña Guadua Manabita of Ecuador and enhancement of its Construction Syste. ***Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar***, 4062–4081.

Montesdeoca, L., & Párraga, W. (2021). The enquinche as an alternative coating material in low- construcción residencial. ***Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar***, ***8***, 132–147. https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0055

Morán, J. (2009). ***Construir con Guadua: Manual de construcción*** (Segunda). Red Internacional de Ba,bú y Ratán - INBAR.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2016). ***Estructuras de Caña Guadua***.

Poveda, G., Franco, Z., Pilco, M., Suríaga, M., & Sacoto, D. (2016). Construcción de Viviendas con Caña Guadua en el Ecuador, una realidad amigable y sustentable. ***I Congreso Internacional online Filosofía de la Sustentabilidad de Vivienda Tradicional "Transformando comunidades hacia el desarrollo local"***, 108–115.

Red Internacional de Bambú y Ratán Oficina Latinoamérica y El Caribe. (2011). Normas Técnicas Para La Utilización De La Guadua Angustifolia Kunth En La Construcción. ***Norma Ecuatoriana de la Construcción***, 108.

Sornoza, A., Caballero, B., & Zambrano, R. (2022). construcción de viviendas en Ecuador : una Materiais alternativos. ***Polo del conocimiento***.

Vanga, M., & Briones, O. (2021). Revista Digital Novasinergia Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth Bioconstruction of single-family social housing with bamboo Guadua angustifolia Kunth. ***Scielo***, 1–13.

Zavala, C., Lino, V., Cordero, M., & Sornoza, D. (2024). El rol de la Ingeniería Civil en el desarrollo sostenicle: Tendencias y desafíos. ***Revista Alcance***, ***7***(1), 1–13. https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.57

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 25

Uso de plástico en la construcción de viviendas. Caso barrio Santa Martha, de la ciudad de Manta

AUTORES: Denny Jonathan Delgado Lucas; Francisco Segundo Ponce Reyes

SABER**EC 5.0**

Uso de plástico en la construcción de viviendas. Caso barrio Santa Martha, de la ciudad de Manta

Use of plastic in housing construction. Santa Martha neighborhood case, of the city of Manta

Resumen

El problema identificado como objeto de este estudio, es el impacto ambiental que provoca la generación de una gran cantidad de diferentes artículos fabricados en plástico; así como la demanda de viviendas de interés social; por lo que bien se puede aprovechar productos plásticos en la construcción de viviendas. Este proyecto se basó en el análisis del uso de plástico en la construcción de viviendas; año 2024. Para eso se planteó como objetivo general, analizar el uso de plástico en la construcción de viviendas, en el barrio Santa Martha, de la ciudad de Manta, provincia de Manabí, en Ecuador; en la metodología se utilizó una investigación aplicada, de tipo básica, de nivel descriptivo, con estrategia de campo, cuyo diseño fue no experimental, con enfoque cuantitativo; la población y muestra de este estudio fueron plásticos reciclados; se utilizaron diversas técnicas como: revisión bibliográfica, medición; y los instrumentos relacionados con esas técnicas fueron: Guía de revisión bibliográfica; equipos de laboratorio; y el software Excel, el resultado parcial obtenido hasta ahora es la descripción de las propiedades y características del plástico; y un diagnóstico del uso que se le puede dar al plástico en la construcción de viviendas.

Palabras clave: impacto ambiental, artículos fabricados en plástico, productos plásticos, análisis del uso del plástico.

Abstract

The problem identified as the object of this study is the environmental impact caused by the generation of a large number of different articles made of plastic; as well as the demand for social housing; Therefore, plastic products can be used in the construction of homes. This project was based on the analysis of the use of plastic in the construction of homes; year 2024. For this purpose, the general objective was to analyze the use of plastic in the construction of homes, in the Santa Martha neighborhood, in the city of Manta, province of Manabí, in Ecuador; In the methodology, applied research was used, of a basic type, at a descriptive level, with a field strategy, whose design was non-experimental, with a quantitative approach; The population and sample of this study were recycled plastics; Various techniques were used such as: bibliographic review, measurement; and the instruments related to these techniques were:

Literature review guide; laboratory equipment; and the Excel software, the partial result obtained so far is the description of the properties and characteristics of the plastic; and a diagnosis of the use that can be given to plastic in the construction of homes.

Keywords: environmental impact, articles made of plastic, plastic products, analysis of the use of plastic.

Introducción

El presente documento trata sobre el análisis del uso del plástico en la construcción de viviendas, y como el estudio ayudará al impacto ambiental con base en los resultados obtenidos por los ensayos de compresión del concreto.

Según Cajigas, Gallego y Quintero (2020), "con el fin de dar una mirada diferente frente a los problemas de contaminación actuales, específicamente con el plástico, transformando la perspectiva de este material como residuo a oportunidad" (p. 4).

El proyecto no solo ayuda con la construcción de viviendas para que sea más resistente, sino también a darle un mejor uso al plástico así haciendo bajar la contaminación para un mejor futuro.

A través de esta investigación, se logró comprobar si el uso del plástico en la construcción de viviendas, ayuda a reducir el impacto ambiental, ya que se requiere una gran cantidad de botellas PET (Polietileno Tereftalato) para obtener el material para elaborar la dosificación adecuada, por lo que parte de estas botellas serán eliminadas del medio ambiente.

Salcedo (2014), menciona que, cuando nos referimos a la industria de la construcción siempre la concebimos como contaminación, pues, a decir verdad, la industria de la construcción es una de las principales fuentes de contaminación por su propia naturaleza; Frente a esta problemática, con el inminente crecimiento de la demanda de construcción de la vivienda, se requiere de un enorme esfuerzo por parte de los diseñadores y constructores para satisfacer las necesidades de los usuarios, las cuales deben encaminarse hacia la producción de nuevas tecnologías, desarrollo de investigación de nuevos materiales, implementando la innovación en los sistemas constructivos e impulsando nuevas normas y procesos de certificación, que permitan que el diseño y gestión de la vivienda sean de manera rápida, económica, segura y de buena calidad, buscando siempre la mejoría de la calidad de vida de las personas y la preservación del medio ambiente. (p. 111)

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2018) define el plástico como material ligero, higiénico así también muy resistente. A comparación de los metales, los plásticos no se corroen o se oxidan, la mayoría de estos no se biodegradan, pero si se fotodegradan, eso quiere decir que se van descomponiendo lentamente y se convierten en pequeños fragmentos que son también conocidos como micro plásticos. (p.1)

El análisis se basó en buscar otra alternativa para la construcción de viviendas para darle utilidad al plástico reciclado; y con ello fabricar hormigón convencional, agregándole fibras de plástico PET, esto ayudará de alguna manera a bajar la contaminación del medio ambiente provocado por el plástico, ya que al año se desechan 8 millones de plásticos.

De acuerdo con Sastrón Artigas (2019), se estima que los plásticos suponen casi la mitad del total de la basura acumulada en el planeta. Como no son biodegradables, nos enfrentamos a un problema de escala global: nuestros océanos, fuente de vida del planeta, están llenos de plástico. Es más, los estudios dicen que, si no se hace algo al respecto, en el año 2050 habrá más plástico que peces en el mar. (p.21)

En este sentido, surge como investigación el uso del plástico en la construcción de viviendas, ya que en los últimos años se vienen ejecutando numerosas investigaciones de cómo ayudar a escala global a proteger el medio ambiente reutilizando el plástico y utilizándolo en la construcción de viviendas.

Los residuos plásticos (PET) son de excesiva notabilidad en el ámbito mundial, por lo que producen una contaminación enorme a nivel global, en vista de esto se proyecta comprimir en parte el impacto ambiental mediante la reutilización de estos materiales contaminantes como materia prima, además de ayudar al conocimiento científico sobre el resultado que presenta las fibras del plástico (PET) en las propiedades del concreto.

El problema es claro y trata sobre la contaminación provocado por el plástico; y que de hecho involucra a la economía, por cuanto con el estudio que se hizo, se intenta que se procese el plástico, para incorporarlo en la construcción de viviendas. En el ámbito social y ambiental aporta de forma directa al reciclaje de plásticos (PET) a nivel regional y nacional para poder aumentar la cultura del reciclaje, así mismo es importante tener en cuenta que los centros de depósitos deben hacer el procesado dentro del mismo centro de acopio y la reutilización de estos residuos como un agregado en el hormigón para contribuir a mejorar el ecosistema y su aplicación en viviendas de interés social.

Materiales y métodos

Esta investigación se la realizó en el barrio Santa Martha de la ciudad de Manta, de la provincia de Manabí, en Ecuador; en la cual se realizó la descripción e identificación de las características y propiedades del plástico PET del sitio del estudio.

Para esta indagación se utilizó el paradigma positivista; porque se realizó una investigación de carácter cuantitativo. El nivel, alcance o profundidad de este estudio fue descriptivo por que se analizó o describió el fenómeno objeto de este estudio.

En este proyecto se recurrió a la estrategia de la investigación de campo; con apoyo documental, porque se recogió información de fuentes bibliográficas; es decir que se tomaron los datos directamente del lugar del fenómeno que se estudió.

Importante también mencionar que el estudio se desarrolló bajo una investigación no experimental (observacional). En tal sentido se reafirma que la investigación se la hizo mediante una investigación no experimental. El enfoque que se le dio al estudio fue cuantitativo; porque lo que se hizo se expresó en datos numéricos.

La población objeto de estudio o la unidad de análisis de esta investigación fueron plásticos reciclados. La muestra de esta investigación fueron plásticos reciclados a los que se les identificaron las características y propiedades del plástico; así como el comportamiento de la resistencia del plástico en concreto convencional con agregado de fibra de plásticos PET para la construcción de viviendas en Manta. Las técnicas que se utilizaron en el presente estudio fueron: Observación, revisión bibliográfica; y, medición.

Los instrumentos utilizados fueron ficha de observación, ficha de revisión bibliográfica, instrumentos de laboratorio.

Resultados y discusión

Luego de haber hecho la revisión bibliográfica, se procede a mostrar la tabla 98; que contiene el resultado parcial de la investigación, obtenido hasta ahora; que corresponde a la descripción de las propiedades y características del plástico; y un diagnóstico del uso que se le puede dar al plástico en la construcción de viviendas.

Tabla 98.

Características y propiedades del plástico PET.

Propiedades del plástico (PET)					
		Autores de la investigación			
Propiedades	Unidades	Echeverría Garro Evelyn Rosario	Almeida Juan Ernesto, Di Marco Morales Raúl Omar, León Téllez Hugo Alberto	Boyer Bocanegra David Arturo	Richardson y Lokensgard, Mariano
Densidad	g/cm3	1,34	1,335	1,34	1,34 – 1,39
Resistencia a la tracción	kg/cm3	825	-	825	-
Resistencia a la flexión	kg/cm3	1450	-	1450	-
Resistencia a la compresión	MPa	-	-	-	76 – 128
Resistencia a la tensión	MPa	-	-	-	59 – 72
Resistencia al impacto -esfuerzo máximo	cm2/g	-	8432	-	-
Resistencia al impacto – sharpy – energía que absorve	kjulios	-	7,746	-	0,01 – 0,04
Alargamiento a la rotura	%	15	-	15	-
Módulo de elasticidad (tracción)	kg/cm2	28550	-	28550	-
Resistencia al desgaste al roce	-	Muy buena	-	Muy buena	Alta resistencia
Absorción de agua	%	0,25	8,1 promedio del ensayo	0,25	0,02 (24h)
Temperatura de fusión	°C	255	-	255	244 – 254
Conductividad térmica	-	Baja	-	Baja	15,2 – 24
Temperatura de deformabilidad por calor	°C	170	-	170	-
Temperatura de ablandamiento de Vicat	°C	175	-	175	-
Coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	Mm por °C	0,00008	-	0,00008	-
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	-	Buena	Buena	Buena	Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	-	Buena	Buena	Buena	Buena
Propagación de llama	-	Mantiene la llama	-	Mantiene la llama	Consumo lento
Comportamiento al quemado	-	Gotea	-	Gotea	Consumo lento

Calidad del mecanizado	-	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Efecto a la luz solar	-	Se decolora ligeramente	Se decolora ligeramente	Se decolora ligeramente	Se decolora ligeramente

Nota. Datos obtenidos mediante la guía de observación, a varias investigaciones, para llegar a un concepto sólido sobres las propiedades del plástico.

Con los datos obtenidos de estos autores y los experimentos que ellos han hecho, se llegó a una opinión sólida, y se concluye que las propiedades son las mismas de los plásticos PET sin embargo al hacer ensayos con fines constructivos las propiedades varían de acuerdo al ensayo que se haga.

Para la discusión de los resultados obtenidos en la investigación, se han tomado dos autores; por un lado:

Pérez Mansilla & Ruíz Ruiz (2009) sostienen que:

En la investigación se muestra la conciencia ambiental, esto da a entender la importancia de reciclar y como ayuda a la naturaleza de como la ingeniería lleva a la configuración de sistemas tecnológicos y procesos productivos eficientes que armonicen con el entorno, y crean tecnologías o planes de contención para la reutilización de las botellas tanto retornables como no retornables.

Un kilogramo de PET está compuesto por un 64% de petróleo, 23% de líquidos de gas natural y 13% de aire, esta combinación de ácido tereftálico y el etilenglicol se obtiene el material que conocemos como PET, este polímero se usa para un sin fin de cosas, entre ellas esta las botellas bebidas gaseosas y agua mineral que sería lo más común de ver, también cosméticos, medicinas, aceites y frascos de todo tipo, algo mucho más industrial como cintas de video y audio, bandejas para microondas, geotextiles y fibras para la industria textiles, este último ejemplo no se conoce mucho, sin embargo algunas prendas más específicamente pantalones jeans son hechos de un porcentaje de plásticos quiere decir de fibras de PET. (p. 125)

Al respecto; se puede decir que, reutilizar el plástico como agregado para hormigones en construcción, ayudará en gran medida a mitigar la carga excesiva de productos plásticos que son desechados sin darle aprovechamiento a los mismos; también ayuda al medio ambiente y al calentamiento global por la alta contaminación que el plástico provoca.

Por su parte, Echeverría Garro (2017), dice que los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros.

Específicamente el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características relevantes:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas

Siendo así; se puede asumir, que el plástico PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto. (p. 8)

Se puede inferir entonces, que el plástico de polietileno tereftalato, también conocido como PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto, por sus propiedades y características ya probadas en hormigones.

Conclusiones

El análisis del resultado alcanzado lleva a la siguiente conclusión sobre las propiedades y uso del plástico en la construcción.

Se concluye que las propiedades de los plásticos PET son las mismas; sin embargo, al hacer ensayos con fines constructivos las propiedades varían de acuerdo al ensayo que se haga. Mismo que guarda relación con el objetivo específico propuesto que fue la descripción de las propiedades y características del plástico.

Referencias bibliográficas

Boyer Bocanegra, D. A. (2022) ***Evaluación de las características físicas y mecánicas de unidades de albañilería confinada de concreto y plástico PET proveniente de botellas de agua en el distrito de Chiclayo, 2019 (Tesis de grado).*** Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo. Disponible en http://hdl.handle.net/20.500.12423/5310

Echeverría Garro, E. (2017). Ladrillos de concreto con plásticos PET reciclado. ***Universidad Nacional de Cajamarca Facultad Ingeniería (Tesis de grado)***. Universidad Nacional de Cajamarca. https://repositorio.unc.

edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%c3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cajigas, L., Gallego, M., y Quintero, N. (2020). Plas Habitat: Análisis y diseño de un habitáculo contemporáneo, partiendo de la unión de arquitecturas ancestrales, basado en piezas estructurales elaboradas en plástico (PET, HDPE, LDPE, PP) fundido. Universidad Católica de Manizales. 49 p. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3416/1/PLAST-HABITAT.pdf

La Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). Plásticos de un solo uso. ***Universidad Ricardo Palma***. https://hdl.handle.net/20.500.14138/5901

Lokensgard, Richardson (1999) ***Industria del plástico***. Ediciones Paraninfo, S.A. 600 p.

Sastrón Artigas, María del Mar. (2019). ***Alternativas en arquitectura sostenible: Construcción de viviendas con botellas de plástico (Trabajo de fin de grado)***. Universidad Zaragoza Obtenido de https://zaguan.unizar.es/record/96565/files/TAZ-TFG-2020-2139.pdf

Morales, R., Téllez, H. y Almeira, J. (2016). Diseño y elaboración de ladrillos con adición de PET (material reciclado), para núcleos rurales del socorro. ***El Centauro, 8(11)***, 9-24.

Pérez Mansilla, L., & Ruiz Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. ***Ingeniería Industrial (27),*** 123-137. Obtenido de https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/627/608

Salcedo, O. (2014). Sistema de construcción de vivienda sustentable a base de tabique de plástico reciclado. ***Revista Legado de Arquitectura y Diseño, (15),*** 109-125. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947303008.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 26

Análisis de resistencias a la compresión en el hormigón celular con adición porcentual de perlas de poliestireno expandido

AUTORES: Luigi Ronnie Barroso Plua; María de los Ángeles Cevallos Patín; Ewerton Samuel Ribera Carranza; Dunia Lisbet Gálvez Domínguez

SABER**EC 5.0**

Análisis de resistencias a la compresión en el hormigón celular con adición porcentual de perlas de poliestireno expandido

Analysis of compressive strengths in cellular concrete with a percentage addition of expanded polystyrene beads

Resumen

El presente estudio examina la influencia de la adición de perlas de poliestireno expandido (EPS) en hormigón celular. El EPS es un material ligero y su incorporación en el hormigón celular tiene como objetivo reducir el peso de las estructuras, disminuyendo el peso específico del hormigón celular. En Ecuador al ser un país con alto riesgo sísmico se deben implementar técnicas constructivas que disminuyan las cargas estructurales. Para ello se plantea el diseño de un modelo patrón de hormigón celular según la norma ACI 523.3R-14. Se realizó el diseño de probetas de hormigón celular con sustitución porcentual de volumen del árido fino por perlas de poliestireno extendido en un 15%, 25% y 35%, para la obtención de las probetas se utilizaron cilindros con medidas 10*15cm con un muestreo de 32 probetas de las cuales 8 se destinaron para el diseño patrón de hormigón celular y 24 probetas diseñadas con una sustitución de poliestireno de 15%, 25% y 35% en relación al volumen del árido fino, se realizó el ensayo de compresión de 2 probetas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado en seco. Los resultados de laboratorio mostraron que el peso específico de las probetas disminuyó y la resistencia a la compresión disminuyó a medida que se elevó el porcentaje de perlas de EPS.

Palabras clave: Hormigón celular 1, poliestireno expandido (EPS) 2, compresión 3, resistencias 4, densidad 5, probetas 6.

Abstract

The present study examines the influence of the addition of expanded polystyrene (EPS) beads in cellular concrete. EPS is a light material and its incorporation into cellular concrete aims to reduce the weight of the structures, reducing the specific weight of cellular concrete. In Ecuador, being a country with high seismic risk, construction techniques must be implemented that reduce structural loads. For this purpose, the design of a cellular concrete pattern model is proposed according to the ACI 523.3R-14 standard. The design of cellular concrete specimens was carried out with percentage replacement of the volume of the fine aggregate by expanded polystyrene beads in 15%, 25% and 35%. To obtain the specimens, cylinders measuring 10*15cm were used with a sampling of 32 specimens of which 8 were intended for the cellular concrete pattern design and 24 specimens designed with a polystyrene substitu-

tion of 15%, 25% and 35% in relation to the volume of the fine aggregate, the compression test was carried out on 2 specimens at 7, 14, 21 and 28 days of dry curing. The laboratory results showed that the specific weight of the specimens decreased and the compressive strength decreased as the percentage of EPS beads increased.

Keywords: Aerated concrete 1, expanded polystyrene (EPS) 2, compression 3, resistance 4, density 5, specimens 6.

Introducción

El hormigón es el material de construcción predominante en el Ecuador a pesar de ser un material que implica un alto consumo energético y grandes cantidades de materia prima su popularidad no ha disminuido con el pasar del tiempo, un derivado de este es el hormigón celular el cual tiene su origen en Suecia 1914, como una alternativa al hormigón convencional, alcanzado su popularidad a partir de la segunda guerra mundial expandiéndose a países como Japón, Rusia y Estados Unidos. Actualmente en Ecuador hormigón celular es poco conocido y su uso es limitado, esto se debe a la falta de información y capacitación tanto para los profesionales de la construcción como para el público en general sobre las propiedades y beneficios de su uso, lo que provoca una preferencia por la construcción tradicional, negándose en muchos casos a implementar nuevos métodos constructivos.

El hormigón celular presenta múltiples beneficios en las construcciones, una de sus principales características es su baja densidad a comparación del hormigón convencional, pudiendo disminuir las cargas muertas de las estructuras y reduciendo los periodos de vibración durante eventos sísmicos manteniendo la integridad de las edificaciones, además la conductividad térmica de este hormigón es muy baja lo que permite soportar grandes temperaturas sin provocar pérdidas en su estructura física manteniendo una temperatura constante en el interior de las edificaciones, de la misma forma este material no permite la fácil filtración de sonido siendo un buen aislante acústico favoreciendo el confort de los habitantes.

La fabricación de hormigón celular demanda menos materia prima que el hormigón convencional y genera un menor porcentaje de desperdicios, generando un impacto ambiental positivo, a pesar de su uso países nórdicos en la actualidad a nivel nacional la aplicación de hormigón celular es limitado, uno de los motivos es la falta de información sobre sus usos y las características que este presenta.

Este material de construcción es muy liviano y está destinado principalmente a obras gruesas, debido a su condición aislante supera los requerimientos de la normativa térmica, además de ser ecológico al utilizar un menor porcentaje de materias primas en su proceso productivo. Teniendo en cuenta estos elementos técnicos, para el caso de Ecuador, es recomendable el uso de este tipo de concreto en la construcción de viviendas debido a que las edificaciones en su mayoría no son de grandes alturas y no requieren soportar grandes esfuerzos (Cabrera, 2015).

Con el objetivo de recaudar información y analizar la influencia de esferas de poliestireno expandido en las resistencias mecánicas del hormigón celular y promover su implementación en la construcción, el presente estudio se basa en el diseño, fabricación y ensayos destructivos de compresión de un diseño patrón de hormigón celular realizado en base a la norma ACI 523.3R-14, sustituyendo porcentualmente el árido fino en un 15%, 25% y 35% por esferas de poliestireno expandido (EPS).

Materiales y métodos

Para la elaboración del proyecto se utilizó un método cuantitativo en el cual se aplica una investigación Analítica-Sintética la cual describe y analiza las características físicas-mecánicas de los agregados por separado con el fin de obtener una mejor comprensión del comportamiento de los mismos. mediante el método de investigación experimental se recolectaron y analizaron los datos obtenidos tras ensayos a compresión de las probetas de hormigón celular con esferas de poliestireno expandido.

Para determinar las características físicas y mecánicas del árido fino y ensayos a compresión del hormigón celular se aplicaron procesos de ensayos establecidos en las siguientes normas.

- Porcentaje de agua evaporable (%humedad) - Norma NTE INEN 862 (2011).

Para ello se procedió a la recolección de muestras del árido para posteriormente ser pesadas y puestas a secar durante 24horas en el horno. El porcentaje de agua evaporable se calculó mediante la siguiente expresión.

$$\%humedad = \frac{peso\,húmedo - peso\,seco}{peso\,seco} * 100$$

- Distribución de partículas en los agregados (Granulometría) - Norma NTE INEN 872 (2011) y Norma NTE INEN 696 (2011).

Para el análisis granulométrico en primera instancia se procede a la recolección de una muestra del árido la cual se procede a tamizar por los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

Módulo de finura de los áridos – Norma ASTM C136.

El cálculo del módulo de finura permite comprender la distribución de las partículas del agregado, esta se calcula mediante la siguiente formula.

$$M_f = \frac{\sum Retendido\ acumulado}{100}$$

Peso unitario suelto y compactado – Norma ASTM C-29.

Para el proceso de elaboración del ensayo se procede a recolectar una muestra del árido fino, dejando caer uniformemente el agregado en el recipiente, para obtener el peso unitario suelto (PUS) para la muestra con peso unitario compactado (PUC) se procede a llenar el recipiente compactándolo uniformemente hasta llenar el recipiente para luego proceder a enrazar con la ayuda de una barrilla lisa, los resultados de peso unitario se obtienen mediante las siguientes formulas.

$$PUC = \frac{(Peso\ del\ \ recipiente + suelo\ compactado) - peso\ del\ recipiente}{volumen\ del\ recipiente}$$

Gravedad especifica – Norma NTE INEN 856 (2010).

Para la obtención de la gravedad especifica coloca en un matraz calibrado de 500ml una muestra del árido fino, luego se procede a mezclar homogéneamente con el fin de desairar por completo la muestra, luego se procede a pesar la muestra y ponerla a secar en el horno durante 24 horas. Las fórmulas implementadas para el cálculo de densidad relativa son las siguientes.

$$Densidad\ relativa\ (GRAVEDAD\ ESPECÍFICA)\ (SH) = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$Densidad\ relativa\ (GRAVEDAD\ ESPECÍFICA)(SSS) = \frac{S}{(B + A - C)}$$

$$Densidad\ relativa\ \ aparente\ (GRAVEDAD\ ESPECÍFICA\ APARENTE) = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Donde:

A=masa en estado seco del árido fino

B=masa del picnómetro calibrado+agua

C=masa del picnómetro+árido en SSS+agua)

S=masa del árido en estado SSS(superficialmete seco)

- Diseño patrón de hormigón celular – Norma ACI 523.3R-14 (2014).

El diseño de hormigón celular se lo realizó con una relación agua cemento de 0.50 buscando una resistencia a la compresión estimada de 7.6 Mpa y una densidad de fundición de 90 lb/ft3.

Resistencia a la compresión.

$f´c=49*e^{0.035 * \delta}$

Donde:

$$\delta = densidad\ de\ fundición$$

Relación arena cemento.

$$s/c = \frac{\delta - 42}{21.5}$$

Cantidad de cemento.

$$c = \delta\ /\left(1 + w/c + s/c\right)$$

Donde:

$$w/c = \text{relación}\ agua\ cemento.$$

Contenido de arena.

$$s = c * s/c$$

Contenido agua de amasado.

$$w = c * w/c$$

Volumen absoluto de los sólidos.

$$Va = \frac{c}{Gc * \delta w} + \frac{s}{Gs * \delta w} + \frac{w}{\delta w}$$

Donde:

Gc=gravedad específica del cemento

Gs=gravedad específica del árido fino

δw=densidad del agua

Volumen de aire.

Av=1-Va

Volumen de espuma.

$$VF = \frac{Av}{0.95}$$

Peso de espuma

F=VF*δes

Donde:

δes=densidad de la espuma

La densidad de espuma aplicada en el cálculo es de 3 lb/pie3 tomada como referencia de la Norma.

Ajuste del peso de agua en espuma

We=VF*δes

Agua en arena

WA=0.02*s

Agua corregida

W=w-We-WA

Arena corregida.

S=s+WA

Ensayos a compresión en probetas de hormigón – Norma NTE INEN 1573 (2010).

Una vez elaborado los diseños de hormigón celular y hormigón celular con sustitución de volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido se llevó a cabo los ensayos de compresión a los 7, 14, 21 y 28 días curado en un ambiente seco bajo sombra.

Resultados y discusión

Porcentaje de agua evaporable (%humedad)

Los resultados obtenidos luego de los ensayos de humedad dieron como resultado que el árido utilizado tiene un porcentaje de humedad promedio de 5.74%.

Tabla 99.

Porcentaje de humedad del suelo.

N°	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso		%
Muestra	Tarro (gr)	Húmedo + tarro (gr)	Seco + tarro (gr)	Agua (gr)	Suelo seco (gr)	% w	Promedio
1	352,8	1707	1625,3	81,7	1272,5	5,03	5,74
2	472	1995,4	1874,6	120,8	1402,6	6,44	

Distribución de partículas en los agregados (Granulometría)

Realizado el análisis granulométrico del árido fino se obtuvieron los siguientes resultados

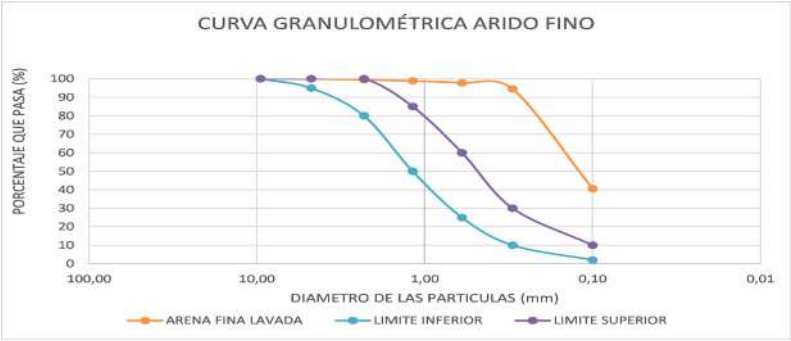
Tabla 100.

Análisis granulométrico de la arena.

Peso muestra (gr)			1501			
Tamiz n°	Diámetro (mm)	Peso retenido parcial (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% pasa
3/8"	9,5	0	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,75	0	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 8	2,3	7,9	7,90	0,53	0,53	99,47
N° 16	1,18	9,2	17,10	0,61	1,14	98,86
N° 30	0,6	16,2	33,30	1,08	2,22	97,78
N° 50	0,3	48,3	81,60	3,22	5,44	94,56
N° 100	0,1	810,2	891,80	53,98	59,41	40,59
Bandeja		609,2	1501,00	40,59	100,00	0,00
Suma		1501		100		

Figura 89.

Curva granulométrica árido arena fina lavada.



Realizado el análisis granulométrico se concluye que la arena fina lavada no cumple con los límites mínimos y límites máximos establecidos en la norma INEN 872, sin embargó esta norma expresa que se puede implementar el agregado si el diseñador considera que el árido cumple con los criterios de diseño deseados.

Módulo de finura de los áridos

El módulo de finura del árido fino calculado en base a la sumatoria del peso retenido acumulo en los tamices de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

$$M_f = \frac{(0+0+0.53+1.14+2.22+5.44+59.41)}{100}$$

$$M_f = 0.69$$

Peso unitario suelto y compactado

Los ensayos de peso unitario suelto y compactado en probetas normadas de 5301.45 cm2 tienen un PUS promedio de 2310.71 kg/m3 y un PUC de 2981.6 kg/m3.

Tabla 101.

Peso unitario suelto y peso unitario compactado de la arena fina lavada.

Muestra #	Recipiente		Recipiente + suelo suelto (g)	Pus (kg/m3)	Recipiente + suelo compactado (g)	Puc (kg/m3)
	Vol (cm3)	Peso (g)				
1	5301,45	1786,30	13982,30	2300,50	17565,20	2976,34
2	5301,45	1757,10	14061,30	2320,91	17591,80	2986,86

Gravedad especifica

Mediante el método de ensayo para el cálculo de la gravedad especifica del árido fino se pudo determinar que el árido fino tiene una gravedad especifica de 2.49 con un porcentaje de absorción de agua de 1.79%.

Tabla 102.

Gravedad específica y porcentaje de absorción del árido.

Muestra	A (g)	B (g)	C (g)	S (g)	DS (Kg/m3)	DSSS (Kg/m3)	D	Po (%)
N°1	503	m671	972	512	2383,89	2534,65	2,49	1,79

Donde:

A: Masa en el aire de la muestra seca al horno.

B: Masa del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración.

S: Masa en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco.

C: Masa del matraz con la muestra llena de agua hasta la marca de calibración.

DS: Densidad de volumen 23°C del árido fino.

DSSS: Densidad de volumen a 23°C del árido fino en estado saturado superficialmente seco.

D: Densidad aparente del árido a 23°C.

Po: Porcentaje de absorción de agua del árido fino.

Diseño patrón de hormigón celular

La dosificación del diseño patrón de hormigón celular según la norma ACI 523.3R-14 (2014) dio como resultado una dosificación para 0.97 m3 con un peso total de 1441.62 kg/m3.

Tabla 103.

Dosificación de diseño obtenida mediante calculo.

Dosificación hormigón celular - Norma ACI532 ER-14			
Agregados	KG/M3	Densidad	Volumen
Cemento	386,23	2900	0,13
Agua	158,79	1000	0,16
Arena	879,52	2620	0,34
Agente espumante	17,08	50	0,34
Total	1441,62		0,97

Diseño patrón de hormigón celular corregido

Debido a que el diseño obtenido mediante el proceso de cálculo establecido en la norma ACI 523.3R-14 nos dio una dosificación para 0.97m3 esta es sometida a corrección de dosificación según criterio del diseñador para 1m3.

Tabla 104.

Corrección diseño patrón de hormigón celular.

Corrección diseño patrón de hormigón celular 1m3			
Agregados	Kg/m3	Densidad	Volumen
Cemento	405	2900	0,140
Agua	157,92	1000	0,158
Arena	900,00	2620	0,344
Espuma	17,95	50	0,359
Total	1480,87		1,000 m3

Diseños con sustitución de volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido de 2 - 6mm (+/-1mm) de diámetro

Se procedió a sustituir el volumen de árido fino del diseño patrón de hormigón celular corregido en un 15%, 25% y 35% por perlas de poliestireno expandido de 2 a 6mm (+/- 1mm) de diámetro con el fin de analizar la influencia que tienen estas en las resistencias a la compresión finales alcanzadas.

Tabla 105.

Diseño hormigón celular con sustitución del 15% del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido .

Diseño con sustitución del 15% de volumen de arena por eps			
Agregados	Kg/m3	Densidad	Volumen
Cemento	405	2900	0,140
Agua	157,92	1000	0,158
Arena	766,09	2620	0,292
Esferas polietireno	0,62	12	0,052
Espuma	17,95	50	0,359
Total	1347,5772		1,001 m3

Tabla 106.

Diseño hormigón celular con sustitución del 25% del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido

Diseño con sustitución del 25% de volumen de arena por eps			
Agregados	Kg/m3	Densidad	Volumen
Cemento	405	2900	0,140
Agua	157,92	1000	0,158
Arena	675,96	2620	0,258
Esferas polietireno	1,03	12	0,086
Espuma	17,95	50	0,359
Total	1257,862		1,001 m3

Tabla 107.

Diseño hormigón celular con sustitución del 35% del volumen del árido fino por esferas de poliestireno expandido.

Diseño con sustitución del 35% de volumen de arena por EPS			
Agregados	Kg/m3	Densidad	Volumen
Cemento	405	2900	0,140
Agua	157,92	1000	0,158
Arena	585,83	2620	0,224
Esferas polietireno	1,44	12	0,120
Espuma	17,95	50	0,359
Total	1168,1468		1,001 m3

Ensayos a compresión en probetas de hormigón

Realizados los ensayos a compresión se pudo evidenciar que el diseño patrón de hormigón celular alcanzó una resistencia de 90.96 Kg/cm2 (8.92 Mpa), cumpliendo con la resistencia a la compresión de diseño estimada de 7.6 Mpa.

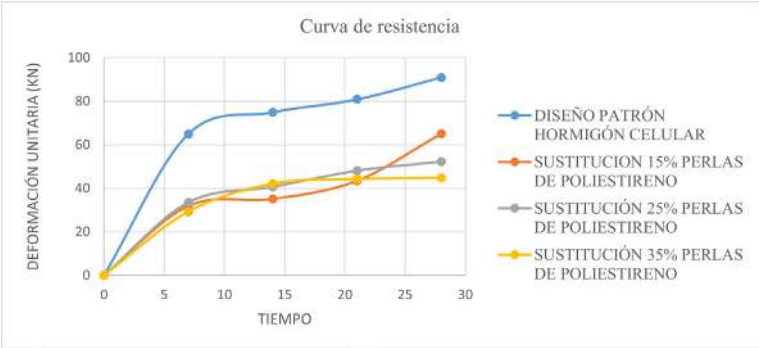
Tabla 108.

Resistencias alcanzadas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

Días	Diseño patrón (kg/cm2)	15% de eps (kg/cm2)	25 % eps (kg/cm2)	35% eps (kg/cm2)
0	0	0	0	0
7	64,95	31,92	33,55	29,23
14	74,94	35,12	40,63	42,07
21	80,85	43,46	48,10	44,24
28	90,96	65,15	52,30	44,72

Figura 90.

Curva de resistencias a la compresión alcanzadas por los diseños de hormigón celular.



Discusión

La resistencia máxima a compresión a los 21 días de curado del hormigón celular según diseño obtenido mediante le proceso de cálculo establecido en la norma ACI 523.3R-14 alcanzó los 90.96 kg/cm2. Enriquez & Orbegoso (2020), en su trabajo titulado “Diseño de un concreto celular con la aplicación de perlas de poliestireno para mejorar la resistencia a compresión. Tarapoto, 2020” alcanzo resistencias finales de 96 kg/cm2 debido estos resultados están relacionados a las características de los agregados utilizados ya que en su trabajo emplean árido fino con módulos de finura elevados lo que influye directamente en las resistencias finales del hormigón, también se considera que influyo el agente espumante implementado debido a la dificultad de adquirir agentes espumantes certificados los cuales permiten obtener una espuma con mayor densidad la cual asegura que hormigón celular obtenga el volumen deseado y disminuye considerablemente el asentamiento de las partículas del árido fino durante el proceso de curado.

Conclusiones

El diseño de modelo patrón de hormigón celular alcanzó una resistencia a la compresión de 90.96 kg/cm2 (8.9 Mpa) cumpliendo con la resistencia a la compresión de diseño esperada de 7.6 Mpa. La influencia de las esferas de poliestireno expandido provocó un declive de las resistencias al ir aumentando su porcentaje, llegando a disminuir su resistencia en un 28.38%

sustituyendo 15% del árido, 42.51% sustituyendo 25% del árido y un 50.84% sustituyendo 35% de volumen del árido fino su densidad al igual tubo un declive. Este hormigón puede ser implementado en viviendas como bloques de aligeramiento para losas aligeradas y muros de confinamiento entre columnas y como impermeabilizante en losas debido a su capacidad de aislamiento térmico, acústico debido a su estructura porosa la cual bloquea sonidos y mantiene temperaturas interiores estables, su resistencia a la absorción de agua además de su gran resistencia al fuego pudiendo resistir hasta 5 horas expuestos al fuego es ideal para áreas con altos requisitos de seguridad contra incendios. Este material al reducir el uso de materias primas y su desperdicio en la construcción contribuye directamente a la construcción sostenible

Referencias Bibliográficas

ACI 523.3R-14. (2014). Guide for cellular concretes above 50 lb/ft3 (800 kg/m3). 17.

ASTM C-29. (n.d.). ASTM-C29 Peso Unitario | PDF | Peso | Densidad. Retrieved July 25, 2024, from https://es.scribd.com/document/362029309/ASTM-C29-Peso-Unitario

ASTM C136. (n.d.). Astm C136 - NTP 400.012 (Granulometría) | Descargar gratis PDF | Densidad | Hormigón. Retrieved July 25, 2024, from https://es-.scribd.com/document/410907207/5-ASTM-C136-NTP-400-012-GRANULOMETRIA-docx

Enriquez Sanchez, Victor Manuel, & Orbegoso Castillo, Julio Daniel 7. (2020). Diseño de un concreto celular con la aplicación de perlas de poliestireno para mejorar la resistencia a compresión. Tarapoto, 2020. file:///C:/Users/Inproel/Downloads/Enriquez_SVM-Orbegoso_CJD-SD (2).pdf

NTE INEN 696. (2011). Granulometria nte inen 696 | PDF. https://es.slideshare.net/slideshow/granulometria-nte-inen-696/251239856

NTE INEN 856. (2010). Norma 856 H | PDF | Densidad | Absorción (Química). https://es.scribd.com/document/268902509/NORMA-856-H

NTE INEN 862. (2011). 862 - Normas NTE INEN 862 para los ensayos respectivos de los agregados gruesos y - INSTITUTO - Studocu. https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/ensayo-de-materiales/862-normas-nte-inen-862-para-los-ensayos-respectivos-de-los-agregados-gruesos-y/31180419

NTE INEN 872. (2011). NTE INEN 872 (2011) Áridos Hormigón Requisitos | PDF | Agregado de construcción | Hormigón. https://es.scribd.com/document/515214336/NTE-INEN-872-2011-Aridos-Hormigon-Requisitos

NTE INEN 1573. (2010). https://es.scribd.com/document/334549037/Nte-Inen-1573

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 27

Evaluación del Comportamiento Mecánico de Materiales de Construcción Viales Hidratados con Agua de Mar en la Provincia de Manabí

AUTORES: Angélica Marena Plúa Ponce

SABER**EC 5.0**

Evaluación del Comportamiento Mecánico de Materiales de Construcción Viales Hidratados con Agua de Mar en la Provincia de Manabí

Evaluation of the Mechanical Behavior of Road Construction Materials Hydrated with Seawater in the Province of Manabí

Resumen

El desconocimiento sobre la viabilidad del uso de agua de mar en la construcción vial en Manabí representa un desafío significativo. Este estudio analiza el comportamiento mecánico de suelos hidratados y compactados con agua de mar en comparación con agua potable, utilizando materiales de las canteras Megarok y Uruzca. Se fabricaron probetas bajo normas ASTM y se realizaron ensayos destructivos de compresión y CBR. Los resultados mostraron que el uso de agua de mar no afecta negativamente la compactación y densidad de los suelos, alcanzando valores de esfuerzo máximo de compresión cercanos al concreto. Se concluye que la implementación de agua de mar en la hidratación de materiales viales es factible y sostenible.

Palabras clave: Granulometría, compresión, agua de mar, CBR, humedad, deformación, esfuerzo.

Abstract

The lack of knowledge about the feasibility of using seawater in road construction in Manabí represents a significant challenge. This study analyzes the mechanical behavior of soils hydrated and compacted with seawater compared to potable water, using materials from the Megarok and Uruzca quarries. Specimens were fabricated according to ASTM standards and subjected to destructive compression and CBR tests. The results showed that the use of seawater does not negatively affect the compaction and density of the soils, achieving maximum compression strength values close to those of concrete. It is concluded that the implementation of seawater in the hydration of road materials is feasible and sustainable.

Keywords: Granulometry, compression, seawater, CBR, moisture, deformation, stress.

Introducción

Este proyecto investigativo enmarca un sistema de indagación del comportamiento mecánico de los suelos al ser hidratado y compactado con agua de mar mediante ensayos en Laboratorios de Mecánica de Suelos y ensayos químicos

En nuestro país todo proyecto de construcción de una obra vial se la realiza con agua potable y no con agua salina; Según Fernández (2012) el porcentaje de agua salada que existe en la tierra es del 97%; Manabí se encuentra ubicado en el centro-noroeste del país con trescientos cincuenta kilómetros de costa, se estudiará la opción de utilizar el agua de mar y comprobar si tiene la misma funcionalidad que utilizar agua potable.

El agua de mar tiene múltiples elementos minerales. La salinidad total del agua de mar, está reflejada en la presencia de cationes potasio, calcio, sodio y magnesio y de los aniones sulfato, cloruros y bicarbonato carbonato.

En la ingeniería para la ejecución de proyectos de infraestructura vial el estudio de las propiedades físico – mecánicas del suelo es de vital importancia ya que esto contribuye a evitar problemas en las vías de acceso, tales como erosiones de polvo, ahuellamientos, hundimientos, entre otros (De La Cruz Vega, Pezo Morales, Noel, & Mendoza Flores, 2022)

En 1961 en el Condado de Dallas, Estados Unidos; el Ing. Manuel Mateos realizo una investigación para la estabilización de suelos utilizando agua de mar. El interés de este proyecto nació de la aplicación de agua de mar como paliativo del polvo. Se observó que, al regar con agua salada, los efectos eran más duraderos que al hacerlo con agua dulce. Para investigar las causas de este beneficio, se usaron independientemente las sales disueltas en el agua de mar, observándose sus efectos, una de estas sales; el cloruro cálcico, se revelo muy efectiva en la reducción de polvo. Uno de los propósitos que se persiguió al añadir cloruro de calcio durante la construcción de bases y sub-bases es mantener estable el contenido de humedad de los materiales por un lapso de tiempo mayor que usando solamente agua. Como conclusión el cloruro cálcico resultó beneficioso en la construcción de bases y sub-bases porque retiene la humedad durante la compactación y hace aumentar ligeramente la densidad de los suelos para un mismo esfuerzo de compactación. (Universidad Mayor San Simón, 2008)

La finalidad de este estudio es realizar ensayos químicos, y de mecánica de suelo para evaluar el comportamiento mecánico de los materiales de cada capa de construcción vial hidratado con agua de mar en la Provincia de Manabí.

Materiales y métodos

Para esta investigación la recolección de los datos de contenido de humedad, granulometría y límite de consistencia son métodos cualitativos, pues generan una hipótesis de inicio del material a estudiar. En cambio, los datos

cuantitativos se obtuvieron a través de la fabricación de probetas bajo normas ASTM y se realizaron ensayos destructivos de compresión y CBR.

Para la obtención de las muestras de material pétreo a utilizar en los ensayos de laboratorio, se acude a las canteras Megarok y Uruzca para solicitar material de base, subbase y mejoramiento que cumpla con las especificaciones técnicas de la norma NEVI-12 según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOP) (2013).

Los datos requeridos que permiten realizar el análisis del comportamiento mecánico de bases, subbases y mejoramientos de pavimentos, utilizando agua salada como material de hidratación en lugar del agua potable se obtienen mediante los siguientes ensayos de laboratorio: Granulometría, contenido de humedad, plasticidad, limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad, capacidad portante, Proctor modificado, desgaste de los agregados (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011)

Se determinan las características físico-químicas del agua de mar como pH, conductividad, oxígeno disuelto, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cloruros, Sulfatos, Boro, Fluoruro, Bicarbonato, Ácido Sulfhídrico, Nitrito, Nitrato, Nitrógeno, Fosfatos y sólidos disueltos; en el Laboratorio CE.SE.C.CA (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

Para el ensayo de compresión en materiales de construcción los cilindros formados se construyen bajo la norma I.N.V.E – 152 (INVE, 2006). que se encarga de la elaboración de probetas cilíndricas para ensayo de compresión simple sin confinar.

La norma comunica un método estándar para la construcción y el curado de las mismas, no toma en cuenta la seguridad operacional y es necesaria un plan de regulación para su empleo.

El ensayo es sin drenaje con material pétreo saturado que se pueden clasificar según la resistencia máxima a compresión

Resultados y discusión

En esta investigación se realizó una metodología de análisis, mediante la creación de probetas para el ensayo de compresión simpe y un ensayo CBR. Se crearon las probetas con agua potable y agua de mar. Se obtuvieron resultados de contenido de humedad, granulometría por lavado y determinación del límite de consistencia para las dos canteras Megarok y Uruzca.

Para la evaluación de resultados se realizó un promedio de las deformaciones y esfuerzos máximos de las tres muestras principales construidas con agua potable durante cinco meses y el promedio de las muestras.

Tabla 109.

Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Megarok utilizando agua potable.

	Deformación inicial promedio (E)	Esfuerzo inicial promedio (σ)	Deformación mes 5 promedio (E)	Esfuerzo mes 5 promedio (σ)
Base	0,0882	16,7632	0,0441	22,3422
Sub Base	0,0953	20,5285	0,1199	29,6539
Mejoramiento	0,1058	16,3332	0,1129	20,2928

Nota: Resultados de las probetas al inicio del estudio y cinco meses después

Tabla 110.

Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Uruzca utilizando agua potable.

	Deformación inicial promedio (E)	Esfuerzo inicial promedio (σ)	Deformación mes 5 promedio (E)	Esfuerzo mes 5 promedio (σ)
Base	0,0846	18,4079	0,0952	21,7000
Sub Base	0,1164	16,8845	0,1093	22,2783
Mejoramiento	0,1199	17,5147	0,0987	20,3454

Nota: Resultados de las probetas al inicio del estudio y cinco meses después

Tabla 111.

Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Megarok utilizando agua de mar.

	Deformación inicial promedio (E)	Esfuerzo inicial promedio (σ)	Deformación mes 5 promedio (E)	Esfuerzo mes 5 promedio (σ)
Base	0,0952	18,7156	0,1199	30,7170
Sub Base	0,0987	14,6239	0,1199	29,2983
Mejoramiento	0,0705	12,6903	0,1093	28,9005

Nota: Resultados de las probetas al inicio del estudio y cinco meses después

Tabla 112.

Promedio de esfuerzos y deformaciones máximas de las probetas con material de la cantera Uruzca utilizando agua de mar.

	Deformación inicial promedio (E)	Esfuerzo inicial promedio (σ)	Deformación mes 5 promedio (E)	Esfuerzo mes 5 promedio (σ)
Base	0,0881	17,5950	0,1358	30,8142
Sub Base	0,0952	11,5989	0,1199	29,3290
Mejoramiento	0,0917	15,2801	0,1093	28,9367

Nota: Resultados de las probetas al inicio del estudio y cinco meses después.

Para la evaluación de resultados también se comparan los resultados del Ensayo CBR para probetas con agua potable y de mar como se registran las siguientes tablas.

Tabla 113.

Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material base utilizando agua potable y agua de mar.

No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	0,2 Pulg
12	19,08	17,33
25	37,35	37,85
56	80,85	89,83
C.B.R.	%	
12	19,44	17,50
25	37,85	38,19
56	81,10	90,41

Tabla 114.

Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material sub-base utilizando agua potable y agua de mar.

No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	0,2 Pulg
12	18,23	17,41
25	37,73	38,19
56	62,66	69,18
C.B.R.	%	
12	18,47	17,58
25	38,10	38,48
56	63,04	68,93

Tabla 115.

Promedio de esfuerzos máximas de las probetas con material sub-base utilizando agua potable y agua de mar.

No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	0,2 Pulg
12	18,86	17,09
25	26,61	25,40
56	46,81	47,42
C.B.R.	%	
12	18,47	16,93
25	26,97	25,66
56	46,94	47,51

Los ensayos de CBR son indica una alta capacidad de carga, lo que significa que el suelo o material es adecuado para ser utilizado como base para pavimentos y carreteras sin necesidad de tratamientos adicionales.

Se determinan las características físico-químicas como pH, conductividad, oxígeno disuelto, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cloruros, Sulfatos, Boro, Fluoruro, Bicarbonato, Ácido Sulfhídrico, Nitrito, Nitrato, Nitrógeno, Fosfatos y sólidos disueltos; en el Laboratorio CE.SE.C.CA.

Conclusiones

- En los ensayos de compresión simple para determinar el comportamiento mecánico de las probetas de construcción, con agua potable y agua de mar, se obtuvieron incrementos de los valores máximos de esfuerzo mayores a 4, dando una consistencia de suelo dura para probetas con agua de mar y agua dulce para las Canteras Megarok y Uruzca según la norma INVE 152, lo que significa mayor resistencia al corte de los materiales pétreos a través del tiempo.
- Al realizar los ensayos de CBR con agua potable y agua de mar, en donde se comprobó que los resultados con cada uno de los líquidos no afectan a sus propiedades mecánicas.
- La deformación realizada a probetas de construcción, con agua potable y agua de mar, no se identifica mayor diferencia entre estas muestras.
- Los componentes químicos que actúan en el agua de mar de acuerdo al ensayo químico son: Calcio, cloruros, magnesio, manganeso y sodio, que según la norma ASTM D1141 – 46 los componentes encontrados son menores y favorecen a una hidratación y mejoramiento en la densidad de la muestra.

Referencias bibliográficas

ACI 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA: ACI.

ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Preparado por el Comité ACI 318.

American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint.* ASTM.

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN",* 7(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Angulo Tenorio, I. W. (2023). ***Diseño de un parque recreativo para el sector de Casa Bonita del cantón Esmeraldas***. Obtenido de Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte: http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6167

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). ***¿Cómo funciona un biodigestor?*** Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Arivabene, A. C. (2015). ***Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:.*** Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

Asana. (28 de marzo de 2024). ***Asana.*** Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

Asana. (28 de 03 de 2024). ***Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos***. Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). ***Normas de diseño geométrico de carreteras.*** Quito: Protecvía CIA.

ASTM C 805/805M-13A. (2013). ***Ensayo de esclerometro.*** American Society for Testing and Materials.

Banco Mundial. (2019). ***Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador.*** Banco Mundial.

Bastidas Caceres, J. A. (2021). La Recreación activa en el desarrollo socio afectivo de los niños del subnivel II, en la Escuela de Educación Básica General Juan Lavalle. ***Universidad Nacional de Chimborazo***, 55-68.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. ***Sustainability, 11***(1), 209.

Blanco, D., Ramírez, J., & Castellanos, J. (2018). ***EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES.*** Bucaramanga: EIEI ACOFI. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/359/357

Borsellino, L., Zufiaurre, E., & Bilenca, D. N. (2022). La investigación científica y la conservación de la biodiversidad en parques nacionales de la Argentina. ***Asociación Argentina de Ecología, 5***, 493-501.

Bravo Castro, P. I. (12 de Julio de 2021). ***Universidad de Chile.*** Obtenido de Estudio hidraulico de aguas subterraneas de la zona de Monturaqui, Salar de Atacama, Chile.

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). ***ESTRUCTURAS DE GUADÚA.*** ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

Broto, C. (2005). ***Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.*** Links.

Cabrera, M. I. (2015). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos. 16.

Campo, F. (2022). Tecnica de la investigacion. ***RAI. Revista Academica Institucional***, 1. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. ***RAI. Revista Académica Institucional, 3***(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Cañarte, G. (2016). ***Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación).*** Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Cárdenas Grisales, J. (2013). ***Diseño geométrico de carreteras.*** Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?srsltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-l4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ymJUWl

Cárdenas Mateus, J. A. (2019). Parque lineal Álamos: Proyecto urbano de espacio. ***Universidad La Gran Colombia***(5), 66-78.

Cárdenas, N. (15 de Noviembre de 2019). ***¿Cuál es la importancia de realizar un ‹estudio de suelo› para construir?*** Obtenido de UTPL Blog: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Cárdenas, N. (13 de 11 de 2019). ***¿Por qué incursionar en la creación de viviendas de interés social?*** Obtenido de noticias.utpl.edu.ec: https://noticias.utpl.edu.ec/por-que-incursionar-en-la-creacion-de-viviendas-de-interes-social

Carhuapoma Ugarte, P. A. (24 de Abril de 2023). ***Diseño del parque recreativo y la mejora de la calidad de vida del centro poblado Bustamante Reyes, Barranca, 2021***. Obtenido de Repositorio UNJFSC: http://hdl.handle.net/20.500.14067/7524

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. ***Universidad Industrial de Santander, Colombia.*** Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=-fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Cerón, L. M. (2021). ***Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico.*** Universidad de Chile.

Cevallos Sánchez, K., & Palacios, J. (2017). ***Diseño de una edificación de dos pisos con estructura metálica, utilizando vigas y columnas compuestas (acero – concreto) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].*** Repositorio digital. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

CHIGNE, A. D. (25 de marzo de 2023). ***Linked In***. Obtenido de La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad: https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Chiquito Blanca, D. G. (19 de 10 de 2022). ***Nuestra Riqueza*** . Obtenido de Nuestra Riqueza : https://www.nuestrasriquezas.com/2022/10/19/fiesta-en-la-comuna-joa-de-jipijapa/

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4° edición ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Cordova, J. (2023). ***simulacion estructural .*** Jipijapa : Todotut Constr.

Correa Abendaño, C. E., & Sempértegui Flores, D. D. (2022). ***Estratégias de Diseño Interior de Viviendas de interés Público.*** Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de dspace.uazuay.edu.ec: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12009/1/17537.pdf

Cuesta Santos, A., Delgado Fernández, M., Fleita Triana, S., & Linares Borell, M. (2023). Optimización del capital humano por innovación en procesos de gestión humana y del conocimiento. ***Scielo, 113***(1).

De La Cruz Vega, S., Pezo Morales, P., Noel, C. E., & Mendoza Flores, C. (marzo de 2022). Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada. ***Universidad, ciencia y tecnología, 26***(112), 84-94. doi:https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Delaflor, M. (2018). ***Material Alternativos; la construcción de un nuevo paradigma***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Sitio web Real Estate: http://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11360-material-alternativos-la-construccion-de-un-nuevo-paradigma

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. ***DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura***(2), 75-93. Recuperado el 04 de abril de 2022, de https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/32/28

Diaz, W. Á. (2015). Definición de la mecanica de suelos. ***Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de calculo - Tesis***, 18. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0lyqPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Dr. Mera Martinez, I. (2024). ***Análisis de agua y microbiologia de alimentos.*** Portoviejo.

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Edge. (2019). ***Software Edge.*** Obtenido de https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf

Esterlin, J. G., & Herreño, M. A. (2011). ***Metodología para el cálculo de reología e hidráulica para pozos estratigráficos profundos,usando una herramienta software (compras y well plan).*** Bucaramanga.

e-struc. (2018). ***Función estructural de las placas de anclaje***. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. ***Química viva, 11***(3), 147-170. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, J. (2021). Efectos de la recreación activa sobre la motivación intrínseca, las relaciones socio afectivas y el disfrute en niños de 9 a 12 años. . ***Repositorio Institucional Universidad de Cuenca***(23), 45-67.

Fernandez, N. V. (2020). ***Certificación de plantaciones y cadena de custodia de bambú gigante (Dendrocalamus asper) y caña guadúa (Guadua angustifolia Kunth), bajo los criterios del Forest Stewardship Council (FSC).*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10370/2/03%20FOR%20300%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Fernández, S. D. (2018). ***Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua.*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8415/1/14135.pdf

Figueroa, A., & Ávila, J. (2022). Espacios recreativos en el cantón Portoviejo. ***Revista Educare, 6***(22), 279-303.

Flores Xolocotzi, R., & Ceballos Pérez, S. G. (2022). Un estudio sobre usos recreativos en el Parque México ubicado en la Ciudad de México. ***Revistas Electrónicas, 9***(9), 23-40.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

Fuentes Delgadillo, V. H. (2021). Espacios recreativos infantiles y el desarrollo social espacial de los niños en el distrito de Ventanilla, Callao. . ***Repositorio de la Universidad César Vallejo***(9), 1-34.

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gallardo Valle, M. E., & Villamar Mera, S. J. (2022). ***Análisis de los espacios públicos recreativos en la ciudadela el Progreso en la ciudad de Portoviejo***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo : http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2646

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2015). ***Plan de ordenamiento territorial del GAD municipal de Quinindé.*** Esmeraldas.

Gonzales, D. M. (2021). ***Ingeniería sismorresistente aplicado a viviendas de albañilería estructural.*** Quito, Ecuador: Centro de Altos Estudios y Desarrollo Profesional.

Gonzáles, J. E., León , B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. *Revista Ciencia y construcción, 4*(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Google Earth. (2024). Obtenido de Ubicación del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas.

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja "El Guayabal". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32*(3), e05.

GUADUA NEC-SE, E. (s.f.). TODOTUT COSNTR. - ING BYRON LINO.

Guerrero Garay, E. L., & Delgado Pinzón, J. D. (2022). *RESUMEN DE FALLAS EN CONEXIONES DE.* San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7341

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2019). *Metodología de la Investigación.* Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta)* (Vol. Sexta). McGrawHill.

Herrera, C. (2008). *Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú.* Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrero, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.* Jaime Marti Herrero.

Hurtado Olivera, E. R. (16 de Noviembre de 2021). *Estrategia de gestión urbana en los parques que optimicen la convivencia y seguridad ciudadana.* Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia: http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11195

Instituto del Agua . (2024). *Recursos Hídricos del Ecuador: Un Tesoro de Agua en el Corazón de América Latina.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.* Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad.* Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INVE. (22 de 06 de 2006). *Sección 200 - Agregados Pétreos.* Obtenido de https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf

Johnson, P., & Brown, T. (2022). *Statistical methods for engineering applications.* Tech Publishers.

Juliao Vargas, C., Sánchez Roa, I. J., & Reina Monrroy, J. L. (2023). Los Parques: su uso como indicador de salud y calidad de vida. *Retos*(48), 24-33.

Lino, J. (2020). *Análisis dinámico de una residencia universitaria de dos plantas utilizando caña guadua como elemento estructural, ubicado en los predios de la Unesum.* Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2273/1/LINO%20QUIROZ%20JOSE%20RAMON.pdf

Lozada. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria* (Universidad Tecnológica Indoamérica ed., Vol. 3). Quito, Pichincha, Ecuador: CIENCIAMÉRICA,. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). *PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL.* Paraná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). *GESTION DIGITAL*. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Massolo, L. (2015). *Introducción a las herramientas de gestión ambiental.* Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Matute, M. (2016). ***Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala.*** Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

Menéndez, W. (2021). ***Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa.*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*** (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

MIDUVI. (2022). ***Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal.*** Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). ***nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022.*** Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-HS-AU-Accesibilidad-Universal.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Madera.*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK).*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MINUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones. (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). ***NEVI-12. Vol. N° 3: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.*** Técnico, Quito, Ecuador.

Molina, C. A. (15 de febrero de 2024). ***Alternativa de diseño de vivienda de interés social para superar el déficit habitacional en el cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6101

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Napoleón Burbano, S. B. (2015). ***Introduccion a la hidrogeologia del Ecuador .*** Quito.

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2014). ***AGUA POTABLE. REQUISITOS.*** Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). ***Gestión de Residuos Sólidos Municipales***. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. ***Producción+ Limpia, 15***(2), 71-91.

Otero Ortega, A. (2018). ***Enfoques de investigación: Métodos para el Diseño Urbano Arquitectonico.*** Obtenido de . https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf

Palmer, E. (2023). ***Propuesta de criterios de sostenibilidad para el diseño de una vivienda multifamiliar en chachapoyas a nivel de certificación Edge.*** Chachapoyas. Obtenido de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3283/Palmer%20Cruz%2C%20Edinson%20Ronaldo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parrales, C., & Castro, J. L. (2020). Influencia de los espacios recreativos en el desarrollo territorial. ***Dominio de las Ciencias, 6***(2), 525-538.

RAS. (2000). ***Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Realia. (2023). ***Vivienda de interés social***. Obtenido de www.realia.es: https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social

Rivera, L. (2022). Los parques urbanos como indicadores de calidad de vida, símbolos de bienestar y espacios de uso recreativo. ***Redalyc.org, 16***(27), 215-237.

Rodrigo, C. C., & Gabriela, M. R. (2020). ***Desarrollo de herramienta computacional para el cálculo y sensibilidad de la hidraulica básica de un pozo petrolero.*** Mexico.

Rodrigues. (29 de julio de 2024). ***Hubspot.es.*** Obtenido de https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). ***iagua***. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas Velez, J. C. (2019). Propuesta de diseño de parque lineal para el oerfil costero del centro consolidado del cantón Jama-Manabí. ***Universidad Laica Elou Alfaro de Manabí, 2***(4), 83-90.

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Rotoplas. (2021). ***Biodigestor Rotoplas***. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Rueda Rodríguez, S. (2020). Importancia de los espacios y ambientes lúdicos y recreativos en los descansos de los estudiantes de Básica primaria. ***Los Libertadores, 9***, 55-72.

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Sanchez, K. V. (2017). ***DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO VIGAS Y COLUMNAS COMPUESTAS (ACERO – CONCRETO).*** Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. ***Creative Commons*** . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Soledispa, L. (2022). ***Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción en el sitio joa cantón jipijapa.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/75536

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños viales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Sumba Buenaventura, V. A. (2020). ***Análisis de espacios públicos recreativos en el casco urbano del Cantón Chone***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1687

Suquillo-Ronquillo, B., Cabrera-Álvarez, E., Chacón-Sánchez, J., & Mayacela-Rojas, M. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. ***Investigación Y Desarrollo, 16***(1). doi:https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. ***Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3***(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). ***Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*** (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Tirado, M. N. (2021). ***Manual para el diseño de anclajes al concreto segun ACI318-19.*** Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Obtenido de https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1690

Tomeo, F., Sellanes, G., & Alonzo, A. (06 de 2008). ***Materiales Alternativos.*** Obtenido de construccion3.weebly.com: http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf

TULSMA. (2000). ***REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.*** Ecuador.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). ***Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.***

Universidad Mayor San Simón, F. d. (2008). ***Manual Completo Diseño de Pavimentos.*** Manual , Cochabamba.

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. ***Revista Digital Novasinergia, 4***(1), 53-73. Recuperado el 04 de abril de 2022, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf

Velasquez Chigne, A. D. (2023 de 03 de 25). ***La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad***. Obtenido de https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Vera, R. F. (2024). ***Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Viera, P. (2017). ***Proyectos de Viviendas con Materiales Alternativos***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Construcciones UCE: https://construccionesuce.wordpress.com/2017/06/21/proyectos-de-viviendas-con-materiales-alternativos/

Villarreal, R. E. (2017). ***La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el principio constitucional del buen vivir.*** Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

Vivienda, M. d. (2017). ***ESTRUCTURAS DE GUADUA GAK.*** Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). doi:NEC-SE-GUADUA

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 28

Efectos del cambio climático en la durabilidad del hormigón

AUTORES: Dennis Romario Tandaso Elizalde; Ivanova Claribel Orejuela Mendoza

SABER**EC 5.0**

Efectos del cambio climático en la durabilidad del hormigón

Effects of climate change on the durability of concrete

Resumen

Esta investigación evalúa cómo los cambios ambientales inducidos por el cambio climático afectan la durabilidad y el rendimiento del hormigón. Mediante una revisión sistemática de literatura relevante, se analizan los principales factores climáticos que impactan el hormigón, incluyendo el incremento de temperaturas, la variabilidad de la humedad, el aumento en la concentración de CO_2 y la frecuencia de eventos meteorológicos extremos. La metodología consiste en la compilación y análisis crítico de estudios anteriores, informes técnicos y artículos científicos, seleccionando aquellos que abordan tanto los mecanismos de deterioro del hormigón como las proyecciones climáticas a futuro. La revisión se enfoca en identificar los tipos de daño que el hormigón puede sufrir bajo condiciones climáticas cambiantes, tales como la carbonatación acelerada, la corrosión de las armaduras de acero, el deterioro por ciclos de congelación-descongelación y la lixiviación. Los hallazgos indican que el cambio climático podría acelerar de manera significativa el deterioro del hormigón, comprometiendo su durabilidad y aumentando los costos de mantenimiento y reparación de infraestructuras críticas. El estudio identifica áreas claves para futuras investigaciones, como el desarrollo de nuevos materiales de construcción más resistentes a condiciones extremas y la implementación de políticas de adaptación que integren consideraciones climáticas en el diseño de estructuras de hormigón. Este trabajo subraya la importancia de anticipar y mitigar los impactos del cambio climático para preservar la integridad y sostenibilidad de las infraestructuras construidas con hormigón.

Palabras clave: Durabilidad del hormigón, Mecanismos de deterioro, Adaptación climática, Sostenibilidad en construcción.

Abstract

This research assesses how environmental changes induced by climate change affect the durability and performance of concrete. Through a systematic review of relevant literature, we analyze the main climatic factors impacting concrete, including increased temperatures, humidity variability, rising CO_2 concentrations, and the frequency of extreme weather events. The methodology involves compiling and critically analyzing previous studies, technical reports, and scientific articles, selecting those that address both the mechanisms of concrete deterioration and future climatic projections. The review focuses on identifying the types of damage that concrete can suffer under changing clima-

tic conditions, such as accelerated carbonation, steel reinforcement corrosion, deterioration from freeze-thaw cycles, and leaching. Findings indicate that climate change could significantly accelerate the deterioration of concrete, compromising its durability and increasing the maintenance and repair costs of critical infrastructures. The study identifies key areas for future research, such as the development of new construction materials more resistant to extreme conditions and the implementation of adaptation policies that integrate climatic considerations into the design of concrete structures. This work underscores the importance of anticipating and mitigating the impacts of climate change to preserve the integrity and sustainability of infrastructures built with concrete.

Keywords: Concrete durability, Deterioration mechanisms, Climate adaptation, Sustainability in construction

Introducción

El cambio climático ha emergido como uno de los desafíos más significativos del siglo XXI, afectando diversos aspectos de la vida humana y del medio ambiente. Uno de los sectores que se enfrenta a las consecuencias de este fenómeno es la construcción, especialmente en lo que respecta a la durabilidad y rendimiento de materiales como el hormigón. Este estudio se centra en cómo los cambios ambientales inducidos por el cambio climático impactan la longevidad y el rendimiento del hormigón, un material fundamental en la infraestructura moderna. La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de comprender cómo factores como el aumento de la temperatura, las variaciones en la humedad y la concentración de CO_2 afectan la integridad estructural del hormigón, lo que a su vez tiene implicaciones económicas y sociales significativas (Hernández-Zamora et al., 2021; Medina Sandoval et al., 2022).

La literatura existente ha documentado diversos mecanismos de deterioro del hormigón bajo condiciones climáticas cambiantes. Por ejemplo, la carbonatación acelerada y la corrosión de las armaduras de acero son procesos que pueden ser exacerbados por el aumento de las temperaturas y la humedad (Porras-Alfaro et al., 2020; Sierra Beltran et al., 2017). Además, eventos meteorológicos extremos, que se están volviendo más frecuentes debido al cambio climático, pueden causar daños inmediatos y severos a las estructuras de hormigón, lo que aumenta los costos de mantenimiento y reparación. Este estudio se basa en una revisión exhaustiva de la literatura para identificar estos factores y sus efectos, lo que subraya la importancia de una investigación continua en este ámbito (Medina Sandoval et al., 2022).

El hormigón es uno de los materiales de construcción más utilizados a nivel mundial, y su durabilidad es trascendental para la sostenibilidad de las infraestructuras (Raggiotti et al., 2015). Sin embargo, el deterioro acelerado del hormigón no solo compromete la seguridad de las estructuras, sino que también plantea desafíos económicos significativos. Los costos asociados con el mantenimiento y la reparación de infraestructuras deterioradas pueden ser exorbitantes, lo que afecta la viabilidad financiera de proyectos de construcción y la inversión pública en infraestructura (Hernández-Zamora et al., 2021). Por lo tanto, es imperativo que los investigadores y profesionales de la construcción comprendan las implicaciones del cambio climático en el rendimiento del hormigón para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y adaptación.

A medida que el cambio climático continúa avanzando, es esencial que la industria de la construcción adopte un enfoque proactivo para abordar estos desafíos (Pionce et al., 2024). Esto incluye la investigación y el desarrollo de nuevos materiales de construcción que sean más resistentes a las condiciones climáticas extremas y la implementación de políticas de adaptación que integren consideraciones climáticas en el diseño y la construcción de infraestructuras (Arcos-Tana & Torres-Quezada, 2023). La identificación de lagunas en la investigación actual también es importante, ya que permite a los académicos y profesionales enfocar sus esfuerzos en áreas que requieren atención urgente, como el desarrollo de hormigones autoregenerantes o el uso de aditivos que mejoren la resistencia del hormigón a factores ambientales adversos (Sierra Beltran et al., 2017).

Además, la sostenibilidad en la construcción se ha convertido en un tema central en el debate académico y profesional. La necesidad de reducir la huella de carbono de los materiales de construcción ha llevado a la exploración de alternativas más sostenibles, como el uso de hormigón reciclado y la incorporación de materiales biodegradables en la mezcla de hormigón (Infante-Alcalde & Valderrama-Ulloa, 2019). Este estudio no solo aborda el impacto del cambio climático en el hormigón, sino que también sugiere que la investigación futura debe centrarse en la sostenibilidad y la innovación en los materiales de construcción, lo que podría contribuir a una industria de la construcción más resiliente y responsable (Medina Sandoval et al., 2022).

Este estudio, por lo tanto, no solo contribuye al cuerpo de conocimiento existente, sino que también actúa como un llamado a la acción para la comunidad de la construcción en su conjunto. El principal objetivo de esta investigación es evaluar cómo los cambios climáticos impactan la durabilidad y el

rendimiento del hormigón, con especial atención en la incidencia de diversos factores ambientales exacerbados por el cambio climático.

Materiales y métodos

La presente investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el impacto del cambio climático en la longevidad y rendimiento del hormigón. La metodología empleada se ha estructurado en varias etapas que incluyen la recopilación, análisis y síntesis de información relevante de estudios previos, informes técnicos y artículos de revistas científicas (Carvajal Rivadeneira et al., 2023). Este enfoque sistemático permite identificar y analizar los principales factores climáticos que afectan al hormigón, así como los mecanismos de deterioro asociados a estos cambios ambientales (Sornoza Parrales et al., 2023; Viguera et al., 2019).

En primer lugar, se realizó una búsqueda en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science y Google Scholar, utilizando palabras clave relacionadas con el hormigón, el cambio climático y sus efectos en la durabilidad y rendimiento del material. Las palabras clave incluyeron términos como "cambio climático y hormigón", "deterioro del hormigón", "carbonatación", "corrosión de armaduras" y "eventos meteorológicos extremos" (Cueva Quezada et al., 2023). Se seleccionaron artículos publicados en los últimos diez años para asegurar la relevancia y actualidad de la información recopilada.

Una vez recopilada la literatura, se llevó a cabo un análisis crítico de los estudios seleccionados. Este análisis incluyó la evaluación de la metodología utilizada en cada estudio, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas. Se prestó especial atención a los estudios que abordaron los efectos del aumento de la temperatura, las variaciones en la humedad, el incremento de la concentración de CO_2 y la frecuencia de eventos meteorológicos extremos en el rendimiento del hormigón (Bastidas Pacheco & Hernández, 2019).

La revisión de la literatura se centró en los diferentes tipos de daño que el hormigón puede sufrir bajo condiciones climáticas cambiantes. Se analizaron estudios que documentan la carbonatación acelerada, la corrosión de las armaduras de acero, el deterioro por ciclos de congelación-descongelación y la lixiviación (Salas & Maldonado, 2020). Para cada uno de estos mecanismos de deterioro, se recopilaron datos sobre las condiciones específicas que los favorecen y las implicaciones para la durabilidad del hormigón.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan y discuten los hallazgos obtenidos a partir de la revisión exhaustiva de la literatura sobre los efectos del cambio climático en la durabilidad del hormigón. Los resultados destacan cómo diversos factores climáticos afectan significativamente la integridad estructural y la longevidad del hormigón, un material crítico en la construcción moderna.

Daño del hormigón por carbonatación acelerada

La carbonatación es un proceso químico que ocurre en el hormigón cuando el dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera reacciona con el hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) del cemento, formando carbonato de calcio ($CaCO_3$). Este fenómeno, aunque es un proceso natural, puede ser acelerado por las condiciones ambientales, especialmente en el contexto del cambio climático, donde se observa un aumento en la concentración de CO_2 y variaciones en la temperatura y humedad (Gurdián Currán et al., 2021).

La carbonatación no solo afecta la química del hormigón, sino que también tiene implicaciones significativas para la durabilidad y la integridad estructural de las construcciones. Uno de los efectos más preocupantes de la carbonatación acelerada es la reducción del pH del hormigón, que normalmente se sitúa entre 12 y 13, proporcionando un ambiente alcalino que protege las armaduras de acero de la corrosión (Olivera Pérez et al., 2022). Sin embargo, cuando el pH desciende por debajo de 9, se pierde esta protección, lo que puede llevar a la corrosión del acero de refuerzo (Meneses et al., 2016).

Este proceso es particularmente crítico en regiones tropicales y subtropicales, donde las altas temperaturas y la humedad favorecen la carbonatación (Benítez Mongelós et al., 2021). La corrosión del acero no solo compromete la resistencia del hormigón, sino que también puede provocar la aparición de fisuras y, en casos extremos, el colapso estructural.

La velocidad de carbonatación puede variar significativamente dependiendo de varios factores, incluyendo la composición del hormigón, la relación agua-cemento, la presencia de aditivos y el tipo de áridos utilizados. Estudios han demostrado que el uso de hormigones con menor relación agua-cemento y la incorporación de aditivos que mejoran la impermeabilidad pueden reducir la tasa de carbonatación (Chinchón-Payá et al., 2021). Sin embargo, la implementación de estos materiales y técnicas no es universalmente adoptada, lo que genera una preocupación sobre la durabilidad de las estructuras existentes y futuras.

La carbonatación acelerada también se ha asociado con el deterioro de las propiedades mecánicas del hormigón. A medida que el proceso avanza, se observa un aumento en la porosidad del material, lo que puede llevar a una disminución en la resistencia a la compresión y a la flexión (Volpi-Leon et al., 2022). Esto es especialmente relevante en estructuras de hormigón expuestas a condiciones ambientales adversas, donde la combinación de carbonatación y otros mecanismos de deterioro, como la corrosión y la lixiviación, puede resultar en un daño acumulativo significativo.

Además, la carbonatación puede ser exacerbada por eventos meteorológicos extremos, como lluvias intensas y sequías prolongadas, que alteran las condiciones de humedad en el hormigón (Campos et al., 2010). Estos cambios pueden facilitar la penetración de CO_2 en la matriz del hormigón, acelerando el proceso de carbonatación y, por ende, el deterioro de la estructura. Por lo tanto, es fundamental considerar la carbonatación en el contexto de la planificación y diseño de infraestructuras, especialmente en áreas vulnerables al cambio climático (Peña et al., 2022).

La investigación sobre la carbonatación del hormigón ha identificado diversas estrategias para mitigar sus efectos. Estas incluyen el desarrollo de hormigones diseñados específicamente para resistir la carbonatación, así como la aplicación de recubrimientos protectores que pueden actuar como barreras contra la penetración de CO_2 (Laura-Quispe et al., 2021). Sin embargo, la implementación de estas soluciones requiere una evaluación cuidadosa de los costos y beneficios, así como una consideración de las condiciones ambientales específicas en las que se utilizarán (Carbel, 2016).

Corrosión de las Armaduras de Acero

La corrosión de las armaduras de acero es uno de los problemas más críticos que enfrentan las estructuras de hormigón armado, afectando significativamente su durabilidad y seguridad estructural. Este fenómeno se produce principalmente debido a la penetración de agentes corrosivos, como los iones cloruro y el dióxido de carbono, que pueden desactivar la capa pasiva protectora del acero (Meneses et al., 2016).

La corrosión no solo reduce la sección transversal de las armaduras, disminuyendo su capacidad de carga, sino que también puede generar tensiones internas en el hormigón, provocando fisuras y, en casos extremos, el colapso de la estructura (Sierra Beltran et al., 2017). La exposición de las armaduras de acero a ambientes agresivos, como los marinos, aumenta el riesgo de corrosión. En estos entornos, los iones cloruro se infiltran en el hor-

migón y alcanzan las armaduras, donde pueden disolver la capa pasiva de óxido que protege al acero de la oxidación (Meneses et al., 2016).

Este proceso es particularmente preocupante en estructuras expuestas a ciclos de humedad y sequedad, donde la acumulación de cloruros puede ser más pronunciada (Obando-Guillermo et al., 2023). La corrosión inducida por cloruros es considerada una de las formas más agresivas de deterioro en el hormigón armado, y su impacto puede ser devastador si no se gestiona adecuadamente. La investigación ha demostrado que la carbonatación también juega un papel de gran importancia en la corrosión de las armaduras. A medida que el pH del hormigón disminuye debido a la carbonatación, la protección pasiva del acero se ve comprometida, lo que facilita la corrosión (Chinchón-Payá et al., 2021; Laura-Quispe et al., 2021).

Este fenómeno es especialmente relevante en el contexto del cambio climático, donde el aumento de CO_2 en la atmósfera puede acelerar la carbonatación del hormigón, exacerbando el deterioro de las armaduras de acero (Carbel, 2016; Medina Sandoval et al., 2022). Para mitigar la corrosión de las armaduras, se han propuesto diversas estrategias. Una de las más efectivas es el uso de recubrimientos protectores que impidan la penetración de agentes corrosivos (Alberti et al., 2018). Además, el diseño de hormigones con menor permeabilidad y la incorporación de aditivos que mejoren la durabilidad del material son enfoques prometedores para reducir el riesgo de corrosión (Ercolani et al., 2017).

La utilización de armaduras de acero inoxidable o recubiertas con materiales resistentes a la corrosión también ha mostrado ser una alternativa viable, aunque a menudo más costosa (Ramos Cisneros et al., 2021). La monitorización de la corrosión en estructuras de hormigón armado es esencial para la gestión del mantenimiento y la seguridad estructural. Técnicas electroquímicas y métodos no destructivos, como la detección ultrasónica, se están utilizando cada vez más para evaluar el estado de las armaduras y detectar signos tempranos de corrosión (Benítez Mongelós et al., 2021). Estas metodologías permiten a los ingenieros tomar decisiones informadas sobre la necesidad de reparaciones o refuerzos antes de que se produzcan fallos estructurales significativos (Ramos Cisneros et al., 2021).

Deterioro por Ciclos de Congelación-Descongelación

El deterioro del hormigón por ciclos de congelación-descongelación es un fenómeno crítico que afecta la durabilidad y la integridad estructural de las construcciones en climas fríos o en regiones donde se producen cambios

bruscos de temperatura. Este proceso se produce cuando el agua contenida en los poros del hormigón se congela y se expande, generando tensiones internas que pueden provocar fisuras y, eventualmente, el colapso de la estructura (Aguirre & Mejía De Gutiérrez, 2013). La capacidad del hormigón para resistir estos ciclos depende de varios factores, incluyendo su composición, la relación agua-cemento, y la calidad de los áridos utilizados.

Durante el proceso de congelación, el agua en estado líquido se convierte en hielo, lo que provoca un aumento de volumen de aproximadamente un 9%. Esta expansión puede generar presiones internas que superan la resistencia del hormigón, especialmente en aquellos que presentan una alta porosidad o que han sido mal curados (Ercolani et al., 2017). Cuando el hielo se derrite, el agua resultante puede no ser capaz de escapar de los poros, lo que puede llevar a la formación de agua libre que, al volver a congelarse, exacerba el daño. Este ciclo repetido de congelación y descongelación puede resultar en un deterioro significativo, afectando la resistencia mecánica del hormigón y su capacidad para soportar cargas.

La investigación ha demostrado que el uso de aditivos y la incorporación de fibras pueden mejorar la resistencia del hormigón a los ciclos de congelación-descongelación. Por ejemplo, la adición de fibras de polipropileno o de acero puede ayudar a controlar la fisuración y a mejorar la cohesión del material, lo que reduce la permeabilidad y, por ende, la cantidad de agua disponible para congelarse (Artigas et al., 2021). Además, el uso de áridos reciclados ha mostrado resultados prometedores en la mejora de la durabilidad del hormigón frente a estos ciclos, aunque su efectividad puede depender de la calidad del material reciclado utilizado (Aguirre & Mejía De Gutiérrez, 2013).

Otro aspecto importante a considerar es la influencia de la temperatura en la resistencia del hormigón a los ciclos de congelación-descongelación. Las temperaturas extremas pueden afectar la microestructura del hormigón, aumentando su porosidad y reduciendo su resistencia a la compresión (Aguirre & Mejía De Gutiérrez, 2013). Por lo tanto, es esencial que los ingenieros y diseñadores consideren las condiciones climáticas específicas al seleccionar los materiales y al diseñar las mezclas de hormigón para estructuras expuestas a estos ciclos (Aguirre & Mejía De Gutiérrez, 2013; Zavala Vásquez et al., 2024).

La evaluación de la durabilidad del hormigón frente a ciclos de congelación-descongelación se puede realizar mediante ensayos de laboratorio que simulan estas condiciones. Estos ensayos permiten determinar la resistencia del material y su comportamiento bajo condiciones de estrés térmico (Aguirre

y Mejía De Gutiérrez, 2013). Los resultados obtenidos de estas pruebas son fundamentales para el desarrollo de normas y recomendaciones que garanticen la seguridad y la longevidad de las estructuras de hormigón en climas fríos.

Lixiviación

El deterioro del hormigón por lixiviación es un proceso que implica la disolución y el transporte de componentes solubles del material, generalmente debido a la acción del agua. Este fenómeno puede tener un impacto significativo en la durabilidad y la integridad estructural del hormigón, especialmente en condiciones ambientales donde el agua es abundante y puede infiltrarse en la matriz del material (Pico-Cortés & Villagrán-Zaccardi, 2024). La lixiviación puede resultar en la pérdida de cal, sílice y otros compuestos, lo que afecta negativamente las propiedades mecánicas y la resistencia del hormigón (Artigas et al., 2021).

La lixiviación se produce cuando el agua, al entrar en contacto con el hormigón, disuelve los productos de hidratación del cemento, como el hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), que es un componente crítico para mantener el pH elevado y proteger las armaduras de acero de la corrosión (Abo-El-Enein et al., 2010). La pérdida de estos compuestos puede llevar a una disminución en la resistencia a la compresión y a la flexión del hormigón, así como a un aumento en la porosidad, lo que a su vez facilita la penetración de agentes agresivos (Obando-Guillermo et al., 2023). Este proceso es particularmente preocupante en estructuras expuestas a condiciones de alta humedad o en ambientes donde el agua de escorrentía puede arrastrar contaminantes hacia el hormigón (Meneses et al., 2016).

La investigación ha demostrado que la composición del hormigón, incluyendo la relación agua-cemento y la calidad de los áridos, juega un papel determinante en la susceptibilidad a la lixiviación. Por ejemplo, hormigones con una alta relación agua-cemento tienden a ser más permeables y, por lo tanto, más propensos a sufrir lixiviación (Salinas Villegas et al., 2023). Además, el uso de adiciones minerales, como cenizas volantes o metacaolín, puede mejorar la resistencia del hormigón a la lixiviación al reducir su permeabilidad y aumentar la densidad de la matriz (Artigas et al., 2021).

El deterioro por lixiviación no solo afecta las propiedades mecánicas del hormigón, sino que también puede tener consecuencias estéticas. La pérdida de compuestos solubles puede resultar en la formación de manchas y decoloraciones en la superficie del hormigón, lo que puede ser inaceptable en apli-

caciones arquitectónicas (Huamán Changa et al., 2022). Además, la lixiviación puede contribuir a la formación de eflorescencias, que son depósitos de sales que se forman en la superficie del hormigón cuando el agua se evapora.

Para mitigar los efectos de la lixiviación, se han propuesto varias estrategias. Una de las más efectivas es el uso de recubrimientos protectores que impidan la infiltración de agua en la matriz del hormigón (Suárez et al., 2023). Además, la implementación de técnicas de curado adecuadas durante la fase de fraguado puede ayudar a reducir la porosidad y mejorar la resistencia del hormigón a la lixiviación (Barco Cordova et al., 2023). La investigación también sugiere que el uso de hormigones autocompactantes, que tienden a tener una microestructura más densa, puede ser beneficioso en la reducción de la lixiviación.

La evaluación de la lixiviación en estructuras de hormigón se puede realizar mediante ensayos de laboratorio que simulan condiciones de exposición a agua. Estos ensayos permiten determinar la cantidad de material que se pierde a través de la lixiviación y evaluar la durabilidad del hormigón en función de su composición y tratamiento (Mack-Vergara, 2022; Raggiotti et al., 2015). Los resultados de estos estudios son fundamentales para el desarrollo de normas y recomendaciones que garanticen la seguridad y la longevidad de las estructuras de hormigón en condiciones ambientales adversas.

Conclusiones

Esta investigación ha proporcionado un análisis detallado de cómo el cambio climático afecta la durabilidad del hormigón, un material esencial en la infraestructura global. Los resultados obtenidos de la revisión exhaustiva de la literatura indican que factores climáticos como el aumento en la temperatura, las variaciones de humedad, el incremento de la concentración de CO_2 y la frecuencia de eventos meteorológicos extremos tienen un impacto directo y significativo en la aceleración de los mecanismos de deterioro del hormigón. Estos hallazgos son fundamentales para comprender y mitigar los efectos adversos del cambio climático en la construcción y mantenimiento de infraestructuras.

Se ha evidenciado que el cambio climático puede acelerar procesos como la carbonatación, la corrosión de las armaduras de acero y el deterioro por ciclos de congelación-descongelación, comprometiendo seriamente la durabilidad y la seguridad estructural del hormigón. La corrosión de las armaduras de acero, en particular, emerge como un desafío crítico que podría amenazar la integridad de estructuras esenciales a lo largo del tiempo.

Los resultados subrayan la urgencia de desarrollar materiales de construcción más resilientes y técnicas que sean eficaces bajo condiciones climáticas extremas. La investigación futura debe centrarse en la formulación de hormigones con propiedades mejoradas de resistencia a los factores de deterioro inducidos por el clima.

Referencias Bibliográficas

Abo-El-Enein, S. A., Abbas, R., & Ezzat, E.-S. (2010). Propiedades y durabilidad de los cementos adicionados con metacaolín. ***Materiales de Construcción***, ***60***(299), 21–35. https://doi.org/10.3989/mc.2010.50509

Aguirre, A. M., & Mejía De Gutiérrez, R. (2013). Durabilidad del hormigón armado expuesto a condiciones agresivas. ***Materiales de Construcción***, ***63***(309), 7–38. https://doi.org/10.3989/mc.2013.00313

Alberti, M. G., Enfedaque, A., Galvez, J., & Cortez, A. (2018, marzo 5). Combinación de fibras de acero de última generación para el refuerzo de hormigón autocompactante. ***Libro de Comunicaciones*** / ***Livro das Comunicações***. HAC2018 - V Congreso Iberoamericano de Hormigón Autocompactable y Hormigones Especiales. https://doi.org/10.4995/HAC2018.2018.5152

Arcos-Tana, J., & Torres-Quezada, J. (2023). Categorización de materiales autoregenerantes y su aplicación en la construcción arquitectónica en la ciudad de Quito, Ecuador. ***Religación***, ***8***(38), e2301108. https://doi.org/10.46652/rgn.v8i38.1108

Artigas, V. F., Positieri, M. J., Quintana, M. V., & Oshiro, Á. (2021). Influencia de Finos de Perlita en Hormigones. ***Revista Tecnología y Ciencia***, ***41***, 18–33. https://doi.org/10.33414/rtyc.41.18-33.2021

Barco Cordova, L. E., López Guzmán, J. F., Del Carpio Delgado, F., & Rodriguez Vásquez, M. P. (2023). Control of the heat of hydration for concrete f'c 210 kg/cm^2 with superplasticizer additive in urban buildings. ***Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias***, ***2***, 534. https://doi.org/10.56294/sctconf2023534

Bastidas Pacheco, G. A., & Hernández, R. (2019). Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: Revisión sistemática de la literatura. ***Revista Cuidarte***, ***10***(3). https://doi.org/10.15649/cuidarte.v10i3.664

Benítez Mongelós, P. D., Rocha, E., & Rodrigues, F. (2021). Estrategias para la inspección óptima de estructuras de hormigón armado sujetas a corrosión. ***+Ingenio***, ***Jul-Dic 2020 V2 N2***, 46–58. https://doi.org/10.36995/j.masingenio.2021.02.02.004

Campos, P. L., Gadea, J., Soriano, J., Martín, A., & Calderón, V. (2010). Reactividad álcali-sílice y álcali-silicato en pizarras. ***Estudios Geológicos***, ***66***(1), 91–98. https://doi.org/10.3989/egeol.40143.094

Carbel, E. S. (2016). Estudio del comportamiento en zonas sísmicas del hormigón pretensado con refuerzo de fibras = Study of the behavior in seismic zones of reinforced prestressed concrete. ***Anales de Edificación***, ***2***(3), 20. https://doi.org/10.20868/ade.2016.3468

Carvajal Rivadeneira, D. D., Ponce Reyes, F. S., Sornoza Parrales, D., Pincay Pilay, M., Antonio, Q. S., & Miller Zavala, J. H. (2023). Elementos básicos de la investigación científica: ISBN: 978-9942-846-51-8. ***Editorial Internacional Runaiki***, 1–75.

Chinchón-Payá, S., Torres, J., Rebolledo, N., & Sánchez, J. (2021). Evaluación del estado de elementos estructurales del Mercado de Legazpi: Ataque por sulfatos al hormigón y corrosión de las armaduras. ***Informes de la Construcción***, ***73***(561), e380. https://doi.org/10.3989/ic.76737

Cueva Quezada, N. I., Morales Mijahuanca, M. E., Gonzales Dongo, A. J., Ludeña González, G. F., & Medina Sotelo, C. G. (2023). Políticas públicas sobre el cambio climático. ***Producción + Limpia***, ***18***(1), 154–172. https://doi.org/10.22507/pml.v18n1a10

Ercolani, G. D., Ortega, N. F., & Felix, D. H. (2017). Metodologías para la localización de daño en vigas de hormigón pretensado. ***Revista ALCONPAT***, ***7***(3), 262–273. https://doi.org/10.21041/ra.v7i3.240

Gurdián Currán, F. H., Garcés Terradillos, P., Zorzoza Gomez, E., & Garcia Alcocel, E. M. (2021). Comportamiento de hormigones con adiciones puzolánicas y árido reciclado. ***Revista ALCONPAT***, ***11***(3). https://doi.org/10.21041/ra.v11i3.542

Hernández-Zamora, M. F., Jiménez-Martínez, S. I., & Sánchez-Monge, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. ***Revista Tecnología en Marcha***. https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831

Huamán Changa, M. D. R., Rodríguez Gozar, T. M., & Díaz Garamendi, D. (2022). Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas. ***Gaceta Técnica***, ***23***(2), 23–37. https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.3

Infante-Alcalde, J., & Valderrama-Ulloa, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). ***Información Tecnológica***, ***30***(5), 25–36. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025

Laura-Quispe, J., Pino, E., Prieto, M. I., & Cobo, A. (2021). Estudio comparativo del comportamiento mecánico de armaduras de acero inoxidable y al carbono, en función de su grado de corrosión. ***Revista Ingeniería UC***, ***28***(3), 399–411. https://doi.org/10.54139/revinguc.v28i3.49

Mack-Vergara, Y. L. (2022). Producción de hormigón y los objetivos de desarrollo sostenible 9 y 11: Produção de concreto e metas de desenvolvimento sustentável 9 e 11. ***STUDIES IN ENGINEERING AND EXACT SCIENCES***, ***3***(3), 479–493. https://doi.org/10.54021/sesv3n3-005

Medina Sandoval, G. A., Rodríguez Cruz, B. A., & Mack-Vergara, Y. L. (2022). Oportunidades de reducción de impactos ambientales de la producción de hormigón en Panamá. ***E-Acadêmica***, ***3***(3), e0333264. https://doi.org/10.52076/eacad-v3i3.264

Meneses, R. S., Moro, J. M., Aveldaño, R. R., & Ortega, N. F. (2016). Influencia del espesor del recubrimiento de elementos de hormigón armado expuestos a procesos de corrosión y sometidos a cargas externas. ***Revista ALCONPAT***, ***6***(2), 129–144. https://doi.org/10.21041/ra.v6i2.134

Obando-Guillermo, H., Carranza-Muñoz, Z., Díaz-Quepuy, J., Serrano-Otoya, D., & Muñoz-Perez, S. (2023). Resistencia a la compresión de hormigones reforzados con fibra de polipropileno. ***Paideia XXI***, ***11***(2), 369–382. https://doi.org/10.31381/paideia.v11i2.4039

Olivera Pérez, Y. I., Guevara Saravia, S. P., & Muñoz Pérez, S. P. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto adicionando fibras artificiales y naturales. ***Ingeniería***, ***27***(2), e18207. https://doi.org/10.14483/23448393.18207

Peña, D., Rodríguez, J., Salcedo, D., & Suarez Pereira, M. (2022). Estimación de daños ocasionados por la carbonatación en estructuras de concreto armado en la ciudad de Nirgua. ***Gaceta Técnica***, ***23***(2), 88–106. https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.7

Pico-Cortés, C., & Villagrán-Zaccardi, Y. (2024). Modelos predictivos e impacto ambiental de la carbonatación del hormigón con agregado reciclado: Una revisión. ***Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería***, ***31***. https://doi.org/10.4067/S0718-33052023000100237

Pionce, J. A. M., Mendoza, I. C. O., Morales, J. M. E., & Sornoza-Parrales, D. (2024). El Enfoque Social de las Ciencias y la Tecnología: Implicaciones en la Educación Superior. ***Technology Rain Journal***, ***3***(1).

Porras-Alfaro, D., García-Baltodano, K., & Méndez-Álvarez, D. (2020). Estado de la investigación sobre la patología de la construcción: Un análisis bibliométrico. ***Revista Tecnología en Marcha***. https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5507

Raggiotti, B. B., Positieri, M. J., Locati, F., Murra, J., & Marfil, S. (2015). Zeolite, Study of Aptitude as a Natural Pozzolan Applied to Structural Concrete. ***Revista de La Construcción***, ***14***(2), 14–20. https://doi.org/10.4067/S0718-915X2015000200002

Ramos Cisneros, E., Marquina Irigoin, L., Muñoz, Pérez, S., Jiménez Carranza, K., Quispe Rinza, Á., & Hurtado Pérez, L. (2021). Efectos del fuego sobre la resistencia de elementos estructurales de hormigón armado: una revisión de literatura. ***Paideia XXI***, ***11***(1), 203–216. https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.3801

Salas, E. M., & Maldonado, E. S. (2020). Breve historia de la ciencia del cambio climático y la respuesta política global: Un análisis contextual/Brief history of climate change science and global political response: a context analysis. ***KnE Engineering***. https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6294

Salinas Villegas, E. X., Vélez Niacato, A. M., Espín Lagos, S. M., & Freire Romero, D. R. (2023). Incidencia del tipo de agua y curado en las propiedades del hormigón: Incidence of the type of water and curing on the properties of the concrete. ***LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades***, ***4***(2). https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1028

Sierra Beltran, G., Mera Ortiz, W., & Jonkers, H. M. (2017). Hormigón auto-Rreparable con bacterias y reforzado con fibras naturales: Principios y aplicaciones en Ecuador. ***Alternativas***, ***17***(3), 207–214. https://doi.org/10.23878/alternativas.v17i3.229

Sornoza Parrales, D., Eguez Morales, J. M., Pincay Pilay, M. M., & Terán García, M. (2023). Balancing Ethics and Efficiency in Civil Engineering: Navigating Construction Challenges: Equilibrar la ética y la eficiencia en

la ingeniería civil: Navegar por los desafíos de la construcción. ***LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades***, *4*(2), 4853–4863. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.942

Suárez, A. S. Z., Sanchez, L. M. A., & Vera, M. S. A. (2023). Diseño de hormigón hidráulico con biocarbon. ***South Florida Journal of Development***, *4*(7), 2927–2944. https://doi.org/10.46932/sfjdv4n7-030

Viguera, B., Alpízar, F., Harvey, C. A., Martínez-Rodríguez, M. R., Saborío-Rodríguez, M., & Contreras, L. (2019). Percepciones de cambio climático y respuestas adaptativas de pequeños agricultores en dos paisajes guatemaltecos. ***Agronomía Mesoamericana***, 313–331. https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33938

Volpi-Leon, V., López-León, L. D., Serralde-Lealba, J. R., González-de-la-Fuente, A., Bigurra-Alzati, C. A., & Sánchez-Roldán, M. E. (2022). Comparativa de perfil de carbonatación entre tabicones de noryl y convencionales. ***Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI***, *10*(Especial2), 191–196. https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8678

Zavala Vásquez, C. J., Lino Calle., V., Cordero Garcés, M. O., & Sornoza Parrales, D. (2024). El rol de la ingeniería civil en el desarrollo sostenible: tendencias y desafíos. ***Revista Alcance***, *7*(1). https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.57

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 29

Técnicas estadísticas para el monitoreo y control de calidad en proyectos de ingeniería

AUTORES: Yesenia Vanessa Sornoza Almendariz; Dimas Geovanny Vera Pisco; Mercedes Marcela Pincay Pilay; Diego Renato Sornoza Parrales

SABER**EC 5.0**

Técnicas estadísticas para el monitoreo y control de calidad en proyectos de ingeniería

Statistical techniques for monitoring and quality control in engineering projects

Resumen

El monitoreo y control de calidad son aspectos fundamentales en los proyectos de ingeniería, asegurando que los resultados cumplan con los estándares establecidos y optimizando el uso de recursos. Este estudio analiza diversas técnicas, desde las tradicionales hasta las más avanzadas, utilizadas para supervisar y mantener la calidad en diferentes fases de los proyectos de ingeniería. Se examinan metodologías como el control estadístico de procesos (SPC) y diseño de experimentos (DOE), que se aplican para identificar variaciones y mejorar la consistencia y calidad de los productos y servicios en proyectos de construcción, infraestructura y manufactura. También se destacan técnicas modernas como el análisis multivariante y la estadística bayesiana, que permiten un enfoque más detallado y adaptativo en el control de calidad. La revisión incluye estudios de caso que ilustran cómo la aplicación de estas técnicas ha conducido a mejoras significativas en la eficiencia y efectividad del control de calidad y los desafíos al implementar este tipo de metodologías en el contexto de proyectos de ingeniería civil.

Palabras claves: optimización, análisis de varianza, diseño de experimentos, control estadístico.

Abstract

Monitoring and quality control are fundamental aspects in engineering projects, ensuring that the results meet established standards and optimizing the use of resources. This study analyzes various techniques, from traditional to the most advanced, used to monitor and maintain quality in different phases of engineering projects. Methodologies such as statistical process control (SPC) and design of experiments (DOE) are examined, which are applied to identify variations and improve the consistency and quality of products and services in construction projects. , infrastructure and manufacturing. Modern techniques such as multivariate analysis and Bayesian statistics are also highlighted, allowing for a more detailed and adaptive approach to quality control. The review includes case studies that illustrate how the application of these techniques has led to significant improvements in the efficiency and effectiveness of quality control and the challenges when implementing these types of methodologies in the context of civil engineering projects.

Keywords: optimization, analysis of variance, design of experiments, statistical control.

Introducción

El monitoreo y control de calidad son componentes cruciales en los proyectos de ingeniería, ya que garantizan que los resultados finales cumplan con los estándares establecidos, reducen costos y optimizan el uso de recursos. La creciente complejidad de los proyectos en construcción, infraestructura y manufactura demanda la implementación de técnicas que permitan una supervisión eficaz y la mejora continua de los procesos. A nivel internacional, la adopción de metodologías estadísticas ha sido crucial para mejorar la calidad y reducir costos, subrayando la relevancia de este estudio en un contexto global.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos de ingeniería mediante la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas. A nivel internacional, estas técnicas han demostrado ser efectivas en la mejora de la calidad y reducción de costos en diversos sectores, subrayando la relevancia de este estudio en un contexto global. A nivel nacional y local, la adopción de estas metodologías puede contribuir significativamente al desarrollo de proyectos de ingeniería más sostenibles y eficientes, pese a que las empresas de ingeniería enfrentan importantes desafíos en la implementación de prácticas de calidad, a menudo debido a la falta de formación en técnicas estadísticas avanzadas y a la resistencia al cambio.

Diversas técnicas estadísticas han sido desarrolladas y aplicadas en el monitoreo y control de calidad. El Control Estadístico de Procesos (SPC) es ampliamente utilizado para supervisar y controlar la variabilidad en los procesos de manufactura. El Diseño de Experimentos (DOE) es una metodología clave para identificar y reducir variaciones en los procesos. Además, técnicas más avanzadas como el análisis multivariante y la estadística bayesiana están ganando popularidad debido a su capacidad para manejar datos complejos y proporcionar análisis más precisos.

El objetivo de esta investigación es analizar y evaluar diversas técnicas estadísticas utilizadas en el monitoreo y control de calidad en proyectos de ingeniería, destacando sus aplicaciones, beneficios y desafíos.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica existente acerca de las técnicas estadísticas empleadas en el monitoreo y control

de calidad dentro de proyectos de ingeniería. Esta revisión abarcó artículos, estudios de caso y reportes técnicos publicados en los últimos años. Para la recopilación de información, se utilizaron bases de datos académicas reconocidas, como Scopus, Web of Science, IEEE Xplore y Google Scholar. Se seleccionaron un total de 50 artículos pertinentes, de los cuales 20 fueron citados en el presente estudio. Los criterios de inclusión se basaron en la relevancia del artículo respecto al tema investigado.

Para el análisis de la información recolectada, se aplicaron tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Los datos fueron organizados en categorías y comparados con el fin de identificar patrones y tendencias en la utilización de las técnicas estadísticas. Se emplearon técnicas de análisis de contenido para extraer los temas más relevantes, además de realizar análisis estadísticos descriptivos que permitieron resumir los hallazgos obtenidos.

Resultados

Control estadístico de procesos (SPC)

El Control Estadístico de Procesos (SPC; por sus siglas en inglés de ***Statistical Process Control)*** es el uso de métodos estadísticos para verificar si los resultados de un proceso coinciden con el diseño previsto del producto o servicio. Las herramientas llamadas gráficas de control se emplean en el SPC para identificar la producción de productos o servicios defectuosos, o para señalar que el proceso de producción ha cambiado y los productos o servicios se desviarán de sus especificaciones de diseño a menos que se tomen acciones correctivas (Carro & Gónzalez, 2016). Es una técnica fundamental en el monitoreo de procesos de manufactura. Utiliza gráficos de control para detectar variaciones y tomar acciones correctivas. Estudios han demostrado que la implementación del SPC en la industria de la construcción ha reducido significativamente las tasas de defectos. Un estudio de caso en una empresa constructora demostró que la implementación del SPC redujo las tasas de defectos en un 20% y mejoró la satisfacción del cliente (Cordova & Navarro, 2020)la normatividad de calidad y la competencia han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento. Este cambio ha hecho quelos departamentos de mantenimiento pasen de simplemente reparar máquinas hasta convertirse en una unidad de alto valor en el proceso productivo de las empresas. Esta investigación es importante ya que permitirá la implementación de nuevas metodologías para la optimización del mantenimiento de los equipos línea amarilla en la empresa RENTEQ MAQUINARIAS SAC, la cual va a permitir solucionar los problemas que se presenten durante

la gestión del mantenimiento de forma más rápida. El mantenimiento basado en la metodología TPM, va a permitir incrementar la productividad, logrando que esta sea más eficiente y por lo tanto el incremento del rendimiento de las máquinas. Esta investigación comenzará realizando una auditoría de mantenimiento en los equipos de línea amarilla, para luego determinar las alternativas de solución basado en la metodología TPM, diagrama de Pareto y metodología causa-efecto (Ishikawa.

Tabla 116.

Resultados del SPC en una empresa constructora.

Variable	Antes del SPC (%)	Después del SPC (%)
Tasas de defectos	15	12
Satisfacción del cliente	78	88

Nota: Después de la aplicación del SPC bajo la tasa de defectuosos y mejoro la calidad del servicio.

A partir del contexto anterior se plantea el siguiente ejercicio: Si el gerente de proyecto de una empresa está implementando un control de calidad de las estructuras de concreto vertidas en una obra en construcción y cada semana toma una muestra de las columnas de concreto realizadas (que ascienden a 50 columnas) y anota la cantidad de columnas que presentan defectos estructurales. Los resultados de las últimas 12 semanas aparecen en la tabla 116. ¿Está fuera de control este proceso? La empresa utiliza acotamientos de control de tres sigma.

Tabla 117.

Errores en la columna de concreto por 12 semanas.

Número de muestras	Cantidad de errores
1	8
2	10
3	5
4	12
5	9
6	4
7	7

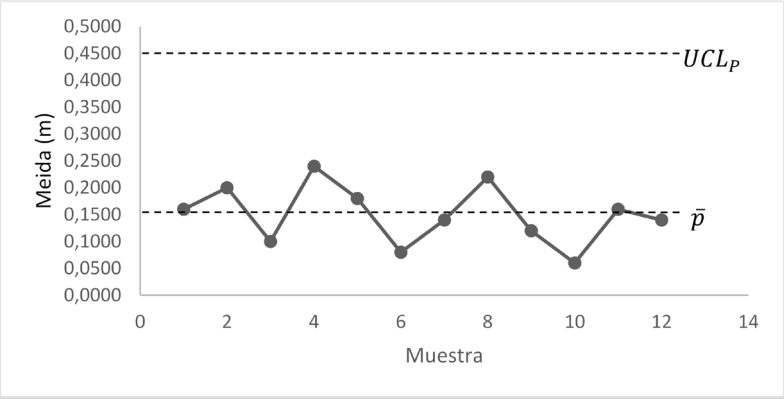
8	11
9	6
10	3
11	8
12	7
Total	90

Nota: Defectos estructurales identificados.

Se calculó la proporción defectuosa de la muestra en estudio. En el caso de la muestra 1, la proporción de columnas defectuosas es de 8/50 = 0,1600. Se realiza lo mismo para el resto de muestra y se dibujan las columnas defectuosas de la muestra, como se aprecia en la figura 91.

Figura 91.

Gráfica p de las muestras.



Nota: Ninguna de las muestras está fuera de control.

El proceso que se llevó a cabo con las columnas está bajo control estadístico. Cada semana se debe tomar otra muestra y el resultado se debe trazar sobre la gráfica. Así pues, la gráfica ***p*** es una herramienta que no sólo sirve para medir la calidad del producto, sino también para indicar en qué momento requiere ajustes el proceso.

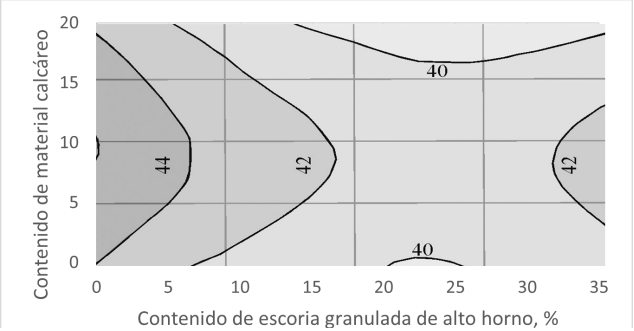
Diseño de experimentos (DOE)

El DOE es una metodología sistemática para planificar, conducir y analizar experimentos de manera eficiente. En proyectos de ingeniería, el DOE se utiliza para optimizar procesos y mejorar la calidad del producto final. Uno de los proyectos de ingeniería civil donde se ha aplicado exitosamente la técnica estadística DOE es en el control de calidad y optimización de mezclas de hormigón. Por ejemplo, en un estudio específico realizado en el área de la construcción de puentes, se utilizó el DOE para optimizar la mezcla de hormigón de alta resistencia, los resultados perimitieron identificar la combinación óptima de materiales, lo que resultó en un aumento significativo de la resistencia del hormigón, reduciendo además el tiempo de curado necesario (López, 2023). Otro caso relevante es el uso del DOE en la optimización de pavimentos asfálticos.

Un estudio utilizó esta técnica para evaluar el impacto de diferentes tipos de agregados y aditivos en la durabilidad y resistencia al desgaste del pavimento, en donde con el fin de evaluar las variaciones en la respuesta mecánica (resistencia a compresión) generadas por la incorporación simultánea de material calcáreo y escoria granulada de alto horno en el cemento, se investigó la superficie de respuesta obtenida mediante el Diseño Central Compuesto Centrado (figura 92). La elección de este diseño se fundamenta en el conocimiento previo del intervalo óptimo para la adición de material calcáreo (Carrasco et al., 2005)it is known that the separate grinding and mixing technology is more convenient in order to produce these cements, called tailor made cements. However, their optimum formulations require the help of methods of experimental design to obtain an appropriate performance for a given property with the least experimental effort. In this study, the interaction between limestone filler (LF. A los 28 días de fraguado, se evidencia que con un cemento base de clase resistente CP 40 (f´ck: 44 MPa), se puede lograr una resistencia equivalente a la del cemento Portland (44 ± 2 MPa) empleando un 20% de material calcáreo y un 7,5% de escoria granulada de alto horno, o un 10% de material calcáreo y un 17,5% de escoria (Menéndez, 2006). No obstante, en la mayoría del rango estudiado se puede alcanzar una clase resistente CP40 (Bonavetti et al., 2008).

Figura 92.

Diseño central compuesto cerrado.

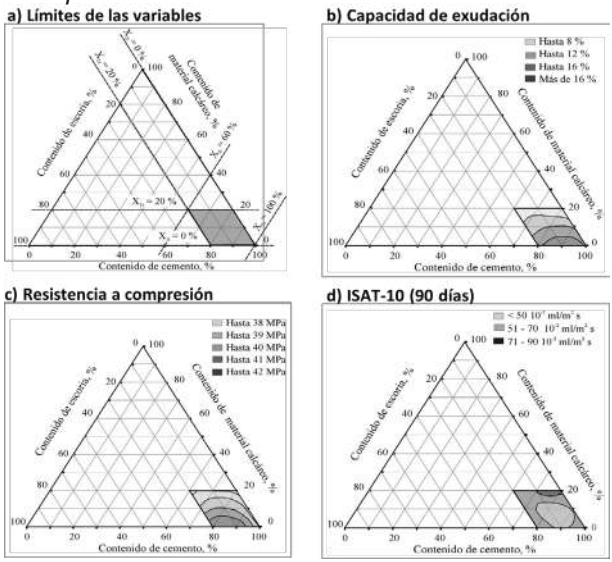


Nota: Curva de isorrespuesta de la resistencia a compresión (MPa) a 28 días

Por otro lado, y en virtud de la limitación impuesta por la región de la figura 93, los tres componentes de la mezcla (X1 = material calcáreo, X2 = escoria granulada de alto horno, X3 = cemento portland) quedan limitados del siguiente modo: $0 \leq X1 \leq 20$, $0 \leq X2 \leq 20$ y $60 \leq X3 \leq 100$ (figura 93a).

Figura 93.

Diseño central compuesto cerrado.



Nota: Se ilustra la relación entre el contenido de cemento y otros componentes en las mezclas.

El empleo de este método resulta de particular interés para diseñar un hormigón que cumpla con ciertas especificaciones en estado fresco, de resistencia y/o alguna propiedad del material que pueda definir su durabilidad (figura 93b, c y d) (Menéndez, 2006).

En la tabla 118 se presentaa una guía de selección de diseños de experimentos en función del objetivo perseguido y el número de factores incluido en el experimento.

Tabla 118.

Guía de selección de experimentos.

Número de factores	Métodos comparativos	Efectos principales	Superficie de respuesta	Diseño de mezclas
1	Diseño completamente aleatorio	---	---	---
2 - 4	Diseño por bloque aleatorio	Método factorial fraccionario o completo	Central compuesto o Box-Behnken	Simplex o vértices extremos
5 ó más	Diseño por bloque aleatorio	Método factorial fraccionario o Plackett-Burman	Reduccón del número de variables (efectos importantes)	---

Nota: Clasificación en función de la complejidad del experimento y los objetivos del proyecto ingenieril.

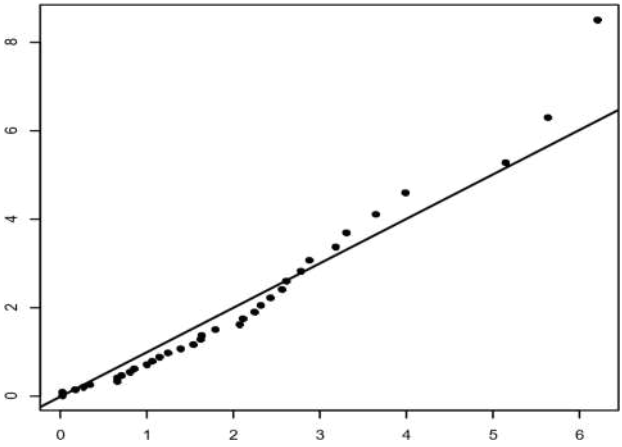
Técnicas Modernas

Análisis Multivariante

Esta técnica se utiliza para analizar múltiples variables simultáneamente y entender sus interrelaciones (Giraud & Morantes, 2017). En la ingeniería civil, se aplica para evaluar el impacto de múltiples factores en la durabilidad de materiales de construcción. Un estudio sobre el mejoramiento del proceso de fabricación de ladrillos en una empresa de Santa Marta, utilizando simulaciones y la técnica multivariada MANOVA. Se modeló el proceso actual y se propusieron dos alternativas de mejora, evaluando su desempeño a través de dos variables de control: “Costo por lote” y “Tiempo en el sistema”. Se realizaron 35 réplicas de los modelos simulados para obtener muestras que permitieran un análisis comparativo (Vargas et al., 2020).

Figura 94.

Distancia de Mahalanobis.



Nota: *Técnica aplicada a las variables dependientes tiempo en sistema y costo por lote*

La figura muestra la existencia de diferencias significativas entre las variables dependientes debido a que se encontraron ***p***-valores muy cercanos a cero.

La aplicación de esta técnica y/o análisis estadístico revelaran diferencias significativas entre los modelos, indicando que las mejoras implementadas en los sistemas simulados impactan positivamente en la eficiencia del proceso productivo . En particular, el modelo estudiado mostró un menor costo y tiempo en el sistema, sugiriendo que la empresa debería considerar la adopción de estas mejoras para optimizar su producción y aumentar su competitividad en el mercado.

Estadística Bayesiana

La estadística bayesiana ofrece un enfoque flexible y adaptativo para el análisis de datos. Se utiliza en proyectos de ingeniería para la predicción y toma de decisiones bajo incertidumbre, mejorando la capacidad de respuesta a cambios en el entorno del proyecto. Un estudio de caso demostró que el uso de la estadística bayesiana en la planificación de proyectos de infraestructura resultó en una mejor gestión de riesgos y una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto (Geisser & Eddy, 1979).

En la evaluación de la fiabilidad de edificaciones, se emplea la estadística bayesiana para modificar los parámetros del modelo estructural basándose en datos históricos y observaciones, lo que proporciona una valoración más precisa del comportamiento y durabilidad de los materiales. Además, esta metodología permite combinar diversas fuentes de información, como datos de monitoreo en tiempo real y revisiones periódicas, ofreciendo una perspectiva más completa del estado de las infraestructuras. Es especialmente valiosa en la gestión de riesgos en proyectos de construcción, donde es necesario considerar múltiples factores inciertos.

Taflanidis et al., (2023) en su investigación "Bayesian Updating and Model Class Selection for Magnitude Estimation in Earthquake Early Warning: Application to Earthquake Sequences in Sichuan Region, China" aborda la mejora de las estimaciones de magnitud en sistemas de alerta temprana para terremotos mediante técnicas avanzadas de actualización bayesiana y selección de modelos. Los resultados muestran que la combinación de actualización bayesiana con una selección adecuada de modelos puede ofrecer mejoras significativas en la estimación de magnitud y, por ende, en la eficacia de las alertas tempranas, lo que es crucial para mitigar el impacto de los terremotos en regiones altamente sísmicas como Sichuan. Este enfoque no solo optimiza la precisión de las estimaciones, sino que también proporciona un marco flexible para adaptarse a diferentes características de secuencias sísmicas.

Discusión

Las técnicas estadísticas aplicadas al monitoreo y control de calidad ofrecen múltiples ventajas, como la disminución de costos, la mejora en la calidad del producto y la optimización de recursos. Estas metodologías permiten una comprensión más exhaustiva de los procesos, facilitando la toma de decisiones fundamentadas en datos.

Sin embargo, la adopción de estas técnicas presenta desafíos significativos. La resistencia al cambio, la insuficiencia de capacitación y la complejidad inherente a los procesos de ingeniería pueden obstaculizar su implementación efectiva. No obstante, la formación continua y el apoyo adecuado pueden ser determinantes para superar estas barreras.

Conclusiones

El uso de metodologías estadísticas para el monitoreo y control de calidad en proyectos de ingeniería se ha consolidado como un recurso esencial para asegurar la eficacia y eficiencia de estos proyectos.

La aplicación de enfoques como el control estadístico de procesos (SPC) y el diseño de experimentos (DOE) permite una evaluación constante y exhaustiva de los parámetros críticos del proyecto, facilitando la identificación rápida de variaciones y desviaciones respecto a los estándares establecidos.

La integración sistemática y adopción generalizada de la estadísitca bayesiana y análisis multivariante pueden potenciar notablemente los resultados en un proyecto ingenieril, proporcionando productos y servicios que cumplan con los estándares más exigentes de calidad y satisfacción del cliente.

Referencias bibliográficas

Bonavetti, V., Menéndez, G., & Irassar, E. F. (2008). Los diseños de experimentos y la tecnología del hormigón. *Revista de la Construcción*, *7*(1), 94–104.

Carrasco, M. F., Bonavetti, V. L., Menéndez, G., & Irassar, E. F. (2005). Cementos a Medida con Material Calcáreo y Escoria Granulada de Alto Horno : Optimización de la Resistencia Tailor-Made Cements with Calcareous Caterial and Blast Furnace Slag : *Revista de la construcción*, 12.

Carro, R., & Gónzalez, D. (2016). Control Estadístico del Proceso. *Revista Ciencia Cierta # 47 de la Universidad Autónoma de Coahuila*.

Cordova, J., & Navarro, M. (2020). Investigación del control estadístico del concreto pre mezclado en fuerzas de resistencia a la compresión de 210 kg/cm2 y 175 kg/cm2 en la región Piura. En *Universidad Andina del Cusco*.

Giraud, L. M., & Morantes, G. R. (2017). Aplicação de análise multivariada para a sustentabilidade ambiental urbana. *Bitacora Urbano Territorial*, *27*(1), 89–100. https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n1.52110

López, E. (2023). *Estadística Aplicada a las Ciencias y la Ingeniería*.

Menéndez, G. (2006). *Aplicación del Diseño de Experimentos en la Formulación de Cementos Compuestos.* 28.

Taflanidis, A. A., Li, H., & Zhang, J. (2023). Bayesian Updating and Model Class Selection for Magnitude Estimation in Earthquake Early Warning: Application to Earthquake Sequences in Sichuan Region, China. ***Bulletin of the Seismological Society of America***, ***113***(5), 2077–2091. https://doi.org/10.1785/0120220259/5870926/BSSA-2022259.1.PDF

Vargas, J. J., Muñoz, J. J., Paba, N. A., & Ordoñez, N. (2020). Aplicación de la técnica multivariada Manova a dos variables de control provenientes de tres modelos de simulación estocásticos de un proceso productivo. ***Entre ciencia e ingeniería***, ***14***(28), 66–75. https://doi.org/10.31908/19098367.2056

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 30

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para cimentación de obras civiles en el sitio La Dolorosa del cantón Jipijapa.

AUTORES: Irina Nicole Quimis Macías; Digna Elizabeth Loor Sierra;
Mercedes Marcela Pincay Pilay

SABER**EC 5.0**

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para cimentación de obras civiles en el sitio La Dolorosa del cantón Jipijapa.

Study of the physical and mechanical roperties of the soil for the foundation of civil works in the La Dolorosa site of Jipijapa city.

Resumen

El desconocimiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el sitio La Dolorosa del cantón Jipijapa representa un riesgo significativo para la seguridad estructural de las edificaciones. Esta problemática afecta la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras, lo que puede resultar en fallas estructurales y pérdidas económicas. El objeto de estudio son los suelos de La Dolorosa. El objetivo de esta investigación fue analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante ensayos de penetración estándar para su uso en la cimentación de obras civiles. La metodología adoptada es de tipo aplicada, utilizando métodos técnicos y ensayos de campo y laboratorio; con un enfoque cuantitativo. Los resultados obtenidos revelan datos clave como el porcentaje de humedad, límites líquido y plástico, índice de plasticidad, capacidad admisible y capacidad de carga del suelo, fundamentales para comprender la capacidad portante del suelo y su idoneidad para cimentaciones. Se determinó un porcentaje promedio de humedad de 32.14%, un índice de plasticidad promedio de 20.91%, una capacidad admisible promedio de 5.52 Tn/m^2 y una capacidad de carga de 80.67 kPa. La estratificación del suelo está compuesta por arenas y arenas con gravas mal graduadas, con mínima presencia de finos, clasificado como tipo SM, SP, SW-SM y SP-SM según SUCCS y A-2-7 y A-2-5 según AASHTO. Estas conclusiones subrayan la importancia de realizar estudios geotécnicos adecuados para garantizar la seguridad y durabilidad de las construcciones.

Palabras clave: Propiedades del suelo, capacidad portante, SUCS, AASHTO, cimentación.

Abstract

The lack of knowledge about the physical and mechanical properties of the soil in the La Dolorosa site of Jipijapa canton poses a significant risk to the structural safety of buildings. This problem affects the stability and durability of infrastructures, potentially leading to structural failures and economic losses. The study focuses on the soils of La Dolorosa. The objective of this research is to analyze the physical and mechanical properties of the soil using standard penetration tests for its use in civil work foundations. The applied methodology

includes technical methods and field and laboratory tests. The results reveal key data such as moisture percentage, liquid and plastic limits, plasticity index, allowable capacity, and soil bearing capacity, fundamental for understanding the soil's bearing capacity and its suitability for foundations. An average moisture percentage of 32.14%, an average plasticity index of 20.91%, an allowable capacity of 5.52 Tn/m^2, and a bearing capacity of 80.67 kPa were determined. The soil stratification consists of sands and poorly graded gravelly sands with minimal fines, classified as SM, SP, SW-SM, and SP-SM according to SUCCS, and A-2-7 and A-2-5 according to AASHTO. These conclusions highlight the importance of conducting adequate geotechnical studies to ensure the safety and durability of constructions.

Keywords: Soil properties, SUCS, AASHTO, foundation

Introducción

Para poder establecer un tipo de estructura de obra civil es necesario realizar un estudio geotécnico en el cual podremos obtener diferentes propiedades del suelo y así determinar la adecuada cimentación.

En la historia se ha desarrollado una serie de principios y metodologías que permitan disminuir las amenazas producidas por las masas de suelo o roca, incluyendo el manejo de la vulnerabilidad y el control de las posibles causas que puedan afectar para que se produzcan un colapso.

A nivel mundial para obtener los parámetros de resistencia del suelo se emplea el ensayo SPT aunque los resultados sean cualitativos, mientras que el ensayo CPT sus deducciones son cuantitativas. Con ambos ensayos podemos obtener los diferentes estratos que se pueden presentar en un estudio hasta una determinada profundidad.

Es de conocimiento general que el Ecuador a lo largos de los años ha sufrido varios movimientos sísmicos el último de gran magnitud de 7,8 en la escala de Richter es el denominado 16 A; el que dejó una gran cantidad de estructuras afectadas y vidas humanas perdidas, son los resultados de que existe un gran desconocimiento sobre la importancia de realizar un análisis de suelo previo a una construcción. El país está ubicado en el cinturón de fuego una de las zonas con mayor actividad sísmica y volcánica del mundo, por tanto, es imprescindible conocer como es el comportamiento del suelo, para ello se efectúa el ensayo de penetración estándar.

Esta investigación pretende dar a conocer a los habitantes del sector La Dolorosa el tipo de suelo que posee y les permita emplear el tipo de cimenta-

ción con la capacidad de carga apropiada acorde a la construcción que vayan a realizar; estos les posibilita asegurar la vida útil de la obra y por ende la seguridad de las vidas humanas.

Materiales y métodos

En este estudio se aplican métodos de investigación cuantitativa que nos darán los resultados para la determinación de la calidad del suelo del sector la Dolorosa.

En la presente investigación se utilizó el diseño experimental debido a que se realizó un estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para dar a conocer el tipo de suelo y la capacidad portante con fines de cimentación de obras civiles del sector la Dolorosa del cantón Jipijapa.

Para iniciar una exploración geotécnica es ineludible tener en claro cuáles son los resultados necesarios para poder determinar cuáles serán los ensayos que se aplicarán, para este caso se realizó ensayo de campo el SPT y ensayos de laboratorio para determinar la humedad, tamaño de partícula del suelo y los límites de consistencia.

Ensayo de penetración estándar

En el año 1927 nace el Ensayo de Penetración Estándar nace en el año 1927, que fue iniciado por una sondita de la Raymond Concrete Pile Co quien propuso a Terzaghi realizar el conteo del número de golpes para hincar 1 pie (30 cm) (Muelas, 2014). Consiste en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro un estrato de suelo, un toma-muestras (cuchara partida) de 45 a 60 cm aproximadamente. De largo, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). Él toma-muestras es golpeado bajo energía constante, con una maza en caída libre de 140 lb. (33.5 Kg) y una altura de caída de 30 plg. (76,2 cm.) (Muelas, 2014).

Es necesario aplicar los factores de corrección debido a múltiples elementos como por ejemplo diferentes martillos de inca, el control de caída, algunos son mecánicos y otros manuales lo cual causa que tenga diferente energía en la penetración para ellos aplicamos las siguientes formulas:

Ec 1 **Ecuación para determinar N corregido.**

$$Ncrr = N \times Cn \times n1 \times n2 \times n3 \times n4$$

- Ncrr = N corregido
- N = N de campo

- Cn = factor de corrección por confinamiento efectivo
- n1 = factor por energía del martillo (0.45 ≤ n1 ≤ 1)
- n2 = factor por longitud de la varilla (0.75 ≤ n2 ≤ 1)
- n3 = factor por revestimiento interno de toma muestras (0.8 ≤ 3 ≤ 1)
- n4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para D> 5'", = 1.15 para D=8")

Para efectos de este artículo se considerará que n2 = n3 = n4 = 1 y solamente se tendrán en cuenta los factores n1 y Cn (González, 1999).

ASTM D 2216 10 - Contenido de humedad del suelo

La norma (ASTM D 2216-10), indica que el procedimiento en introducir un espécimen de prueba colocado en un recipiente en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener una masa constante. El contenido de agua de un suelo es la relación entre la masa de agua contenida en el suelo y la masa de suelo seco y generalmente se expresa como porcentaje (Huanca, 2018).

Datos para determinar el contenido de humedad:

Ec 2 **Ecuación para determinar humedad natural del suelo**

$$W = (Ww / Ws * 100\%)$$

En donde:

- W: es el contenido de humedad expresado en porcentaje (%).
- Ww: es el peso del agua presente en la masa de suelos.
- Ws: es el peso de partículas sólidas.

ASTM D 422-03 - Granulometría

Este ensayo nos permite obtener los tamaños de las partículas del suelo a través de mallas, para ellos podemos aplicar las siguientes formulas.

Ec 3 **Peso retenido parcial y porcentaje que pasa**

$$\% R.P. = (P.R.P.)/Wms * 100$$

$$\% \text{ que pasa} = 100\ \% - \% R.A.$$

Este análisis clasifica un suelo (clasificación unificada SUCS o clasificación ASSTHO). Separa las partículas en porcentaje del peso total y la cantidad de granos de los diferentes tamaños del suelo (Universidad de los Andes, 2017).

Los límites de Atterberg, también conocidos como límites de consistencia, se basan en la idea de que los suelos finos naturales pueden encontrarse en diferentes estados dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contiene. Por lo tanto, un suelo puede ser sólido, semisólido, plástico o viscoso. Por ejemplo, si la arcilla esta seca se encuentra muy suelta o en terrones, agregar agua la convierte en una pasta, y agregar más agua la convierte en una fluida (Puy, 2005).

Limite Líquido

Es el porcentaje de humedad del suelo por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico se conoce como límite líquido. Cuando los suelos tienen niveles de humedad superiores al límite líquido, se comportarán como un fluido viscoso (Botía, 2015).

Ec 4 **Ecuación para determinar contenido de humedad**

$$W = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

- W = humedad natural
- Ww = Peso del agua en el suelo
- Ws = Peso suelo seco

Límite plástico

Oros (2019), menciona que: La cuchara de Casagrande se emplea para establecer este límite. Es el contenido de humedad de un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido, expresado en porciento del peso del suelo seco. Este límite se define arbitrariamente como la cantidad de humedad necesaria para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm aproximadamente en el fondo de la muestra separada, cuando la capsula que contiene la pasta golpea 25 veces desde una altura de 1 cm a la velocidad de 2 golpes por seg. Cuando el suelo se transforma de semilíquido a plástico.

Ec 5 **Ecuación para determinar contenido de humedad para límite plástico**

$$W = \frac{W1 + W2 + \ldots Wn}{n}$$

- LP: Limite Plástico
- W: Humedad Natural

- n: Número de puntos de humedad tomados (Botía, 2015).

Índice de Plasticidad

Es la diferencia entre los limites líquidos y limites plásticos de un suelo, es el índice de plasticidad del suelo (Huarcaya y Huacho 2015).

Ec 6 **Ecuación para determinar índice de plasticidad del suelo**

$$Ip = Ll - Lp.$$

- IP: Índice de Plasticidad
- LL: Limite Liquido
- LP: Límite Plástico

Capacidad Portante de los Suelos

La capacidad del suelo para soportar las cargas aplicada sobre él se conoce como capacidad portante. La capacidad portante es técnicamente la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el suelo para evitar la falla por cortante del suelo o el asentamiento diferencial excesivo (Naranjo, 2012).

Ec 7 **Ecuación para determinar qadm**

$$qadm = 19,61 NcorrFd\left(\frac{Se}{25.4}\right) Kn\, f \quad m^2$$

Donde:

- **q adm:** Es la capacidad admisible del suelo.
- **N corr:** Número de golpes corregidos.
- Fd: Factor de corrección por empotramiento.
- Se**:** Asentamiento en mm.

Resultados y discusión

Se realizaron tres perforaciones cada una a la profundidad de seis metros de acuerdo lo que indica la normativa vigente del capítulo Geotecnia y Cimentaciones. En función de los ensayos ejecutados se obtuvo las propiedades físicas y mecánicas del suelo que se encuentran a detalle en Tabla 119, Tabla 120, Tabla 121 se observa la humedad natural del suelo, los porcentajes pasantes de las partículas del suelo, los límites de consistencia de acuerdo como se muestra a continuación.

Tabla 119.

Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 1.

PROYECTO:		**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para cimentación de obras civiles en el sitio la Dolorosa del cantón Jipijapa**											**COTA TERRENO:**		
SONDEO N°:		1											NIVEL FREATICO: S/N		
PROFUNDIDAD:		0.00 - 6.00											DIAMETRO PERFORACION: 63 mm		
EQUIPO:		SPT													
		DESCRIPCIÓN			LIMITES DE ATTERBERG			GRAULOMETRIA % PASA					CLASIFICACION		
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL		MUESTRA	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N° 4 (4,75 mm)	N° 10 (2 mm)	N° 40 (0,42 mm)	N° 200 (0,075 mm)		SUCS	AASHTO	ÍNDICE DE GRUPO (IG)
0,00-2,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador	36.43	72.97			67.61		40.07	29.31		SM	A–2–7	3
		0													
2,00-4,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador	44.03	69.92			66.93		40.07	27.72		SM	A-2-7	2
2,00-6,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador	30.07	70.37			65.02		27.08	12.07		SW-SM	A-2-7	0

Nota. Lo que se observa es que predomina en estos estratos es un suelo con contenido de arena con suelos finos.

Tabla 120.

Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 2.

PROYECTO:	**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para cimentación de obras civiles en el sitio la Dolorosa del cantón Jipijapa**													**COTA TERRENO:**
SONDEO N°:	2													NIVEL FREATICO: S/N
PROFUNDIDAD:	0.00 - 6.00													DIAMETRO PERFORACION: 63 mm
EQUIPO:	SPT													
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL	DESCRIPCION	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE ATTERBERG			GRAULOMETRIA % PASA					CLASIFICACION	
					LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	N° 4 (4,75 mm)	N° 10 (2 mm)	N° 40 (0,42 mm)	N° 200 (0,075 mm)	SUCS	AASHTO	INDICE DE GRUPO (IG)
0,00-2,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador			35.52	30.75	59.98			2.47	SW	A-2-7	0
2,00-4,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador			48.02	19.64	79.40				SP	A-2-7	0
2,00-6,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador			37.67	29.71	54.18			1.49	SW	A-2-7	0

Nota. Con estos resultados se observa que el suelo que predomina es una arena bien graduada.

Tabla 121.

Resumen de las propiedades físicas de los perfiles de estratos perforación 3.

PROYECTO:	**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo para cimentación de obras civiles en el sitio la Dolorosa del cantón Jipijapa**												**COTA TERRENO:**		
SONDEO N°:	3												NIVEL FREATICO: S/N		
PROFUNDIDAD:	0.00 - 6.00												DIAMETRO PERFORACION: 63 mm		
EQUIPO:	SPT														
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL	DESCRIPCION	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE ATTERBERG			GRAULOMETRIA % PASA					CLASIFICACION		
					LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	N° 4 (4,75 mm)	N° 10 (2 mm)	N° 40 (0,42 mm)	N° 200 (0,075 mm)		SUCS	AASHTO	INDICE DE GRUPO (IG)
0,00-2,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador							35.82	17.79		SM	A-2-7	0
2,00-4,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador				7.50			28.57	10.20		SP- SM	A-2-5	0
2,00-6,00		Arenas y arenas con gravas mal graduadas con pocos finos o sin finos	Muestreador	31.8						35.38	10.86		SP - SM	A-2-7	0

Nota. Estos resultados se observan que predomina una arena con doble nomenclatura.

Se observa en las siguientes Tabla 122, ***Tabla 123*** y ***Tabla 124*** la capacidad admisible del suelo de las tres perforaciones en el cual tenemos como resultado que la perforación N°1 tiene un esfuerzo admisible del suelo más débil comparada con los otros sondeos.

Tabla 122.

Capacidad de carga de suelos perforación 1.

Sondeo	N	Profundidad	Ncorr	Fd	Se (cm)	Q adm (kn/m2)	Fs admisible	Q adm (kn/m2)	Q adm (tn/m2)
Perforación 1	1	0.55 – 1.00	4.08	1.33	1.33	48.311	3.00	16.104	1.64
	2	1.55 – 2.00	4.08	1.33	1.33	48.311	3.00	16.104	1.64
	3	2.55 – 3.00	10.2	1.33	1.33		3.00	40.259	4.11
	4	3.55 – 4.00	2.72	1.33	1.33	32.207	3.00	10.736	1.09
	5	4.55 – 5.00	15.64	1.33	1.33		3.00	61.730	6.29
	6	5.55 – 6.00	18.36	1.33	1.33		3.00	72.466	7.39

Nota. Capacidad de carga de suelo aplicando la ecuación de Bowles perforación 1.

Tabla 123.

Capacidad de carga de suelos perforación 2.

Sondeo	N	Profundidad	Ncorr	Fd	Se (cm)	Q adm (kn/m2)	Fs admisible	Q adm (kn/m2)	Q adm (tn/m2)
Perforación 2	1	0.55 – 1.00	4.76	1.33	1.33	56.36	3.00	18.79	1.92
	2	1.55 – 2.00	10.2	1.33	1.33	120.78	3.00	40.26	4.11
	3	2.55 – 3.00		1.33	1.33	177.14	3.00	59.05	6.02
	4	3.55 – 4.00		1.33	1.33	265.71	3.00	88.57	9.03
	5	4.55 – 5.00		1.33	1.33	217.40	3.00	72.47	7.39
	6	5.55 – 6.00		1.33	1.33	378.43	3.00	126.14	12.86

Nota. Capacidad de carga de suelo aplicando la ecuación de Bowles perforación 2.

Tabla 124.

Capacidad de carga de suelos perforación 3.

Sondeo	N	Profundidad	Ncorr	Fd	Se (cm)	Q adm (kn/m2)	Fs admisible	Q adm (kn/m2)	Q adm (tn/m2)
Perforación 3	1	0.55 – 1.00	6.12		1.33	72.466	3.00	24.155	2.46
	2	1.55 – 2.00	8.16		1.33	96.621	3.00	32.207	3.28
	3	2.55 – 3.00	8.16		1.33	96.621	3.00	32.207	3.28
	4	3.55 – 4.00	20.4		1.33	241.553	3.00	80.518	8.21
	5	4.55 – 5.00	23.12		1.33	273.760	3.00	91.253	9.31
	6	5.55 – 6.00	23.12		1.33	273.760	3.00	91.253	9.31

Nota. Capacidad de carga de suelo aplicando la ecuación de Bowles perforación 3.

Conclusiones

De acuerdo a la exploración geotécnica se observa que en las tres perforaciones no presenta nivel freático y el suelo predomina que es una arena, pero con una capacidad de carga admisible promedio muy baja de 5.52 Tn/m2, lo cual hace que las futuras construcciones realicen un cambio de suelo de acuerdo a la carga de servicio que se obtenga de la futura estructura.

Para continuar con futuras investigaciones es necesario hacer ensayos geofísicos, así como sísmica de refracción para obtener la velocidad de onda secundaria .

Referencias Bibliográficas

Botía, W. (2015). *Manual de Procedimiento de Ensayos Suelos y Memoria de Cálculos [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada].* Repositorio Institucional UMNG. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/manual%20de%20procedimientos%20de%20ensayos%20de%20suelos.pdf;jsessionid=d125daa331c851e75f1162dd5958bd2f?sequence=1

González, A. (1999). ***Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT.*** https://www.scg.org.co/wp-content/uploads/estimativos-de-parametros-de-resistencia-con-spt.pdf

Huanca, C. (2018). ***Guía de Ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].*** Repositorio UMSA. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/21959/eg2224.pdf?sequence=1&isallowed=y

Huarcaya, Y., y Huacho, F. (2015). ***Propuesta técnica para un área deportiva de multiuso con la utilización del micropavimento en la I.E N 36214 de Bellavista-Lircay. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica].*** Repositorio UNH. http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/269

Oros, A. (2019). Límites de Atterberg.

Muelas, A. (2014). Manual de Mecánica de Suelo y Cimentaciones.

Naranjo, H. (2012). ***Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional***. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6133/1/calculo%20de%20capacidad%20portante%20basado%20en%20geofisica%20y%20metodo%20convencional.pdf

Puy, A. (2005). ***Influencia de la temperatura en el límite líquido para suelos con diferentes índices de plasticidad [Tesina, Universidad Politécnica de Catalunya].*** UPCommons. http://hdl.handle.net/2099.1/3282

Universidad de los Andes (2017). ***Manual de Prácticas del Laboratorio de Pavimentos. Práctica N° 2. Análisis Granulométrico por Tamizado***. https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/prc3a1ctica-nc2b0-2-anc3a1lisis-granulomc3a9trico-por-tamizado.pdf

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Unidad 4

Sanitaria e Hidráulica

Capítulo 31

Modelo hidrológico de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa con herramientas geoespaciales

AUTORES: Armijos Quimis Yorvin Leonardo; Martha Álvarez Álvarez

SABER**EC 5.0**

Modelo hidrológico de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa con herramientas geoespaciales

Hydrological Model of the Upper Basin of the Jipijapa River Using Geospatial Tools

Resumen

En la parte alta del río Jipijapa se han presentado daños hídricos a lo largo de los años, lo cual ha causado su deterioro y ha afectado su uso como recurso hídrico. Para abordar esta problemática, se desarrolló un modelo hidrológico con predicción a corto plazo, ya que generalmente sus datos son más precisos de esta manera, facilitando la comprensión de los procesos y cambios en la cuenca. La investigación se realizó con herramientas geoespaciales como el satélite ALOS PALSAR y el software ArcGIS, que permitieron obtener datos geomorfológicos e hidrológicos, mejorando la toma de decisiones para los puntos de impacto-causa. Actualmente, es posible formular hipótesis más realistas y predecibles con un alto porcentaje de credibilidad utilizando herramientas como Google Earth Engine. Los resultados obtenidos pueden ser implementados por organizaciones para crear planes de contingencia, gestionar la prevención de desastres naturales, planificar territorialmente, diseñar infraestructuras hidráulicas, realizar estudios de impacto ambiental e investigaciones científicas que contribuyan a la comprensión de los procesos hídricos en diversas escalas temporales y espaciales. La finalidad de esta investigación es facilitar datos de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa para futuros proyectos en un área establecida de 11,74 km^2.

Palabras clave: Recursos hídricos, infraestructuras hidráulicas, modelo hidrológico, procesos hídricos, planificación.

Abstract

In the upper part of the Jipijapa River, water damage has occurred over the years, which has caused its deterioration and affected its use as a water resource. To address this problem, a hydrological model with short-term prediction was developed, since its data is generally more accurate in this way, facilitating the understanding of the processes and changes in the basin. The research was carried out with geospatial tools such as the ALOS PALSAR satellite and ArcGIS software, which allowed obtaining geomorphological and hydrological data, improving decision-making for the impact-cause points. Currently, it is possible to formulate more realistic and predictable hypotheses with a high percentage of credibility using tools such as Google Earth Engine. The results obtained can be implemented by organizations to create contin-

gency plans, manage the prevention of natural disasters, territorial planning, design hydraulic infrastructures, carry out environmental impact studies and scientific research that contribute to the understanding of water processes at various temporal and spatial scales. The purpose of this research is to provide data from the upper part of the Jipijapa River basin for future projects in an established area of 11.74 km^2.

Keywords: Water resources, hydraulic infrastructure, hydrological model, water processes, planning.

Introducción

Los modelos hidrológicos son herramientas matemáticas utilizadas para simular el ciclo del agua en la Tierra, permitiendo a los científicos y expertos en recursos hídricos predecir el comportamiento de ríos, lagos y cuencas hidrográficas. Estos modelos son fundamentales para la gestión del agua y la planificación de recursos hídricos en diversas regiones del mundo (Maidment & Mays, 1998)

A nivel internacional al proporcionar herramientas predictivas y de gestión para comprender y abordar los desafíos relacionados con los recursos hídricos. Algunas formas en que ayudan a nivel internacional incluyen:

Predicción de inundaciones y sequías: Permiten prever y mitigar los impactos de eventos extremos como inundaciones y sequías.

Modelado de calidad del agua: Ayudan a predecir la calidad del agua y a identificar fuentes de contaminación para tomar medidas correctivas (Maidment, 1998).

A nivel Nacional estos juegan un papel crucial en la gestión del agua ya que proporcionan herramientas para predecir y gestionar los recursos hídricos de una manera eficiente y sostenible.

Permiten simular el comportamiento de los sistemas hídricos, como ríos, cuencas hidrográficas y acuíferos, lo que facilita la toma de decisiones informadas (López, 2009).

A nivel local son herramientas fundamentales para la gestión del agua en áreas específicas. A continuación, se detallan algunas formas en las que estos modelos ayudan a nivel local:

Evaluación de Impacto Ambiental: Permiten evaluar cómo diferentes actividades humanas pueden afectar la calidad y cantidad de agua en un área local.

Planificación Urbana: Ayudan en la planificación del desarrollo urbano al considerar la gestión sostenible del agua en áreas urbanas (Pérez, 1998).

Estos modelos son herramientas geoespaciales, herramientas fundamentales en la gestión del agua y el análisis de cuencas hidrográficas. Estos modelos integran datos geoespaciales para simular el comportamiento de los recursos hídricos en un área específica, lo que permite predecir flujos de agua, calidad del agua y otros aspectos relevantes para la toma de decisiones en la gestión del agua (IMDEAM, 2018)

Con el fin de obtener datos geomorfológicos e hidrológicos de la zona de estudio se ha realizado la presente investigación con imágenes satelitales y el software ArcGis 10.4.1 y con esto tener datos que sirvan para futuras investigaciones donde tengan una buena gestión.

Materiales y métodos

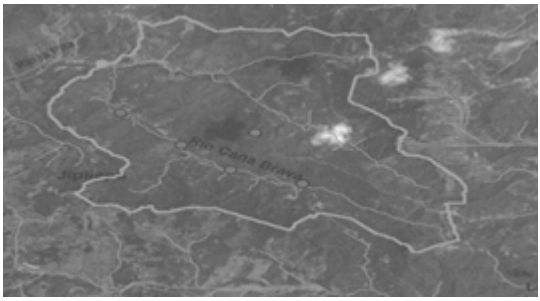
Área de estudio

El presente estudio se realizó en la parte alta de la cuenca del rio Jipijapa, Departamento de Manabí, Ecuador. Caracterizada por su clima tropical monzónico, su temporada de lluvias va de diciembre a mayo y su temporada seca el resto del año.

El área de la cuenca del rio Jipijapa tiene un aproximado de 253.85 km^2, su topografía es variada ya que va desde los 100 a 550 metros sobre el nivel del mar, su área de estudio es de 11.64 km^2 en la parte alta de la cuenca.

Figura 95.

Zona de estudio parte alta de la cuenca del rio Jipijapa.



En este estudio se utilizará el diseño descriptivo porque se propondrá un modelo hidrológico de la parte alta de la cuenca del rio Jipijapa. Se aplicará su enfoque cuantitativo donde se delimito el área de estudio para realizar una

evaluación de los recursos y cambios hidrológicos de la parte alta de la cuenca del rio Jipijapa.

Según Cerón et al. (2020), los métodos empíricos se basan en la experiencia en el contacto con la realidad; es decir. Se fundamentan en la experimentación y la lógica que, junto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, son los más utilizados en las ramas de las ciencias naturales y también de las ciencias sociales.

Según Espada (2021), el método descriptivo es concluyente. Esto significa que recopila datos cuantificables que se pueden analizar con fines estadísticos en una población objetivo. Este tipo de estudio tiene, por tanto, la forma de preguntas cerradas, lo que limita las posibilidades de obtener información exclusiva.

Estas técnicas, son utilizadas para encontrar, acceder e identificar mucha información que pueda ser relevante para las investigaciones.

Fórmulas utilizadas

Coeficiente de compacidad

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Factor de forma

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Radio de circularidad

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Frecuencia de densidad de ríos

$$D_r = \frac{N° rios}{\mathrm{A}}$$

Pendiente media del rio principal

$$S_m = \frac{H_M - H_m}{1000 \times L}$$

Tiempo de concentración

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Altura media del rio principal

$$S_m = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Resultados y discusión

La tabla presente (Tabla 125) nos muestra los parámetros fisiográficos de la cuenca, nos presenta los datos fundamentales de la parte alta del rio Jipijapa. Su enfoque se basa en una mejor comprensión de la zona estudiada.

Tabla 125.

Parámetros Fisiográficos De Una Cuenca Hidrográfica.

Parámetros			Unidad De Medida	Cuenca Hidrográfica
		Área General De La Cuenca	Km^2	11,64
Variables De Forma De La Cuenca	Perímetro De La Cuenca		Km	22,13
	Longitud De Río Principal		Km	6,16
	Centroides	Este X	M	552154,34
		Norte Y	M	
	Ancho Promedio De La Cuenca		Km	1,89
	Coeficiente De Compacidad		-	1,83
	Factor De Forma		-	0,3071
	Radio De Circularidad		Km	0,2987

Otra herramienta que no podemos dejar de lado en cuestión de análisis de una cuenca es la curva hipsométrica, esta nos da la distribución de las

áreas con sus altitudes dentro de la misma. Nos da una representación topográfica de la cuenca ya que este aspecto influye en sus características y su comportamiento como; erosiones, escorrentía, entre otras, también una representación de sus frecuencias de altitudes.

Tabla 126.

Coordenadas.

X	Y
552689.3	9849053
552687.22	9849044.2
551881.3	9849288.4
551330	9849726.8
550655.5	9850294.2

Para tener los datos de la curva hipsométrica nos guiamos con la tabla de Áreas de curvas de nivel en la cual para la curva de nivel usamos los valores de la máxima y el área acumulada (km^2) y para el polígono de frecuencias usamos la mínima y el porcentaje de área entre C.N.

Tabla 127.

Tabla de curvas de nivel.

Cuadro De Áreas Entre Las Curvas De Nivel

	Cota (Msnm)			Área (Km^2)					
N°	Mínima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (Km^2) "Ai"	Área Acumulada (Km^2)	Área Que Queda En La Superficie (Km^2)	Porcentaje De Área Entre C.N.	Porcentaje De Área Sobre C.N.	Ci*Ai
1	371	422	396,5	1,05	1,05	11,64	9,00%	100,0	415,09
2	423	456	439,5	1,66	2,71	10,59	14,28%	91,0	730,19
3	457	486	471,5	1,78	4,48	8,93	15,27%	76,7	837,65
4	487	514	500,5	1,85	6,33	7,15	15,90%	61,5	925,93
5	515	542	528,5	1,61	7,95	5,30	13,85%	45,6	852,12
6	543	571	557,0	1,16	9,11	3,69	9,97%	31,7	646,56
7	572	602	587,0	0,87	9,98	2,53	7,50%	21,7	512,62
8	603	637	620,0	0,72	10,70	1,66	6,16%	14,2	444,75
9	638	679	658,5	0,65	11,35	0,94	5,57%	8,1	426,48
10	680	771	725,5	0,29	11,64	0,29	2,50%	2,5	211,30
				11,64			100%		6002,68

Altitud Media De La Cuenca

515,80 m.s.n.m

Figura 96.

Curva Hipsométrica.

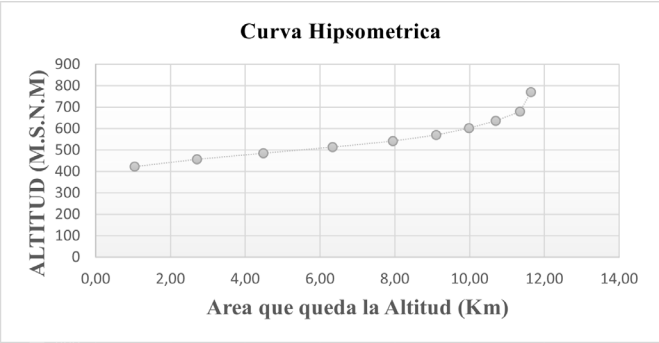


Figura 97.

Frecuencias de altitudes.

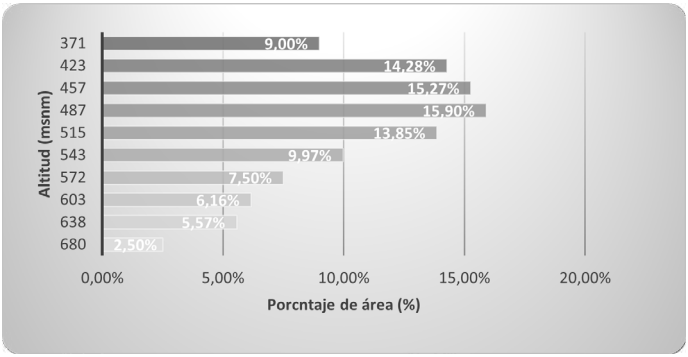


Tabla 128.

Parámetros Red Hidrográfica De Una Cuenca.

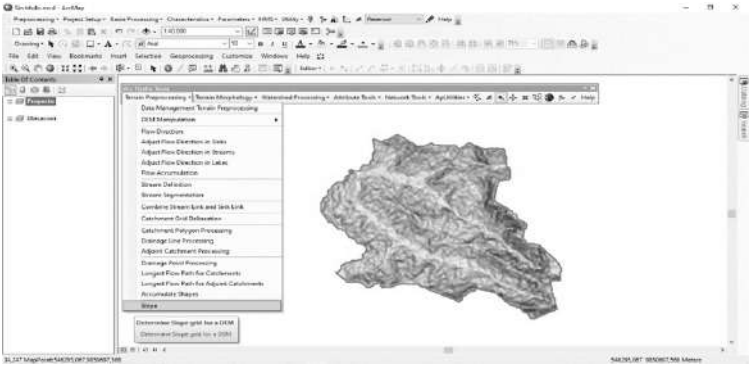
Parámetros			Unidad de Medida	Cuenca Hidrográfica
Parámetros De La Red Hidrográfica De La Cuenca	Tipo De Corriente		-	
	Numero De Orden De Ríos	Orden 1	-	18
		Orden 2	-	10
		Orden 3	-	5
		Orden 4	-	1
		Orden 5	-	0
		Orden 6	-	0
		N° Total De Ríos	-	34
		Grado De Ramificación	-	4
	Frecuencia De Densidad De Ríos (Dr)		Ríos/KM2	2,9216
	Cotas Del Cauce Principal	Altitud Max (Hmax)	MSNM	768,78
		ALTITUD MIN (Hmin)	MSNM	371,00
	Pendiente Media Del Rio Principal (Sm)		M/M	6%
	Altura Media Del Rio Principal (H)		MSNM	198,89
	Tiempo De Concentración (Tc)		Horas	0,7720
Densidad De Drenaje				1,41
Extensión Media Del Escurrimiento Superficial				0,71

El análisis de la red hidrográfica de la parte alta de la cuenca del rio Jipijapa nos ayuda a una mejor planificación de los recursos hídricos para una futura gestión de la misma, es decir, con esto podemos realizar planes de contingencia para tener una conservación del mismo y prevenir desastres naturales. En la presente tabla (Tabla 128.) nos da los datos necesarios para garantizar una sostenibilidad de la cuenca para más modelaciones.

Se realizó un proceso de análisis espacial usando el software ArcGis 10.4.1, usando una imagen satelital descargada de Alos Palsar, con esto teniendo una delimitación de la zona de estudio (***Figura 98***.). Iniciando el proyecto con la georreferencia del lugar a estudiar que es la zona alta del rio Jipijapa que se ubica en WGS 1984 UTM zona 17S, las herramientas usadas fueron; Arc Hydro Tools y HEC-GeoHms.

Figura 98.

Zona de estudio.



Realizado el modelo hidrológico de la parte alta del rio Jipijapa (***Figura*** 99) obtuvimos las delimitaciones de las subcuencas, longitud de cauce hasta su centroide (Figura 100), pendiente de los ríos (***Figura*** 101), entre otras, con estos datos podemos entender más el proceso en el que las lluvias proceden desde las áreas donde tienen más captación hasta los cuerpos de agua (ríos y lagos).

Figura 99.

Modelo hidrológico parte alta de la cuenca del rio Jipijapa.

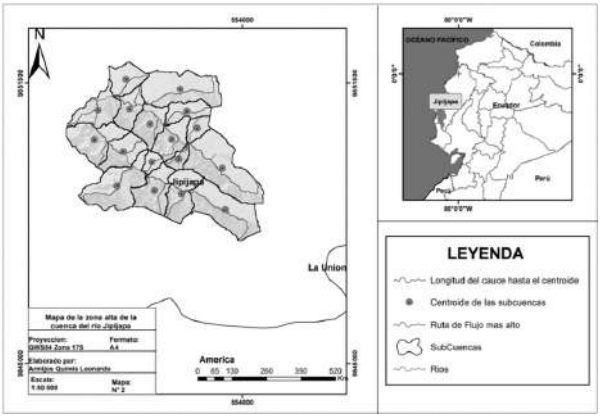


Figura 100.

Longitud del cauce hasta el centroide.

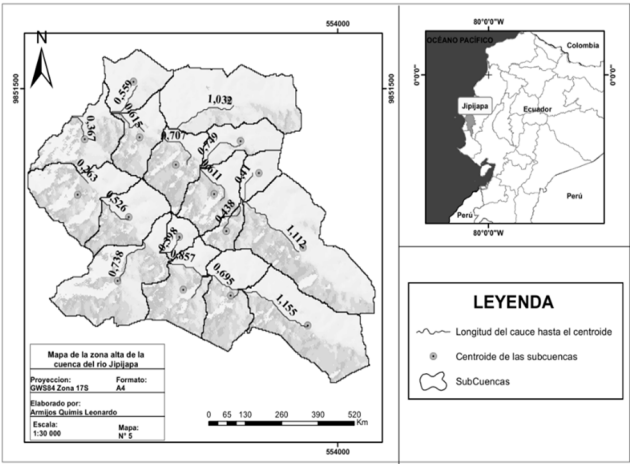
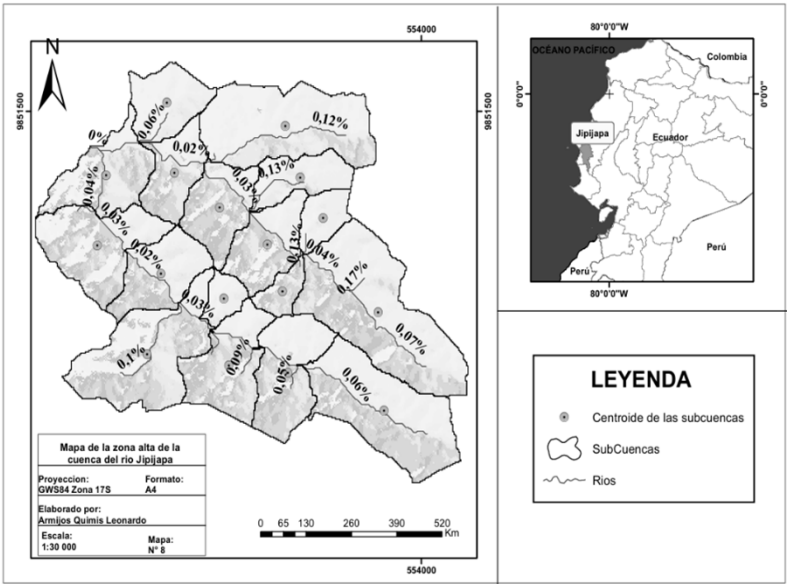


Figura 101.

Pendiente de los ríos.



Conclusiones

- Las características geomorfológicas de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa, como la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y la geología local, influyen significativamente en el régimen hidrológico de la zona. Estas características pueden afectar la infiltración del agua, la escorrentía superficial y la erosión del suelo, lo que a su vez impacta en la disponibilidad de agua y en la calidad del recurso hídrico en la cuenca.
- Existe una estrecha relación entre las características hidrológicas y geomorfológicas de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa. La distribución espacial de las precipitaciones, la topografía del terreno y la red de drenaje influyen en la cantidad de agua que fluye a lo largo del río, así como en la erosión del suelo y la formación de cauces fluviales. Comprender esta interacción es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la zona.
- La aplicación de modelos hidrológicos en la parte alta de la cuenca del río Jipijapa es fundamental para predecir y gestionar los recursos hídricos de manera eficiente. Estos modelos permiten simular el comportamiento del agua en la cuenca, teniendo en cuenta las características geomorfológicas y climáticas de la región. Al integrar datos hidrológicos y geoespaciales en los modelos, se puede mejorar la toma de decisiones en la planificación hidrológica y en la prevención de riesgos asociados a eventos extremos como inundaciones o sequías.

Referencias Bibliográficas

Cerón Islas, A., Perea de la Fuente, M. A., & Figueroa Velázquez, J. G. (2020). Métodos empíricos de la investigación parte 1. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. https://www.uaeh.edu.mx

Espada, B. (2021, 29 de abril). Qué es el método descriptivo y ejemplos. Ok-Diario. Recuperado de https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888

IDEAM. (2018). Protocolo de modelación hidrológica e hidráulica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Recuperado de https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-23/protocolo_de_modelacion_hidrologica_e_hidraulica.pdf

López, C. G. (2009). Aplicación de modelos hidrológicos de las microcuencas del área.

Maidment, D. R. (1998). Water resources research.

Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1998). Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 32

Modelo hidrológico de la parte baja de la Cuenca del Río Jipijapa con Herramientas Geoespaciales

AUTORES: Kane Anderson Bello Vera; Martha Álvarez Álvarez

SABER**EC 5.0**

Modelo hidrológico de la parte baja de la Cuenca del Río Jipijapa con Herramientas Geoespaciales

Hydrological Model of the Lower Jipijapa River Basin with Geospatial Tools

Resumen

La parte baja de la cuenca del río Jipijapa ha experimentado daños hídricos recurrentes, afectando su uso como recurso hídrico y aumentando los riesgos de inundaciones. Este estudio se realizó para desarrollar un modelo hidrológico que permita comprender mejor el comportamiento hidrológico de la región y prever posibles riesgos de inundaciones a futuro. Se aplicaron herramientas geoespaciales para recopilar, procesar y analizar datos. La información topográfica se obtuvo a través de imágenes de satélite y modelos digitales de elevación del satélite ALOS PALSAR. Con estos datos, se realizó un análisis detallado de las características geomorfológicas e hidrológicas de la zona estudiada. Además, se incorporaron datos meteorológicos obtenidos de Google Earth Engine para simular diferentes escenarios hidrológicos y evaluar el impacto de eventos extremos como lluvias intensas o crecidas repentinas. El modelo hidrológico permitió predecir el comportamiento de los caudales y niveles de agua en diferentes puntos de la cuenca, facilitando la toma de decisiones para la gestión de recursos hídricos y la planificación de infraestructuras. Los resultados obtenidos del estudio proporcionaron información valiosa para las autoridades locales y los habitantes de la región, permitiendo una mejor comprensión de los riesgos hidrológicos y la implementación de medidas de prevención y mitigación. En resumen, el uso de herramientas geoespaciales en conjunto con un modelo hidrológico fue fundamental para mejorar la gestión de recursos hídricos en la parte baja de la cuenca del río Jipijapa.

Palabras claves: Modelo hidrológico, geomorfología, hidrología, escenarios hidrológicos, topografía.

Abstract

The lower part of the Jipijapa River basin has experienced recurrent water damage, affecting its use as a water resource and increasing flood risks. This study aimed to develop a hydrological model to better understand the region's hydrological behavior and predict possible future flood risks. Geospatial tools were applied to collect, process, and analyze data. Topographic information was obtained through satellite images and digital elevation models from the ALOS PALSAR satellite. With this data, a detailed analysis of the geomorphological and hydrological characteristics of the studied area was carried out. Additionally, meteorological data obtained from Google Earth Engine were incor-

porated to simulate different hydrological scenarios and evaluate the impact of extreme events such as intense rains or flash floods. The hydrological model allowed for predicting the behavior of water flows and levels at different points in the basin, facilitating decision-making for water resource management and infrastructure planning. The study's results provided valuable information for local authorities and inhabitants, allowing for a better understanding of hydrological risks and the implementation of prevention and mitigation measures. In summary, the use of geospatial tools combined with a hydrological model was essential to improve water resource management in the lower part of the Jipijapa River basin.

Keywords: Hydrological model, geomorphology, hydrology, hydrological scenarios, topography.

Introducción

La modelización hidrológica es una herramienta fundamental para la gestión y planificación de los recursos hídricos en todo el mundo. Sin embargo, los problemas relacionados con la escasez de agua, las inundaciones y la contaminación del agua han empeorado en las últimas décadas debido al crecimiento demográfico, el cambio climático y la urbanización excesiva (Sánchez et al., 2020).

A nivel internacional, estos problemas se exacerban en regiones vulnerables donde la falta de acceso a tecnologías avanzadas limita su capacidad para responder a eventos extremos y gestionar eficientemente el agua (Bergström, 2019).

En el contexto nacional, muchos países de América Latina enfrentan desafíos similares. La variabilidad climática y la deforestación impactan negativamente en la disponibilidad de recursos hídricos, lo que exige un enfoque más robusto en el desarrollo de modelos hidrológicos que integren variables ambientales, sociales y económicas (González et al., 2021).

Localmente, se observan situaciones críticas en cuencas específicas, donde la implementación de herramientas geoespaciales se vuelve esencial para la elaboración de diagnósticos precisos y la formulación de políticas adecuadas que promuevan una gestión sustentable del agua (Rodríguez & Martínez, 2022).

El uso de modelos hidrológicos avanzados mediante herramientas geoespaciales, ya que permiten simular y prever comportamientos hidrológicos en distintos escenarios, facilitando así la toma de decisiones informadas. Estas

herramientas son particularmente valiosas en la identificación de zonas de riesgo, la planificación de infraestructura hidráulica y la evaluación de impactos producidos por actividades antrópicas (Castillo et al., 2021).

La presente investigación trata sobre la modelación hidrológica de la parte baja de la cuenca del rio Jipijapa con herramientas geoespaciales se realiza con la finalidad de obtener datos geomorfológicos he hidrológicos del área ya mencionada atreves de imágenes satelitales y el software ArcGIS 10.4.1 para que dichos datos sirvan de apoyo para diversos proyectos académicos a futuro. Este trabajo contribuirá a la comprensión de los retos actuales en la modelación hidrológica, así como a la identificación de las mejores prácticas en la utilización de herramientas geoespaciales, elementos esenciales para la gestión integrada del agua en contextos globales y locales.

Materiales y métodos

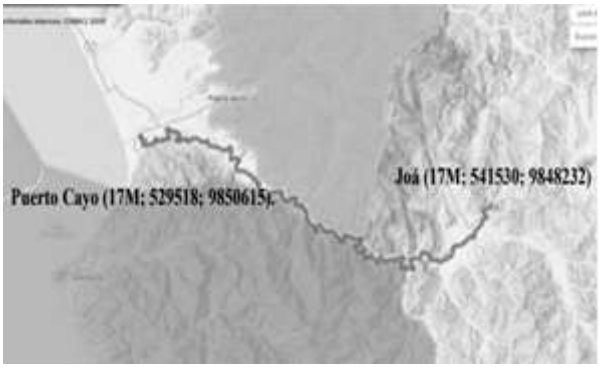
Área de Estudio

Este estudio se realizó en la parte baja de la cuenca del río Jipijapa (Fig. 1), Departamento de Manabí, Ecuador. La región se caracteriza por un clima tropical monzónico, con una temporada de lluvias de diciembre a mayo y una estación seca durante el resto del año.

El área de la cuenca del río Jipijapa es de aproximadamente 253.85 km^2, con topografía variable que va desde los 100 a 500 metros sobre el nivel del mar, y el área de estudio es de 111,58 km^2 en la parte baja de la cuenca.

Figura 102.

Parte baja de la cuenca del río Jipijapa.



Nota. Tomado de Merino (2023, p. 40)

En el presente estudio se utilizará el diseño descriptivo ya que se propondrá un modelo hidrológico de la zona baja de la cuenca del rio jipijapa. Se aplicará un enfoque cuantitativo donde se delimito el área de estudio para así evaluar los recursos, cambios hidrológicos de la zona baja de la cuenca del rio Jipijapa, se utilizaron los siguientes métodos de investigación:

El método empírico-analítico es un modelo de investigación científica basado en la lógica empírica y, junto con el método fenomenológico, es el más utilizado en los campos de las ciencias sociales y descriptivas. El término experiencia proviene de experiencia, **ἐμπειρία,** del griego antiguo (Aristóteles usaba la reflexión analítica y métodos experienciales como forma de construir conocimiento), que luego se traduce como **ἐu (en) y περa** (evidencia) de Evidencia, es así como se hacen los experimentos.

Los métodos descriptivos son decisivos, esto significa recopilar datos cuantificables sobre la población objetivo que puedan analizarse con fines estadísticos. Por tanto, este tipo de encuesta se realiza en forma de preguntas cerradas, lo que limita la posibilidad de obtener información privada.

En su sentido más amplio, los métodos de investigación bibliográfica son sistemas utilizados para determinar la información contenida en los documentos.

Más específicamente, las técnicas de investigación bibliográfica son un conjunto de técnicas y estrategias utilizadas para encontrar, identificar y acceder a documentos que contienen información relevante para la investigación.

Formulas Utilizadas

Coeficiente de compacidad

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Factor de forma

$K_f = \frac{A}{L^2}$ Radio de circularidad

$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$ Frecuencia de densidad de ríos

$D_r = \frac{N°rios}{\text{A}}$ Pendiente media del rio principal

$S_m = \frac{H_M - H_m}{1000 \times L}$ Tiempo de concentración

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$ Altura media del rio principal

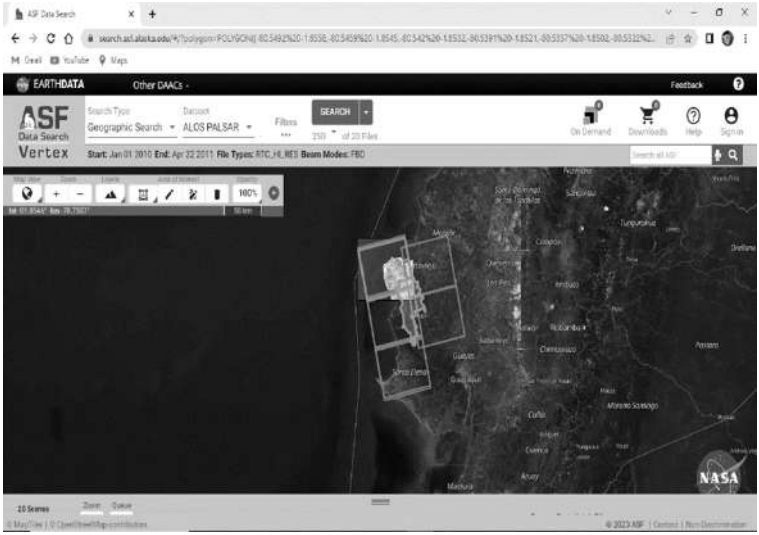
$$S_m = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Resultados y discusión

Para obtener las características principales de la zona baja de la cuenca del rio jipijapa se tomó en cuenta imágenes satelitales obtenidas del satélite ALOS PALSAR (Fig. 2).

Figura 103.

Imágenes Rasters del Satélite ALOS PALSAR.



Se pretende encontrar pautas a las características principales de una cuenca con el fin de obtener información esencial para tomar decisiones en la planificación y administración de la zona de estudio.

Se ha utilizado el Software ArcGis 10.4 para obtener las áreas parciales entre curvas de nivel. Para finalmente obtener las principales características de la Cuenca Baja del rio Jipijapa.

Se inició con el trabajo haciendo la geo referenciación del lugar de estudio para la zona baja de la cuenca del rio Jipijapa la cual que es WGS 1984 UTM zona 17S, utilizando las herramientas del software ArcGIS 10.4 que fueron:

- Arc hydro tools
- HEC-GeoHMS

La tabla de resultados a continuación de los parámetros fisiográficos de una cuenca (***Tabla 129***), presenta datos clave sobre la parte baja de la cuenca del rio Jipijapa. Este enfoque permite comprender mejor la forma que tiene la zona de estudio.

Tabla 129.

Parámetros Fisiográficos De Una Cuenca Hidrográfica.

Parámetros Fisiográficos De Una Cuenca Hidrográfica				
Parámetros			Unidad De Medida	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de forma de la cuenca	Área total de la cuenca		km2	111,58
	Perímetro de la cuenca		km	64,88
	Longitud de río principal		km	23,30
	Centroides	Este X	m	537469,15
		Norte Y	m	9847831,05
	Ancho promedio de la cuenca		km	4,79
	Coeficiente de compacidad		-	1,73
	Factor de forma		-	0,2056
	Radio de Circularidad		km	0,3332

La curva hipsométrica (Figura 104) es una herramienta fundamental en el análisis de cuencas hidrográficas, ya que permite representar la distribución de áreas a diferentes altitudes dentro de la cuenca. Esta representación gráfica ayuda a comprender cómo las características topográficas de la cuenca influyen en el comportamiento hidrológico, como la escorrentía, la precipitación y la erosión. A continuación, se comparte la curva hipsométrica de la parte baja de la cuenca del rio Jipijapa y el polígono de frecuencias de altitudes (Figura 105).

Figura 104.

Curva Hipsométrica.

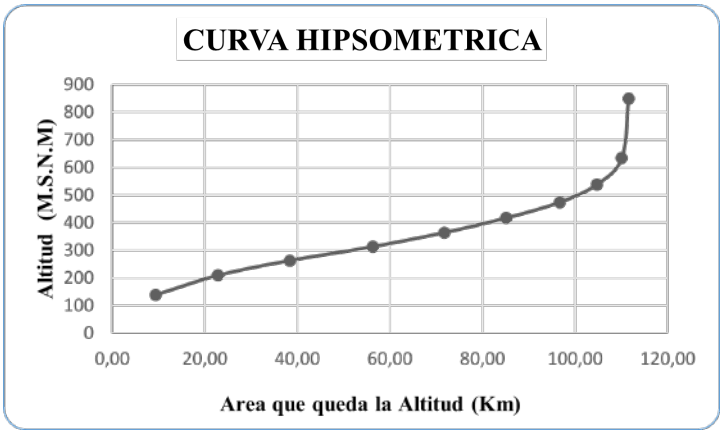
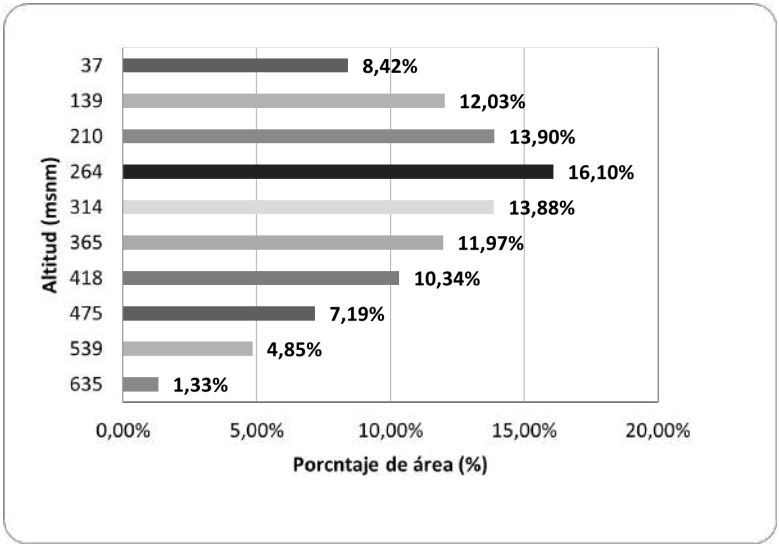


Figura 105.

Polígono De Frecuencias De Altitudes.



El análisis de estos parámetros proporciona una comprensión integral de la red hidrográfica de la parte baja de la cuenca del rio Jipijapa y es fundamental para la planificación y gestión de recursos hídricos, así como para la conservación de ecosistemas acuáticos. La información obtenida en parámetros de la red hidrográfica de la cuenca puede ser utilizada para modelar

escorrentías, planificar el uso del suelo y aplicar políticas de manejo del agua que garanticen la sostenibilidad de la cuenca.

Tabla 130.

Parámetros De La Red Hidrográfica De La Cuenca.

Parámetros Red Hidrográfica De Una Cuenca				
Parámetros			*Unidad De Medida*	*Cuenca Hidrográfica*
Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	*Tipo de corriente*		-	
	Número de orden de los ríos	*Orden 1*	-	*183*
		Orden 2	-	*75*
		Orden 3	-	*48*
		Orden 4	-	*22*
		Orden 5	-	*37*
		Orden 6	-	-
		N° Total de ríos	-	*365*
		Grado de ramificación	-	*5*
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		*ríos/km2*	*3,2711*
	Cotas del cauce principal	*Altitud máxima (Hmax)*	*msnm*	*770,40*
		Altitud mínima (Hmin)	*msnm*	*37*
	Pendiente media del río principal (Sm)		*m/m*	*3%*
	Altura media del río principal (H)		*msnm*	*366,70*
	Tiempo de concentración (Tc)		*horas*	*2,84*
	Densidad de drenaje		-	*1,67*
	Ext.media del escurrimiento superficial		-	*0,6*

El modelo hidrológico de la parte baja del rio Jipijapa (Figura 106) obtenido a partir de imágenes satelitales y procesado en el software ArcGIS 10.4.1 dio como resultado la delimitación de cada subcuenca y su respectiva elevación (Figura 107) y así mismo la ruta de flujo más alta que nos permite entender y predecir cómo se desplaza el agua a través del paisaje, puede ayudar a modelar el escurrimiento superficial, ya que define cómo el agua de lluvia se mueve desde las áreas de captación hasta los cuerpos de agua, como ríos y lagos.

Figura 106.

Modelo Hidrologico De La Parte Baja Del Rio Jipijapa.

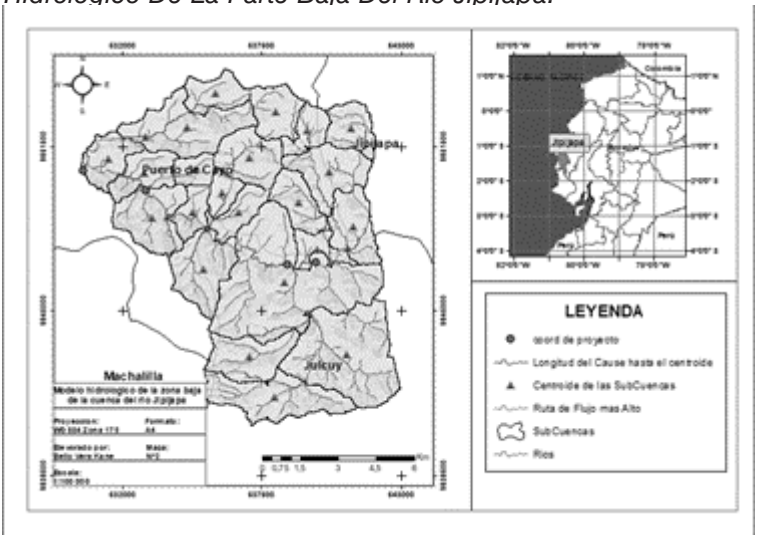
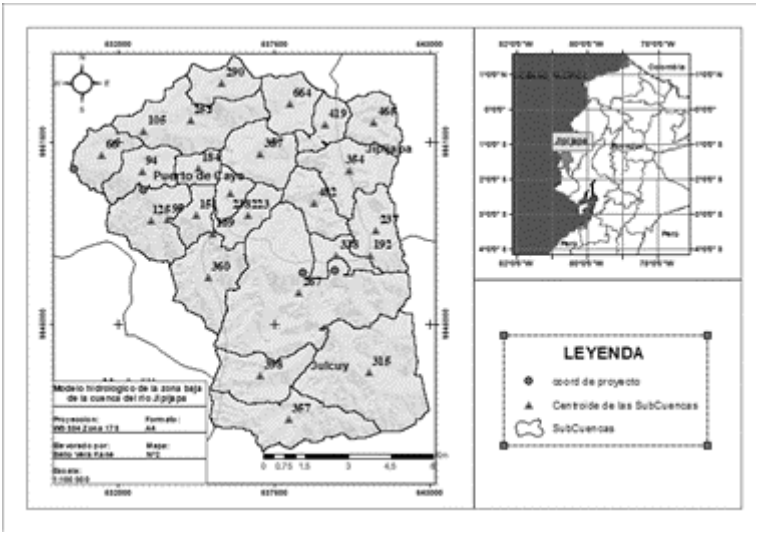


Figura 107.

Delimitacion De Las Subcuencas Y Sus Respectivas Elevaciones.



Concluciones

- El desarrollo de un modelo hidrológico para la parte baja de la cuenca del río Jipijapa ha permitido arrojar luz sobre los complejos sistemas que rigen el comportamiento del agua en este importante ecosistema. A través de un análisis detallado de los parámetros hidrológicos y morfológicos, se han identificado patrones y relaciones que no solo enriquecen el conocimiento científico sobre la cuenca, sino que también proporcionan herramientas valiosas para la gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos en la región.
- En términos de parámetros hidrológicos, el modelo ha demostrado una notable capacidad para simular el régimen de caudales y la variabilidad temporal de los flujos en la cuenca. La identificación de variables clave como la precipitación, la evapotranspiración y el uso del suelo ha sido esencial para entender la dinámica del agua. Los resultados obtenidos indican que la intensa actividad agrícola y el desarrollo urbano en la parte baja de la cuenca impactan de manera significativa en la escorrentía superficial y en la recarga de los cuerpos de agua. Es fundamental considerar estos factores en la planificación de intervenciones que busquen optimizar el uso del agua, prevenir inundaciones y promover la conservación de los ecosistemas acuáticos.
- Desde la perspectiva morfológica, el análisis de la topografía y la geología de la cuenca ha revelado que las características físicas del entorno influyen considerablemente en la distribución y el movimiento del agua. La identificación de áreas vulnerables a la erosión y la sedimentación brinda la oportunidad de implementar acciones de conservación y mitigación, especialmente en zonas de alta pendiente que son propensas a deslizamientos. Además, la integración de datos morfométricos en el modelo ha permitido una calibración más precisa, lo que mejora la fiabilidad de las predicciones hidrológicas.

Referencias Bibliográfica

Bergström, S. (2019*). Hydrological Modelling: A Global Perspective*. *Environmental Science & Policy, 18(2),* 215-227.

Castillo, J., López, M., & Salinas, M. (2021). Uso de tecnología geoespacial en la gestión de recursos hídricos: un enfoque en las cuencas hidrográficas de México. *Revista de Gestión del Agua, 10(3)*, 45-60.

González, A., Ramírez, J. & Salgado, P. (2021). Los impactos del cambio climático en la gestión de recursos hídricos en América Latina. *Gestión Ambiental, 12(4),* 56-73.

Rodríguez, F., & Martínez, L. (2022). Modelos hidrológicos y su aplicación en la planificación urbana sostenible. *Revista de Recursos Hídricos, 15(1),* 23-34.

Sánchez, R., García, T. & Pérez, M. (2020). Desafíos en la gestión de cuencas hidrográficas bajo el cambio climático. *Ingeniería y Ciencias Ambientales, 18(2),* 75-90.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 33

Evaluación de la capacidad hidráulica para una captación de agua subterránea del recinto Zapallo, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas

AUTORES: Dante Stalin Murillo Baque; Ellen Brithney López Narváez

SABER**EC 5.0**

Evaluación de la capacidad hidráulica para una captación de agua subterránea del recinto Zapallo, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas

Assessment of Hydraulic Capacity for Groundwater Abstraction in Zapallo Precinct, Quinindé Canton, Esmeraldas Province

Resumen

El desconocimiento de la capacidad hidráulica y la calidad del agua subterránea representa un riesgo significativo para la salud de los habitantes y la sostenibilidad del suministro. El recinto Zapallo, en el cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas, enfrenta problemas relacionados con los elementos fisicoquímicos y micro orgánicos presentes en el agua subterránea, lo cual impacta la calidad del agua destinada a viviendas unifamiliares. El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del cantón Quinindé debe abordar la gestión del agua subterránea mediante una evaluación exhaustiva de su disponibilidad, calidad y capacidad de recarga, estableciendo normativas estrictas para su uso y protección. Es crucial integrar estrategias para prevenir la contaminación y la sobreexplotación, y proteger las áreas vulnerables, mientras se asegura la compatibilidad con el desarrollo urbano y rural. Además, el POT debe considerar el impacto del cambio climático y promover la participación comunitaria y la educación sobre el uso sostenible del agua subterránea para garantizar una gestión eficaz y duradera de este recurso vital Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé (2015). El objeto de estudio son los acuíferos y las estructuras de captación de agua subterránea del recinto Zapallo. La investigación evaluó la capacidad hidráulica y la mejora en la calidad del agua subterránea para garantizar un suministro de agua potable suficiente y sostenible. La metodología incluye la caracterización de los acuíferos, el análisis del diseño y estado de las estructuras de captación, y la eficiencia del sistema de bombeo y distribución de agua. Se realizaron mediciones de caudal, pruebas de bombeo y análisis del nivel freático, junto con estudios fisicoquímicos y bacteriológicos del agua. Los resultados permitieron identificar limitaciones en la capacidad de captación y almacenamiento del agua, y determinar si el agua cumple con los parámetros establecidos por las normativas TULSMA e INEN. Las conclusiones subrayan la necesidad de implementar mejoras en el sistema de captación y tratamiento del agua para reducir la incidencia de enfermedades y promover un entorno saludable y sostenible para la comunidad.

Palabras Clave: Calidad del agua, elementos fisicoquímicos, acuíferos, suministro sostenible, estudios bacteriológicos.

Abstract

Ignorance of the hydraulic capacity and quality of groundwater represents a significant risk to the health of inhabitants and the sustainability of the supply. The Zapallo site, in the Quinindé canton of the province of Esmeraldas, faces problems related to the physicochemical and micro-organic elements present in the groundwater, which impacts the quality of the water intended for single-family homes. The Territorial Planning Plan (POT) of the Quinindé canton must address the management of groundwater through an exhaustive evaluation of its availability, quality and recharge capacity, establishing strict regulations for its use and protection. It is crucial to integrate strategies to prevent pollution and overexploitation, and protect vulnerable areas, while ensuring compatibility with urban and rural development. In addition, the POT must consider the impact of climate change and promote community participation and education on the sustainable use of groundwater to ensure effective and lasting management of this vital resource Municipal decentralized autonomous government of the Quinindé canton (2015). The object of study is the aquifers and groundwater collection structures of the Zapallo site. The research evaluated hydraulic capacity and improvement in groundwater quality to ensure a sufficient and sustainable drinking water supply. The methodology includes the characterization of the aquifers, the analysis of the design and state of the catchment structures, and the efficiency of the water pumping and distribution system. Flow measurements, pumping tests and analysis of the water table were carried out, along with physicochemical and bacteriological studies of the water. The results allowed us to identify limitations in the water collection and storage capacity, and determine whether the water complies with the parameters established by the TULSMA and INEN regulations. The conclusions highlight the need to implement improvements in the water collection and treatment system to reduce the incidence of diseases and promote a healthy and sustainable environment for the community.

Keywords: Water quality, physical-chemical elements, aquifers, sustainable supply, bacteriological studies.

Introducción

La capacidad hidráulica es un sistema que permite el almacenamiento de fluidos, como lo es para este caso los pozos de agua subterránea ubicados en el recinto Zapallo. Este tema tiene su enfoque en el diagnóstico de la calidad

de agua y de su abastecimiento, la contaminación de las aguas subterráneas es uno de los principales factores de riesgo para la salud de los seres humanos provocando enfermedades gastrointestinales, en donde se usan propuestas de tratamiento tanto como de cloración y filtración, con el fin de tener un procedimiento de potabilización que serán aplicados en tanques elevados comerciales.

A nivel internacional, el acceso al agua se considera un derecho humano esencial y crucial para el desarrollo sostenible, el agua subterrénea es particularmente valiosa por su mayor disponibilidad y menor vulnerabilidad a la contaminación y variaciones ambientales en comparación con el agua superficial (Cerón, 2021). A nivel nacional, los pozos de aguas subterráneas, son los que almacenan un fluido en espacios porosos del suelo y son una fuente vital para el consumo humano, la preservación de estos acuíferos, la protección y la contaminación son esenciales para asegurar la disponibilidad de agua limpia y segura en el futuro (Instituto del Agua, 2024). Dentro del nivel local, la capacidad hidráulica de las aguas subterráneas de Esmeraldas es un recurso crucial que enfrenta desafíos importantes, como la gestión ineficaz y la contaminación. Este diagnóstico no solo busca garantizar un suministro de agua seguro y eficiente, sino también fomentar la sostenibilidad y resiliencia de los recursos hídricos locales, las siguientes normas son la guía fundamental para todo este proceso (Norma Técnica Ecuatoriana,.2014; Tulsma 2000).

Para asegurar el acceso y la calidad del agua en la región, es fundamental implementar estrategias de manejo sostenible y realizar investigaciones más detalladas. La información obtenida permitirá desarrollar recomendaciones para mejorar la infraestructura de abastecimiento de agua en la comunidad, incluyendo la implementación de sistemas de cloración y filtración para optimizar el uso de pozos existentes. Este diagnóstico no solo busca garantizar un suministro de agua seguro y eficiente, sino también fomentar la sostenibilidad y la capacidad de su recuperación.

El agua subterránea en el recinto Zapallo, es fundamental para el almacenamiento y su distribución, teniendo su objetivo en la evaluación detallada de los recursos hidráulicos disponibles. Además, la contaminación de estos acuíferos debido a diversos factores ambientales y antropogénicos es un asunto crítico para la salud pública, donde evaluar y asegurar la eficiencia de estos sistemas es vital para garantizar un suministro de agua seguro, limpio y adecuado a las necesidades de las personas. Donde es crucial realizar monitoreos periódicos y estudios de impacto ambiental para prevenir y mitigar posibles fuentes de contaminación, asegurando así la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo.

Materiales y métodos

El análisis de la capacidad hidráulica en relación con la "población" de pozos subterráneos en el recinto Zapallo implica evaluar el rendimiento colectivo de estos pozos en términos de su capacidad para satisfacer la demanda de agua. Tomando como muestra una vivienda los cuales han sido investigados de google academico, artículos y tesis. En donde se debe calcular el caudal máximo y sostenible de este pozo mediante ensayos de bombeo, y luego sumar estas capacidades para obtener el total disponible para el área de estudio. Posteriormente, se compara este caudal total con la demanda de agua de la población atendida, teniendo en cuenta tanto el consumo diario promedio como los picos de demanda. Este análisis determina si la combinación de todos los pozos puede satisfacer adecuadamente las necesidades de agua sin riesgo de sobreexplotar el acuífero (Cano y Martínez, 2020).

El análisis cuantitativo, se centra en evaluar la capacidad del sistema de pozos mediante un enfoque numérico riguroso. Se inicia con la ejecución de ensayos de bombeo en los pozos para obtener datos precisos sobre el caudal máximo y sostenible de cada uno, los cuales se expresan en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por hora (m^3/h). Estos valores se suman para calcular el caudal total disponible (Q_total). A continuación, se estima la demanda de agua para la Manzana 42, basada en el consumo que tiene la vivienda, se cuantifica el déficit en términos específicos y se proponen ajustes técnicos, como la optimización del caudal de los pozos.

En la investigación experimental, se llevó a cabo un análisis detallado para evaluar la viabilidad y sostenibilidad del recurso hídrico disponible. Los resultados mostraron la capacidad real de los pozos para suministrar agua y cómo esta capacidad se compara con la demanda de agua en el área. Con base en los datos obtenidos, se desarrollaron recomendaciones para optimizar la operación de los pozos y garantizar un suministro adecuado y sostenible. Además, la investigación contribuye a la salud pública al garantizar un abastecimiento suficiente para la vivienda con sistemas de cloración y filtración, y evalúa los impactos ambientales asociados con la extracción, facilitando una toma de decisiones informada para asegurar un suministro de agua fiable y sostenible (Esterlin y Gómez, 2011).

Resultados y discusión

Para asegurar la potabilidad del agua subterránea en Zapallo, Quinindé, se deben realizar análisis rigurosos mediante la recolección de muestras y ensayos de calidad, evaluando parámetros físicos, químicos y biológicos.

Estos incluyen pH, turbidez, contaminantes como coliformes y metales pesados. Este proceso es esencial para identificar y mitigar riesgos para la salud pública.

Analisis físicos, químicos y bacteriológico.

En el recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas, se tomaron muestras de agua subterránea de un pozo específico ubicado en la manzana 42. Este acuifero es escencial para el abastecimiento de este recurso, las muestras recolectadas fueron sometidas a rigurosos ensayos de calidad para evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos, asegurando la potabilidad del agua.

Se realizaron estudios de calidad del agua en el recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas con los siguientes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos como se detallan a continuación:

Tabla 131.

Análisis Físico.

		NTE INEN	LIBRO VI TABLA 1 UTA TULSMA
		1 108-2020 (6TAREV.)	(AC.MIN 097- a NOV,2015)
Parámetros	Resultados	Límites Máximos	Límites Máximos
Color aparente Pt-Co	1	15	75
Olor	No objetable	No Objetable	No Objetable
Turbiedad NTU	0,74	5	100
pH	6,95	6,5 - 8,0	6,0 - 9,0
Temperatura °C	24,9	-	-
Sólidos disueltos totales ppm	60	1000	-
Conductividad eléctrica µS/cm	127	1250	-
Salinidad total g/l	0,081	1	-

Nota. Resultados del análisis físico obtenido a través de la toma de muestras del agua subterránea del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas. Dr. Mera Martinez (2024).

Tabla 132.

Análisis químico.

		NTE INEN	LIBRO VI TABLA 1 UTA TULSMA
		1 108-2020 (6TAREV.)	(AC.MIN 097- a NOV,2015)
Parámetros	Resultados	Límites Máximos	Límites Máximos
Dureza total mg/l CaCO3	33,98	120-300 *	-
Dureza de Calcio mg/l CaCO3	22,71	-	-
Alcalinidad de Bicarbonato mg/l HCO3-	24,05	-	-
Calcio mg/l Ca 2+	8,98	70 *	-
Magnesio mg/l Mg 2+	2,81	30 *	-
Manganeso mg/l Mn 2+	0,03	0.4	-
Hierro total mg/l Fe 3+	0,12	0.3 *	1.0
Sodio mg/l Na +	6,78	200 *	-
Sulfatos mg/l SO4=	20,81	200 *	500
Cloruros mg/l Cl-	5,24	250 *	-
Nitratos mg/l NO3-	-	50	50
Nitritos mg/l NO2-	-	3	0.2
Cloro residual mg/l	0	0.3 – 1.5	-

Nota. Resultados del análisis químico obtenido a través de la toma de muestras del agua subterránea del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas. Dr. Mera Martinez (2024).

Tabla 133.

Análisis bacteriológico.

PARÁMETROS	RESULTADO	NTE INEN 1108:2020 (6TAREV)	TULSMA TABLA 1 (LIBRO VI NOV.2015)
Aerobios Mesóf. Ufc/Ml	12000	--	--
Coliformes Tot.Nmp/100 Ml	28	--	20000
Coliformes Fec. Nmp/100ml	4.5	<1,1 (Ausencia)	1000

Nota. Resultados del análisis bacteriológico obtenido a través de la toma de muestras del agua subterránea del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas. Dr. Mera Martinez (2024).

El análisis de los componentes físicos, químicos y bacteriológicos del agua en la Manzana 42 del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas, reveló que, mientras los parámetros físicos y químicos se encuentran en su mayoría dentro de los límites aceptables, la presencia elevada de coliformes fecales es una preocupación destacada. Esta alta concentración de coliformes fecales indica una significativa contaminación fecal, sugiriendo la posible presencia de patógenos de origen humano o animal, lo que representa un serio riesgo para la salud pública. Este hallazgo subraya la necesidad urgente de adoptar medidas correctivas y de tratamiento para asegurar la potabilidad del agua, así como de investigar las fuentes de contaminación para prevenir problemas futuros.

Sistema de cloración y filtración

Tras implementar un sistema de cloración y filtración en el pozo de agua subterránea de la manzana 42 del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Reducción de Contaminantes Biológicos:

Coliformes Totales: Reducción del 99%, pasando de 100 CFU/100ml a menos de 1 CFU/100ml.

E. coli: Eliminación completa, con niveles reducidos de 20 CFU/100ml a 0 CFU/100ml.

Mejora en Parámetros Físicos y Químicos:

Turbidez: Reducción de 10 NTU a menos de 0.5 NTU, mejorando la claridad del agua.

pH: Mantenido en niveles óptimos de 7.2 a 7.5, asegurando neutralidad.

Cloro Residual: Mantenido en 0.2 a 0.5 mg/L, garantizando desinfección continua sin riesgo para la salud.

Eliminación de Contaminantes Químicos:

Nitratos y Nitritos: Reducción significativa, con niveles iniciales de 20 mg/L y 1 mg/L, respectivamente, bajando a menos de 1 mg/L.

Metales Pesados (Plomo, Arsénico): Reducción por debajo de los límites detectables, asegurando ausencia de riesgos tóxicos.

Estos resultados demuestran la eficacia del sistema de cloración y filtración en mejorar la calidad del agua subterránea, garantizando su potabilidad y seguridad para el consumo humano, y previniendo enfermedades relacionadas con el agua contaminada.

Calculo de la capacidad hidraulica.

El análisis de ensayos de bombeo fue fundamental para evaluar la capacidad y el rendimiento de un pozo de agua subterránea. Durante el ensayo, se midió el caudal de extracción y los niveles estáticos y dinámicos del agua para determinar cómo el pozo responde a diferentes tasas de bombeo. Los datos recopilados permitieron graficar la curva de descenso del nivel del agua y la curva de recuperación, lo que ayudó a calcular parámetros clave como la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento del acuífero. Este análisis proporciono información crucial sobre la capacidad máxima del pozo, la estabilidad del acuífero y la sostenibilidad del recurso hídrico, permitiendo ajustar las tasas de extracción y gestionar el pozo de manera efectiva para evitar sobreexplotación y asegurar un suministro de agua confiable.

Tabla 134.

Análisis por cada 20 cm del pozo.

Alturas (m)	Tiempo (min)	Velocidad m/s	Área (m2)	Caudal m3/s	Caudal lt/s
0 – 0,20	5,16	0,00064599	0,483982	0,00031265	0,31264987
0,20 – 0,40	5,25	0,00063492	0,483982	0,00030729	0,30729016
0,40 – 0,60	6,3	0,0005291	0,483982	0,00025608	0,25607513

0,60 – 0,80	6,9	0,00048309	0,483982	0,00023381	0,23380773
0,80 – 1,00	7,45	0,00044743	0,483982	0,00021655	0,21654676
1,00 – 1,20	7,89	0,00042248	0,483982	0,00020447	0,20447064
1,20 – 1,40	8,56	0,00038941	0,483982	0,00018847	0,18846651
1,60 – 1,80	8,93	0,00037327	0,483982	0,00018066	0,18065771
1,80 – 2,00	9,78	0,00034083	0,483982	0,00016496	0,16495637
2,00 – 2,20	10,05	0,00033167	0,483982	0,00016052	0,16052471
Totales	76,27				2,22544559

Nota. En la siguiente tabla de caudales se llegó a la conclusión que para ese pozo se necesita un caudal de 2,23 lt/s.

Tabla 135.

Tabla de consumó.

Aparto sanitario	Caudales (lt/s)	Número de aparatos	Total, de caudales por aparato sanitario (lt/s)
Ducha	0,2	2	0,4
Fregadero de cocina	0,2	1	0,2
Inodoro con deposito	0,1	2	0,2
Lavabo	0,1	2	0,2
Máquina para lavar ropa	0,2	1	0,2
Grifo para manguera	0,2	1	0,2
Total			1,4

Nota. Tabla de consumo por cada aparato sanitario que existe en el sitio de estudio, con el caudal necesario que requiere para el abastecimiento de agua.

El análisis comparativo entre el caudal calculado del pozo de agua subterránea y el caudal necesario para el suministro de una vivienda por aparatos sanitarios, implica una evaluación crítica para garantizar que el pozo pueda satisfacer adecuadamente las necesidades de agua doméstica. Primero, se

debe determinar el caudal calculado del pozo mediante ensayos de bombeo, que revelan la cantidad máxima de agua que el pozo puede proporcionar de manera sostenible sin afectar la estabilidad del acuífero.

Luego, se debe calcular el caudal necesario para la casa, considerando el consumo diario promedio, que incluye uso para cocina, baño, lavado, y otros requerimientos domésticos, así como las demandas máximas en periodos de alto consumo. Comparando ambos valores, se puede evaluar si el caudal del pozo es suficiente para cubrir las necesidades del hogar en condiciones normales y durante picos de demanda. Si el caudal del pozo es menor que el necesario, se deben considerar alternativas como la optimización del sistema de bombeo, el almacenamiento de agua, o la exploración de fuentes adicionales para asegurar un suministro continuo y confiable.

Discusión

La investigación sobre la capacidad hidráulica y la calidad del agua subterránea en el recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas, ha evidenciado la presencia de contaminantes bacteriológicos y químicos que podrían afectar la salud pública. Los resultados obtenidos reflejan la necesidad de un monitoreo continuo y una evaluación exhaustiva de los parámetros físicos y químicos del agua. La implementación de sistemas de cloración y filtración ha demostrado ser efectiva en la mejora de la calidad del agua, cumpliendo con los estándares de potabilidad y reduciendo significativamente los riesgos para la salud.

A pesar de los avances, el estudio presenta algunas limitaciones, como la periodicidad en la recolección de muestras y la falta de análisis exhaustivos sobre la variabilidad estacional. Es fundamental realizar un seguimiento continuo para adaptar los sistemas de tratamiento a las condiciones cambiantes del acuífero y garantizar la sostenibilidad del suministro de agua. Futuras investigaciones deberían abordar estos aspectos para optimizar el control de calidad del agua y mejorar las estrategias de prevención de enfermedades relacionadas con el consumo de agua.

En la evaluación de la capacidad hidráulica y calidad del agua subterránea en el recinto Zapallo, cantón Quinindé, se detectó que la implementación de sistemas de tratamiento como la cloración mejora significativamente la calidad del agua y cumple con los estándares de potabilidad. Sin embargo, la periodicidad en la toma de muestras y la falta de análisis estacional son limitaciones comunes en investigaciones de este tipo.

Conclusión

La evaluación exhaustiva de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua subterránea en el recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas, reveló la presencia coliformes fecales que son contaminantes que pueden causar enfermedades como gastroenteritis, diarrea y otros trastornos gastrointestinales. La implementación de un sistema de cloración y filtración ha sido crucial para eliminar patógenos y reducir contaminantes a niveles seguros, garantizando agua potable para la comunidad. Además, el análisis de la capacidad hidráulica del pozo ha demostrado ser suficiente para satisfacer las necesidades de la manzana 42, con dotaciones adecuadas que aseguran un suministro continuo. La efectividad del sistema de tratamiento se refleja en la mejora significativa de la calidad del agua, cumpliendo con las normativas sanitarias y protegiendo la salud pública, de esta manera la integración de sistemas de cloración y filtración junto con una gestión adecuada de la capacidad hidráulica y las dotaciones ha permitido asegurar un abastecimiento de agua segura y confiable, previniendo enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada.

Referencias bibliográficas

ACI 224. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA: ACI.

ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.* Preparado por el Comité ACI 318.

American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint.* ASTM.

Andrade Vera, S., & Cobacango Villavicencio, L. M. (2023). La inversión pública y su aporte al desarrollo turístico del cantón Puerto López, 2016-2020. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN",* 7(Extra 13), 11-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9598246

Angulo Tenorio, I. W. (2023). *Diseño de un parque recreativo para el sector de Casa Bonita del cantón Esmeraldas*. Obtenido de Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte: http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6167

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). *¿Cómo funciona un biodigestor?* Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Arivabene, A. C. (2015). *Patologías en Estructuras de Hormigón Armado: Estudio de Caso. Victoria-ES:.* Editorial especializada. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/

Asana. (28 de marzo de 2024). *Asana.* Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

Asana. (28 de 03 de 2024). *Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos*. Obtenido de https://asana.com/es/resources/critical-path-method

ASTEC. Asesoría Técnica Cía. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras.* Quito: Protecvía CIA.

ASTM C 805/805M-13A. (2013). *Ensayo de esclerometro.* American Society for Testing and Materials.

Banco Mundial. (2019). *Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador.* Banco Mundial.

Bastidas Caceres, J. A. (2021). La Recreación activa en el desarrollo socio afectivo de los niños del subnivel II, en la Escuela de Educación Básica General Juan Lavalle. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 55-68.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. *Sustainability, 11*(1), 209.

Blanco, D., Ramírez, J., & Castellanos, J. (2018). *EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES.* Bucaramanga: EIEI ACOFI. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/359/357

Borsellino, L., Zufiaurre, E., & Bilenca, D. N. (2022). La investigación científica y la conservación de la biodiversidad en parques nacionales de la Argentina. *Asociación Argentina de Ecología, 5*, 493-501.

Bravo Castro, P. I. (12 de Julio de 2021). *Universidad de Chile.* Obtenido de Estudio hidraulico de aguas subterraneas de la zona de Monturaqui, Salar de Atacama, Chile.

Bravo Ochoa, I. P., Morales Rodríguez, A. A., & Arias Zambrano, A. L. (2016). ***ESTRUCTURAS DE GUADÚA.*** ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

Broto, C. (2005). ***Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.*** Links.

Cabrera, M. I. (2015). Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos. 16.

Campo, F. (2022). Tecnica de la investigacion. ***RAI. Revista Academica Institucional***, 1. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Campos Flores, Y. (2022). Técnicas de investigación. ***RAI. Revista Académica Institucional, 3***(1), 1-8. Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

Cañarte, G. (2016). ***Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural (Tesis de maestría en tecnologías de edificación).*** Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12002

Cárdenas Grisales, J. (2013). ***Diseño geométrico de carreteras.*** Colombia: Eco ediciones. Obtenido de https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geometrico-de-carretera.pdf?srsltid=AfmBOoo4hIH_9MG3tA-I4NPM3s30BthstIFg_hfbIBfGnZnmc4ymJUWl

Cárdenas Mateus, J. A. (2019). Parque lineal Álamos: Proyecto urbano de espacio. ***Universidad La Gran Colombia***(5), 66-78.

Cárdenas, N. (15 de Noviembre de 2019). ***¿Cuál es la importancia de realizar un ‹estudio de suelo› para construir?*** Obtenido de UTPL Blog: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

Cárdenas, N. (13 de 11 de 2019). ***¿Por qué incursionar en la creación de viviendas de interés social?*** Obtenido de noticias.utpl.edu.ec: https://noticias.utpl.edu.ec/por-que-incursionar-en-la-creacion-de-viviendas-de-interes-social

Carhuapoma Ugarte, P. A. (24 de Abril de 2023). ***Diseño del parque recreativo y la mejora de la calidad de vida del centro poblado Bustamante Reyes, Barranca, 2021***. Obtenido de Repositorio UNJFSC: http://hdl.handle.net/20.500.14067/7524

Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Trabajo de grado. ***Universidad Industrial de Santander, Colombia.*** Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia-libre.pdf?1478101777=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1702191469&Signature=-fHIUvcghDtUq3UJvR5fH96yr51RnUjZzOlcay

Cerón, L. M. (2021). ***Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico.*** Universidad de Chile.

Cevallos Sánchez, K., & Palacios, J. (2017). ***Diseño de una edificación de dos pisos con estructura metálica, utilizando vigas y columnas compuestas (acero – concreto) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].*** Repositorio digital. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

CHIGNE, A. D. (25 de marzo de 2023). ***Linked In***. Obtenido de La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad: https://es.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Chiquito Blanca, D. G. (19 de 10 de 2022). ***Nuestra Riqueza*** . Obtenido de Nuestra Riqueza : https://www.nuestrasriquezas.com/2022/10/19/fiesta-en-la-comuna-joa-de-jipijapa/

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4° edición ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Conforme Cedeño, C. (2019). ***Análisis de las características técnicas de la calle 2 de Julio desde la calle América hasta la calle González Suarez, Cantón Jipijapa".*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1736/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-68.pdf

Cordova, J. (2023). ***simulacion estructural .*** Jipijapa : Todotut Constr.

Correa Abendaño, C. E., & Sempértegui Flores, D. D. (2022). ***Estratégias de Diseño Interior de Viviendas de interés Público.*** Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. Cuenca: Universidad de Azuay. Obtenido de dspace.uazuay.edu.ec:https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12009/1/17537.pdf

Cuesta Santos, A., Delgado Fernández, M., Fleita Triana, S., & Linares Borell, M. (2023). Optimización del capital humano por innovación en procesos de gestión humana y del conocimiento. ***Scielo, 113***(1).

De La Cruz Vega, S., Pezo Morales, P., Noel, C. E., & Mendoza Flores, C. (marzo de 2022). Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada. ***Universidad, ciencia y tecnología, 26***(112), 84-94. doi:https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Delaflor, M. (2018). ***Material Alternativos; la construcción de un nuevo paradigma***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Sitio web Real Estate: http://www.realestatemarket.com.mx/articulos/infraestructura-y-construccion/11360-material-alternativos-la-construccion-de-un-nuevo-paradigma

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. ***DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura***(2), 75-93. Recuperado el 04 de abril de 2022, de https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/32/28

Diaz, W. Á. (2015). Definición de la mecanica de suelos. ***Manual de procedimientos de ensayos de suelo y memoria de calculo - Tesis***, 18. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=040D0E27B4C98DA3FC1555FAB245F66E?sequence=1

Donini, H., & Orler, R. (2021). Donini, H., & Orler, R. (2021). Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación. Nobuko. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=blg5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA509&dq=Causas+de+patolog%C3%ADas+en+estructuras+de+hormig%C3%B3n+&ots=QqsCQ4zPkZ&sig=aMj0lyqPzc2qM59qsAg3zGA1Kps#v=onepage&q=Causas%20de%20patolog%C3%ADas%20en%20estructuras%20de%20hormig

Dr. Mera Martinez, I. (2024). ***Análisis de agua y microbiologia de alimentos.*** Portoviejo.

Duque Gómez, G. A., & Valencia Hernández, J. D. (2019). Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda. Obtenido de https://hdl.handle.net/10901/17824

Edge. (2019). ***Software Edge.*** Obtenido de https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf

Esterlin, J. G., & Herreño, M. A. (2011). ***Metodología para el cálculo de reología e hidráulica para pozos estratigráficos profundos, usando una herramienta software (compras y well plan).*** Bucaramanga.

e-struc. (2018). ***Función estructural de las placas de anclaje***. Obtenido de e-struc: https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. ***Química viva, 11***(3), 147-170. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, J. (2021). Efectos de la recreación activa sobre la motivación intrínseca, las relaciones socio afectivas y el disfrute en niños de 9 a 12 años. . ***Repositorio Institucional Universidad de Cuenca***(23), 45-67.

Fernandez, N. V. (2020). ***Certificación de plantaciones y cadena de custodia de bambú gigante (Dendrocalamus asper) y caña guadúa (Guadua angustifolia Kunth), bajo los criterios del Forest Stewardship Council (FSC).*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10370/2/03%20FOR%20300%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Fernández, S. D. (2018). ***Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua.*** Recuperado el 04 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay: https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8415/1/14135.pdf

Figueroa, A., & Ávila, J. (2022). Espacios recreativos en el cantón Portoviejo. ***Revista Educare, 6***(22), 279-303.

Flores Xolocotzi, R., & Ceballos Pérez, S. G. (2022). Un estudio sobre usos recreativos en el Parque México ubicado en la Ciudad de México. ***Revistas Electrónicas, 9***(9), 23-40.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

Fuentes Delgadillo, V. H. (2021). Espacios recreativos infantiles y el desarrollo social espacial de los niños en el distrito de Ventanilla, Callao. . ***Repositorio de la Universidad César Vallejo***(9), 1-34.

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Galarza, G. O., Gaona, C. M., Romero, E. A., & Sánchez, C. E. (2024). Procedimiento para la Evaluacion del diseño geométrico de carreteras de montaña, con un enfoque hacia la seguridad. ***Revista Ciencia y Contrucción, 5***(2), 16-30.

Gallardo Valle, M. E., & Villamar Mera, S. J. (2022). ***Análisis de los espacios públicos recreativos en la ciudadela el Progreso en la ciudad de Portoviejo***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo : http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2646

Gavilanes Pérez, S. D. (2023). ***Evaluación de la vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, avenida Bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates.*** Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/37506/1/Tesis%20I.C.%201702%20-%20Gavilanes%20P%C3%A9rez%20Susana%20Daniela.pdf

Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2015). ***Plan de ordenamiento territorial del GAD municipal de Quinindé.*** Esmeraldas.

Gonzales, D. M. (2021). ***Ingeniería sismorresistente aplicado a viviendas de albañilería estructural.*** Quito, Ecuador: Centro de Altos Estudios y Desarrollo Profesional.

Gonzáles, J. E., León , B. G., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Metodológia para el diseño geométrico sostenibles de ejes en vías Inter-Cantonales. ***Revista Ciencia y construcción, 4***(3), 30-44. Obtenido de https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/198

Google Earth. (2024). Obtenido de Ubicación del recinto Zapallo, Quinindé, Esmeraldas.

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja "El Guayabal". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32*(3), e05.

GUADUA NEC-SE, E. (s.f.). TODOTUT COSNTR. - ING BYRON LINO.

Guerrero Garay, E. L., & Delgado Pinzón, J. D. (2022). ***RESUMEN DE FALLAS EN CONEXIONES DE.*** San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7341

Guillén Morales, F. H., & Córdova Veloz , J. C. (2023). "Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa". Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2019). ***Metodología de la Investigación.*** Mc Graw Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. (2014). ***Metodología de la investigación (Sexta)*** (Vol. Sexta). McGrawHill.

Herrera, C. (2008). ***Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú.*** Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6179/evaluacionydisenoestructuraldeunaviviendaconstruidaabasedebambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrero, J. (2008). ***Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.*** Jaime Marti Herrero.

Hurtado Olivera, E. R. (16 de Noviembre de 2021). ***Estrategia de gestión urbana en los parques que optimicen la convivencia y seguridad ciudadana.*** Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia: http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11195

Instituto del Agua . (2024). ***Recursos Hídricos del Ecuador: Un Tesoro de Agua en el Corazón de América Latina.***

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). ***NTE INEN 696:2011 Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.*** Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). ***NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido de humedad.*** Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

INVE. (22 de 06 de 2006). ***Sección 200 - Agregados Pétreos.*** Obtenido de https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf

Johnson, P., & Brown, T. (2022). ***Statistical methods for engineering applications.*** Tech Publishers.

Juliao Vargas, C., Sánchez Roa, I. J., & Reina Monrroy, J. L. (2023). Los Parques: su uso como indicador de salud y calidad de vida. ***Retos***(48), 24-33.

Lino, J. (2020). ***Análisis dinámico de una residencia universitaria de dos plantas utilizando caña guadua como elemento estructural, ubicado en los predios de la Unesum.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2273/1/LINO%20QUIROZ%20JOSE%20RAMON.pdf

Lozada. (2014). ***Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*** (Universidad Tecnológica Indoamérica ed., Vol. 3). Quito, Pichincha, Ecuador: CIENCIAMÉRICA,. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Lucas, C. V., Gottems, C. V., & Oliveira, L. (2020). ***PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: UN ESTUDIO DE CASO DEL.*** Paraná; Brasil. Obtenido de https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CBPAT.2020.316

Lucero, K. (24 de 07 de 2020). ***GESTION DIGITAL***. Obtenido de https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/

Massolo, L. (2015). ***Introducción a las herramientas de gestión ambiental.*** Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Matute, M. (2016). ***Modelo de una vivienda unifamiliar de interés social con el uso de la caña guadua en la ciudad de Machala.*** Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7933/1/TTUAIC_2016_IC_CD0030.pdf

Menéndez, W. (2021). ***Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa.*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*** (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

MIDUVI. (2022). ***Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Reversarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal.*** Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). ***nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022.*** Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (Abril de 2019). ***Norma Ecuatoriana de la Constitución.*** Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-HS-AU-Accesibilidad-Universal.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Madera.*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). ***Norma Ecuatoriana de Construcción. Estructuras de Guadua (GaK).*** Recuperado el 31 de agosto de 2021, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MINUVI: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones. (2018). ***Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*** Perú: República del Perú.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). ***NEVI-12. Vol. N° 3: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.*** Técnico, Quito, Ecuador.

Molina, C. A. (15 de febrero de 2024). ***Alternativa de diseño de vivienda de interés social para superar el déficit habitacional en el cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6101

Morales, G. H. (2023). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851

Napoleón Burbano, S. B. (2015). ***Introduccion a la hidrogeologia del Ecuador .*** Quito.

Navarro, S. J., & Bustamante, F. J. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. ***Revista Cientifica y Tecnología El Higo, 11***(1), 43-68. doi:https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717 :

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2014). ***AGUA POTABLE. REQUISITOS.*** Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). ***Gestión de Residuos Sólidos Municipales***. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Organización Mundial de la Salud. (12 de Diciembre de 2023). ***OMS***. Recuperado el 27 de Julio de 2023, de Traumatismos causados por el tránsito: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. ***Producción+ Limpia, 15***(2), 71-91.

Otero Ortega, A. (2018). ***Enfoques de investigación: Métodos para el Diseño Urbano Arquitectonico.*** Obtenido de . https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf

Palmer, E. (2023). ***Propuesta de criterios de sostenibilidad para el diseño de una vivienda multifamiliar en chachapoyas a nivel de certificación Edge.*** Chachapoyas. Obtenido de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3283/Palmer%20Cruz%2C%20Edinson%20Ronaldo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parrales, C., & Castro, J. L. (2020). Influencia de los espacios recreativos en el desarrollo territorial. ***Dominio de las Ciencias, 6***(2), 525-538.

RAS. (2000). ***Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Realia. (2023). ***Vivienda de interés social***. Obtenido de www.realia.es: https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social

Rivera, L. (2022). Los parques urbanos como indicadores de calidad de vida, símbolos de bienestar y espacios de uso recreativo. ***Redalyc.org, 16***(27), 215-237.

Rodrigo, C. C., & Gabriela, M. R. (2020). ***Desarrollo de herramienta computacional para el cálculo y sensibilidad de la hidraulica básica de un pozo petrolero.*** Mexico.

Rodrigues. (29 de julio de 2024). ***Hubspot.es.*** Obtenido de https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos

Rodriguez, A. E., & Goez, A. F. (2021). Estudio Patológico Plaza de Mercado Aguazul Casanare (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/35400

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). ***iagua***. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas Velez, J. C. (2019). Propuesta de diseño de parque lineal para el oerfil costero del centro consolidado del cantón Jama-Manabí. ***Universidad Laica Elou Alfaro de Manabí, 2***(4), 83-90.

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Romero, M. A. (2022). ***Análisis y evaluación de las características geométricas de una carretera para la seguridad vial.*** Huaraz-Ancash-Peru: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5428

Rotoplas. (2021). ***Biodigestor Rotoplas***. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Rueda Rodríguez, S. (2020). Importancia de los espacios y ambientes lúdicos y recreativos en los descansos de los estudiantes de Básica primaria. ***Los Libertadores, 9***, 55-72.

Ruiz Castillo, J. I., Vargas Zambrano, D. A., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Análisis del tránsito peatonal, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre Avenida Manabí y Calle Ramón Fernández. Portoviejo-Manabí. ***Riemat, 5***(2), 1-12. doi: https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2967

Sanchez, K. V. (2017). ***DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS PISOS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO VIGAS Y COLUMNAS COMPUESTAS (ACERO – CONCRETO).*** Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3725

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. ***Creative Commons*** . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Soledispa, L. (2022). ***Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción en el sitio joa cantón jipijapa.*** Jipijapa. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf

Solórzano Cerna, E. M., & Valverde Bedon, J. (2021). Evaluación de las patologías y Diseño estructural de un edificio de 4 niveles en albañilería confinada, Chimbote–Ancash-2021. 2021. 169. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/75536

Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2013). ***Norma para estudio y diseños víales volumen 2A-B.*** Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas delo Ecuador.

Sumba Buenaventura, V. A. (2020). ***Análisis de espacios públicos recreativos en el casco urbano del Cantón Chone***. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Gregorio de Portoviejo: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1687

Suquillo-Ronquillo, B., Cabrera-Álvarez, E., Chacón-Sánchez, J., & Mayacela-Rojas, M. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. ***Investigación Y Desarrollo, 16***(1). doi:https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803

Surichaqui, F., Manrique, A., & Quichca, W. (2023). Estudio comparativo del diseño geométrico de carretera con leventamiento topográfico (estacion total, modelo digital Google-earth), en la provincia de Angares. ***Revista Científica Ciencias Ingenieriles, 3***(1), 02-11. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9868145

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). ***Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*** (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Tirado, M. N. (2021). ***Manual para el diseño de anclajes al concreto segun ACI318-19.*** Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Obtenido de https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1690

Tomeo, F., Sellanes, G., & Alonzo, A. (06 de 2008). ***Materiales Alternativos.*** Obtenido de construccion3.weebly.com: http://construccion3.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g06_materiales_alternativos.pdf

TULSMA. (2000). ***REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.*** Ecuador.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). ***Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.***

Universidad Mayor San Simón, F. d. (2008). ***Manual Completo Diseño de Pavimentos.*** Manual , Cochabamba.

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. ***Revista Digital Novasinergia, 4***(1), 53-73. Recuperado el 04 de abril de 2022, de http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf

Velasquez Chigne, A. D. (2023 de 03 de 25). ***La evolución de la construcción y tendencias tecnológicas en la actualidad***. Obtenido de https://es.linke-

din.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-de-construcci%C3%B3n-y-tendencias-en-velasquez-chigne

Vera, R. F. (2024). ***Evaluación del diseño geométrico de la curva La Pita en la vía Jipijapa-Noboa del cantón Jipijapa.*** Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Viera, P. (2017). ***Proyectos de Viviendas con Materiales Alternativos***. Recuperado el 30 de julio de 2021, de Construcciones UCE: https://construccionesuce.wordpress.com/2017/06/21/proyectos-de-viviendas-con-materiales-alternativos/

Villarreal, R. E. (2017). ***La falta de ordenanza municipal de contribución especial de mejoras para aceras y bordillos en el cantón Tulcán contraviene el principio constitucional del buen vivir.*** Tulcán: Universidad UNIANDES. Obtenido de https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6891

Vivienda, M. d. (2017). ***ESTRUCTURAS DE GUADUA GAK.*** Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). doi:NEC-SE-GUADUA

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 34

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal del cantón Jipijapa, etapa 2

AUTORES: Heber Emigdio Reyes Menéndez; Manolo Castro Solís

SABER**EC 5.0**

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal del cantón Jipijapa, etapa 2

Design of the Sanitary Sewer System for the Membrillal Parish in the Jipijapa Canton, Phase 2

Resumen

El sistema de alcantarillado sanitario es el conjunto de tuberías y pozos utilizados para el desagüe de las aguas residuales producidas por una población. El no contar con un servicio de saneamiento, podría significar el desarrollo de enfermedades infecciosas e insalubridad. El objetivo del proyecto fue proponer el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para la parroquia Membrillal, en su segunda etapa de extensión territorial que comprende desde la calle 31 de julio (ingreso al sector) hasta el barrio San Vicente. Se recopiló información de campo y bibliográfica, que permitió proyectar el objeto de estudio mediante el método de Manning. Los resultados muestran una población de 604 habitantes en 35,10 hectáreas, mediante la aplicación de parámetros y bases de diseño establecidos en las Normas Ecuatorianas de la Construcción (INEN), se determinó un caudal de aguas residuales de 6,54 l/s con un periodo de diseño de 25 años, el sistema es a gravedad, con 37 pozos de revisión y tuberías de entre 200 a 400 mm de diámetro, con un monto requerido para la ejecución de $ 370.889,79 incluido IVA. Se concluye que el sistema propuesto cumple las condiciones hidráulicas exigidas por normas técnicas reguladoras en el Ecuador y su comprobación de resultados en software SewerCAD. Por último, se propone seguir las especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto y complementar con el estudio para el tratamiento de las aguas residuales producidas por la población.

Palabras clave: normas INEN, saneamiento sanitario, diseño hidráulico, drenajes.

Abstract

The sanitary sewage system is the set of pipes and wells used to drain wastewater produced by a population. Not having a sanitation service could mean the development of infectious diseases and unhealthiness. The objective of the project was to propose the hydraulic design of the sanitary sewage system for the Membrillal parish, in its second stage of territorial extension that includes from 31 de Julio Street (entrance to the sector) to the San Vicente neighborhood. Field and bibliographic information was collected, which allowed the object of study to be projected using the Manning method. The results show a population of 604 inhabitants in 35.10 hectares, through the application of parameters

and design bases established in the Ecuadorian Construction Standards (INEN), a wastewater flow of 6.54 l/s was determined with a design period of 25 years, the system is gravity-fed, with 37 inspection wells and pipes between 200 and 400 mm in diameter, with an amount required for execution of $370,889.79 including VAT. It is concluded that the proposed system meets the hydraulic conditions required by regulatory technical standards in Ecuador and its results are verified in SewerCAD software. Finally, it is proposed to follow the technical specifications for the execution of the project and complement it with the study for the treatment of wastewater produced by the population.

Keywords: INEN standards, sanitary sanitation, hydraulic design, drainage.

Introducción

La ingeniería civil es una de las ramas de las ciencias que se caracteriza por garantizar una mejor calidad de vida de las personas, mediante la ejecución de obras que satisfagan las necesidades de una población. Uno de los aspectos más importante que engloba es la salubridad, mediante la ejecución de obras sanitarias a través de la implementación de ductos (Sobrevila y Blanco, 2008).

El sistema de alcantarillado sanitario es el conjunto de infraestructuras físicas interconectadas que permitir la captación, trasporte y depósito de aguas residuales producidas por una población, para posteriormente darle un tratamiento adecuado (INEN CPE, 1997).

Considerando, el no contar con un sistema de desagüe de las aguas servidas unido al inadecuado manejo de las aguas residuales, puede conllevar a una serie de problemas tanto en el ambiente como en la salud de la población a largo plazo.

En el Ecuador, uno de los servicios básicos garantizado en la constitución del 2008 en vigencia, en el Art.66, establece que: “El estado reconoce y garantiza a los habitantes: el derecho a una vida digna, que asegure la salud, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, etc.” (Constitución Nacional, 2008). En base a lo expuesto, la mayor parte de las zonas rurales no se cuentan con sistemas de alcantarillado sanitario, ya que los recursos económicos son limitados o no existe un mayor compromiso de parte de las autoridades.

El cantón Jipijapa, ubicado en la zona sur de la provincia de Manabí, cuenta con sistema de alcantarillado sanitario deteriorado en el casco urbano, para ello se necesita de un plan de mejoramiento y la extensión de redes de tuberías hacia sectores aledaños (PD y OT Jipijapa, 2015). La parroquia Membrillal no cuenta con el servicio básico de alcantarillado sanitario, sufriendo de esta problemática a

lo largo del tiempo y sin ser conscientes de las posibles afectaciones de salubridad que se puede generar, debido a ello es necesario el desarrollo del proyecto.

En ese sentido, el proyecto de investigación con fines de titulación tuvo como objetivo diseñar la etapa 2 del sistema de alcantarillado sanitario para la parroquia Membrillal del cantón Jipijapa, aplicando bases y normas técnicas para el dimensionamiento de ductos que permitan el desagüe de las aguas residuales; con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de la infraestructura desde el ámbito técnico.

Materiales y métodos

La parroquia Membrillal es una zona rural del Cantón Jipijapa de la Provincia de Manabí. Fue creada como parroquia el 31 de Julio de 1986, siendo la segunda parroquia rural más joven del Cantón Jipijapa y cuenta con 6 recintos aledaños a la cabecera Parroquial (PD y OT Membrillal, 2019).

Una zona cuya fuente de ingresos se sustenta en la Agricultura y la cría de animales como: cerdo, chivo, ganado, animales de granja, etc.; ya sea para el consumo propio o la venta (PD y OT Membrillal, 2019).

La cabecera parroquial a donde está dirigido el proyecto de encuentra ubicado con sus coordenadas geográficas 1° 15’ 0” Sur, 80° 37’ 0” Oeste (PD y OT Membrillal, 2019, pág. 32).

La parroquia Membrillal, cuenta con los siguientes limites:

Al norte: Cantón Montecristi.

Al sur: Cantón Jipijapa y Parroquia Puerto Cayo.

Al este: Cantón Jipijapa.

Al oeste: La parroquia Puerto Cayo.

Existen dos estaciones claramente marcadas; el invierno y el verano. En el invierno se presentan lluvias y la temperatura aumenta; y en el verano se caracteriza por ser una temporada seca y la temperatura tiende a ser más fresca (PD y OT Membrillal, 2019)

El relieve de la parroquia es accidentado, con altitudes con 800 y más metros sobre el nivel del mar, siendo el Cerro Bravo el pico más significado con 832 metros y la cota más baja de 7 metros sobre el nivel del mar, presenta suelos de textura arcillosa a limosa y pendientes entre 50 a 70% (PD y OT Membrillal, 2019, pág. 71).

El tipo de investigación que se desarrolló fue no experimental y para el desarrollo del actual trabajo se hace uso de los siguientes métodos:

Método bibliográfico: permite la recopilación de información bibliográfica sobre temas relacionados con la investigación de diferentes autores (artículos, libros, artículos científicos) para el fundamento de la parte del marco teórico, así como también normas y especificaciones técnicas que ayudar con el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado.

Método científico de campo: este método permite conocer, evaluar e integrar datos estadísticos que sirven para el diseño del sistema de alcantarillado.

Se realizó el levantamiento topográfico del lugar donde se va a trazar la red del sistema de alcantarillado, se utilizó estación total con el fin de obtener puntos topográficos reales y precisos. Se realizó en el lapso de 2 días (levantando 34 hectáreas).

Se realizó una encuesta tipo censo más que todo para conocer la población actual, el número de familia y de viviendas que existe dentro del territorio mencionado con anterioridad.

La población actual beneficiaria del proyecto es de 604 habitantes en un área de 34 hectáreas (etapa 2) de lo que corresponde a la cabecera parroquial de Membrillal, lugar donde está dirigido el proyecto.

Se hizo uso de una muestra seleccionada de 130 viviendas que comprenden la etapa número 2, en la que está dividida la cabecera parroquial y nos permitió conocer una población de 604 habitantes 86 familias respectivamente (en los barrios: 3 de mayo, san Vicente, el mirador y barrio frio).

Para el desarrollo del actual proyecto de titulación, se hizo uso de: equipo topográfico: se usó estación total marca Kolida 442, 3 prismas y GPS; laptop, impresora, programas especializados en diseño tales como: AutoCAD, Civil CAD, Civil 3D, SewerCAD, Microsoft Word, Microsoft Excel.

Resultados y discusión

Parámetros hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

Población de diseño

Según el PD y OT (2019) se tienen registros estadísticos de censos de toda la población en general de la Parroquia Membrillal, registro de años pasados.

Tabla 136.

Datos estadísticos de censos en la zona de estudio.

No.	Censo	Población (HAB.)
1	2001	1.026
2	2010	1.005
3	2019	1.026

Nota: Datos de censos históricos que corresponden a toda la parroquia como tal incluyendo a sus recintos aledaños.

Fuente: INEC, (2019)

Censo poblacional.

Para conocer la población actual de la cabecera parroquial de Membrillal, se desarrolló censo, al no conocer ni tener datos sobre la población actual (etapa 2), recursos indispensables para el cálculo del sistema. Ver anexo A.

Tabla 137.

Datos de encuesta socioeconómica.

Resultado de censo y encuesta	
Descripción	Total
Número de habitantes de sexo masculino	293
Número de habitantes de sexo femenino	236
Número de niños	75
Número de habitantes 2022	604

Nota: Información levantada a partir de la aplicación de encuestas. Fuente: Heber Reyes (2022).

Periodo de diseño.

La Norma Ecuatoriana de Diseño para sistemas de disposición de excretas y residuos líquidos, elaborada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (1986) señala que: las obras civiles de los sistemas de disposición de residuos líquidos en zonas rurales, se diseñarán para un período de 20 a 25 años.

Tabla 138.

Periodos de diseño recomendados.

Componentes	Vida Útil (años)
Pozos	10 a 25
Conducciones de PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	20 a 30

Nota: Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario (etapa 2) se optó por usar un periodo de dieño de 25 años (proyectado desde el año 2022).

Fuente: INEN CPE, (1997).

Cálculo de población futura.

Se hacen las proyecciones con los métodos: aritmético, geométrico y exponencial, con un periodo de retorno de 25 años.

Método Aritmético.

Pf=Po*(1+r*n)

Datos:

Pf = Población futura (año 2047).

Po = Población actual.

r = tasa de crecimiento poblacional.

n = Periodo de diseño.

Po =	604 habitantes
r =	0,68 %
n =	25 años

Pf=604*(1+0,0068*25)

Pf=707 habitantes.(Año 2047)

Método geométrico.

$Pf=Po(1+r)^n$

Datos:

Pf = Población futura (año 2047).

Po = Población actual.

r = tasa de crecimiento poblacional.

n = Periodo de diseño.

Po =	604 habitantes
r =	0,68 %
n =	25 años

$Pf=604*(1+0{,}0068)^{25}$

Pf=716 habitantes.(Año 2047)

Método exponencial.

$Pf=Po*e^{ke*t)}$

Datos:

Pf = Población futura (año 2047).

Po = Población actual.

r = tasa de crecimiento poblacional.

n = Periodo de diseño.

Po =	604 habitantes
r =	0,68 %
n =	25 años

$Pf=604*e^{(0{,}0068*25)}$

Pf=716 habitantes.(Año 2047)

Promedio de población futura.

Se debe de sacar un valor promedio entre los tres métodos, para encontrar la población futura final.

$$Pf=\frac{Pf\left(aritmetico\right)+Pf\left(geometrico\right)+Pf\left(exponencial\right)}{3}$$

$$Pf=\frac{707+716+716}{3}=713\,habitantes.\left(Año\,2047\right)$$

Densidad poblacional

Hace referencia al total de habitantes que existe en el territorio, se encuentra establecida en número de habitantes en relación a una hectárea. Se tiene un área de aportación total de 34,39 hectáreas para la etapa 2.

$$Dp = \frac{Pf\,2047}{Area\,Total}$$

Datos:

Pf = 713 habitantes (año 2047).

Área Total = 34,39 hectáreas.

Pf =	713 habitantes
Área Total =	34,39 hectáreas

$$Dp = \frac{713\,habitantes}{34,39\,héctareas}$$

Dp=20,72 hab/Ha

Dp=0,020 hab/m2

Cálculo de hidráulico de caudales de descarga

Población parcial.

Es la población que pertenece a una determina área tributaria o de servicio, se obtiene al multiplicar la densidad poblacional por áreas parciales.

Tramo Pz1-Pz2

$$Ha\,Tramo = Dp * Area\,tramo$$
$$Ha\,Tramo = 20,72\frac{hab}{Ha} * 0,563\,ha$$
$$Ha\,Tramo = 11,70\,hab/tramo$$

Dotación futura

De acuerdo con la norma INEN (1997) para el diseño de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural, se tiene un nivel IIb con una tasa de crecimiento del 0,68% anual.

Tabla 139.

Dotación de agua en base al nivel del sistema en el área rural.

Nivel	Sistema	Descripción
LIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa. Sistema de alcantarillado sanitario.

Nivel de servicio	Clima frio (L/hab*dia)	Clima calido (L/hab*dia)
LIb	75	100

Nota: Valor escogido para el diseño es 100 L/hab*dia. Fuente: INEN (1992).

Caudal medio final.

$$q_{si} = C_r * \frac{Pf_i * Df}{86400}$$

Datos:

Cr = Coeficiente de retorno.

Df = Dotación de agua futura.

Pfi = Población futura tamo 1-2.

Cr =	0,8 considerado de la norma técnica
Pfi =	11,7 habitantes
Df =	100 L/hab*dia.

$$q_{si}1-2 = 0,80 * \frac{11,7\,hab * 100 \frac{L}{hab}.dia}{86400} = 0,010 l/s$$

Ahora, calculado para la población futura final.

Datos:

Cr = Coeficiente de retorno.

Pf = Población futura final (2047).

$$q_s = 0,80 * \frac{713 hab * 100 \frac{L}{hab}.dia}{86400} = 0,66 l/s$$

Caudal máximo instantáneo

Es la relación entre el caudal medio final y el factor de mayoración o simultaneidad. Se tiene la siguiente ecuación:

$Q_M = M * q_s$

Cálculo del factor de mayoración o simultaneidad.

Se hace uso de la siguiente formula.

$$M = \frac{2.228}{Q_{si}^{0.073325}}$$

Datos:

Qsi = Caudal medio final, tramo 1-2.

M = Factor de mayoración.

Q_{si} =	0,010 l/s
Q_s	0,66 l/s
M =	4 recomendado

$$M = \frac{2.228}{0,010 \frac{lt}{s}^{0,073325}} = 3,12 < 4(OK), Entonces\ M = 4(tramo 1-2)$$

$$M = \frac{2.228}{0,66 \frac{lt}{s}^{0,073325}} = 2,296 < 4(OK), Entonces\ M = 4(final)$$

cumplió la condición Q < 4ls en todos los casos, por lo que se adopta el valor de M = 4 l/s para este caso. De igual manera la norma técnica recomienda utilizar este valor para poblaciones menores a 1000 habitantes.

El caudal de mayoración es = $4 \frac{l}{s}$.

En conclusión, el Caudal máximo instantáneo será:

$Q_M = M * Q_s$

Datos:

Q_{si} = Caudal medio final, tramo 1-2.

M = Factor de mayoración.

Q_{si} =	0,010 l/s
Q_s	0,66 l/s
M =	4

$$Q_{Mi} = 4 * 0,010 \frac{l}{s} = 0,04 \frac{l}{s} (Tramo 1-2)$$

$$Q_M = 4 * 0,66 \frac{l}{s} = 2,64 \frac{l}{s} (Final)$$

Caudal de infiltración

Para el cálculo de este caudal se tomará en cuenta la siguiente tabla

Tabla 140.

Tipo de tubería que se va a utilizar, en este caso será PVC.

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración Alta (Lts/s-ha)	Infiltración Media (Lts/s-ha)	Infiltración Baja (Lts/s-ha)
Bajo y medio	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,05 – 0,2

En este caso, se considera que el sistema tiene un nivel de infiltración baja (poca presencia de nivel freático en la zona), se adopta el 5% de infiltración con respecto al caudal máximo instantáneo.

Se tiene que:

$Q_{in} = q_{Mi} * 0,05$

$$Q_{in} = 0,04 \frac{l}{s} * 0,05 = 0,002 \frac{l}{s} (Tramo 1-2)$$

$$Q_{in} = 2,64 \frac{l}{s} * 0,05 = 0,132 \frac{l}{s} (Final)$$

Caudal de conexiones erráticas

Se adopta un valor mínimo de 80 l/hab*día, para conexiones ilícitas, mal hechas y que pueden ingresar al sistema, debido a falta de datos reales.

$$Qe = \frac{Población * dotación\ final\ AAPP}{86400\ seg / día} * 1$$

$$Qe = \frac{11,7\,hab * 80\frac{l}{hab} * dia}{86400\,seg/día} * 1 = 0,011\frac{L}{s}(Tramo\,1-2)$$

$$Qe = \frac{713\,hab * 80\frac{l}{hab} * dia}{86400\,seg/día} * 1 = 0,66\frac{L}{s}(Tramo\ final)$$

Caudal de diseño sanitario total

Es la suma de los caudales totales calculados.

$Q_d = Q_M + Q_{(in)} + Q_e$

Tramo 1-2

Q_M	0,04 l/s
Q_{in}	0,002 l/s
Q_e=	0,011 l/s

$$Q_d = 0,043\frac{l}{s} + 0,0022\frac{l}{s} + 0,0108\frac{l}{s} = 0,0563\frac{l}{s}$$

Qd=0,0563 l/s

A este **tramo 1-2** y a toda la red de alcantarillado, se le debe de sumar la descarga del caudal de diseño de la etapa 1. La etapa 1, deriva su caudal hacia la etapa 2 debido a condiciones topográficas de la cabecera parroquial de Membrillal.

El caudal de diseño de la etapa 1, es de **3,11 l/s** (Marcos Muñoz, 2022).

Tabla 141.

Caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal, etapa 1.

Qd etapa 1=	3,11 l/s

Nota: valor dado en el proyecto de investigación “Diseño de sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal, etapa 1”. Fuente: **(**Marcos Muñoz, 2022).

Entonces, el valor de **Qd=0,0563 l/s** se le suma el caudal aportante de la etapa 1.

$$Qd = 0,0563\frac{l}{s} + 3,11\frac{l}{s} = 3,17\frac{l}{s}\left(Tramo1-2\right)$$

Tabla 142.

Caudal de diseño total.

Q_M	2,64 l/s
Q_{in}	0,13 l/s
Q_e=	0,66 l/s

$$Q_d = 2,64\frac{l}{s} + 0,13\frac{l}{s} + 0,66\frac{l}{s} = 3,43\frac{l}{s}$$

$$Qd = 3,43\frac{l}{s} + 3,11\frac{l}{s} = 6,54\frac{l}{s}$$

Diseño y modelación de la red de alcantarillado sanitario, para la etapa 2 de la cabecera parroquial de Membrillal.

En este apartado se hace mención al diseño hidráulico de tuberías por tramos, mediante el uso de fórmulas de diseño de tuberías de Manning y según normativa técnica vigente, posteriormente su comprobación mediante software SewerCAD.

Tabla 143.

Cálculo de parámetros hidráulicos de tubería totalmente llena.

Nº	PIZO Nº	LONG. TRAMO (Mt)	Q. TOTAL DE DISEÑO (QS)	Demanda Unitaria	TUBERIA TOTALMENTE LLENA						
					Diámetro	PENDIENTE (S)	Area hidraulica	Perimetro hidraulico	Radio Hidraulico	Velocidad	Caudal
			L/s	L/s		I%	AH (m)	PH (m)	RH (m)	V (m/s)	Q (lts)
1	Dst1	74,60	3,19	3,19	0,4	0,013	0,126	1,257	0,100	2,53	255,19
	Ps1										
2	Ps1	74,62	3,26	0,10	0,4	0,009	0,126	1,257	0,100	1,98	198,62
	Ps2										
3	Ps2	94,39	3,30	0,04	0,4	0,013	0,126	1,257	0,100	2,52	253,61
	Ps3										
4	Ps4	77,72	0,12	0,12	0,2	0,103	0,031	0,628	0,050	3,91	124,63
	Ps5										
5	Ps5	61,45	0,19	0,05	0,2	0,063	0,031	0,628	0,050	3,13	98,99
	Ps6										
6	Ps6	61,46	0,20	0,01	0,2	0,114	0,031	0,628	0,050	4,19	130,91
	Ps3										
7	Ps7	61,86	0,22	0,22	0,2	0,032	0,031	0,628	0,050	2,22	69,77
	Ps8										
8	Ps8	99,84	0,34	0,12	0,2	0,023	0,031	0,628	0,050	1,91	61,40
	Ps9										
9	Ps9	75,26	0,44	0,10	0,2	0,086	0,031	0,628	0,050	3,63	114,03
	Ps3										
10	Ps3	107,96	4,00	0,56	0,4	0,042	0,126	1,257	0,100	4,01	504,40
	Ps10										
11	Ps11	83,74	0,11	0,11	0,2	0,024	0,031	0,628	0,050	1,91	59,96
	Ps12										
12	Ps12	110,99	0,25	0,14	0,2	0,022	0,031	0,628	0,050	1,86	58,44
	Ps13										
13	Ps13	84,00	0,42	0,17	0,2	0,060	0,031	0,628	0,050	3,01	94,66
	Ps14										
14	Ps14	101,84	0,69	0,27	0,2	0,013	0,031	0,628	0,050	1,50	47,07
	Ps15										
15	Ps15	42,92	0,75	0,06	0,2	0,024	0,031	0,628	0,050	1,90	59,64
	Ps16										
16	Ps16	106,32	0,90	0,15	0,2	0,042	0,031	0,628	0,050	3,34	99,83
	Ps20										
17	Ps20	63,51	4,89	0,07	0,4	0,015	0,126	1,257	0,100	2,42	304,39
	Ps17										
18	Ps17	65,49	5,04	0,09	0,4	0,013	0,126	1,257	0,100	2,03	254,83
	Ps18										
19	Ps18	116,05	5,13	0,07	0,4	0,016	0,126	1,257	0,100	2,44	306,83
	Ps19										
20	Ps20	56,73	0,04	0,04	0,2	0,018	0,031	0,628	0,050	1,64	51,53
	Ps21										

Tabla 144.

Cálculo de parámetros hidráulicos para tubería totalmente llena y relaciones hidráulicas.

Nº	POZO Nº	LONG. TRAMO (M)	DISEÑO DE TUBERIA					
			PARCIALMENTE LLENA			RELACIONES HIDRAULICAS		
			Angulo θ	Veocidad	Radio hidraulico	q/Q	D/d	v/V
			Prueba y error	v (m/s)	Rh (m)	Caudales ≤ 0,7	≤ 85%	Velocidad ≤ 0,9
1	Dsc1							
		74,60	15,9431	0,55	0,100	0,012	4,83%	0,259
	Pz1							
2	Pz1							
		74,62	25,5844	0,55	0,503	0,014	12,41%	0,265
	Pz2							
3	Pz2							
		94,37	26,1995	0,55	0,097	0,013	13,01%	0,262
	Pz3							
4	Pz4							
		77,52	7,1246	0,80	0,045	0,001	0,97%	0,194
	Pz5							
5	Pz5							
		61,45	9,5460	0,65	0,051	0,002	1,73%	0,198
	Pz6							
6	Pz6							
		61,49	8,8975	0,85	0,047	0,002	1,51%	0,197
	Pz3							
7	Pz7							
		61,86	12,8408	0,50	0,049	0,003	3,14%	0,207
	Pz8							
8	Pz8							
		99,84	16,9592	0,45	0,053	0,005	5,47%	0,220
	Pz9							
9	Pz9							
		75,26	14,1678	0,80	0,046	0,004	3,82%	0,211
	Pz3							
10	Pz3							
		107,36	20,4294	0,95	0,095	0,008	7,92%	0,234
	Pz10							
11	Pz11							
		83,74	9,9140	0,40	0,052	0,002	1,87%	0,199
	Pz12							
12	Pz12							
		110,19	14,9764	0,40	0,048	0,004	4,26%	0,213
	Pz13							
13	Pz13							
		84,00	15,3398	0,65	0,049	0,004	4,47%	0,214
	Pz14							
14	Pz14							
		101,94	27,9033	0,45	0,049	0,015	14,75%	0,271
	Pz15							
15	Pz15							
		42,32	25,7755	0,50	0,049	0,013	12,60%	0,259
	Pz16							
16	Pz16							
		106,32	24,3756	0,65	0,051	0,011	11,27%	0,252
	Pz10							
17	Pz10							
		65,51	29,3506	0,70	0,103	0,016	16,31%	0,279
	Pz17							
18	Pz17							
		65,43	32,3993	0,65	0,097	0,020	19,85%	0,296
	Pz18							
19	Pz18							
		116,05	29,7132	0,70	0,103	0,017	16,71%	0,281
	Pz19							
20	Pz20							
		56,73	8,0271	0,35	0,044	0,001	1,23%	0,195
	Pz21							

Tabla 145.

Diseño final del sistema de alcantarillado sanitario etapa 2, mediante hojas de cálculos de Microsoft Excel.

Nº	TRAMOS	PIEZO Nº	LONG. TRAMO (M)	AREAS (Ha)				DENS.POB. FINAL (Hab/Ha)	POBLA. FINAL ACOM. (hab X tramo)	CAUDALES L/S						Q. TOTAL DE DISEÑO (Qd)	Demanda Unitaria
				IZQ. (Ha)	DER. (Ha)	PARCIAL (Ha)	ACUMULADA (Ha)			DOTACION DE AAPP	AGUAS SERVIDAS(Q)			INF. (Iv)	A. LLUVIAS (Qlv)		
											Q MED. FINAL (Qe)	M NORMA < 1000hab = 4	Q. MAX. (QM)	Q INF (Qie)	Q. AGUAS ILESTAS (Qe)		
										Lt/hab*día	L/s		L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		De1															
1	Tramo De1 - Pz1		74,60	0,151	0,412	0,563	0,563	20,72	11,7	100,0	0,01	4	0,04	0,00	0,01	3,17	3,17
		Pz1															
		Pz1															
2	Tramo Pz1 - Pz2		74,62	0,288	0,676	0,964	1,528	20,72	31,7	100,0	0,03	4	0,12	0,01	0,03	3,26	0,10
		Pz2															
		Pz2															
3	Tramo Pz2 - Pz3		94,37	0,170	0,205	0,375	1,903	20,72	39,4	100,0	0,04	4	0,15	0,01	0,04	3,30	0,04
		Pz3															
		Pz4															
4	Tramo Pz4 - Pz5		77,52	1,206	0,000	1,206	1,206	20,72	25,0	100,0	0,02	4	0,09	0,00	0,02	0,12	0,12
		Pz5															
		Pz5															
5	Tramo Pz5 - Pz6		61,45	0,112	0,402	0,514	1,720	20,72	35,7	100,0	0,03	4	0,13	0,01	0,03	0,17	0,03
		Pz6															
		Pz6															
6	Tramo Pz6 - Pz7		61,49	0,112	0,145	0,256	1,976	20,72	41,0	100,0	0,04	4	0,15	0,01	0,04	0,20	0,03
		Pz7															
		Pz7															
7	Tramo Pz7 - Pz8		61,56	1,869	0,323	2,192	2,192	20,72	45,4	100,0	0,04	4	0,17	0,01	0,04	0,22	0,22
		Pz8															
		Pz8															
8	Tramo Pz8 - Pz9		99,84	0,923	0,248	1,171	3,363	20,72	69,7	100,0	0,06	4	0,26	0,01	0,06	0,34	0,12
		Pz9															
		Pz9															
9	Tramo Pz9 - Pz10		75,56	0,758	0,241	0,998	4,361	20,72	90,4	100,0	0,08	4	0,33	0,02	0,08	0,44	0,10
		Pz10															
		Pz10															
10	Tramo Pz10 - Pz11		107,36	0,378	0,274	0,652	5,893	20,72	124,3	100,0	0,17	4	0,68	0,03	0,17	4,00	0,06
		Pz11															
		Pz11															
11	Tramo Pz11 - Pz12		83,34	0,550	0,574	1,124	1,124	20,72	23,3	100,0	0,02	4	0,09	0,00	0,02	0,11	0,11
		Pz12															
		Pz12															
12	Tramo Pz12 - Pz13		110,19	0,740	0,633	1,374	2,497	20,72	51,8	100,0	0,05	4	0,19	0,01	0,05	0,25	0,14
		Pz13															
		Pz13															
13	Tramo Pz13 - Pz14		84,00	0,29	1,46	1,75	4,24	20,72	87,95	100,00	0,08	4,00	0,33	0,02	0,08	0,42	0,17
		Pz14															
		Pz14															
14	Tramo Pz14 - Pz15		101,94	0,310	2,404	2,714	6,958	20,72	144,2	100,0	0,13	4	0,53	0,03	0,13	0,69	0,27
		Pz15															

Tabla 146.

Comprobación de la red de alcantarillado sanitario etapa 2, mediante Sewer-CAD.

FlexTable: Conduit Table

ID	Label	Start Node	Stop Node	Slope (Calculated) (m/m)	Length (User Defined) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Velocity (m/s)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)	Notes
30	CO-1	Bz1	Bz2	0,009	74,6	400,0	PVC	3,26	238,38	1,4	0,67	1,932	
32	CO-2	Bz2	Bz3	0,011	94,4	400,0	PVC	3,30	253,36	1,3	0,70	2,132	
35	CO-3	Bz4	Bz5	0,103	77,5	200,0	PVC	0,12	124,52	0,1	0,63	3,128	
37	CO-4	Bz5	Bz6	0,065	61,5	200,0	PVC	0,17	98,89	0,2	0,59	2,625	
38	CO-5	Bz6	Bz3	0,114	61,5	200,0	PVC	0,20	130,78	0,2	0,75	4,267	
41	CO-6	Bz7	Bz8	0,032	61,9	200,0	PVC	0,22	69,70	0,3	0,50	1,710	
43	CO-7	Bz8	Bz9	0,025	99,8	200,0	PVC	0,34	61,34	0,5	0,52	1,698	
44	CO-8	Bz9	Bz3	0,086	75,3	200,0	PVC	0,44	113,91	0,4	0,87	4,957	
46	CO-9	Bz3	Bz10	0,042	107,4	400,0	PVC	4,00	503,89	0,8	1,20	6,714	
49	CO-10	Bz11	Bz12	0,024	83,7	200,0	PVC	0,11	59,90	0,2	0,36	1,000	
51	CO-11	Bz12	Bz13	0,023	110,2	200,0	PVC	0,25	58,39	0,4	0,46	1,381	

Tabla 147.

Análisis comparativo de resultados.

Tramos Caudal lleno (l/s)		Calculo en Excel		Calculo en SewerCAD	
		Veloc. Tubo parcialmente lleno (m/s)	Caudal full (l/s)	Veloc. Tubo parcialmente lleno (m/s)	
Bz1	Bz2	238,62	0,65	238,38	0,67
Bz2	Bz3	253,61	0,65	253,36	0,70
Bz4	Bz5	124,65	0,6	124,52	0,63
Bz5	Bz6	98,99	0,65	98,89	0,59
Bz6	Bz3	130,91	0,85	130,78	0,75
Bz7	Bz8	69,77	0,5	69,70	0,50
Bz8	Bz9	61,4	0,47	61,34	0,52
Bz9	Bz3	114,03	0,85	113,91	0,87
Bz3	Bz10	504,4	1,05	503,89	1,20
Bz11	Bz12	59,96	0,4	59,90	0,36
Bz12	Bz13	58,44	0,45	58,39	0,46

Tabla 148.

Presupuesto referencial y planos de diseño para ejecución del sistema de alcantarillado sanitario.

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
OBRA:"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA PARROQUIA MEMBRILLAL, ETAPA 2 "					
RUBRO	*DESCRIPCION*	*UNIDAD*	*CANTIDAD*	*PRECIO UNITARIO*	*PRECIO TOTAL*
RED PRINCIPAL DE RECOLECCION DE AASS					
A-1	REPLANTEO	ML	3.113,66	$0,53	$1.653,13
A-2	EXCAVACION	M3	6.535,49	$4,81	$31.443,58
A-3	DESALOJO D	M3	2.069,94	$2,86	$5.930,23
A-4	RELLENO CO	M3	4.465,54	$3,88	$17.341,07
A-5	RELLENO CO	M3	1.307,10	$13,36	$17.458,98
A-6	RELLENO DE	M3	435,91	$14,29	$6.229,86
A-7	SUMINISTRO	ML	1.814,31	$18,62	$33.782,34
A-8	SUMINISTRO	ML	1.299,35	$57,42	$74.604,18
A-9	ENTIBADO E	ML	2.196,38	$8,77	$19.265,51
A-10	RELLENO CO	M3	326,93	$25,52	$8.341,80
A-11	ROTURA Y RI	M2	149,22	$5,49	$819,57
A-12	REPOSICION	M2	149,22	$13,60	$2.030,03
				SUB-TOTAL =	$218.900,27
REDES TERCIARAS					
B - 1	REPLANTEO	ML	2.023,88	$0,53	$1.074,53
B - 2	EXCAVACION	M3	1.011,94	$4,81	$4.868,65
B - 3	DESALOJO D	M3	404,78	$2,86	$1.159,65
B - 4	RELLENO CO	M3	607,16	$3,88	$2.357,80
B - 5	RELLENO CO	M3	202,39	$13,36	$2.703,31
B - 6	RELLENO DE	M3	202,39	$14,29	$2.892,44
B - 7	SUMINISTRO	ML	2.023,88	$11,85	$23.979,93
B - 8	CAJA DE REC	U	143	$108,99	$15.585,77
B - 9	TAPA PARA C	U	160	$36,70	$5.872,63
				SUB-TOTAL =	$60.494,71
POZOS DE INSPECCION EN COLECTOR PRINCIPAL					
C - 1	EXCAVACION	m3	133,78	$4,81	$643,62
C - 2	RELLENO CO	m3	122,98	$3,88	$477,58
C - 3	POZO DE INS	U	30	$884,69	$26.540,59
C - 4	POZO DE INS	U	7	$976,07	$6.832,47
				SUB-TOTAL =	$34.494,26
		SUB-TOTAL =			313.889,24
		IVA =			37.666,71
		TOTAL =			351.555,95

Conclusiones

- La red de alcantarillado sanitario en su segunda etapa, diseñado acorde con parámetros, bases y normativas que la rigen que son estipuladas por las Normas Ecuatorianas de la Construcción. La población actual de 604 habitantes en 34 hectáreas proyectada hacia 25 años futuros (2047) y con un caudal de descarga aportante de 6,54 l/s.
- Se realizó el diseño del sistema de alcantarillado tomando en cuenta la topografía del terreno natural, ya que el flujo del agua circula con respecto a la gravedad. La red está compuesta por 37 pozos, con tramos de tuberías de 200 mm y 400 mm de acuerdo a la Norma técnica que no superan los 100 m de longitud, se comprobó que la velocidad del flujo es mayor o igual a 0,45 m/s, las fuerzas tractivas mayores o iguales a 1 Pascal y la capacidad de la tubería a sección parcialmente llena es mayor a la capacidad requerida por la población. La modelación se realizó en hojas de cálculos siguiendo parámetros y bases de diseños propuestos, y luego se comprobó la relación de los resultados en el software SewerCAD, en donde concluyo que el diseño propuesto cumple con un buen funcionamiento.
- El sistema de alcantarillado cumple con las condiciones hidráulicas de diseño y su ejecución tendría un costo referencial de ejecución sería de $ 351.555,95 incluido el IVA, todos los accesorios, mano de obra y maquinarias están en referencia al 2022.

Referencias bibliográficas

Castro, M. y Muñóz, M. (2023, julio) ***Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia Membrillal, etapa 1(Tesis de pregado)*** Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa. Facultad de Ciencias Técnicas. 146 Pg. Disponible en http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5452

Constitución Nacional, A. (2008). ***Constitución Nacional del Ecuador.*** Montecristi.

INEC. (2019). ***Censos de población y vivienda en la parroquia Membrillal.*** Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INEN. (1992). ***Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y y disposición de Aguas Residuales.*** Quito, Ecuador.

INEN CPE, I. (1997). *norma para el diseño de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.* Quito.

PD y OT Membrillal. (2019). *GAD Parroquial Membrillal.* Gad Membrillal.

Sobrevila, M. A y Blanco, E. R. (2008). *La profesión de Ingeniero.*

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 35

Diseño para la Mejora del Sistema Sanitario y Biodigestor Intradomiciliario: Estudio de Caso en la Comuna Sancán, Jipijapa, Manabí

AUTORES: Gianna Briggitte Segovia Ponce; Dante Stalin Murillo Baque

SABER**EC 5.0**

Diseño para la Mejora del Sistema Sanitario y Biodigestor Intradomiciliario: Estudio de Caso en la Comuna Sancán, Jipijapa, Manabí

Design for the Improvement of the Sanitary System and In-House Biodigester: A Case Study in the Sancán Community, Jipijapa, Manabí

Resumen

El manejo inadecuado de aguas residuales y la falta de sistemas de saneamiento adecuados en la comuna Sancán, ubicada en Jipijapa, Manabí, representan un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente. Esta problemática afecta tanto la calidad de vida de los habitantes como la sostenibilidad del entorno. El objeto de estudio son los sistemas de saneamiento y las aguas residuales domésticas en la comuna Sancán. El objetivo de esta investigación es proponer un diseño conceptual de biodigestor intradomiciliario para la comuna Sancán. La metodología incluye el análisis de bases de datos de las normativas de construcción vigentes en Ecuador, así como la realización de estudios de campo para obtener un análisis detallado. La propuesta conceptual de biodigestor se desarrolló combinando la investigación de campo con análisis documental y técnico, asegurando un enfoque integral para abordar la problemática del Sistema sanitario y la gestión de aguas residuales en la comuna. Los resultados indican la necesidad de implementar soluciones accesibles y efectivas para el tratamiento de aguas residuales domésticas. La viabilidad técnica de los biodigestores intradomiciliarios destaca su potencial para mejorar las condiciones sanitarias y ambientales, promoviendo un desarrollo sostenible y reduciendo los riesgos para la salud pública asociados con la contaminación hídrica. 175 porqso n domiciliarias

Palabras clave: Sistema sanitario, gestión de aguas residuales, biodigestor, salud pública, sostenibilidad.

Abstract

Inadequate wastewater management and the lack of adequate sanitation systems in the Sancán community, located in Jipijapa, Manabí, represent a significant risk to public health and the environment. This problem affects both the quality of life of the inhabitants and the sustainability of the environment. The object of study is the sanitation systems and domestic wastewater in the Sancán commune. The objective of this research is to propose a conceptual design of an intradomiciliary biodigester for the Sancán community. The methodology includes the analysis of databases of current construction regulations in Ecuador, as well as field studies to obtain a detailed analysis. The bio-

digester conceptual proposal was developed by combining field research with documentary and technical analysis, ensuring a comprehensive approach to address the problem of sanitary access and wastewater management in the commune. The results indicate the need to implement affordable and effective solutions for domestic wastewater treatment. The technical feasibility of intradomestic biodigesters highlights their potential to improve sanitary and environmental conditions, promoting sustainable development and reducing public health risks associated with water pollution.

Keywords: Sanitary access, wastewater management, biodigester, public health, sustainability.

Introducción

Los biodigestores intradomiciliarios se presentan como una innovadora y sostenible tecnología destinada al tratamiento eficaz de aguas residuales, promoviendo beneficios significativos tanto a nivel ambiental como social (Herrero, 2008). Estos sistemas, fundamentados en la acción de bacterias para degradar la materia orgánica, operan mediante un proceso que culmina en la producción de biogás y biol. Actualmente existe un problema de contaminación a nivel mundial que afecta año tras año a la población y al medio ambiente, como el agua, los recursos naturales, principales fuentes de abastecimiento de agua, y esto sucede por la falta de gestión y manejo de los residuos líquidos, que afecta la salud de los habitantes provocando molestias y daños.

En Ecuador, existen zonas rurales y urbanas que en las que no existe el manejo del agua residual doméstica, lo que ha generado un problema nacional de salud pública ya que estudios indican que la población hace uso y consumo de agua contaminada. A nivel nacional, el MIDUVI de Ecuador implementó un programa de biodigestores intradomiciliarios en 2022, con el objetivo claro de mejorar el Sistema al saneamiento básico en zonas rurales. Los resultados iniciales de este programa indican un impacto positivo, beneficiando a más de 1000 hogares y subrayando los esfuerzos gubernamentales para abordar la problemática a nivel nacional (MIDUVI, 2022).

A nivel local, el municipio de Jipijapa, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de 2020, ha identificado un marcado déficit de servicios básicos, especialmente en saneamiento básico. Como estrategia para enfrentar esta problemática local, se contempla la implementación de biodigestores intradomiciliarios, destacando la relevancia de esta solución a nivel local para mejorar el Sistema al saneamiento básico en el cantón Jipijapa. En la ciudad, en la zona urbana existe Sistema al sistema de alcantarillado sanitario y pluvial

que funciona en una capacidad del 90%, por otro lado, en la zona rural no cuentan con Sistema a sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

Ante esta problemática, surge la propuesta conceptual de implementar biodigestores intradomiciliarios como una alternativa sostenible al tratamiento de aguas residuales. Esta solución basa su eficacia en el uso de bacterias para degradar la materia orgánica, no solo abordando la carencia de saneamiento, sino generando beneficios adicionales. Según esta investigación, la introducción de biodigestores no solo mejoraría el Sistema sanitario, sino que también impulsaría la generación de biogás y biol, brindando opciones de energía y mejorando la productividad agrícola local. A partir de este contexto la presente investigación se enfoca en evaluar el sistema sanitario actual de la comuna Sancán, Jipijapa, y proponer un diseño conceptual de biodigestor intradomiciliario que responda a las necesidades locales. Además, se busca analizar la viabilidad técnica y económica de la implementación de estos sistemas, determinando los beneficios ambientales y sociales asociados a su adopción, tales como la mejora de la salud pública y la reducción de la contaminación hídrica.

Materiales y métodos

La investigación es de carácter aplicativa y descriptiva la cual busca que se fundamente en la urgencia de cerrar la brecha en el Sistema al saneamiento básico en la Comuna Sancán, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida de la población. La relevancia macro, meso y micro de esta problemática respalda la elección de esta investigación como un medio para aportar soluciones específicas y sostenibles en el ámbito del Sistema sanitario.

Un biodigestor es una solución alternativa de bajo costo y fácil implementación que sirva para tratar el agua residual doméstica (aguas grises que provienen de baños, lavadoras y cocina), este tipo de tratamiento permite mejorar la calidad del agua y minimizar la contaminación al verter el agua hacia el medio ambiente (RAS, 2000). En el contexto del saneamiento básico, los biodigestores intradomiciliarios se erigen como agentes catalizadores de mejoras significativas (Granja, 2023). Su implementación contribuye directamente a la mejora del Sistema al saneamiento básico en zonas rurales, donde históricamente estas comunidades han enfrentado desafíos en este aspecto fundamental para la salud pública. Según refiere Ossa et al., (2020) refiere que, la reducción de la contaminación ambiental constituye otro de los impactos positivos generados por la adopción de biodigestores intradomiciliarios. Al transformar las aguas residuales en productos útiles y reducir la liberación de

contaminantes, estos sistemas no solo mejoran la calidad del entorno local, sino que también fomentan prácticas ambientalmente responsables.

El enfoque cuantitativo de la investigación permitió la recopilación de datos numéricos a través de técnicas de campo, como el levantamiento topográfico, encuestas y caracterización de la zona. Esto ayudó a identificar las carencias en el sistema sanitario de la Comuna Sancán, detalladas mediante un análisis del catastro de viviendas. La delimitación teórica se centró en la recopilación de información sobre los sistemas sanitarios de las viviendas y la propuesta de un biodigestor intradomiciliario, incluyendo aspectos hidráulicos, sanitarios y de ordenamiento territorial. Se trabajó con un diámetro de tubería de 200 mm, adecuada para las conexiones domiciliarias, asegurando que el diseño propuesto responda a las necesidades locales y mejore el sistema de saneamiento.

La delimitación teórica se concentra en el levantamiento de información sobre los Sistemas sanitarios de las viviendas en la Comuna Sancán y la formulación de una propuesta concreta para la implementación de un biodigestor intradomiciliario. Este enfoque específico garantiza que la investigación se centre en aspectos hidráulicos, sanitarios, saneamiento, presupuesto y ordenamiento territorial.

Resultados

Evaluar el diseño domiciliario de aguas residuales domésticas y proponer la implementación de biodigestores en la comuna Sancán, que esta ubicada en el cantón Jipijapa, cubre un área de 174 hectáreas y se sitúa en el km 9 de la vía Jipijapa-Manta, con coordenadas UTM 546418.00 m Este, 9860783.00 m Sur, en la zona 17M. La altitud varía entre 220 y 300 metros sobre el nivel del mar, y limita al norte con La Pila, al sur con Santa Rosa y Secal, al este con San Pablo y San Francisco, y al oeste con la Comuna Membrillal. Con una densidad poblacional actual de 11,75 habitantes por hectárea y una población de 2044 personas (1858 habitantes más un 10% de población flotante), la cual basada en la investigación se proyecta que la densidad poblacional futura será de 17,94 hab/Ha, con una población estimada de 3122 habitantes. Según la encuesta socioeconómica del GAD Municipal de Jipijapa (2019), la comuna tiene 1858 habitantes, distribuidos en 790 hombres, 775 mujeres y 293 niños menores de 5 años. El Sistema al agua es deficiente, con solo el 23% de la población recibiendo agua de forma continua y el 77% de forma irregular.

Figura 108.

Localización para la ejecución del trabajo de investigación.

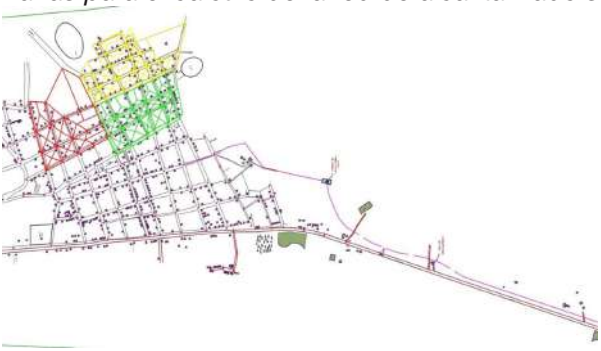
Nota: Plano General de la comuna Sancan del cantón Jipijapa.

Realización del modelo y distribución de biodigestores, teniendo en cuenta las especificaciones de las viviendas y los factores que podrían influir en su funcionamiento.

En cuanto al saneamiento, el 35% de los residentes utilizan letrinas, el 45% fosa séptica, y el 20% pozo ciego. La topografía de la zona es mayormente plana con algunas pendientes moderadas y altitudes que varían entre 220 y 300 metros sobre el nivel del mar. El periodo de diseño del sistema de alcantarillado sanitario se ha establecido en 30 años.

Figura 109.

Distribución de manzanas para el calculo de la red de alcantarillado sanitario.



Nota: Plano General de la comuna Sancan del Cantón Jipijapa con distribución de manzanas.

Continuando en la realización del modelo y distribución de biodigestores, se tuvo en cuenta las especificaciones de las viviendas y los factores que podrían influir en su funcionamiento, la cual se dio la determinación de la red sanitaria bajo el cálculo de la red de alcantarillado y los diferentes parámetros de diseño.

Tabla 149.

Calculo del caudal de diseño de sistema del alcantarillado sanitario.

Numero	año	Geométrico Hab	Aritmético Hab	Exponencial Hab	Promedio Hab	Dotación Futura 1t/dia/hab	Factor de Retorno
0	2024	2044	315.36	2044	2044.00	100.00	0.8000
1	2025	2075	311.80	2075	2075.00	101.00	0.8000
2	2026	2106	309.80	2107	2107.00	102.01	0.8000

Nota: Valores con un periodo de diseño de 30 años, que abarca una población inicial de 2044 habitantes con su tasa de crecimiento de 1.5

Tabla 150.

Calculo de Tubería Parcialmente llena.

Numero	Tramo	Pozo	Longitud	Área Izquierda	Área Derecha	Área Parcial	Área Acumulada
C1	P1-P2	1.00/2.00	92.10	1.680	0.180	1.860	1.860
C1	P3-P4	3.00/4.00	45.88	0.250	0.000	0.250	0.250
C1	P2-P4	2.00/4.00	62.88	0.010	0.130	0.140	2.00

Nota: Valores establecidos para una densidad poblacional de 18 habitantes con su área de diseño de 174 Ha.

Tabla 151.

Segunda parte del cálculo de tubería parcialmente llena.

S Terreno	S Tuberia	V Real	σ	Cota rasante Original	Cota Clave	Cota Clave	Cota Batea
0.261	0.750	0.46	1.51	234.47 234.23	233.27 232.58	120	95.12
3.640	3.650	0.85	5.64	236.09 234.23	234.89 233.22	1.65 1.20	40.22
0.302	0.750	0.46	1.51	234.23 234.42	232.56 232.09	1.20 1.67	90.30

Nota: Valores establecidos para una densidad poblacional de 18 habitantes con su área de diseño de 174 Ha.

Discusión

Evaluar el diseño domiciliario y proponer biodigestores esto Implica una revisión detallada del sistema actual y la propuesta de una solución innovadora y adaptada a las necesidades de la comuna, para poder modelar y distribuir biodigestores se requiere diseñar un sistema práctico y eficiente basado en las especificaciones locales y factores contextuales y a su vez crear un manual de mantenimiento, es fundamental para asegurar la longevidad y el buen funcionamiento de los biodigestores, minimizando las fallas y optimizando su rendimiento.

Asimismo, se destaca la importancia de crear un manual de mantenimiento que garantice la longevidad y el óptimo funcionamiento del sistema, tal como lo indican estudios previos que subrayan la necesidad de minimizar fallos técnicos mediante el uso de guías claras para la detección temprana de problemas.

Este tema es crucial estudiar la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en un mundo con una población en crecimiento. El asentamiento en zonas inadecuadas o alejadas de la ciudad lleva a los residentes a utilizar diversos medios para eliminar las aguas residuales. En zonas remotas o donde las finanzas son limitadas, diseñar sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de biodigestores es una solución práctica.

Conclusiones

- Los biodigestores intradomiciliarios emergen como una solución innovadora y sostenible para el tratamiento de aguas residuales, destacándose tanto por su eficacia ambiental como por su impacto social positivo, Su capacidad para transformar desechos orgánicos en biogás y biol no solo mejora el Sistema al saneamiento básico, sino que también ofrece una alternativa económica y autónoma a los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales.
- La correcta implementación del modelo y la distribución de biodigestores tendrá un impacto positivo en la comunidad al mejorar la gestión de residuos y contribuir a un entorno más limpio. Sin embargo, es crucial tener en cuenta los aspectos técnicos y las necesidades específicas de cada vivienda para evitar problemas futuros y garantizar un funcionamiento sin contratiempos.
- La propuesta de un manual de mantenimiento proporciona una guía clara para la identificación y resolución de problemas comunes.

La inclusión de procedimientos para la detección temprana de fallas garantizará el correcto funcionamiento de los biodigestores, optimizando su rendimiento y evitando interrupciones de fallas ayudará a evitar interrupciones en el funcionamiento y asegurar que los biodigestores operen de manera óptima.

Referencias Bibliográficas

Granja, C. (2023). Sostenibilidad energética basada en la implementación de energías renovables en centros porcinos: caso Granja “El Guayabal”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 32(3), e05.

Herrero, J. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Jaime Marti Herrero.

MIDUVI. (2022). Convenios de Cooperación Interinstitucionales, Notas Revesarles, Acuerdos de Cooperación o Asistencias Técnicas o algún instrumento de carácter técnico o legal. Decreto Ejecutivo No. 405 publicado en el Tercer Suplemento del Registro Oficial Nro. 57 del 06 de mayo de 2022.

Ossa, L., Correa, M., & Múnera, L. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. Producción+ Limpia, 15(2), 71-91.

RAS. (2000). Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y aneamiento Básico.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 36

Propuesta de diseño para el sistema de alcantarillado pluvial en el recinto Mariscal Sucre, parroquia La América, cantón Jipijapa

AUTORES: Alex Vicente Quimiz Tumbaco; Julio Johnny Regalado Jalca; Joffre Paul Quimis Bacusoy

SABER**EC 5.0**

Propuesta de diseño para el sistema de alcantarillado pluvial en el recinto Mariscal Sucre, parroquia La América, cantón Jipijapa

Design Proposal for the Storm Sewer System in the Mariscal Sucre Area, La América parroquia, Jipijapa Canton

Resumen

El sistema de alcantarillado pluvial diseñado para el Recinto Mariscal Sucre ha demostrado ser eficiente en la gestión de aguas pluviales. El objetivo de la investigación fue proponer un diseño que mitigue los riesgos de inundación, utilizando el software SewerCAD para modelar y simular el sistema. La metodología incluyó un enfoque cuantitativo y descriptivo, con levantamientos topográficos detallados y el uso de SWERCAD, asegurando el cumplimiento de las normas INEN CPE 5. Los resultados confirmaron que el diseño garantiza la adecuada recolección y evacuación de las aguas de lluvia, reduciendo significativamente los riesgos de inundación y mejorando la movilidad en las vías. Además, el sistema contribuye a un entorno más saludable al eliminar los estancamientos de agua, reduciendo así el riesgo de enfermedades transmitidas por mosquitos. Con un presupuesto viable de $155,774.22, el proyecto promueve el desarrollo sostenible de la zona, incrementando el valor de las propiedades y mejorando la infraestructura urbana. Se recomienda establecer un programa de mantenimiento regular para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema. A futuro, el diseño puede servir como modelo para otras comunidades enfrentando problemas similares, contribuyendo a un entorno urbano más saludable y sostenible

Palabras clave: Alcantarillado pluvial, gestión de aguas, inundaciones, desarrollo sostenible.

Abstract

The stormwater drainage system designed for the Mariscal Sucre area has proven to be efficient in managing stormwater. The objective of the research was to propose a design that mitigates flood risks by using SewerCAD software to model and simulate the system. The methodology included a quantitative and descriptive approach, with detailed topographic surveys and the use of SewerCAD, ensuring compliance with INEN CPE 5 standards. The results confirmed that the design ensures adequate collection and evacuation of rainwater, significantly reducing flood risks and improving road mobility. Additionally, the system contributes to a healthier environment by eliminating stagnant water, thereby reducing the risk of mosquito-borne diseases. With a viable budget of $155,774.22, the project promotes the sustainable development of the

area, increasing property values and improving urban infrastructure. It is recommended to establish a regular maintenance program to ensure the optimal functioning of the system. In the future, the design could serve as a model for other communities facing similar issues, contributing to a healthier and more sustainable urban environment.

Keywords: Stormwater drainage, water management, flooding, sustainable development.

Introducción

A nivel global, la gestión eficiente de las aguas pluviales es crucial para el desarrollo sostenible y la resiliencia urbana ante el cambio climático (UN-Habitat, 2020). Según Cuello (2020), en América Latina la infraestructura de alcantarillado pluvial es esencial para mitigar los riesgos asociados con las lluvias torrenciales frecuentes. En Ecuador, la falta de infraestructura adecuada ha resultado en problemas recurrentes de inundaciones y deterioro de infraestructura (SENAGUA, 2019).

El cantón Jipijapa, enfrenta constantes desafíos en la gestión del alcantarillado pluvial debido a prácticas agrícolas extensivas y un rápido crecimiento urbano, ejerciendo una presión considerable sobre una infraestructura ya precaria (GAD Jipijapa, 2022). En la parroquia La América y su recinto Mariscal Sucre, las inundaciones severas han causado pérdidas económicas sustanciales y han socavado la estabilidad social de la comunidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), los sistemas de alcantarillado existentes no son suficientes para manejar el volumen de agua durante las lluvias intensas, lo que conduce a problemas de salud pública y propagación de enfermedades transmitidas por el agua.

Ante estos desafíos, se ha planteado la necesidad de realizar un diagnóstico exhaustivo en el Recinto Mariscal Sucre para identificar deficiencias y áreas de mejora. El objetivo principal de esta investigación es proponer un diseño eficiente de un sistema de alcantarillado pluvial con ayuda del software SewerCAD el cual permita la simulación de estos sistemas óptimos para la mitigación de los riesgos de inundación para la menoración de la salud pública, contribuyendo al bienestar y desarrollo sostenible de la zona.

No obstante, cabe recalcar que el diseño propuesto tiene el potencial de servir como modelo para otras comunidades que enfrentan problemas similares, destacando la relevancia de una infraestructura adecuada en la mitigación de riesgos y la promoción de un entorno urbano saludable y sostenible. Por lo tanto, el presente estudio abarca aspectos sociales, económicos

y académicos, abordando problemas inmediatos y tangibles y ofreciendo beneficios a largo plazo esenciales para el desarrollo integral y sostenible de la comunidad.

Materiales y métodos

La presente investigación es de carácter aplicativo y descriptivo la cual busca proponer soluciones concretas a los problemas de manejo de aguas pluviales del Recinto Mariscal Sucre. Además, se utilizó un enfoque cualitativo mediante el cual, permitió obtener medidas precisas sobre la magnitud de las precipitaciones, la capacidad actual de drenaje y las demandas específicas del sistema de alcantarillado pluvial y a su vez el análisis de datos numéricos para determinar los parámetros y diseños técnicos del diseño del alcantarillado pluvial. A través del software como SewereCAD se realizó una modelación y simulación de escenarios para garantizar un diseño hidráulico viable y que cubra las demandas de zona.

Según el Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial (PDOT), la población del Recinto Mariscal Sucre está conformada de 192 habitantes y 71 viviendas. Debido a la reducida cantidad se consideró a toda esta población como muestra. Para la recolección de datos se utilizaron técnicas como los estudios previos como informes técnicos y registros históricos de precipitaciones en el área. Las visitas al sitio para obtener datos topográficos mediante tecnologías como estaciones totales y GPS para recolectar datos precisos y evaluar el estado actual del sistema de drenaje. Además, software SWERCAD se utilizó para la modelación y simulación de escenarios de drenaje, permitiendo validar el diseño propuesto conforme a las normas INEN CPE 5.

Para el análisis de los datos recolectados se llevó a cabo mediante un análisis hidrológico para de esta manera evaluar las cualidades de la cuenca, incluyendo la frecuencia, duración e intensidad de la lluvia utilizando datos históricos, e hidráulico para el cálculo de los caudales de diseño y dimensiones de los componentes del sistema de alcantarillado considerando factores como el terreno, la velocidad el agua y la capacidad de infiltración. Para la determinación del sistema de alcantarillado pluvial se basó en, identificar parámetros esenciales como la localización, bases de diseño, período de retorno y caudal. La moderación en el software SewerCAD para modelar el sistema de alcantarillado asegurándose que cumpla con las normas INEN CPE5, una vez obtenidos este diseño se compararon con sistemas existentes y se realizaron ajustes para optimizar su eficiencia.

Resultados

El presente análisis se enfoca en determinar los parámetros técnico, modelar y validar el diseño propuesto utilizando el programa SewerCAD, y comprobar su eficacia en la reducción de inundaciones en el área de estudio.

Parámetros técnicos y diseño

Durante la época de invierno en el Ecuador, el Recinto Mariscal Sucre del cantón Jipijapa enfrenta problemas significativos de acumulación de aguas pluviales en su vía principal y calles circundantes, debido a las escorrentías provenientes de las laderas que rodean el área. La acumulación de agua no solo impide el tránsito normal, sino que también representa una amenaza para la salud de los habitantes, ya que los estancamientos se convierten en criaderos ideales para mosquitos, vectores de enfermedades como el paludismo. Para abordar estos problemas, se realizó un levantamiento topográfico detallado utilizando estaciones totales y GPS, permitiendo la creación de perfiles longitudinales y transversales de la vía. Estos datos se utilizaron en el programa AutoCAD para diseñar la red de alcantarillado pluvial y en el software SewerCAD para la modelación y simulación del sistema.

Figura 110.

Mapa que indica la posición o localización del área de investigación.

Nota: Mapa del diseño de alcantarillado pluvial para el recinto Mariscal Sucre en la parroquia.

Fuente: (Quimis Bacusoy, 2024).

Modelación Hidráulica

La modelación realizada en el software SewerCAD, se realizó asegurándose que el diseño cumpliera con las normas INEN CPE 5. Se determinó un caudal de diseño por tramos y se analizaron parámetros hidráulicos claves, como el diámetro de tuberías, la capacidad máxima de trabajo y la velocidad de flujo. El análisis de los pozos de inspección mostró que los niveles de agua y las velocidades de flujo en los tramos diseñados eran consistentes con los requerimientos normativos. Por ejemplo, en el tramo Pz1 - Pz2, la velocidad del flujo fue de 1.05 m/s, con una capacidad de flujo de 185.356 L/s y un caudal total de 3.81 L/s, lo cual se encuentra dentro de los límites aceptables.

Tabla 152.

Resultados de la comprobación hidráulica en tramos de conductos.

ID	Start Node	Stop Node	Length (User Defined) (m)	Slope (Calculated) (m/m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Middle) (m)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Depth (Average End) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (kg/m²)	Notes
30	Pz1	Pz2	79.83	0.026	300.00	3.810	1.05	0.06	185.356	2.1	19.2	0.497	
32	Pz2	Pz3	64.62	0.022	300.00	8.590	1.25	0.08	168.214	5.1	27.1	0.617	
34	Pz3	Pz4	80.18	0.015	300.00	15.310	1.30	0.10	139.810	11.0	34.1	0.597	
36	Pz4	Pz5	76.64	0.031	300.00	21.440	1.86	0.11	201.814	10.6	38.2	1.227	
38	Pz5	Pz6	32.13	0.063	300.00	24.050	2.47	0.12	287.259	8.4	40.5	2.239	
40	Pz6	Pz7	35.46	0.027	300.00	26.740	1.88	0.14	188.039	14.2	48.1	1.210	
42	Pz7	O-1	6.65	0.009	300.00	44.900	1.46	0.15	108.554	41.4	50.1	0.629	
45	Pz9	Pz8	52.61	0.040	300.00	8.520	1.54	0.08	227.782	3.7	27.7	0.983	
46	Pz8	Pz7	27.04	0.018	300.00	16.400	1.42	0.13	153.842	10.7	43.4	0.714	
49	Pz10	Pz11	85.68	0.035	300.00	14.170	1.72	0.13	214.913	6.6	42.5	1.127	

Nota: Resultados obtenidos de la modelación en base a la comprobación hidráulica de los tramos de conducto de la red de alcantarillado pluvial para la parroquia Mariscal Sucre.

Fuente: (Quimis Bacusoy, 2024).

Resultados en Pozos de Inspección y Descarga

Los resultados hidráulicos en pozos de inspección y puntos de descarga mostraron que el sistema podía manejar eficientemente las aguas pluviales recolectadas.

Tabla 153.

Resultados de la comprobación hidráulica en descarga final.

ID	Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Invert) (m)	Boundary Condition Type	Hydraulic Grade (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Notes
41	O-1	316.36	315.36	Free Outfall	315.50	44.900	
60	O-2	313.00	311.80	Free Outfall	311.90	45.640	
68	O-3	311.00	309.80	Free Outfall	309.87	35.380	

Nota: Valores establecidos para las descargas y su caudal total de recolección en base a la propuesta de sistema de alcantarillado pluvial.

Fuente: (Quimis Bacusoy, 2024).

En el punto de descarga O-1, se manejó un flujo total de 44.900 L/s, indicando una salida libre y efectiva del agua pluvial acumulada.

Tabla 154.

Resultados de la comprobación hidráulica en pozos de inspección.

ID	Label	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Notes
28	Pz1	326.50	325.50	0.000	3.810	0.05	325.55	
29	Pz2	324.40	323.40	3.810	8.590	0.07	323.47	
31	Pz3	323.00	322.00	8.590	15.310	0.09	322.09	
33	Pz4	321.80	320.80	15.310	21.440	0.11	320.91	
35	Pz5	319.41	318.41	21.440	24.050	0.12	318.53	
37	Pz6	317.38	316.38	24.050	26.740	0.12	316.50	
39	Pz7	316.62	315.42	43.140	44.900	0.16	315.58	
44	Pz8	316.91	315.91	8.520	16.400	0.10	316.01	

43	Pz9	319.00	318.00	0.000	8.520	0.07	318.07	
47	Pz10	317.83	316.83	0.000	14.170	0.09	316.92	
48	Pz11	316.00	313.80	43.890	45.640	0.17	313.97	
50	Pz12	316.51	315.51	0.000	14.160	0.09	315.60	
51	Pz13	315.90	314.90	14.160	17.370	0.10	315.00	
54	Pz14	315.95	314.95	0.000	11.260	0.08	315.03	

Nota: Valores establecidos de los pozos de inspección principal de la red de alcantarillado pluvial y su gradiente hidráulico en base al caudal que recolecta cada uno de ellos.

Fuente: (Quimis Bacusoy, 2024)

En los pozos de inspección, se registraron flujos totales adecuados que garantizan un flujo continuo y sin obstrucciones.

Validación y Ajustes

La comparación entre los cálculos manuales y la modelación en SWERCAD permitió validar el diseño propuesto, confirmando que los parámetros hidráulicos se ajustaban a las normas INEN CPE 5 y que el sistema era capaz de funcionar de manera eficiente bajo las condiciones previstas. Los ajustes realizados durante el proceso de modelación aseguraron que el diseño fuera robusto y sostenible a largo plazo.

En este sentido, el presente análisis demostró que el diseño de este sistema de alcantarillado pluvial es viable y cumple con los estándares técnicos necesarios para mitigar los riesgos de inundación. La implementación de este sistema no solo mejorará la calidad de vida de los residentes al reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua estancada, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible de la comunidad al proteger la infraestructura y garantizar la movilidad segura en la zona.

Conclusiones

En conclusión, el sistema de alcantarillado pluvial diseñado para el Recinto Mariscal Sucre ha demostrado ser eficiente en la gestión de aguas pluviales. La modelación con SewerCAD confirmó que el diseño cumple con las normas INEN CPE 5, garantizando la adecuada recolección y evacuación de las aguas de lluvia reduciendo los riesgos de inundación significativamente.

Este diseño del sistema ha mitigado los problemas de acumulación de agua en las calles principales y circundantes, mejorando la movilidad y preservando la infraestructura vial y a su vez ayuda al impacto en la salud pública, ya que la eliminación de estancamientos de agua reduce la proliferación de mosquitos y el riesgo de enfermedades como el paludismo. Esto promueve un entorno más saludable para los residentes.

Además, proyecto contribuye al desarrollo sostenible de la zona. Mantener el entorno libre de inundaciones incrementa el valor de las propiedades y mejora la infraestructura urbana, beneficiando a la comunidad a largo plazo. Con un presupuesto referencial de $155,774.22 es viable y cubre todos los componentes necesarios para la ejecución del sistema. La factibilidad económica asegura la implementación efectiva del proyecto y su mantenimiento futuro.

Recomendaciones:

- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento regular para el sistema de alcantarillado pluvial, incluyendo la limpieza de sumideros y conductos, para garantizar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil.
- Es importante llevar a cabo campañas de educación y concienciación entre los habitantes del Recinto Mariscal Sucre sobre la importancia de mantener limpias las vías y evitar la acumulación de basura que pueda obstruir el sistema de drenaje pluvial.
- Se debe implementar un sistema de monitoreo y evaluación continuos para analizar el desempeño del sistema de alcantarillado pluvial y realizar ajustes necesarios en caso de detectar problemas o áreas de mejora.
- Dado el éxito del proyecto en el Recinto Mariscal Sucre, se recomienda considerar la ampliación de este tipo de sistemas de alcantarillado pluvial a otras áreas de la parroquia La América y el cantón Jipijapa que enfrenten problemas similares de manejo de aguas pluviales.
- Es esencial mantener actualizado al personal técnico en las últimas tecnologías y métodos de diseño y mantenimiento de sistemas de alcantarillado pluvial, asegurando así la aplicación de las mejores prácticas en futuros proyectos.

Referencias bibliográficas

Cuello, P. (2020). *Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio la Joya I, parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha.* Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19356/1/UPS%20-%20TTS192.pdf

GAD Jipijapa. (2022). *Proyecto de Saneamiento para el cantón Jipijapa*. GAD de Jipijapa. https://jipijapa.gob.ec/index.php/noticias/item/562-proyecto-de-saneamiento-para-el-canton-jipijapa

OMS. (2018). *Inundaciones y salud pública*. Organización Mundial de la Salud.

Quimis Bacusoy, J. P. (2024). *Diseño de alcantarillado pluvial del recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América del cantón Jipijapa [Tesis para la obtención de grado].* Universidad Estatal del Sur de Manabí.

SENAGUA. (2019). Evaluación de sistemas de alcantarillado en Ecuador. Secretaría Nacional del Agua.

UN-Habitat. (2020). *Resiliencia urbana y gestión del agua.* Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 37

Diseño de planta de tratamiento mediante biodigestor para el recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América del cantón Jipijapa

AUTORES: María Lorena Ponce Vinces; Samuel Josias Lema Guamán

SABER**EC 5.0**

Diseño de planta de tratamiento mediante biodigestor para el recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América del cantón Jipijapa

Design of a Treatment Plant Using a Biodigester for the Mariscal Sucre Area in La América parroquia, Jipijapa Canton

Resumen

El proyecto "Diseño de planta de tratamiento mediante biodigestor para el recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América del cantón Jipijapa" abordó la problemática asociada a la gestión inadecuada de aguas residuales. A través de un enfoque aplicado y descriptivo, se integraron métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar las necesidades y capacidades específicas del recinto. La investigación se enfocó en la mejora de la gestión ambiental y sanitaria de la zona, buscando reducir la contaminación y elevar la calidad del agua. La población objeto de estudio, definida a partir de las encuestas realizadas, incluyó a 275 habitantes del recinto Mariscal Sucre. La recopilación de datos se efectuó mediante diversas técnicas, entre ellas, mediciones directas, análisis estadísticos, entrevistas y levantamientos topográficos, lo que facilitó un análisis exhaustivo y una comprensión profunda de las prácticas y percepciones comunitarias respecto a la gestión de las aguas residuales. El proyecto determinó una notable deficiencia en el saneamiento y en la gestión de aguas residuales en el recinto, identificando un sólido apoyo comunitario hacia la implementación de biodigestores como solución viable y económica. Se propusieron tres modelos de biodigestores, basados en las normativas INEN CPE y Rotoplas. Mediante la proyección poblacional, utilizando métodos aritmético, geométrico y exponencial, se estimó una población futura promedio de 420 habitantes en un lapso de 30 años. El presupuesto total estimado para el proyecto ascendió a aproximadamente $64,357.83, garantizando una planificación precisa y eficiente. Este proyecto representa un avance significativo hacia la mejora del saneamiento y la salud pública en el recinto Mariscal Sucre.

Palabras clave: biodigestores, gestión de aguas residuales, saneamiento ambiental, proyección poblacional, normativas INEN.

Abstract

The project "Design of a Treatment Plant Using Biodigesters for the Mariscal Sucre Enclosure of the La América Parish in Jipijapa Canton" addressed the issue associated with inadequate wastewater management. Through an applied and descriptive approach, quantitative and qualitative methods were

integrated to evaluate the specific needs and capacities of the enclosure. The research focused on improving the environmental and sanitary management of the area, aiming to reduce pollution and enhance water quality. The study population, defined from the surveys conducted, included 275 inhabitants of the Mariscal Sucre enclosure. Data collection was carried out using various techniques, including direct measurements, statistical analyses, interviews, and topographic surveys, which facilitated a comprehensive analysis and a deep understanding of community practices and perceptions regarding wastewater management. The project identified a notable deficiency in sanitation and wastewater management in the enclosure, finding strong community support for the implementation of biodigesters as a viable and economical solution. Three biodigester models were proposed, based on INEN, CPE, and Rotoplas standards. Through population projection using arithmetic, geometric, and exponential methods, an average future population of 420 inhabitants was estimated over a 30-year period. The total estimated budget for the project amounted to approximately $64,357.83, ensuring precise and efficient planning. This project represents a significant step towards improving sanitation and public health in the Mariscal Sucre enclosure.

KeyWord: Biodigesters, wastewater management, environmental sanitation, population projection, INEN standards.

Introducción

La gestión inadecuada de las aguas residuales es un desafío global con graves implicaciones ambientales y de salud pública, manifestándose con particular severidad en Ecuador, específicamente en el reciento Mariscal Sucre de la parroquia La América del cantón Jipijapa. El tratamiento ineficaz de aguas lleva a la contaminación de ecosistemas, afectando la biodiversidad y la salud pública, un problema exacerbado en países en desarrollo por la falta de tecnología avanzada y adecuada infraestructura (Bhatia & Hoekstra, 2019). Según la Organización Mundial de la Salud (2021), solo el 15% de las aguas residuales en Ecuador reciben un tratamiento adecuado, lo que resulta en la descarga de grandes volúmenes de aguas contaminadas en fuentes naturales, agravando los problemas medioambientales y sanitarios (Banco Mundial, 2019).

La provincia de Manabí, y específicamente el cantón Jipijapa, reflejan esta problemática. La falta de infraestructura y políticas efectivas ha llevado a que solo el 10% de las aguas residuales sean tratadas (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2022), resultando en una contaminación significativa y riesgos

para la salud pública. En la parroquia La América y el reciento Mariscal Sucre, esta realidad se agrava debida a la usencia de sistemas de saneamiento básico, como se evidencia en estudios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (2018), donde las aguas residuales se descargan directamente en el medio ambiente.

Ante este panorama, el proyecto "Diseño de planta de tratamiento mediante biodigestor para el recinto mariscal Sucre" surge como iniciativa crucial. Esta investigación se centra en el diseño de un sistema de biodigestor eficiente y económico, adecuado para tratar las aguas residuales de la zona. El propósito es mejorar la gestión ambiental y sanitaria del área, contribuyendo así a la salud pública y a la preservación del ecosistema local.

Este estudio es de carácter aplicado y descriptivo, como un enfoque mixto que combina técnicas cuantitativas y cualitativas para una compresión integral del problema. Se evaluaron las características y necesidades específicas del recinto en términos de gestión de aguas residuales y se diseñará un modelo de biodigestor que se adapte a estas condiciones.

La justificación de esta investigación radica en su potencia para mejorar significativamente la calidad de vida en el recinto Mariscal Sucre. Además de abordar un problema ambiental y de salud pública, la implementación de un biodigestor puede generar biogás, un recurso energético renovable, contribuyendo así al desarrollo económico local. Desde una perspectiva académica, este estudio aportara conocimientos valiosos en el campo de la gestión de aguas residuales y el diseño de biodigestores, explorando su adaptación a contextos específicos como el del recinto Mariscal Sucre.

Este proyecto no solo atiende a un desafío ambiental y de salud pública critico en el recinto Mariscal Sucre, sino que también alinean sus objetivos con las prioridades nacionales de gestión sostenible del agua y saneamiento, contribuyendo así al plan Nacional del Buen Vivir de Ecuador.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se emplearon diversas fuentes de información las cuales proporcionaron diversos fundamentos teóricos y proyectos ya tratados los cuales darán un enfoque más claro del tema.

El proyecto de Menéndez (2021) titulado "Diseño de un sistema de biodigestores para el tratamiento de aguas residuales domiciliares en la comunidad El Ramito, parroquia La Unión del cantón Jipijapa", tuvo como objetivo diseñar biodigestores que actúan como tanques sépticos para recoger temporalmen-

te las aguas negras de cada vivienda, facilitando así su descomposición y reduciendo su impacto ambiental. Este diseño se adaptó a las necesidades específicas de cada hogar, garantizando una retención de agua de al menos 24 horas para la descomposición de la materia orgánica.

La metodología utilizada por Menéndez incluyo tres etapas sucesivas:

1. **Retención y Digestión del Material Orgánico:** La primera etapa consistió en retener y digerir el material orgánico y los sólidos de las aguas negras.
2. **Activación de Cámaras de Filtración**: la segunda etapa involucro la activación de las cámaras de filtración para distribuir los líquidos en un área determinada.
3. **Filtración por el Suelo**: en la tercera etapa, el suelo ubicado debajo de las cámaras de infiltración filtro los líquidos.

Los resultados demostraron la eficacia del sistema de biodigestores como una alternativa viable para la gestión de aguas residuales domiciliarias.

Fundamentos teóricos

Aguas residuales

Las aguas residuales son los líquidos y sólidos descargados a través de sumideros y transportados por el sistema de alcantarillado, provenientes de vivienda, edificios comerciales e instituciones. Las aguas negras, que provienen de los inodoros y contienen excrementos humanos y orina, son particularmente ricas en solidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. El correcto tratamiento y gestión de estas aguas es crucial para evitar problemas de salud pública y proteger el medio ambiente (Rojas, 2010).

Tipos de Aguas residuales

- **Aguas residuales Urbanas:** Generadas en áreas residenciales y urbanas, proviene principalmente de los hogares e incluyen aguas descargadas de baños, cocinas duchas y lavanderías. También pueden mezclarse con descargas industriales (Rojas, 2010).
- **Aguas Residuales Domesticas:** Generadas por actividades diarias en los hogares contiene contaminan tes como material orgánico, bacterias, virus patógenos y productos quimos de limpieza (Rojas, 2010).

- **Aguas Residuales Industriales:** procedentes de actividades comerciales o industriales, contienen una variedad de contaminantes dependiendo de la naturaleza de la industria. (Rojas, 2010).

Características de las Aguas Residuales

Las sustancias residuales pueden encontrarse en diferentes estados: diluidas, suspendidas o en estado sólido. Pueden ser de origen mineral u orgánico y están a menudo suspendidas en elementos como agua, arena, aceites y grasas. Lección bacteriana transforma el componente orgánico, iniciando cambios en las características del agua. Las sustancias biodegradables incluyen agregados nitrogenados y no nitrogenados (Fosas Septicas, 2021).

Bacterias en las Aguas Residuales

Las aguas residuales contienen bacterias beneficiosas y potencialmente dañinas. Algunas bacterias son esenciales en el tratamiento de aguas residuales, descomponiendo compuestos orgánicos, mientras que otras pueden ser patógenas y causar enfermedades si no se tratan adecuadamente (Metcalf & Eddy, 2014).

Elementos Dañinos en las Aguas Residuales

Según Tchobanoglous et al. (2013), los elementos dañinos incluyen:

- **Producción de Olores Desagradables:** resultantes de la descomposición anaeróbica de complejos orgánicos.
- **Toxicidad:** Contienen compuestos orgánicos y minerales tóxicos para la flora y la fauna.
- **Riesgos de infección:** Pueden trasmitir enfermedades a través de patógenos.
- **Alteración Estética:** Efluentes contaminados pueden afectar la apariencia de espacios recreativos.
- **Polución Térmica:** Residuos industriales pueden aumentar la temperatura de las aguas receptoras.
- **Modificación Fisicoquímicos:** Descomposición de aguas residuales pueden resultar en cambios físicos y químicos.

Diferencia entre Aguas Grises y Negras

Las aguas grises carecen de una presencia significativa de heces y orina y tienden a descomponerse más rápidamente debido a un contenido inferior

de fósforo y nitrógeno. Sin embargo, pueden contener un pequeño porcentaje de aguas negras (Rodriguez J. , 2020).

Tipos de Tratamientos para Aguas Residuales

Rodriguez (2020) describe los siguientes tipos de tratamientos:

- **Tratamientos Físicos:** Separación física de sólidos del agua mediante procesos como filtración o sedimentación.
- **Tratamientos Químicos:** Eliminación de contaminantes mediante procesos de coagulación, electroquímicos y de oxidación.
- **Tratamientos Biológicos:** Uso de microorganismos para descomponer y eliminar contaminantes disueltos, incluyendo sistemas aeróbicos y anaeróbicos.

¿Qué es un Biodigestor?

Un biodigestor es un contenedor sellado que almacena residuos y representa una solución eficaz para comunidades sin sistemas de tratamiento de aguas residuales. Estos dispositivos mitigan la contaminación ambiental y gestionan residuos humanos y animales de manera segura, produciendo biogás y bio-abono (Fundación Aquae, s.f.).

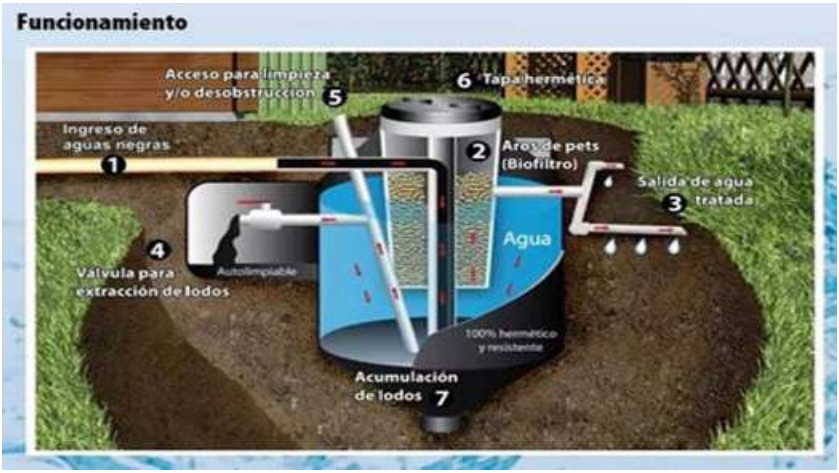
Funcionamiento de un Biodigestor

Según Aquae ODS (2021), un biodigestor consta de cinco partes esenciales:

1. **Cámara de Carga:** Depósito pequeño para materia orgánica.
2. **Reactor:** Tanque subterráneo donde se descomponen los desechos.
3. **Cámara de Descarga:** Recoge los residuos derivados del reactor, que pueden utilizarse como abono.
4. **Cubierta de Plástico:** Evita la entrada de aire y fuga de gas.
5. **Tubería:** Transporta el gas producido en el reactor, con una válvula de seguridad.

Figura 111.

Funcionamiento de un Biodigestor.



Nota. Tomado de (Rotoplas, 2021).

Beneficios del Biodigestor

Sanchez et al. (2020), destacan numerosos beneficios, incluyendo la producción de biogás y abono orgánico, reducción del uso de fertilizantes químicos, mejora de condiciones higiénicas, disminución de deforestación y reducción del riesgo de enfermedades contagiosas.

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

La investigación para el proyecto de biodigestor en el recinto Mariscal Sucre fue aplicada y descriptiva, con un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos. Se enfocó en resolver problemas de gestión de aguas residuales mediante modelado de procesos, diseño asistido por computadora (CAD) y simulaciones computacionales. Además, se aplicaron técnicas de análisis de coste-beneficio y planificación financiera para elaborar una propuesta presupuestaria viable.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación fue estructurado para abordar integralmente la gestión de aguas residuales. Utilizó un método mixto que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas. La fase cuantitativa implicó la recolección de datos sobre el volumen de aguas residuales y la capacidad actual de tratamiento,

mientras que la fase cualitativa incluyó inspecciones y entrevistas con los residentes para comprender las necesidades específicas.

Enfoque de la Investigación

El enfoque equilibró métodos cuantitativos y cualitativos. En la dimensión cuantitativa se recolectaron y analizaron datos numéricos, mientras que el aspecto cualitativo se centró en entender el contexto social y ambiental mediante entrevistas y observaciones.

Técnicas de Recolección de Información

Se emplearon diversas técnicas para garantizar datos precisos y relevantes. En el aspecto cuantitativo se realizó la medición del volumen de aguas residuales y la capacidad de tratamiento existente, complementada con análisis estadísticos. En el enfoque cualitativo se llevaron a cabo entrevistas y observaciones en sitio.

Instrumentos de Recolección de Información

Se utilizaron instrumentos especializados como cuestionarios y estaciones totales para el levantamiento topográfico. Estos instrumentos fueron esenciales para mapear el área e identificar características geográficas que influyen en el diseño del biodigestor.

Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Se emplearon técnicas de análisis estadístico y de contenido para una evaluación detallada. El análisis estadístico procesó los datos cuantitativos, mientras que el análisis de contenido proporcionó una comprensión profunda de las necesidades y percepciones de la comunidad. Además, se utilizaron técnicas computacionales para evaluar y optimizar el diseño del biodigestor.

Resultados

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto de investigación, determinan la propuesta de 3 biodigestores para el tratamiento de las aguas residuales en el recinto Mariscal Sucre de la parroquia La América.

Descripción técnica de biodigestores 1 y 2

El tipo de biodigestor propuesto para las descargas 1 y 2 es un modelo tipo Rotoplas modelo FAFA horizontal código DYD-FR07, el cual tiene las características que se indican en la Tabla 155.

Tabla 155.

Información básica.

Capacidad volumétrica (lts)	Capacidad de carga (kg)	Dimensiones (cm)	Material	Proceso de fabricación
20.000	20.000	500x230x246	Polietileno lineal	Rotomoldeo

Nota. Descripción básica del modelo de Rotoplas propuesto para el tratamiento de las aguas residuales de la descarga 1 y 2 del recinto Mariscal Sucre obtenido de Rotoplas (2022).

Funcionamiento del biodigestor 1 y 2.

Los biodigestores FAFA tiene el proceso de filtro anaeróbico de flujo ascendente el cual es un proceso de filtrado biológico el cual elimina la materia orgánica de las aguas residuales. En la segunda fase el líquido que proviene de las descargas domiciliarias se direcciona directamente al fondo del biodigestor, ascendiendo lentamente y pasando por material filtrante que permite que las bacterias se adhieran a este.

Accesorios del biodigestor 1 y 2.

En la tabla 156 se describe los accesorios que forman parte del biodigestor y en la Figura 112 nos muestra el modelo gráfico del biodigestor propuesto para este proyecto.

Tabla 156.

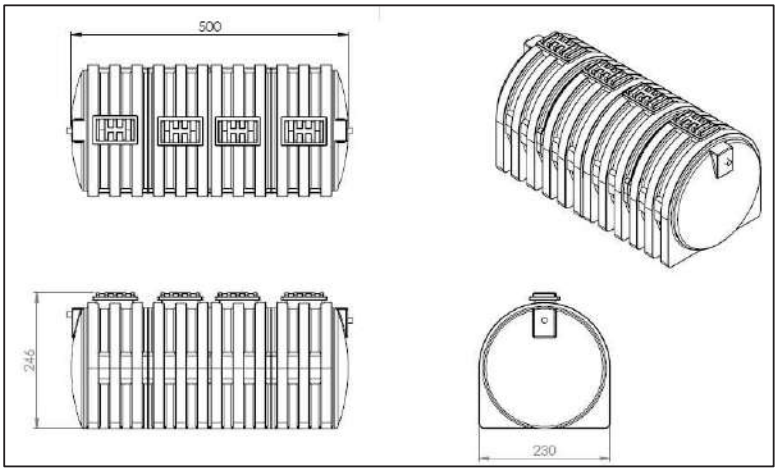
Lista accesorios del biodigestor.

Piezas	Cantidad
Modulo externo 5000 lt = 2	2
Modulo interior 5000 lt) 2	2
Tuercas plásticas 5/16" = 16	16
Tornillo plástico 5/16" x Long. 3 ½" = 16	16
Tapa módulo de 2500 lt = 4	4

Nota. Piezas básicas del biodigestor obtenido de Rotoplas (2022).

Figura 112.

Modelo del biodigestor tipo FAFA capacidad 20.000 litros.



Nota. Modelo en planta y perfil del biodigestor tipo FAFA obtenido de Rotoplas (2022).

Descripción Técnica del Biodigestor 3.

El tercer biodigestor instalado en el recinto Mariscal Sucre corresponde al modelo FTB-01, un biodigestor autolimpiable de la marca Rotoplas.

Funcionamiento del biodigestor 3.

- Las aguas residuales domésticas ingresan por una tubería de 4 pulgadas, llegando hasta el fondo del biodigestor. Aquí, comienza el proceso de descomposición gracias a la acción bacteriana.
- Posteriormente, el agua asciende y atraviesa el filtro secundario, donde las bacterias adheridas a aros de plástico capturan la materia orgánica en suspensión.
- Finalmente, el agua tratada se dirige hacia el exterior a través de una tubería de 2 pulgadas, que la conduce a una zanja de infiltración, un pozo de absorción o un humedal artificial, dependiendo de las características del terreno y la zona.

Componentes del biodigestor 3.

1. Tubería de PVC de 4 pulgadas para la entrada de agua.
2. Filtro biológico equipado con aros de plástico.
3. Tubería de PVC de 2 pulgadas para la salida del agua tratada hacia sistemas de infiltración o absorción.
4. Válvula esférica para la extracción de lodos.
5. Tubería de acceso de 2 pulgadas para la limpieza y desobstrucción del sistema.
6. Tapa de cierre hermético de 18 pulgadas.
7. Base cónica diseñada para la acumulación eficiente de lodos.

Especificaciones técnicas del biodigestor 3

La tabla 157 nos muestra las especificaciones del biodigestor propuesto de capacidad 7000 litros y la figura 113 es la representación gráfica del biodigestor FTB-01.

Tabla 157.

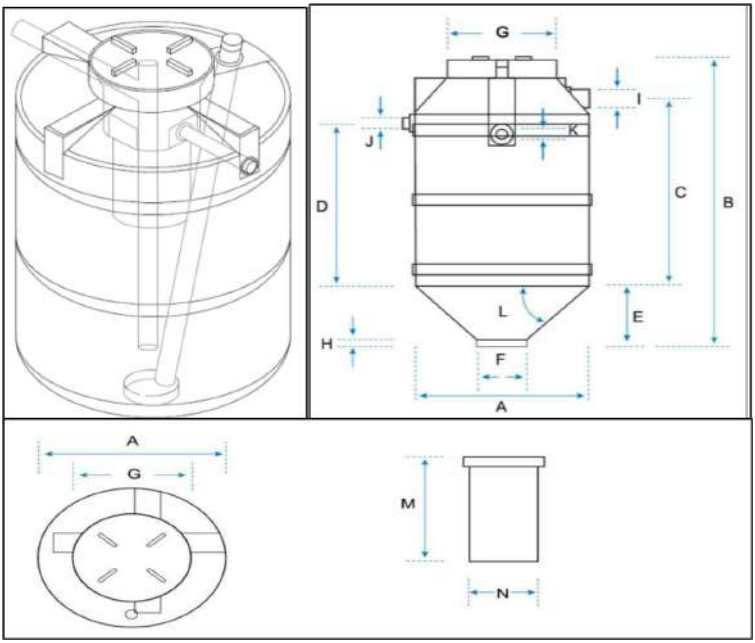
Especificaciones del biodigestor capacidad de 7.000 litros.

Medidas	7000 l
A	2.36 m
B	2.65 m
C	1.36 m
D	1.25 m
E	1.10 m
F	0.26 m
G	0.55 m
H	0.08 m
I	4”
J	2”
K	2”
L	45°
M	0.89 m
N	0.318 m

Nota. Modelo autolimpiable Rotoplas ficha técnica FTB-01 obtenido de Rotoplas (2022).

Figura 113.

Modelo Rotoplas autolimpiable de 7.000 litros.



Nota. Descripción en perfil y planta del modelo de biodigestor autolimpiable obtenido de Rotoplas (2022).

Conclusiones

1. **Eficiencia del Biodigestor**: El estudio ha demostrado que la implementación de biodigestores es una solución viable y eficiente para la gestión de aguas residuales domiciliarias en el recinto Mariscal Sucre. Los biodigestores diseñados permiten la retención adecuada de aguas negras, facilitando la descomposición de la materia orgánica y reduciendo significativamente el impacto ambiental.
2. **Reducción de la Contaminación**: La instalación de biodigestores contribuye a la reducción de la contaminación del suelo y del agua, mejorando las condiciones sanitarias y ambientales del área. Este sistema es capaz de mitigar la descarga directa de aguas residuales al medio ambiente, un problema crítico identificado en el recinto Mariscal Sucre.

3. **Apoyo Comunitario**: Existe un sólido apoyo comunitario hacia la implementación de biodigestores, lo que indica una alta aceptación y predisposición de la población a adoptar esta tecnología. Las entrevistas y encuestas realizadas reflejan una conciencia creciente sobre la importancia de un manejo adecuado de las aguas residuales.
4. **Impacto en la Salud Pública**: La mejora en la gestión de aguas residuales tiene un impacto directo en la salud pública. Al reducir la exposición a patógenos y contaminantes, se disminuyen los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua, mejorando la calidad de vida de los habitantes.
5. **Viabilidad Económica**: El proyecto es económicamente viable, con un presupuesto total estimado en aproximadamente $64,357.83. Este costo incluye la implementación de un sistema de biodigestores adaptado a las necesidades específicas de la comunidad, asegurando una solución sostenible y accesible.

Referencias Bibliográficas

Aquae ODS. (11 de Marzo de 2021). ¿Cómo funciona un biodigestor? Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/

Banco Mundial. (2019). Informe de gestión de aguas residuales en Ecuador. Banco Mundial.

Bhatia, A. C., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water footprints and sustainable water allocation. Sustainability, 11(1), 209.

Fosas Septicas. (2021). Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://fosassepticas.online/aguas-residuales-domesticas/

fundaciónaguae. (s.f.). Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/biodigestor/

Menéndez, W. (2021). Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias con Biodigestores para la Comunidad El Ramito, Parroquia La Union del Cantón Jipijapa. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2963/1/Tesis%20Menendez%20Peralta%20Wither%20Roberto%20Ing.Civil.pdf

Metcalf, & Eddy, I. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (Quinta ed.). McGraw-Hill Education.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2022). nforme de la situación de los residuos sólidos en el Ecuador 2022. Ministerio de Ambiente del Ecuador.

Organización Mundial de la Salud. (2021). Gestión de Residuos Sólidos Municipales. Obtenido de OMS: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/municipal-solid-waste-management

Rodriguez, J. (15 de Enero de 2020). iagua. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamientoaguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Rojas, J. (2010). Tratamiento de aguas residuales, teoria y principios de diseño. En J. A. Rojas. Colombia .

Rotoplas. (2021). Biodigestor Rotoplas. Obtenido de https://rotoplascentroamerica.com

Sanchez, M., Martillo-Pazmiño, Í., & Fiallo-Moncayo, D. (2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas en las empresas de cría de animales. Creative Commons . doi:10.23857/fipcaec.v5i14.159

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2013). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Cuarta ed.). McGraw-Hill Education.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2018). Estudio de la gestión de aguas residuales en el cantón Jipijapa.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 38

Evaluación ambiental de la construcción del alcantarillado pluvial en la parroquia La América, Cantón Jipijapa

AUTORES: Carlos Enrique Parrales García; Jéssica Fiorela Salinas Martínez; Erika Jeraldyn González Chiriboga; Ellen Brithney López Narváez

SABER**EC 5.0**

Evaluación ambiental de la construcción del alcantarillado pluvial en la parroquia La América, Cantón Jipijapa

Environmental assessment of storm sewer construction in La América Parish, Jipijapa Canton

Resumen

El presente estudio realiza una evaluación ambiental de la construcción del sistema de alcantarillado pluvial en la parroquia La América, ubicada en el cantón Jipijapa. El objetivo principal es identificar y analizar los posibles impactos ambientales derivados de la ejecución de esta obra, así como proponer medidas de mitigación para minimizar dichos efectos. Para ello, se empleó una metodología basada en la matriz de Leopold, que permitió clasificar los impactos en función de su magnitud e importancia. Los resultados muestran que las principales afectaciones ambientales están relacionadas con la alteración del suelo, la calidad del agua y la biodiversidad local. Sin embargo, mediante la implementación de medidas de control, como la revegetación de áreas intervenidas y el manejo adecuado de los residuos, es posible reducir significativamente estos impactos. Este estudio proporciona un marco de referencia para la toma de decisiones ambientales en futuras construcciones de infraestructura pluvial en zonas rurales.

Palabras clave: evaluación, alcantarillado pluvial, mitigación, impactos, estudio.

Abstract

This study conducts an environmental assessment of the construction of the storm sewer system in the parish of La América, located in the Jipijapa canton. The main objective is to identify and analyze the possible environmental impacts derived from the execution of this project, as well as to propose mitigation measures to minimize such effects. To this end, a methodology based on the Leopold matrix was used to classify the impacts according to their magnitude and importance. The results show that the main environmental impacts are related to soil alteration, water quality and local biodiversity. However, by implementing control measures, such as revegetation of disturbed areas and proper waste management, it is possible to significantly reduce these impacts. This study provides a framework for environmental decision-making in future construction of stormwater infrastructure in rural areas.

Keywords: assessment, storm sewer, mitigation, impacts, study, storm sewer, evaluation.

Introducción

Ecuador, inmerso en esta realidad latinoamericana, no está exento de estos desafíos. A pesar de ser hogar de una biodiversidad única y ser poseedor de una geografía que va desde la Amazonía hasta las Islas Galápagos, el país enfrenta tensiones ambientales que impactan tanto a sus ecosistemas como a sus comunidades (CEPAL, 2013).

La Evaluación del Impacto Ambiental es un estudio que sirve para identificar, predecir e interpretar el impacto ambiental, así como para prevenir las consecuencias negativas que determinadas acciones, planes, programas y proyectos pueden tener en la salud humana, el bienestar de las comunidades y el equilibrio ecológico. De este modo la evaluación del impacto ambiental (EIA) se convierte en un instrumento indispensable para la toma de decisiones, sobre todo en la etapa de planeación, lo que no debe considerase como un obstáculo para el desarrollo, sino como un apoyo para la selección de las mejores alternativas de cada proyecto en particular, ecológicamente más sustentables (de los Santos y López, 2009).

La construcción de sistemas de alcantarillado pluvial es una necesidad urgente en muchas regiones rurales, especialmente en áreas donde las precipitaciones intensas generan riesgos de inundaciones y deterioro de la infraestructura. En la parroquia La América, perteneciente al cantón Jipijapa, la carencia de un sistema adecuado para la gestión de aguas pluviales ha causado problemas recurrentes, tales como erosión del suelo, afectación de la calidad del agua y dificultades en la movilidad de los habitantes.

Sin embargo, la implementación de este tipo de obras trae consigo una serie de impactos ambientales que requieren ser evaluados para garantizar su sostenibilidad y minimizar los daños al entorno. La Evaluación Ambiental se convierte en una herramienta clave para identificar y mitigar los efectos negativos potenciales, permitiendo que las decisiones sobre la construcción y operación del alcantarillado pluvial se tomen de manera informada y responsable.

Este estudio tiene como objetivo principal evaluar los impactos ambientales que podrían derivarse de la construcción del alcantarillado pluvial en la parroquia La América, a través de una metodología que permita clasificar y jerarquizar dichos impactos. Adicionalmente, se busca proponer medidas de mitigación que aseguren un equilibrio entre el desarrollo urbano y la protección del entorno natural. La importancia de este estudio radica en su contribución a una planificación ambientalmente consciente, que sirva de referencia para proyectos similares en otras localidades rurales del cantón Jipijapa y más allá.

De acuerdo con el PDOT, la hidrología de las aguas superficiales de la Parroquia son partes de tres grandes cuencas hidrográficas: Río Guayas, Río Jipijapa, Río Buenavista, que estas podrían verse afectadas por el trabajo de las maquinarias que provocan turbiedad. Con lo que la geología se caracteriza por tener suelos sueltos, poseen materia orgánica, con pendientes de 25 a 40%, de textura muy arcillosa y arcillo limosa, la estructura puede ser masiva, tiene suelos no recomendables para la agricultura, son zonas de montaña apropiadas para la vida silvestre, recreación, con presencia de vientos mayormente en una sola dirección, aunque en ambos sentidos, este factor no se vería afectado con la construcción del sistema de aguas lluvias.

Reconocer previamente los factores que se van a afectar a través de una evaluación de impacto ambiental, es una muy buena manera de prever los daños a ocasionarse y algo que podrá plantear una posible solución o al menos que se trate de reparar en lo más que se pueda las afecciones causadas. Esta es una de las principales herramientas que usa la gestión ambiental para valorar la cantidad e incidencia de los daños producidos por obras humanas. Hay que tener en cuenta que la gestión del ambiente se trata de diversas actividades enfocadas a la vigilancia y a la preservación de todos los elementos del medio ambiente, tratando de reducir en la medida de lo posible los daños causados por los humanos, incluso si para ello se deba de hacer uso de los recursos tanto económicos o aquellos que se puedan asumir o consumir (Conesa Fernandez-Vitora, 2010).

Partiendo del concepto de desarrollo sostenible se trata de conseguir el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente. Es un concepto integrador que abarca no solo las acciones a implementarse sino también las directrices, lineamientos, y políticas para su implementación. (Massolo, 2015).

Materiales y métodos

En la parroquia La América del Cantón Jipijapa, al sur de la provincia de Manabí, para el desarrollo del proyecto se utilizaron métodos del tipo descriptivo y bibliográfico; Por lo tanto, las metodologías propuestas para el “Diagnóstico Ambiental del alcantarillado pluvial de la parroquia de La América”, se basan en su mayoría en el estudio de todo tipo de información como antecedentes, informes, tesis, documentos científicos, con la finalidad de ampliar el conocimiento acerca del tema de investigación planteado.

Se realizaron visitas técnicas al lugar de estudio con la intención de obtener información precisa y detallada sobre las condiciones reales, permitiendo a los investigadores evaluar aspectos que pueden no ser captados adecuadamente a través de métodos indirectos o datos secundarios.

En función de lo planteado Nájera y Paredes (2017), mencionan que "la investigación de campo como método permite la intervención del observador en un entorno físico, partiendo de la visita al emplazamiento, para luego observar el lugar y fotografiarlo, esquematizar las imágenes y finalmente esbozar conceptos" (p. 155).

Se establecieron varios métodos de investigación para la recopilación de datos. En este proyecto se recurrió a la estrategia de la investigación de campo; con apoyo documental, porque se recogió información de fuentes bibliográficas; es decir que se tomaron los datos directamente del lugar del fenómeno que se estudió. Las técnicas que se utilizaron en el presente estudio fueron: Documental, Encuesta y Análisis.

Análisis bibliográfico, se fundamente con Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la parroquia La América, ya que se obtiene información y características del sitio de estudio, además se considera los fundamentos metodológicos propuesto por Conesa Fernández (2010), la cual describe el uso en la matriz de impacto ambiental, y uso de la ecuación.

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + ED + PR + MC] \quad (3)$$

En donde:

± = Naturaleza de impacto.

I = importancia del impacto

i= Intensidad o grado probable de destrucción

EX= Extensión o área de influencia

PE= Persistencia

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia

MO = Momento o tiempo entre la acción

AC = Acumulación

EF = Efecto

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad

La población objeto de estudio o la unidad de análisis de esta investigación fue el vías primarias y secundarias de la parroquia La América del Cantón Jipijapa, en la cual el proyecto consiste en el sistema de alcantarillado pluvial de la parroquia de La América.

La muestra de esta investigación fue los factores de medio tales como factores bióticos, abióticos y socioeconómicos, que influye vías primarias y secundarias de la parroquia La América del Cantón Jipijapa

Para Campos Flores (2022) "Las técnicas de investigación son pasos, medios o formas que se siguen para realizar una investigación. Generalmente se emplean en la obtención o análisis de los datos" (p. 1).

Los instrumentos utilizados fueron ficha de observación/ ficha de revisión bibliográfica, medición por Modelo de impacto ambiental, utilizado el software Excel para realización de evaluación de impacto ambiental.

Resultados y discusión

Los resultados se llevaron a cabo en la revisión exhaustiva de la línea base de la investigación al momento de construir obras de alcantarillado sea de aguas lluvias o aguas servidas, la que esta ocasiona un impacto ambiental afectando al medio ambiente.

El presente estudio se llevó a cabo en la parroquia La América, ubicada en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. La zona se caracteriza por un clima tropical seco con precipitaciones irregulares, lo que agrava los problemas de drenaje pluvial durante la temporada de lluvias. La población local es predominantemente rural y la infraestructura existente es limitada, lo que incrementa la vulnerabilidad a los impactos ambientales derivados de la construcción de obras civiles como el alcantarillado pluvial.

Los factores abióticos de la parroquia, esta cuenta con un clima templado y cierta parte es algo caluroso, con una temperatura de 22°C entre los mese julio, agosto y septiembre y 25°C entre los meses de febrero, marzo, abril y mayo datos otorgados del (PDOT La América, 2020).

En la parte, el suelo de en la Parroquia La América es de color beige a gris, mayormente arcilloso, en ciertas partes suelos sueltos profundos y también suelos con materia orgánica, lo que permite que siendo aptos para el cultivo y normal crecimiento de vegetación de zona tropical.

Este lugar se encuentra en el piso climático Tropical Megatérmico Semihúmedo y Tropical Megatérmico Seco; la evapotranspiración es de 1.300 a 1.450mm lo que conlleva un déficit hídrico entre 500 a 625 mm anual el periodo seco y vegetativo. El 34,9 % del territorio tiene un clima tropical megatérmico seco y el 65,1% tropical megatérmico semihúmedo. El aire podría verse contaminado en la construcción del proyecto debido a la generación de CO2 producido por las maquinarias.

A continuación, en la Tabla 158 se puede evidenciar el listado de los diferentes factores bióticos que posee la parroquia La América.

Tabla 158.

Factores bióticos de la flora de la Parroquia La América.

Nombre Común	Nombre Científico
Cedro	Cedrela Odorata
Guarumo	Cecropia peltata
Papaya	Carica papaya
Guaba	Inga edulis
Naranja	Citrus sinensis
Mandarina	Citrus reticulata y Citrus unshiu
Palma	Arecaceae
Paja toquilla	Carludovica palmata
Plátanos	Musa x paradisiaca L
Guaduas	Guadua
Cañas	Saccharum officinarum L
Fernán Sánchez	Triplaris cumingiana
Mate	Crescentia cujete
Mango	Mangifera indica

Nota. Especies de flora, típicas del sector, que se observaron en lugares alrededor de la cabecera parroquial. Tomado de Cecropia obtusifolia [Fotografía], por Ecos del Bosque, (https://ecosdelbosque.com/plantas/cecropia-obtusifolia).

Medida de Mitigación y prevención: Los daños ambientales producidos por la construcción del alcantarillado pluvial, se debe conseguir materiales que cumplan con la normativa ambiental, para una buena gestión de los desechos, estos sean trasladados de manera segura hacia lugares para su pro-

cesamiento o se lo podría utilizar, disminuyendo el uso de material proveniente de minas.

Propuesta de mitigación: Una vez identificados y clasificados los impactos, se diseñaron medidas de mitigación específicas para reducir los efectos negativos. Estas medidas incluyen, entre otras, la revegetación de áreas afectadas, el manejo adecuado de los desechos generados durante la construcción y la implementación de sistemas de control de erosión.

Medida de Prevención: Se realizó el análisis de los rubros y se verifico de lo estipulado previo a la ejecución, para optimizar los tiempos de trabajo, teniendo en cuenta el inicio de las actividades, preferiblemente que sea en verano cuando no hay lluvias y no arrastren suciedad o sedimentos al río, conseguir las herramientas necesarias y tenerlas listas para la ejecución de los trabajos, realizar los mantenimientos adecuados a tuberías, a su vez que se genere una propuesta correctiva en los sumideros de aguas lluvias para evitar algún problema de atascamiento de residuos o basuras en la red de alcantarillado, con un mantenimiento de limpieza para su correcto funcionamiento.

La mejora de la gestión ambiental se enfoca en mitigar los impactos negativos y promover prácticas sostenibles. La propuesta incluye una evaluación ambiental integral para identificar riesgos y puntos críticos. Se desarrollan planes de manejo ambiental específicos y se fomenta la adopción de prácticas agrícolas sostenibles.

La evaluación infraestructura verde y la conservación del entorno son claves, junto con la gestión eficiente de residuos y campañas de concientización y buscar alianzas con entidades externas que puedan aportar recursos financieros y técnicos para la gestión ambiental.

Tabla 159.

Matriz de Leopold, fase constructiva.

	Factor del medio	Impacto Ambientales	EX	PE	SI	EF	i	MO	RV	AC	PR	MC	I	Categoría
Abiótico	Suelo	Textura		-4	-2	-4		-4	-4	-4	-2	-4	-80	Critico
Biótico	Flora	Tipo de vegetación	-8	-4	-2	-4		-4	-4	-4	-2	-8	-76	Critico
	Fauna	Diversidad de especies	-8	-4	-2	-4		-4	-2	-4	-2	-2	-68	Severo
Socio Económico	Empleo	Nivel de Empleo	16	2	2	4	36	2	2	4	2	2	72	Nulo
Sumatoria				-10	-4	-8		-10	-8	-8	-4	-12	-152	
Importancia del impacto			-152											

Nota. Evaluación de los impactos ambientales a los factores del medio que serán afectados durante la etapa constructiva.

Análisis: En la fase constructiva para el diagnóstico ambiental de la pavimentación de la parroquia “La América”, se puede observar mediante la matriz de Leopold la importancia de su impacto, esta se encuentra en la categoría crítico y severo, debido a que en los tramos donde se pavimente el tiempo de recuperación es prolongado o no cuenta con posibilidad alguna.

Recolección de información primaria y secundaria: Se recopilaron datos primarios mediante visitas de campo, observación directa y entrevistas a los habitantes y autoridades locales. Los datos secundarios fueron obtenidos

de fuentes como informes técnicos municipales, bases de datos meteorológicas y estudios previos de la zona.

Validación de resultados: Finalmente, los resultados de la evaluación serán validados mediante la consulta con expertos en medio ambiente y autoridades locales, quienes revisaron las medidas propuestas y sugirieron ajustes para su aplicación efectiva.

Conclusiones

El evaluar un proyecto de impacto ambiental llevado a cabo ha proporcionado una visión exhaustiva sobre las posibles repercusiones ambientales que la propuesta de desarrollo puede tener en el entorno natural y socioeconómico de la región. A través de una evaluación detallada, se han identificado tanto los impactos negativos como los positivos, permitiendo desarrollar estrategias de mitigación y mejoras.

La matriz de Leopold es una manera simple de resumir y jerarquizar los impactos ambientales, y concretar el esfuerzo en aquellos que se consideren mayores. La ventaja de la matriz es su recordatorio de toda la gama de acciones, factores e impactos. En la medida de lo posible, la asignación de magnitud debe basarse en información de hecho. Sin embargo, la asignación de importancia puede dejar cierto margen para la opinión subjetiva del evaluador. Esta separación explicita de hecho y opinión es una ventaja de la matriz de Leopold.

Referencias Bibliográficas

Campos, F. (2022). Técnica de la investigación. ***RAI. Revista Academica Institucional, 1.*** Obtenido de https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/40

CEPAL (2013, Jumio 1) Amazonia posible y sostenible. Disponible en https://www.cepal.org/es/publicaciones/1506-amazonia-posible-sostenible

Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 4° edición.*** Ediciones Mundi-Prensa.

Ecos del Bosque (s/f.) ***Cecropia Obtusifolia***. Disponible en https://ecosdelbosque.com/plantas/cecropia-obtusifolia de los Santos, V., & López, J. (2009). ***Impacto ambiental: Una herramienta para el desarrollo susten-***

table. AGT Editor. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001

Massolo, L. (2015). ***Introducción a las herramientas de gestión ambiental.*** Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750

Nájera Galeas, C. E., y Paredes Calderón, B. A. (2017). Identidad e identificación: investigación de campo como herramienta de aprendizaje en el diseño de marcas. ***INNOVA Research Journal, 2(10.1)***, 155–164. https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.1.2017.465

PODT (2020) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Teritorial 2019-2023 – Parroquia Las Américas. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial La América. Jipijapa. Disponible en https://gadmariscalsucre.gob.ec/media/laamerica/rendicion_archivos/America_Final_PDOT1.pdf

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 39

Comprobación funcional del tanque tipo reservorio ubicado en el Barrio Colinas del Este de la ciudad de Jipijapa

AUTORES: Heber Emigdio Reyes Menéndez; Manolo Castro Solís

SABER**EC 5.0**

Comprobación funcional del tanque tipo reservorio ubicado en el Barrio Colinas del Este de la ciudad de Jipijapa

Functional Testing of the Reservoir-Type Tank Located in the Colinas del Este Neighborhood in the City of Jipijapa

Resumen

Los tanques tipo reservorio brindan almacenamiento para el agua tratada antes de su distribución suficiente para satisfacer la demanda de una población equilibrando las fluctuaciones de cantidad y calidad. El objetivo fue la comprobación funcional del tanque tipo reservorio del barrio Colinas del Este de la ciudad de Jipijapa. Se aplicaron encuestas para obtener información sobre el abastecimiento de agua potable, observaciones no experimentales mediante visitas in situ, cálculo de volúmenes de oferta y demanda con datos proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Jipijapa (EPMAPASJ), determinación de población futura y volumen de reserva, lo que permitió comparar la situación actual con la necesidad insatisfecha. Los resultados muestran que el 100% de la población cuenta con acceso a la red de distribución de agua potable; sin embargo, la frecuencia con la que reciben el mismo unido a las condiciones de funcionalidad de todo el sistema denota falencias funcionales en relación a lo que disponen las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 1992). Se concluye que el tanque trabaja a su máxima capacidad logrando abastecer solo provisionalmente a los sectores involucrados, debido a que el reservorio fue diseñado para una población proyectada que está por encima de la que actualmente se tiene; además por la forma como se administra el servicio no puede dotar de manera constate las 24 horas. Finalmente se propone un mayor énfasis a las normas de diseño y un enfoque en el mantenimiento tanto en su parte hidráulica como estructural.

Palabras clave: funcionalidad hidráulica, tanques de abastecimiento, demanda de agua potable, periodos de distribución.

Abstract

Reservoir tanks provide storage for treated water before distribution sufficient to meet the demand of a population by balancing fluctuations in quantity and quality. The objective was the functional verification of the reservoir type tank in the Colinas del Este neighborhood of the city of Jipijapa. Surveys were applied to obtain information on the supply of drinking water, non-experimental observations through on-site visits, calculation of supply and demand volumes with data provided by the Municipal Public Company of Drinking Water and Sewe-

rage of the Jipijapa canton (EPMAPASJ), determination of future population and reserve volume, which made it possible to compare the current situation with the unmet need. The results show that 100% of the population has access to the drinking water distribution network; However, the frequency with which they receive it, together with the functional conditions of the entire system, denotes functional deficiencies in relation to what the standards of the Ecuadorian Institute of Standardization (INEN 1992) provide. It is concluded that the tank works at its maximum capacity, managing to only provisionally supply the sectors involved, because the reservoir was designed for a projected population that is above the current population; Furthermore, due to the way the service is administered, it cannot provide a constant 24-hour service. Finally, a greater emphasis on design standards and a focus on maintenance in both its hydraulic and structural parts is proposed.

Keywords: hydraulic functionality, supply tanks, demand for drinking water, distribution periods.

Introducción

El agua afecta todos los aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, impulsa el desarrollo económico, apoya los ecosistemas saludables y es fundamental para la vida (FUNCAGUA, 2020).

En ese sentido, los tanques tipo reservorio de agua potable son un elemento fundamental en la distribución y almacenamiento en las ciudades. Estos tanques son diseñados para proporcionar un suministro continuo y constante de agua a la población (Barreto, 2020)

Actualmente, los tanques tipo reservorio de agua potable se fabrican con materiales de alta calidad y tecnologías avanzadas para asegurar la durabilidad, resistencia y seguridad de los mismos. Además, cuentan con sistemas de monitoreo y control que permiten una gestión eficiente y segura del agua (SIAPA, 2014).

Los tanques de reservorio de agua potable (Valdiviezo, 2022) son una pieza clave en la gestión del suministro de la misma. Su función principal es almacenar grandes cantidades de agua potable de manera segura y protegida para su distribución a la comunidad (Pérez, 2020). Los mismos aseguran que la dotación esté disponible en todo momento, incluso en situaciones de sequía o cuando los sistemas están sobrecargados debido a un uso excesivo. Además, los tanques también proporcionan reserva en caso de emergencias, como incendios, desastres naturales o fallas en la distribución. También son

importantes para mantener la calidad y la pureza del agua (BBVA, 2021). Al almacenarse en un tanque seguro y protegido, se mantiene alejada de la contaminación y se pueden realizar pruebas regulares para garantizar su calidad (López, 2020).

En Ecuador, la funcionalidad de los tanques de reservorio de agua potable es muy importante para garantizar su objeto de diseño. En las zonas urbanas, los tanques de reservorio son esenciales para garantizar un suministro constante de agua durante los períodos de sequía o de racionamiento.

Sin embargo, a pesar de su importancia, estos tanques enfrentan deficiencia de mantenimiento y de tratamiento del agua. Esto ha llevado a desconfianzas sobre la utilidad de los tanques de reserva y a la necesidad de implementar programas de mejoramiento SAGUAPAC (2016).

En la región de Manabí, los tanques tipo reservorio de agua potable son una herramienta fundamental para garantizar la dotación a las comunidades rurales y a las ciudades más pequeñas, sobre todo a las que no tienen acceso a un sistema de acueducto centralizado y dependen de pozos profundos o de ríos para obtener agua.

Sin embargo, estos suministros pueden ser intermitentes o contaminados en épocas de sequía o desastres naturales. Por eso, los tanques tipo reservorio de agua potable son una solución eficaz para almacenar grandes cantidades de agua potable y garantizar su disponibilidad en caso de emergencia.

En la ciudad de Jipijapa es conocido que el abastecimiento de agua potable no es permanente y se utiliza el sistema de tanques reservorios de almacenamiento para posterior distribución a la población, caracterizada por periodos de recurrencia que van desde los quince hasta veinte días. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue realizar la comprobación funcional del tanque tipo reservorio de la ciudadela Colinas del Este de la localidad en estudio.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación fue de tipo descriptivo correlacional con un enfoque mixto, porque se recolectaron datos cuantitativos y cualitativos, sobre aspectos, dimensiones o componentes que permitieron realizar la comprobación funcional del tranque reservorio del objeto de estudio, a partir de la definición de los parámetros de diseño (IAGUA, 2017), lo cual sirvió para recolectar información sobre cada una de ellos, útiles para proceder a describir la situación planteada.

La población de diseño estuvo constituida por 6308 habitantes que corresponde al circuito 3.2 de la red de agua potable de la ciudad de Jipijapa.

Se tomó como muestra, para la aplicación de la encuesta socioeconómica, a 363 personas, la misma que tuvo como finalidad conocer la percepción de los usuarios del servicio respecto a la calidad y cantidad de agua potable que reciben.

Definido el enfoque mixto de la investigación, así como el tipo descriptiva-correlacional, se procedió con el diseño de carácter no experimental ya que no se manipularon las variables de manera deliberada, ya que se observaron tal y como se dieron en su entorno objeto de estudio.

Además, fue de tipo transeccional o transversal porque se recolectaron datos en un tiempo único, describiéndose los componentes que permitieron la comprobación funcional del tanque reservorio de agua potable del Barrio Colinas del Este de la ciudad de Jipijapa.

En la presente investigación se utilizó como técnica de campo la observación no experimental para recopilar información que permitió valorar el comportamiento hidráulico y la funcionalidad del tanque reservorio de 600 m^3 que desde el Barrio Colina del Este distribuye el agua potable al circuito 3.2 de la ciudad de Jipijapa.

También se aplicó una encuesta y como instrumento un cuestionario de 10 ítems con respuestas cerradas, aplicado a 363 habitantes de los sectores que comprendieron el sector objeto de estudio, lo cual se lo realizó in situ para garantizar que las respuestas se dieran sin sesgos, de tal manera de indagar sobre la calidad y cantidad del servicio recibido, enfatizando en el tiempo de recurrencia con que la entidad responsable entrega el producto a los ciudadanos. Las respuestas recibidas sirvieron para contrastar con los parámetros obtenidos con relación a las condiciones actuales de funcionalidad del tanque reservorio objeto del estudio.

Resultados y discusión

Capacidad máxima de diseño con la que trabaja el tanque reservorio.

Datos de estudios.

Datos proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable de Jipijapa (EPMAPASP-J, 2022), población establecida por el tanque de 600 m^3 ubicado en el Barrio Colinas del Este.

P_o (EPMAPAJ) = 6308 hab

Periodo de diseño = 25 años

Población futura = 7185 hab

Año de estudio = 2008

Dotación = 200 lit/día/hab

Volumen de reserva= 583m^3; Diseño = 600m^3

$$P_{t=} \quad P_o \quad * \left(1+r\right)^t$$

Donde:

P_t = Población estimada para el número de años estimado.

P_0 = Población Inicial.

r = Tasa de crecimiento.

t = Periodo de estudio.

Determinación hidráulica del reservorio para la fecha actual (2022)

P_o = 6308 Hab.

La población actual del circuito 3.2, comprende los sectores: parte media y alta del centro de la ciudad, el cuadrante de la calle 10 de Agosto hasta calle Quito y Rio Tuza hasta calle Montufar (Pibaque, 2019). En la zona objeto de estudio, se aplicaron 363 encuestas los días 15,16,17 y 18 de diciembre del 2022.

Determinación de la dotación (Jiménez, 2018).

Tabla 160.

Dotación futura media.

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (Lt/hab/día)
Hasta 5000	Frio	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frio	180 – 200
	Templado	190 – 220
Más de 50000	Cálido	200 – 230
	Frio	> 200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota. Datos de la norma INEM (1992)

Caudal promedio

Población = 6308 Hab.

Dotación media futura= 200 Lit/hab/día.

F = 18% (valor propuesto por el diseñador)

$$Qm = \frac{(1+F)*Pf*D}{86400}$$

$$Qm = \frac{(1+0{,}18)*6308*200}{86400}$$

$$Qm = 17{,}23\frac{Lts}{seg}.$$

Caudal máximo diario (Pin, 2021).

$$Qmd = Qm*KMD$$

$$Qmd = 17{,}23\frac{Lts}{seg}*2{,}00$$

Tiempo de distribución

$$t_{distribución} = 24\,horas$$

Conversión de Litros / Segundos

$$Q_{ingreso} = \frac{200\,m^3}{hora}*\frac{1000\,Lit}{1m^3}*\frac{1\,hora}{3600\,seg}$$

$$Q_{ingreso} = 55.56\frac{Lts}{seg}$$

Tiempo de llenado del tanque reservorio

$$t_{llenado} = \frac{Vol_{tanque}}{Q_{ingreso}}$$

$$t_{llenad\,0} = \frac{600\,m^3}{200\,m^3\,/\,hora}$$

$$t_{llenado} = 3\,horas$$

Volumen de regulación

La obtención del volumen de regulación actual del tanque reservorio se realizó a partir de proceder a evaluar la capacidad de oferta y demanda del sistema de abastecimiento (Ronald, 2014).

Para este estudio se evaluó la oferta y demanda del sistema por cada hora durante las 24 horas del día y de acuerdo a las horas donde existe más demanda de líquido vital.

En este caso del actual sistema de abastecimiento las horas pico se distribuyen de la siguiente manera:

7:00 – 8:00 Am

12:00 – 13:00 Pm

20:00 – 21:00 Pm

Luego se suman las ofertas acumuladas según las horas establecidas

Tabla 161.

Oferta horaria acumulada.

Horas	Horario	Oferta Horaria Q_b=55,56 Lts/seg	Oferta Acumulada
0	12:00 a.m.	0,00	0,00
1	1:00 a.m.	0,00	0,00
2	2:00 a.m.	0,00	0,00
3	3:00 a.m.	0,00	0,00
4	4:00 a.m.	0,00	0,00
5	5:00 a.m.	0,00	0,00
6	6:00 a.m.	0,00	0,00
7	7:00 a.m.	0,00	200,00
8	8:00 a.m.	200,00	400,00
9	9:00 a.m.	200,00	600,00
10	10:00 a.m.	200,00	600,00
11	11:00 a.m.	0,00	600,00
12	12:00 p.m.	0,00	600,00
13	13:00 p.m.	0,00	600,00
14	14:00 p.m.	0,00	600,00

15	15:00 p.m.	0,00	600,00
16	16:00 p.m.	0,00	600,00
17	17:00 p.m.	0,00	600,00
18	18:00 p.m.	0,00	600,00
19	19:00 p.m.	0,00	600,00
20	20:00 p.m.	0,00	600,00
21	21:00 p.m.	0,00	600,00
22	22:00 p.m.	0,00	600,00
23	23:00 p.m.	0,00	600,00
24	24:00 a.m.	0,00	600,00

A continuación, se calcula demanda horaria acumulada la misma que debe ser constante durante las 24 horas.

Tabla 162.

Demanda horaria acumulada.

Horas	Horario	Oferta Horaria Qb= 55,56 lt/seg	Oferta Acumulada	Demanda Horaria Qm=17,23 lt/seg
0	12:00 a.m.	0,00	0,00	0,00
1	1:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
2	2:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
3	3:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
4	4:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
5	5:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
6	6:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
7	7:00 a.m.	0,00	0,00	41,89
8	8:00 a.m.	200,00	200,00	41,89
9	9:00 a.m.	200,00	400,00	41,89
10	10:00 a.m.	200,00	600,00	41,89
11	11:00 a.m.	0,00	600,00	41,89
12	12:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
13	13:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
14	14:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
15	15:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
16	16:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
17	17:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
18	18:00 p.m.	0,00	600,00	41,89

19	19:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
20	20:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
21	21:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
22	22:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
23	23:00 p.m.	0,00	600,00	41,89
24	24:00 a.m.	0,00	600,00	41,89

A continuación, se determina la diferencia entre la oferta – demanda

Tabla 163.

Diferencia oferta - demanda.

Horas	Horario	Oferta horaria Q= 55,56 Lt/sg	Oferta acumulada	Demanda horaria Qm= 17,23 Lt/sg	Demanda acumulada	Diferencia Of - Dem
0	12:00 a.m.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	41,89	-41,89
2	2:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	83,78	-83,78
3	3:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	125,67	-125,67
4	4:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	167,56	-167,56
5	5:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	209,45	-209,45
6	6:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	251,34	-251,34
7	7:00 a.m.	0,00	0,00	41,89	293,23	-295,23
8	8:00 a.m.	200,00	200,00	41,89	335,12	-135,12
9	9:00 a.m.	200,00	400,00	41,89	377,01	22,99
10	10:00 a.m.	200,00	600,00	41,89	418,90	181,10
11	11:00 a.m.	0,00	600,00	41,89	460,79	139,21
12	12:00 a.m.	0,00	600,00	41,89	502,68	97,32
13	13:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	544,57	55,43
14	14:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	586,46	13,54
15	15:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	628,35	-28,35
16	16:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	670,24	-70,24
17	17:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	712,13	-112,13
18	18:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	754,02	-154,02
19	19:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	795,91	-195,91
20	20:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	837,80	-237,80
21	21:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	879,69	-279,69
22	22:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	921,58	-321.58

23	23:00 p.m.	0,00	600,00	41,89	963,47	-363,47
24	24:00 a.m.	0,00	600,00	41,89	1005,36	-405,36

Establecer los valores máximos positivo y negativo de la diferencia de oferta – demanda

Para nuestro caso serían:

- Máximo positivo = 181,1
- Máximo negativo = 405,36

A continuación, se calcula el volumen de regulación sumando los valores máximos positivos y negativos calculados anteriormente.

Volumen de regulación

$V_{regulación} = Max_{negativo} + Max_{positivo}$

$V_{regulación} = 405,36 + 181,10$

$V_{regulación} = 586,46\ m^3$

Porcentaje de regulación

$$\%_{regulación} = \frac{Q_{regulación}}{\sum DEMANDA\ ACUMULADA} * 100$$

$$\%_{regulación} = \frac{586,46}{1005,36} * 100$$

$\%_{regulación} = 58,33\ \%$

Volumen de reserva

$V_{reserva} = V_{Demanda} + V_{regulación}$

$V_{reserva=} 41,89\ m^3 + 586,46\ m^3$

$V_{reserva} = 628.35\ m^3$

Determinación hidráulica del reservorio a 12 años (2034)

Po = 7542 Hab

Determinación de la dotación

Tabla 164.

Dotación media futura 2034.

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (lt/hab/día)
Hasta 5000	Frio	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frio	180 – 200
	Templado	190 – 220
Más de 50000	Cálido	200 – 230
	Frio	> 200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Dotación = 225 Lt/Hab/día

Factor de fuga= 18%

Caudal medio

$$Q_m = \frac{(1+F)*Pf*D}{86400}$$

$$Q_m = \frac{(1+0{,}18)*7542*225}{86400}.$$

$$Q_m = 23{,}18\,Lts/seg$$

udal máximo diario

$$Q_{md} = Qm*KMD$$

$$Q_{md} = 23{,}18\frac{Lts}{seg}*1{,}5$$

$$Q_{md} = 34.77\,Lts/seg$$

Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = Q_m*KMD$$

$$Q_{mh} = 23{,}18\frac{lts}{seg}*2$$

$$Q_{mh} = 46{,}36\,lts/se$$

Caudal de incendio

Tabla 165.

Caudal de incendio 2034.

Número de habitantes (en miles)	Número de incendios simultáneos	Dotación por incendio (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

$Q_{incendio} = 10\,Lts/seg$.

Caudal de captación

$Q_m = Q_{md} * 1,2$.

$$Q_m = 34,77 \frac{Lts}{seg} * 1,2$$

$$Q_m = 41,72\,Lts/seg$$

Caudal de conducción

$Q = Qmd * 1,1$.

$$Q = 34,77 \frac{Lts}{seg} * 1,1$$

Caudal de tratamiento

$$Q = 34,77 \frac{Lts}{seg} * 1,1$$

$Q = 38,25\,Lts/seg$.

Caudal de distribución

$$Q = Q\,incendio + Qmh + 1\,.$$

$$Q = 10\frac{Lts}{seg} + 46,36\frac{Lts}{seg} + 1$$

$$Q = 56,36\,Lts/seg\,.$$

Volumen de regulación

$$V_{reg} = \left(0,3 * Qm * 86400\right)/1000\,.$$

$$V_{reg} = \frac{\left(0,3 * 23,18 * 86400\right)}{1000}$$

$$V_{reg} = 600,83\,m^3\,.$$

Volumen de tratamiento

V_{Trat}=25 m^3

Volumen de emergencia

P>5000 = $V_{reg} * 25\ \%$

$$V_{emergencia} = V_{reg} * 25\ \%$$
$$V_{emergencia} = 600,83\ m^3 * 0,25$$
$$V_{emergencia} = 150,21\ m^3$$

Volumen de reserva

$$V_{reserva} = V_{regulación} + V_{tratamiento} + V_{emergencia} + V_{incendios}$$
$$V_{reserva} = 600,83\,m^3 + 25\,m^3 + 150,21m^3 + 10m^3$$
$$V_{reserva} = 786,04\,m^3$$

Para lograr determinar si el tanque trabaja a suáxima capacidad, primero mediante visita ***in situ*** se recopilaron datos que permitieron formular una evaluación que luego fue comparada con los datos proporcionados en la Empre-

sa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario y Pluvial del cantón Jipijapa (EPMAPJ). En ese sentido, con una proyección realizada a partir del periodo de diseño con el que se proyectó el tanque, se tiene:

Po = 6308 Habitantes

Periodo de diseño = 25 años

Población futura = 7542

Dotación = 200 Litros/habitantes día

Volumen de reserva = 583 m^3 = 600 m^3

Tabla 166.

Datos de diseño del tanque tipo reservorio ubicado en el Barrio Colinas del Este.

Datos		
Población actual	6308	Habitantes
Periodo de diseño	25	Años
Dotación	200	Litros/habitantes/día
Volumen de reserva	628.35	

Nota. Datos proporcionados por la EPMAPJ (2022)

Tabla 167.

Tabla de resumen de la proyección a 12 años con la población actual del circuito.

Tabla de resúmenes		
Población final (año 2034)	7542	Habitantes
Dotación	225	Litros/hab/día
Factor de fuga	18	%
Qm	23.18	Litros/segundos
Qmd	34.77	Litros/segundos
Qmh	46.36	Litros/segundos
Q incendio	10	Litros/segundos
Caudal de captación	41.71	Litros/segundos
Caudal de conducción	38.25	Litros/segundos
Caudal de tratamiento	56.36	Litros/segundos
Caudal de distribución	56.36	Litros/segundos

Volumen de regulación	600.83
Volumen de tratamiento	25
Volumen de emergencia	150.21
Volumen de reserva	786.04

Luego de realizar este procedimiento podemos constatar que el tanque reservorio ubicado en la actualidad en el Barrio Colinas del este, trabaja con su capacidad máxima para suministrar a los sectores que comprenden el circuito 3.2; sin embargo, aunque trabaja a su capacidad máxima no es suficiente para abastecer a los sectores de manera permanente, lo cual se corrobora con lo expresado por la ciudadanía cuando expresar que hay periodos de recurrencia en el suministro de agua que van desde los quince a veinte días.

También es preciso acotar que el periodo de vida útil para el cual fue diseñado el tanque reservorio, refleja que la población actual es mayor que la calculada lo que conlleva que la capacidad del mismo no será suficiente para abastecer a todo el circuito en mención.

Volumen de almacenamiento del tanque reservorio en relación a la necesidad de abastecimiento de la población de diseño.

Actualmente el tanque tipo reservorio de agua potable, construido de hormigón armado, del Barrio Colinas del Este, que abastece al circuito 3.2, con su capacidad de 600 m^3, resulta ser suficiente para abastecer de manera provisional a la población asentada en el sector, conforme a las observaciones ***in situ*** que se hicieron durante el periodo de tiempo planificado dentro de dicha fase investigativa, ya que se corroboró que el tanque trabaja en su máxima capacidad pero no de manera constante durante las 24 horas del día. Además, se contrastó esta información con los datos obtenidos de la aplicación de la encuesta socioeconómica, donde salió como dato que el 100% de los usuarios manifestaron que el periodo de entrega del líquido vital oscila entre los 15 a 20 días entre suministro y suministro. Esta situación conlleva a que la población, en su gran mayoría (96%), se vea obligada a construir cisternas que le permitan quedar medianamente abastecidos para soportar la carencia de dotación por medio de la red pública, a pesar de que el 100% de los hogares cuentan con red domiciliaria.

También es notorio, a pesar de que los usuarios tienen que mantener almacenada agua para cubrir sus demandas, durante el lapso de tiempo que no reciben por medio de la red, no existen planes que orienten sobre el tratamiento adicional y el mantenimiento o limpieza que deben darles a las cisternas, esto se refleja en el dato que sólo el 7% trata el agua almacenada con cloro

y/o abate (larvicida) y el 10% limpia, al menos con una frecuencia de 15 días, sus cisternas.

Por otro lado, conforme los datos obtenidos y proyectados, debido al incremento de población flotante, estudiantes universitarios, y locales comerciales los datos actuales sobrepasan a la población de diseño, lo que conlleva a que el tanque reservorio tiene que ser repotenciado para cubrir la demanda actual de agua potable.

Sistema hidráulico del tanque reservorio

Evaluación física

Para ello se procedió a realizar una visita en situ con los siguientes resultados obtenidos

Tabla 168.

Cuadro comparativo entre los componentes necesarios con lo que se encuentran en situ.

Componentes básicos	En situ se encuentra de la siguiente manera
Depósito de almacenamiento	
Donde se concentra el agua y va a depender de la demanda promedio de agua, así como la frecuencia de suministro a la población beneficiada.	Es de cemento reforzado con una capacidad 600 m^3, lleno de sedimentos e insectos que pueden llevar agentes patógenos.
Compuerta de acceso	
Es la tapa de compuerta suele existir para inspeccionar el interior del tanque y debe ser diseñada para poder cerrar con candado	La tapa es metálica en muy buen estado pintado de color negro, recién instalada con diseño para poder cerrar con candado pero no posee ningún candado.
Tubería o rendija de ventilación de aire	
Debe estar ubicada en la parte del cuello del tanque y tiene que ser rejilla, para evitar el ingreso de animales y contaminantes al tanque	Se encuentra una rendija de 0,35 cm x 0, , ubicada en el cuello del tanque, sin ninguna protección.
Flotante o boya	
Dispositivo que cumple con la función de controlar en nivel de agua permitida al ingresar el agua al tanque.	Se encuentra en parte superior del tanque, es metálica en buen estado.
Rebosadero	

Si la boya no funciona ese elemento evitara un sobrellenado y que contenido de agua no llegue a desbordar por la tapa del mismo.	Ubicada en la parte superior a la boya, es de PVC, con un diámetro de 6 pulgadas.
Casetas de válvulas	
Donde se encuentran las válvulas de control de entrada, salida, desagüé y desvió de agua, por lo general tiene cerradura para evitar el uso inapropiado de las mismas.	Se encuentra en la parte frontal del tanque, de concreto simple con falencias, se encuentran las válvulas de entrada, salida, desagüé y desvió estilo mariposa, metálicas en estado deplorable.

Parámetros para la optimización del abastecimiento de la red de distribución.

Para la optimización del abastecimiento de la red de distribución se recomienda:

- Sustituir las tuberías de hierro de ingreso y de salida las mismas que encuentran en pésimo estado.
- Regular los procesos de conducción.
- Sistematizar los procesos de ingreso y distribución de agua potable hacia y desde el tanque reservorio.
- Mejorar el sistema de distribución con el cambio de tuberías.
- Proveer del caudal adecuado de agua potable, reduciendo los tiempos que ahora se presentan entre cada dotación por medio de la red de distribución

Conclusiones

- El tanque reservorio trabaja con la capacidad máxima de diseño y el volumen de almacenamiento del tanque abastece provisionalmente en relación a la necesidad de la población de diseño, debido a que la población del sector que abastece está en continuo crecimiento. Los periodos de abastecimiento no son continuos, menos aún diarios; existen desfases entre 15 a 20 días entre una entrega de agua potable con otra por medio de la red de distribución.
- El tanque reservorio en un corto tiempo necesitará ampliación o repotenciación; además requiere un protocolo de reparación y mantenimiento

- El estado de las tuberías se encuentra en un estado deplorable, donde el tanque necesita una intervención estructural para evaluar sus condiciones de uso.
- En término general la funcionalidad del tanque reservorio de agua potable ubicado en el Barrio Colinas del Este, no es la adecuada para abastecer agua potable en cantidad y calidad al circuito 3 de la ciudad de Jipijapa.

Referencias bibliográficas

Barreto, L. (2020). *Sabes que son los sistemas de abastecimiento de agua*. Obtenido de https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F

BBVA. (28 de Abril de 2021). *Que es el proceso de potabilización del agua y cuáles son sus fases*. Obtenido de https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua-y-cuales-son-sus-fases/

EPMAPASP-J. (2022). *Zonificación de sectores para dotación de agua potable.* Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario y Pluvial., Jipijapa.

FUNCAGUA. (2020). *Qué es el agua*. Obtenido de https://funcagua.org.gt/que-es-el-agua/

Home Center. (s.f). *Que son las tomas domiciliarias*. Obtenido de https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/que-son-las-tomas-domiciliarias/

IAGUA. (2017). *Almacenamiento y regulación de agua en el sistema de distribución*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/almacenamiento-y-regulacion-agua-sistema-distribucion

INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (1 ed.). Secretaria del Agua del Ecuador. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

Jiménez, J. (2018). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.* Universidad de Veracruz. Obtenido de https://

www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf

López, L. (29 de julio de 2017). ***Obras de fuentes de abastecimiento***. Obtenido de DATOS PDF.COM: https://datospdf.com/download/obras-de-fuentes-de-abastecimiento-_5a44c215b7d7bc422b8a1e43_pdf

Pérez, L. (2020). Obtenido de https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria

Pibaque, M. (2019). Análisis del déficit y consumo de agua potable en la ciudad de Jipijapa. ***(Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí).*** Archivo digital. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1686

Pin, J. (2021). Comprobación funcional del tanque reservorio de la Ciudadela Eloy Alfaro de la ciudad de Jipijapa. ***(Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí).*** Archivo digital. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3346

Ronald, A. (2 de diciembre de 2014). ***Diseño de reservorio rectangular para agua potable***. Obtenido de slideshare: https://es.slideshare.net/ronaldalan/diseo-de-reservorio-rectangular-para-agua-potable

SAGUAPAC. (15 de septiembre de 2016). ***Como se define el agua potable***. Obtenido de https://www.saguapac.com.bo/como-se-define-el-agua-potable/

SIAPA. (Febrero de 2014). ***Criterio y lineamiento técnicos para factibilidades sistemas de agua potable. Sistemas de agua potable.*** Obtenido de https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf

Valdiviezo, A. (2022). ***Que es el agua potable***. Obtenido de IAGUA.: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-potable

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 40

Rediseño de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de San Vicente, provincia de Manabí

AUTORES: Kandra Anahí Zambrano Erazo; Martha Johana Álvarez Álvarez

SABER**EC 5.0**

Rediseño de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de San Vicente, provincia de Manabí

Redesign of the wastewater treatment lagoons in the city of San Vicente, province of Manabí

Resumen

Contexto: Las lagunas de tratamiento de aguas residuales son cruciales para el saneamiento y la gestión de los recursos hídricos en las ciudades, afectando directamente la salud pública y el medio ambiente. En el Cantón San Vicente, provincia de Manabí, se identificó un problema significativo relacionado con la obsolescencia y el mantenimiento inadecuado de las lagunas, así como con la insuficiencia en su capacidad para manejar el crecimiento demográfico y urbano. **Objetivo.** Se basó en rediseñar las lagunas de tratamiento de aguas residuales para mejorar su eficiencia. **Metodología.** Se llevó a cabo utilizando métodos empíricos y ensayos de laboratorio, con un enfoque cuantitativo que permitió realizar estudios detallados en el área. Se emplearon softwares especializados y se siguieron las normas de diseño establecidas por la Norma Ecuatoriana de Construcción y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. **Resultados.** Se obtuvo que, aunque las aguas tratadas cumplían con los parámetros para su reúso, la eficiencia de remoción de materia orgánica en las lagunas existentes era inferior a la esperada. Las lagunas facultativas presentaron una eficiencia de 40% y las lagunas de maduración 33.33%, valores que estaban por debajo de los rangos óptimos recomendados. El rediseño propuesto permitiria alcanzar eficiencias de hasta 59.20% en la laguna anaerobia, 77.13% en la laguna facultativa y 77.76% en la laguna de maduración. **Conclusión.** El rediseño de las lagunas en San Vicente demostró ser esencial para optimizar su funcionamiento y capacidad volumétrica, garantizando un tratamiento más eficiente de las aguas residuales y abordando adecuadamente los desafíos del crecimiento poblacional y urbanización.

Palabras clave: Tratamiento, lagunas, saneamiento, capacidad, rediseño.

Abstract

Context: Wastewater treatment lagoons are crucial for sanitation and water resource management in cities, directly affecting public health and the environment. In Cantón San Vicente, Manabí province, a significant problem was identified related to the obsolescence and inadequate maintenance of the lagoons, as well as their insufficient capacity to handle population and urban growth. **Objective.** It was based on redesigning the wastewater treatment lagoons to improve their efficiency. **Methodology.** It was carried out using empirical me-

thods and laboratory tests, with a quantitative approach that allowed detailed studies in the area. Specialized software was used and the design standards established by the Ecuadorian Construction Standard and the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition were followed. **Results**. Although the treated water met the parameters for reuse, the efficiency of organic matter removal in the existing lagoons was lower than expected. The facultative lagoons presented an efficiency of 40% and the maturation lagoons 33.33%, values that were below the optimal recommended ranges. The proposed redesign would allow reaching efficiencies of up to 59.20% in the anaerobic lagoon, 77.13% in the facultative lagoon and 77.76% in the maturation lagoon. **Conclusion.** The redesign of the lagoons in San Vicente proved to be essential to optimize their operation and volumetric capacity, ensuring more efficient wastewater treatment and adequately addressing the challenges of population growth and urbanization.

Key words: Treatment, lagoons, sanitation, capacity, redesign.

Introducción

En el marco de las iniciativas cruciales para el saneamiento y la gestión sostenible de los recursos hídricos, las lagunas de tratamiento de aguas residuales emergen como piezas fundamentales en el entramado urbano. Su papel vital no solo se circunscribe a la depuración del agua, sino que se proyecta directamente sobre la salud pública y la preservación del medio ambiente. En el cantón San Vicente, situado en la pintoresca provincia de Manabí, estas lagunas encaran desafíos sustanciales derivados de la obsolescencia estructural y un mantenimiento insuficiente (Muñoz, 2021; SENAGUA, 2008).

La problemática se ve agravada por la inadecuada capacidad de tratamiento, incapaz de hacer frente al constante crecimiento demográfico y desarrollo urbano de San Vicente. Este contexto imperante ha trazado las líneas maestras de la presente investigación, que se propone no solo identificar y cuantificar las deficiencias existentes en las lagunas de tratamiento de aguas residuales, sino también implementar un rediseño integral que aborde de manera eficiente estos desafíos (Cortés et al., 2017; Mara & Pearson, 1998).

El objetivo primordial de este proyecto es abordar la obsolescencia y las limitaciones en la capacidad de tratamiento de las lagunas mediante la determinación de parámetros técnicos de diseño y funcionamiento. La metodología propuesta abarcó desde la evaluación exhaustiva de las lagunas existentes hasta el monitoreo de la calidad del agua residual cruda y tratada, así como la medición de la eficiencia y remoción de contaminantes. Estas etapas fueron

abordadas con un enfoque cuantitativo, respaldado por métodos empíricos y ensayos de laboratorio (Rice et al., 2012; Von, 2012).

Los objetivos específicos delineados para alcanzar esta meta fueron: primero, determinar los parámetros técnicos de diseño y/o funcionamiento de las lagunas de tratamiento existentes; segundo, realizar el monitoreo de la calidad del agua residual cruda y tratada en las lagunas; tercero, determinar los niveles de eficiencia y remoción de contaminantes en las lagunas actuales; y finalmente, rediseñar las lagunas de tratamiento para optimizar su funcionamiento y capacidad volumétrica (Matsumoto & Sánchez, 2016; Gaitán & Zavaleta, 2022).

Estos objetivos se traducen en metas cuantificables y medibles que, al ser alcanzadas, representaron avances sustanciales en el manejo de las aguas residuales en San Vicente. A medida que se desarrolló esta investigación de la rama de la ingeniería civil, las herramientas empleadas, como la observación, softwares especializados y la adhesión a las normativas establecidas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, se convirtieron en pilares fundamentales para asegurar la validez y relevancia de los resultados obtenidos (Romero et al., 2013; Hernández-Moreno & Medina-Ramírez, 2018).

El estudio empleó técnicas e instrumentos de análisis fisicoquímico del agua por medio de la demanda bioquímica de oxígeno y de coliformes fecales. Se evaluó el sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales en San Vicente y los resultados indicaron que el agua cumple con los estándares para reúso; sin embargo, la eficiencia de remoción de materia orgánica es inferior a la esperada, por lo que se propuso un rediseño del sistema con una laguna anaerobia previa a las lagunas facultativa y de maduración para mejorar la eficiencia hasta un 59.20%, 77.13% y 77.76% respectivamente (Fraga, 2021; Díaz-Cuenca et al., 2012).

Materiales y métodos

Materiales

- Muestreadores de agua residual
- Envases estériles de 600 ml
- Conservadores de muestras (hielera)
- Espectrofotómetro
- Incubadora

- Equipo de filtración
- Materiales de laboratorio para análisis de DBO5 y coliformes fecales

Métodos de la investigación

Obtención de datos

Se recolectaron muestras de agua residual en la entrada y salida de las lagunas para determinar los parámetros de calidad del agua.

Las muestras se tomaron el 18 de abril de 2024 en las lagunas de aguas residuales de la ciudad San Vicente, provincia de Manabí y se analizaron en el laboratorio Bureau Veritas de la ciudad de Guayaquil, Ecuador con certificación SAE No. SAE LEN 07-006 y A2LA No. 2185.01 y 2185.02.

Análisis de laboratorio

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Se determinó mediante el método estándar SM5210B de la American Public Health Association (APHA).
- Coliformes Fecales: Se determinó mediante el método estándar SM9260B de la APHA.

Diseño experimental

- Se utilizó un diseño experimental de muestreo aleatorio simple.
- Se tomaron 3 muestras de agua residual en cada punto de muestreo (entrada y salida de las lagunas).
- Las muestras se analizaron por triplicado para cada parámetro.

Análisis estadístico

- Se calcularon los promedios y desviaciones estándar de los resultados de los análisis de DBO5 y coliformes fecales.
- Se realizó una prueba t de Student para comparar las concentraciones de los parámetros en la entrada y salida de las lagunas.

Consideraciones éticas

- El estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos establecidos por la Declaración de Helsinki.
- Se obtuvo el consentimiento informado de las autoridades locales para la recolección de muestras de agua residual.

Resultados

Determinar los parámetros técnicos de diseño y/o funcionamiento de las lagunas de tratamiento existentes en la ciudad de San Vicente.

El cantón San Vicente está ubicado en el centro norte de la provincia de Manabí entre las coordenadas desde 0º 30' latitud sur hasta 0º 39' latitud sur, y 80º 11' hasta 80º 11' de longitud occidental, a 340 Km. de la ciudad de Quito Capital de Ecuador. Constituye el cantón más joven de la provincia. Limita al norte con el Océano Pacífico y el Cantón Jama; al sur con el estuario del Río Chone; al este con: la Parroquia San Isidro del Cantón Sucre y el Cantón Chone; al oeste: Océano Pacífico.

En el año 2020 se realizó un diagnóstico del funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario del cantón San Vicente, mismo que recolecta las aguas residuales domésticas, hasta la fecha de elaboración y presentación de este informe final el sistema no ha presentado cambios en su infraestructura, por tanto, esta información recopilada se detalla a continuación.

Diagnóstico del sistema de alcantarillado actual

El sistema de alcantarillado sanitario en el casco urbano del cantón San Vicente, funciona recolectando las aguas residuales domesticas a través de cajas de inspección domiciliarias que las transporta a un colector secundario, transportando estas aguas por gravedad desde un conjunto de colectores domiciliarios y matrices hasta las estaciones de bombeo y de allí, son conducidas al lugar de vertimiento mediante líneas de impulsión hasta las lagunas de oxidación, donde se efectúa el proceso de pre tratamiento y tratamiento, para luego ser enviadas al estuario del Rio Chone, el cual funciona como cuerpo receptor. Una de las estaciones de bombeo principales del sistema, se encuentra ubicada en el Malecón Leónidas Vega diseñada y equipada con dos bombas de 35 HP, la cual surte el proceso de transporte con tubería de PVC de 160 mm en una longitud de 1250,00 metros hasta la estación de bombeo # 2 (aeropuerto los Perales), diseñada para operar con dos bombas sumergibles de 75 HP y de esta estación hacia las lagunas de oxidación a través de una tubería en PVC de 2000 mm en una longitud aproximada de 2 kilómetros, alrededor del 30% de las aguas residuales domésticas del casco urbano. Además, la estación de bombeo # 4 (Santa Martha), diseñada para operar con dos bombas sumergible de 35 HP de esta estación se impulsa hacías las lagunas de oxidación conducida atreves de un ducto de PVC de 160 mm de diámetro en una longitud de 1.2 km, esta estación recopila aproximadamente el 35% las aguas servidas de los sectores que comprenden los barrios; Santa Martha 1 y Santa Martha 2, Santa Isabel Los Perales.

El sistema de bombeo que cuenta la ciudad se ha ejecutado en dos fases; la primera se desarrolló en los años 1995 cubriendo la parte central de la ciudad con dos estaciones de bombeo, la # 1 ubicada en el malecón Leónidas vega y calle 29 de Mayo, diseñadas para trabajar con 2 bombas sumergibles de 35 HP que envía las aguas grises y servidas a la estación de bombeo # 2 diseñadas para trabajar con dos bombas sumergibles de 75 Hp que trabajan a una profundidad de 5 m las cuales funcionan con energía eléctrica 440 V ,y de esta impulsar a las lagunas de oxidación.

Mediante convenio de cooperación interinstitucional firmado entre el Ministerio de Transporte de Obras Públicas y el Gobierno Autónomo y Descentralizado del cantón San Vicente de fecha abril 25 de 2012, que consistía en la reposición del sistema de Alcantarillado Sanitario en el casco Urbano de la ciudad de San Vicente sin tomar en consideración las estaciones de bombeo.

La segunda fase se desarrolló en los años 2012-2013 que comprende el alcantarillado sanitario y pluvial Santa Martha 2 con dos estaciones de bombeo respectivamente, la estación de bombeo sanitario está diseñada para trabajar con dos bombas sumergibles de 35 HP las cuales trabajan con 440 V, que envía las aguas servidas directamente a las lagunas de oxidación.

El problema identificado obedece que las estaciones de bombeo antes mencionadas presentan alto riesgo de colapso en el funcionamiento debido al cumplimiento de la vida útil de los equipos de bombeo.

Análisis de tratamiento existente (lagunas de estabilización)

El sistema de tratamiento que tiene actualmente la ciudad de San Vicente es el de lagunas de estabilización, por ser el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe, y también el más difundido sobre todos en los países en desarrollo, y que cuenta con innumerables ventajas, tales como: bajo costo, cero consumo de energía, sencillas de construir, operar y mantener; ventajas que se complementan con la producción de un efluente de alta calidad y con eliminación de organismos patógenos.

Quizás las únicas desventajas importantes de las lagunas de estabilización son que requieren más espacio que cualquier otro tipo de tratamiento de aguas residuales y, dependiendo del diseño, puede haber problemas de malos olores, por lo que deben estar relativamente alejadas de los centros poblados. Afortunadamente en San Vicente hay una gran área que está en la Vía a Chone, el cual dista más de 1 kilómetro de distancia de la zona poblada, suficientemente alejada para que, en el caso de existir uno de los problemas mencionados, no exista una significativa afectación a la población por causa de posibles malos olores.

Para el proceso de tratamiento de las aguas residuales se tiene un sistema de dos lagunas: una facultativa y una de maduración; no se considera una laguna anaerobia.

Tabla 169.

Dimensionamiento del sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales del Cantón San Vicente.

LAGUNA	ÁREA (m2)
Laguna facultativa	7293.00
Laguna de maduración	5062.50
Campo de infiltración	1930.50

Nota. Gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón San Vicente (2020)

Realizar el monitoreo de la calidad de agua residual cruda y tratada en las lagunas de la ciudad de San Vicente.

Debido a limitaciones presupuestarias, se llevó a cabo una única campaña de monitoreo para evaluar la calidad del agua residual producida en la ciudad San Vicente y la calidad del agua presente en las lagunas. Se tomaron como referencia los datos históricos de calidad del agua residual del municipio, seleccionando los siguientes parámetros:

CF (Coliformes fecales)

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)

Los ensayos se realizaron en 3 puntos de muestreo como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 170.

Puntos de muestreo de agua residual y sistema de lagunas en la ciudad San Vicente.

Puntos	Descripción
P1	Ingreso de la laguna facultativa
P2	Salida laguna facultativa
P3	Salida Laguna de maduración

Nota. Puntos de toma de muestra de agua residual en las lagunas.

Para la toma de muestras se utilizaron 3 envases ámbar de 600 ml para demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y 6 envases estériles para coliformes

fecales, después se etiquetó las muestras y su conservación en un recipiente para conservar la temperatura. El procedimiento de muestreo lo realizó el laboratorio de ensayo Bureau Veritas de Guayaquil, quienes cuentan con la certificación SAE No. SAE LEN 07-006 y A2LA No. 2185.01 y 2185.02. Para esto, se utilizaron las normas de seguridad laboral en la toma de muestras.

Tabla 171.

Resultados del ensayo de calidad de agua residual en la ciudad San Vicente.

Lugar	BDO en el efluente (mg/l)	Cf en el efluente (NMP/100ml)
Laguna facultativa (Ingreso)	250	>1600
Laguna facultativa (salida)	150	>1600
Laguna de maduración (salida)	100	>1600

Nota. Laboratorios Bureau Veritas Guayaquil

Determinación del caudal proyectado para el rediseño de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente.

Dotación media futura

Ecuación 4. Población futura método geométrico

$$Pf = Po\ (1+r)^t \quad (1)$$

Donde:

Pf = Población

Po = Población inicial urbana (último censo). INEC 2022

r = Es el incremento medio anual.

t= tiempo en años

Para este diseño sería:

Pf = Población

Po = 10404

r = 1.5

t= 25 años

$$Pf = 10404\left(1+\frac{1.5}{100}\right)^{25}$$

Pf=15 095.64

Dotación media = 215 l/hab/día (Datos Senagua. Véase tabla 172)

Coeficiente de retorno = 0.80

Tabla 172.

Dotaciones recomendadas por Senagua.

Población (habitantes)	Clima	Dotación media Futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Ecuación 2. *Método aritmético*

$$Pf=P_o+r*t \quad (1)$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po= Población actual = 10404

T = Periodo de diseño = 25 años

r = Índice de crecimiento = 1.5

Pf=10404+1.5*25=10441.5

Media entre los dos métodos

$$Pf = \frac{Pf1 + Pf2}{2} = \frac{10441.5 + 15095.64}{2} = 12768.57$$

Ecuación 3. Caudal medio de agua residual

$$Q_{med} = \frac{Pf * Df * Cr}{86400} = \frac{12768.57\ hab * 215 lhab / dias * 0.8}{86400} = 2196194.04 \frac{l}{s} = 2196.19 m^3 / día$$

Ecuación 4. Caudal mínimo de agua residual

$$Q_{min} = \frac{Q_{med}}{2} = \frac{2196.19\ m^3\ /\ día}{2} = 1098.095\, m^3\ /\ día$$

Ecuación 5. Caudal máximo instantáneo de agua residual

$$Q_{max\ inst.} = Q_{med} * M = 2196.19 \frac{m^3}{día} * 2.8485 = 6255.85 \frac{m^3}{día}$$

Ecuación 6. Coeficiente de mayoración

$$\mathrm{M} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{p}{1000}}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{12768.57\, hab}{1000}}} = 2.8485$$

Ecuación 7. Caudal máximo extraordinario de agua residual

$$Q_{max\ ext} = C_s * Q_{max\ inst.} = 1.2 * 6255.85 \frac{m^3}{día} = 7507.02 \frac{m^3}{día}$$

Donde: Cs= es el coeficiente de seguridad adoptado

Qmax.inst. = es el gasto máximo instantáneo

En el caso de aportaciones normales el coeficiente Cs será de 1.0; para condiciones extraordinarias, este Cs puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5 de acuerdo con la norma.

Tabla 173.

Caudales de diseño de aguas residuales.

Caudales de diseño de aguas residuales	
Caudal medio	2196.19 m³/día
Caudal mínimo	1098.095 m³/día
Caudal máximo instantáneo	6255.85 m³/día
Caudal máximo extraordinario	7507.02 m³/día

Nota. Resultados de caudales de diseño expresados en m³/día

Determinar los niveles de eficiencia y remoción de contaminantes en las lagunas actuales de la ciudad de San Vicente.

De acuerdo con Parra Rodríguez (2016), la fórmula a continuación presentada permite determinar la eficiencia en la eliminación de la carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ecuación 8. Eficiencia de remoción del sistema de lagunas

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} * 100$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema o de uno de sus componentes (%)

S: Carga contaminante de salida

S_0= Carga contaminante de entrada

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de calidad del agua residual por parte del laboratorio Berneau Veritas, se presenta la siguiente tabla que refleja el porcentaje de remoción de contaminantes, específicamente la reducción de DBO, lograda por las lagunas de tratamiento de aguas residuales existentes.

Tabla 174.

Determinación de eficiencia de remoción de contaminantes en el sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente.

Lugar	BDO en el efluente (mg/l)	Cf en el efluente (NMP/100ml)	% de Remoción de DBO
Laguna facultativa (Ingreso)	250	1600	0
Laguna facultativa (salida)	150	1600	40%
Laguna de maduración (salida)	100	1600	33.33%

Nota. Resultados de cálculos del porcentaje de Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno existente en las lagunas.

Es evidente que el porcentaje de remoción de contaminantes obtenido no alcanza los niveles esperados, según lo indicado en la documentación de referencia. Esta documentación establece que las lagunas anaerobias deben lograr una remoción del 50% al 70%, las lagunas facultativas del 80% al 90%, y las lagunas de maduración del 60% al 80%. En consecuencia, se hace necesario el rediseño del sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales para optimizar su dimensionamiento y garantizar una eliminación

adecuada de contaminantes, cumpliendo así con los parámetros ambientales establecidos.

Rediseñar las lagunas de tratamiento de aguas residuales para optimizar el funcionamiento y capacidad volumétrica de las lagunas en la ciudad de San Vicente.

Datos disponibles para el diseño:

Caudal medio (Qmed) = 2196.19 m3/día

Temperatura de diseño (mes más frío) (T) = 19.6 °C

Temperatura (ambiente) (T1) = 20 °C

Evaporación (e) = 5.2 mm/día

D.B.O. alcantarillado (DBO alcant) = 250 mg/l

C.F. alcantarillado (CF. Alcant) = 1600 NMP/100 ml

Datos estimados por el diseñador según los parámetros normativos:

Laguna anaerobia

Altura (H ana) = 3.5 m

Relación largo – ancho (L:W) = 2:1

Talud = 2:1

Laguna facultativa

Altura (H fac) = 2 m

Relación largo – ancho (L:W) = 3:1

Talud = 2:1

Laguna de maduración

Altura (H mad) = 1.5 m

Relación largo – ancho (L:W) = 3:1

Talud = 2:1

Tiempo de residencia hidráulica (TRH)= 10 días

Diseño de la Laguna Anaerobia

Carga volumétrica de diseño

Tabla 175.

Temperatura de diseño.

T (°C)	Carga volumétrica (g/m³ d)	Remoción DBO (%)
<10	100	40
10-20	20T-100	2T+20
20-25	10T-100	2T+20
>25	300	60

Ecuación 9. *Carga volumétrica de diseño*

$$COV = (20 * T) - 100 = (20 * 19.6\,°\mathrm{C}) - 100 = 292.00 \frac{g\ DBO}{m^3 / día}$$

Ecuación 10. *Volumen de la laguna anaerobia*

$$V_a = \frac{DBO_{alcant} * Q_{med}}{COV} = \frac{250 \frac{mg}{l} * 2196.19\ m^3 / \text{día}}{292.00 \frac{g\ DBO}{m^3 / día}} = 1880.30\, m^3$$

Ecuación 11. *Tiempo de retención hidráulica en la laguna anaerobia*

$$TRH = \frac{V_a}{Q_{med}} = \frac{1880.30\, m^3}{2196.19\ m^3 / \text{día}} = 0.856\, días$$

Ecuación 12. *Área promedio de la laguna anaerobia*

$$A_{prom} = \frac{V_a}{H_a} = \frac{1880.30\, m^3}{3.5\, m} = 537.23\, m^2$$

Ecuación 13. *Carga orgánica superficial en la laguna facultativa*

$$COS = \frac{DBO_{alcant} * Q_{med}}{A_{prom}} = \frac{250 \frac{mg}{l} * 2196.19\ m^3 / \text{día}}{537.23\, m^2} = 1022.00 \frac{Kg\ DBO}{H_a / día}$$

Dimensionamiento promedio de la laguna anaerobia

Ecuación 14. *Ancho promedio.*

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{537.23\,m^2}{L}} = \sqrt{\frac{537.23\,m^2}{2}} = 16.38\,m$$

Ecuación 15. *Largo promedio.*

$$L_{prom} = \frac{A_{prom}}{B_{prom}} = \frac{537.23\,m^2}{16.38} = 32.80\,m$$

Dimensionamiento superior de la laguna anaerobia

Ecuación 16. *Ancho superior.*

$B_{sup}=B_{prom}+Z(talud)=16.38\ m+(2*3.5m)=23.38\ m$

Ecuación 17. *Largo superior*

$L_{sup}=L_{prom}+Z(talud)=32.80\ m+(2*3.5m)=39.8\ m$

Ecuación 18. *Área superior*

$A_{sup}=B_{sup}*L_{sup}= 23.38\ \ m*39.8\ \ m=930.52\ m^2$

Dimensionamiento inferior de la laguna anaerobia

Ecuación 19. *Ancho inferior*

$B_{inf}=B_{prom}-Z(talud)=16.38\ m-(2*3.5m)=9.38\ m$

Ecuación 20. *Largo inferior*

$L_{inf}=L_{prom}-Z(talud)=32.80\ m-(2*3.5m)=25.8\ m$

Ecuación 21. *Área inferior*

$A_{inf}=B_{inf}*L_{inf}= (9.38\ m*25.8\ m=242.00\ m)^2$

Remoción de DBO en la laguna anaerobia:

Se determina dependiendo de la temperatura de diseño (véase tabla 175)

Ecuación 22. *Porcentaje de DBO en el efluente de la laguna anaerobia.*

R=(2*T)+20=(2*19.6 °C)+20=59.20% Para la estación más fría

R=(2*T1)+20=(2*20 °C)+20=60% Para la estación más cálida

Ecuación 23. *Concentración de D.B.O. en el efluente de la laguna anaerobia.*

Para la estación más fría

$$D.B.O_{ana} = \frac{100-R}{100} * DBO_{alcant} = \frac{100-59.20\%}{100} * 250\ \frac{mg}{l} = 102\frac{mg}{l}$$

Para la estación más cálida

$$D.B.O_{ana} = \frac{100-R}{100} * DBO_{alcant} = \frac{100-60\%}{100} * 250\frac{mg}{l} = 100\frac{mg}{l}$$

Remoción de coliformes fecales en el efluente de la laguna anerobia

Ecuación 24. *Remoción de coliformes fecales.*

$$Kt_{\left(d^{-1}\right)} = K_{20}\left(1.07\right)^{T-20} = 0.8*\left(1.07\right)^{19.6-20} = 0.7786\,días^{-1}$$

K20 = 0.8 l/d (Valor escogido)

De acuerdo con Senagua (2008), las lagunas anaeróbicas son menos eficientes que las facultativas en la reducción de coliformes.

Ecuación 25. *Remoción de coliformes fecales en el efluente de la laguna anaerobia.*

$$C.F._{ana} = \frac{C.F._{alcat.}}{1+Kt*TRH} = \frac{1600\frac{NMP}{100\,ml}}{1+*0.7786\,días^{-1}*0.856\,días} = 960.11\frac{NMP}{100\,ml}$$

Ecuación 26. *Caudal de salida de la laguna anaerobia*

$$Q_a = Q_{med} - 0.001\left(A_{sup}\right)\left(e\right) = 2196.19\frac{m^3}{\text{día}} - 0.001\left(930.52\,m^2\right)\left(5.2\frac{mm}{día}\right) = 2191.35\frac{m^3}{día}$$

Ecuación 27. *Concentración de DBO en el efluente de la laguna anaerobia*

$$D.B.O_{ana(corregido)} = \frac{D.B.O_{ana}*Q_{med}}{Q_a} = \frac{102\frac{mg}{l}*2196.19\frac{m^3}{\text{día}}}{2191.35\frac{m^3}{día}} = 102.23\frac{mg}{l}$$

Ecuación 28. *Coliformes fecales en el efluente de la laguna anaerobia incluyendo la evaporación*

$$C.F._{ana\,(corregido)} = \frac{C.F._{ana} * Q_{med}}{Q_a} = \frac{960.11 \frac{NMP}{100\,ml} * 2196.19 \frac{m^3}{\text{día}}}{2191.35 \frac{m^3}{día}} = 962.23 \frac{NMP}{100\,ml}$$

Tabla 176.

Dimensionamiento actual de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente.

Lagunas 2024	Población (hab)	Área (m2)	Altura (m)	% de Remoción
Laguna facultativa	10 404	7293.00	3.00	0
Laguna de maduración	10 404	5062.50	3.00	40
Campo de infiltración	10 404	1930.50	3.00	33.33

Tabla 177.

Dimensionamiento sugerido de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente.

Lagunas	Población (hab)	Largo Superior (m)	Ancho Superior (m)	Área (m2)	Altura (m)	% de Remoción
Laguna anaerobia	12 768	39.8	23.38	930.52	3.50	59.20
Laguna facultativa	12 768	153.85	78.91		2	77.13
Laguna de maduración	12 768	208.08	73.91		1.50	77.76

Discusión

La presente investigación revela la necesidad urgente de rediseñar el sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de San Vicente, provincia de Manabí. Desde la última intervención en 2019, se ha observado un marcado deterioro en las instalaciones, comprometiendo gravemente la eficacia del tratamiento de aguas residuales. El análisis de los parámetros técnicos de las lagunas existentes muestra que los diseños originales, concebidos para una población significativamente menor, son ahora obsoletos e inapropiados. Las dimensiones actuales de las lagunas, que incluyen

áreas de 7293 m^2, 5062.50 m^2 y 1930 m^2 con una altura de 3 m, y el diseño hidráulico, que incluye tres estaciones de bombeo, resultan insuficientes para manejar el volumen y la carga contaminante de la población actual (Cortés et al., 2017; SENAGUA, 2008). Esta falta de adecuación técnica se refleja en la deficiencia general del sistema de tratamiento.

El monitoreo de la calidad del agua residual cruda y tratada revela que, aunque las aguas tratadas cumplen con los parámetros establecidos para su reúso (DBO=100 mg/l y CF=1600 NMP/100 ml), la eficiencia general del sistema es insuficiente. Los tiempos de retención hidráulica excesivamente largos han favorecido la acumulación de materia orgánica y la proliferación de microorganismos, disminuyendo así la capacidad del sistema para remover contaminantes (Von, 2012; Matsumoto & Sánchez, 2016). Además, la presencia de olores desagradables, resultado de cortocircuitos hidráulicos, indica zonas estancadas que propician la descomposición anaeróbica y la generación de gases malolientes (Díaz-Cuenca et al., 2012).

La evaluación de la eficiencia en la remoción de materia orgánica muestra que los valores obtenidos están muy por debajo de los rangos óptimos. Las lagunas actuales presentan una eficiencia del 40% en la laguna facultativa y del 33.33% en la laguna de maduración, mientras que los rangos ideales deberían estar entre el 60% y el 80% para las lagunas facultativas y entre el 50% y el 70% para las lagunas de maduración (Mara & Pearson, 1998; Muñoz, 2021). Esta baja eficiencia evidencia un funcionamiento deficiente del sistema que no cumple con los estándares de calidad del agua y resalta la necesidad de un rediseño.

En base a los hallazgos, se concluye que es imprescindible llevar a cabo un rediseño integral de las lagunas de tratamiento. Se propone aumentar significativamente la superficie de las lagunas para mejorar la capacidad volumétrica y optimizar el diseño hidráulico (Rice et al., 2012; SENAGUA, 2008). La implementación de tecnologías complementarias también podría ser beneficiosa para alcanzar niveles de eficiencia más altos. Se estima que, con un rediseño adecuado, la eficiencia de remoción podría mejorar hasta un 59.20% en la laguna anaerobia, un 77.13% en la laguna facultativa y un 77.76% en la laguna de maduración, superando considerablemente los valores actuales y mejorando notablemente el rendimiento del sistema (Gaitán & Zavaleta, 2022; Fraga, 2021). En conclusión, la investigación destaca la urgencia de actualizar y rediseñar el sistema de lagunas de tratamiento en San Vicente para adaptarse a las necesidades actuales y futuras. Un rediseño bien fundamentado permitirá lograr un tratamiento más eficaz y sostenible de las aguas residuales,

cumpliendo así con los estándares de calidad y mejorando la salud ambiental y pública de la ciudad.

Conclusiones

- Una vez finalizada esta investigación se puede mencionar que el sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad San Vicente presenta un marcado deterioro desde su última intervención en 2019. Inicialmente las lagunas fueron diseñadas con el funcionamiento de 3 estaciones de bombeo y cada laguna tiene un área de 7293 m2; 5062.50 m2 y 1930 m2, con una altura de 3m respectivamente. Los parámetros de diseño y construcción originales resultan obsoletos e inapropiados para atender las necesidades de la población actual, comprometiendo seriamente su eficacia en el tratamiento de aguas residuales.
- De acuerdo con el análisis de los parámetros fisicoquímicos realizado en el sistema de lagunas de tratamiento de aguas residuales del cantón San Vicente se concluye que si cumplen para el reúso de estas aguas tratadas (agua residual DBO=250 mg/l, CF=1600 NMP/100ml; agua tratada DBO=100 CF=1600 NMP/100ml) pero la eficiencia del sistema se ve afectada por tiempos de retención hidráulica excesivamente largos y la presencia de olores desagradables causados por cortocircuitos hidráulicos.
- Se ha determinado que la eficiencia de remoción de materia orgánica en el sistema actual de lagunas de aguas residuales de la ciudad San Vicente es significativamente inferior a la esperada. Los valores obtenidos se encuentran muy por debajo de los rangos óptimos para cada tipo de laguna, lo que evidencia un funcionamiento deficiente del sistema. (laguna facultativa 40% – Laguna de maduración 33.33%), dando por debajo de los valores de remoción óptima de cada laguna (anaerobia 50 al 70% - facultativa 80 al 90% y maduración 60 al 80%)
- Se demostró mediante los análisis realizados que es necesario ampliar significativamente la superficie del sistema de lagunas para obtener una remoción eficiente de materia orgánica. Un rediseño adecuado permitiría alcanzar eficiencias de hasta 59.20% en la laguna anaerobia, 77.13% en la facultativa y 77.76% en la de maduración, superando considerablemente los valores actuales y mejorando notablemente el rendimiento del sistema.

Referencias bibliográficas

Cortés, F., Treviño, A., & Tomasini, A. (2017). ***Dimensionamiento de lagunas de estabilización (Primera).*** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Díaz-Cuenca, E., Alavarado-Granados, A. R., & Camacho-Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera. ***Revista de Estudios Territoriales, 14(1),*** 78–97.

Fraga Vintimilla, I. J. (2021). Evaluación del sistema de tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas de la ciudad de Cuenca empleando el reactor UASB construido a escala de laboratorio.

Gaitán Avalos, P. C., & Zavaleta Cueva, G. S. (2022). ***Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen–distrito Huanchaco 2021***.

Hernández-Moreno, C. A., & Medina-Ramírez, C. C. (2018). ***Análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales que se generan en el sector rural. Caso de estudio: Mundo Nuevo-Calera***. Universidad Católica de Colombia. Disponible en: https://hdl.handle.net/10983/16521

Mara, D., & Pearson, H. (1998). Design manual for waste stabilization ponds in Mediterranean countries. Lagoon Technology International Leeds.

Matsumoto, T., & Sánchez, I. A. (2016). Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil). ***Ingeniería, 21(2),*** 176–186. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a04

Muñoz, F. (2021). ***Rediseño de las lagunas de tratamiento de aguas residuales del cantón Rocafuerte [Tesis de pregrado].*** Universidad Estatal del Sur de Manabí https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2959/1/TESIS%20FIDEL%20JOSE%20MU%C3%91OZ%20CEDE%C3%91O....pdf

Rice, E., Baird, R., Eaton, A., & Clesceri, L. (2012***). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*** Standard Methods.

Romero, L., E., Fernández Aller, M. C., & Guzmán Acha, C. (2013). Derecho humano al agua y al saneamiento: derechos estrechamente vinculados al derecho a la vida. ***Documentación Social, 170,*** 217–236.

SENAGUA. (2008). ***Normas para el estudio y diseño de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO 10.07-601).*** Secretaría del Agua. https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf

Von Sperling, M. (2012). ***Introducción a la calidad del agua y al tratamiento de aguas residuales. Universidad de Nariño.*** https://books.google.com.ec/books?id=Zim2mAEACAAJ

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO
CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Capítulo 41

Evaluación del Uso de Agua de Playa de Puerto Cayo en la Resistencia del Hormigón Simple

AUTORES: Jesús Francisco Baque Suarez; Allison Denisse Alvia Chóez; Luis Vicente Ceballos Cantos

SABER**EC 5.0**

Evaluación del Uso de Agua de Playa de Puerto Cayo en la Resistencia del Hormigón Simple

Evaluation of the Use of Puerto Cayo Beach Water in the Strength of Simple Concrete

Resumen

La investigación preliminar en la zona costera de Puerto Cayo, Manabí, Ecuador, tenía como objetivo evaluar la viabilidad de utilizar recursos locales, como agua y arena de mar, en la elaboración de hormigón simple. El propósito principal de este estudio fue analizar cómo estos materiales afectaron la resistencia a la compresión del hormigón. Para ello, se llevó a cabo una metodología experimental que incluía la preparación de diferentes mezclas de hormigón, combinando agua y arena de mar con agua y arena potable. Los bloques de hormigón fueron moldeados y curados bajo condiciones controladas, y se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión en intervalos de 7, 14 y 28 días. Este proceso se permitió realizar observaciones detalladas tanto en la preparación de las mezclas como en el laboratorio, garantizando la fiabilidad de los resultados. Finalmente, el análisis estadístico de los datos obtenidos ofreció recomendaciones sobre el uso de estos recursos en la construcción, fomentando prácticas más sostenibles y eficientes en la región.

Palabras Clave: Agua de mar, Hormigón simple, Puerto Cayo, Resistencia a la compresión.

Abstract

Preliminary research in the coastal area of Puerto Cayo, Manabí, Ecuador, aimed to evaluate the feasibility of using local resources, such as seawater and sea sand, in the production of plain concrete. The main purpose of this study was to analyse how these materials affected the compressive strength of the concrete. For this purpose, an experimental methodology was carried out involving the preparation of different concrete mixtures, combining seawater and sea sand with potable water and sand. The concrete blocks were moulded and cured under controlled conditions and tested for compressive strength at 7, 14 and 28 day intervals. This process allowed for detailed observations both in the preparation of the mixes and in the laboratory, ensuring the reliability of the results. Finally, statistical analysis of the data obtained provided recommendations on the use of these resources in construction, encouraging more sustainable and efficient practices in the region.

Keywords: Compressive strength, Plain concrete, Puerto Cayo, Seawater

Introducción

La investigación sobre la viabilidad de utilizar agua y arena de mar en la elaboración de hormigón simple en Puerto Cayo, Manabí, Ecuador, se enmarca en la necesidad de explorar recursos locales para la construcción (Torralbo Romero., et al., 2019). Este balneario en la provincia de Manabí enfrenta retos en la gestión de sus recursos, lo que subraya la importancia de adoptar prácticas constructivas sostenibles que aprovechen los materiales disponibles en la región.

El uso de agua y arena de mar en la construcción es un tema significativo, ya que estos recursos son abundantes en zonas costeras. Sin embargo, su efecto en la resistencia del hormigón ha sido objeto de discusión. Esta investigación tiene como objetivo determinar cómo la inclusión de estos materiales influye en las propiedades mecánicas del hormigón, específicamente en su resistencia a la compresión.

La metodología experimental propuesta abarca la preparación de mezclas con diversas combinaciones de agua y arena, así como la realización de pruebas de resistencia en intervalos específicos. Los hallazgos de este estudio no solo ofrecerán información sobre la viabilidad técnica de estos recursos, sino que también contribuirán a la sostenibilidad de las prácticas constructivas en la región, promoviendo un enfoque más eficiente y responsable en el uso de los recursos locales.

Materiales y métodos

En el presente estudio, se llevaron a cabo exhaustivos ensayos de hormigón, divididos en dos categorías principales: hormigón fresco y hormigón endurecido, para evaluar sus propiedades y garantizar la calidad de las estructuras construidas (Torralbo Romero., et al., 2019). Para el hormigón fresco, se realizaron ensayos de consistencia utilizando el cono de Abrams, complementados por la mesa de sacudidas y el consistómetro Vebe, lo que permitió medir la trabajabilidad y fluidez de la mezcla. Además, se controlaron la temperatura y la humedad de los agregados, asegurando condiciones óptimas para el curado (BECOSAN, 2020) En cuanto al hormigón endurecido, se llevaron a cabo ensayos destructivos, como pruebas de compresión en probetas cilíndricas y cúbicas, así como ensayos no destructivos, incluyendo la prueba de rebote con el martillo de Schmidt y ultrasonido, que facilitaron la evaluación de la resistencia y homogeneidad del material. La toma de muestras se realizó de manera meticulosa, garantizando que fueran representativas del lote y pro-

tegidas de condiciones adversas hasta su análisis. Este enfoque integral en los métodos y materiales utilizados fue fundamental para asegurar la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos en el estudio (Universidad Tecnológica Nacional, 2014).

Resultados y discusión

Se realizaron 3 tipos de ensayos de hormigones, donde se está demostrando la resistencia para cada uno de estos tipos de hormigones, la primera muestra de hormigón fue mezclada con agua de mar y curado con agua de mar, la segunda muestra de hormigón fue mezclada con agua de mar y curado con agua potable, la tercera muestra fue mezclada con agua potable y curada con agua potable.

El análisis de las fuentes bibliográficas consultadas sobre el uso de arena de mar y/o agua de mar como materia prima para el hormigón en reemplazo de la arena de río y el agua dulce permite arribar a las siguientes conclusiones:

No existe un criterio único en cuanto a los efectos del empleo del agua y/o arena de mar en la fabricación del hormigón, evidenciándose contradicciones en las conclusiones expuestas por varios de los investigadores, lo cual puede atribuirse a la diferencia de composición de los materiales según su lugar de origen.

Todos los estudios han demostrado que el hormigón elaborado con agua y/o arena de mar tiene una elevada resistencia a la compresión en un periodo de 7 días probablemente debido al rico contenido de cloruro, y a los 28 días llega a ser similar o a disminuir en un rango entre 5 -10 % en comparación con el hormigón ordinario.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del hormigón, con un objetivo de diseño de $f'c=210\ kg\ cm2 f'c=210 kg\ cm2$, muestran un desempeño notable en diferentes etapas de curado. En las pruebas realizadas a los 7 días, las muestras alcanzaron una resistencia promedio del 41%, con valores individuales que oscilaron entre 15,580 kg y 15,820 kg. A los 14 días, la resistencia promedio se incrementó al 56%, con resultados que variaron desde 21,710 kg hasta 21,960 kg. Finalmente, a los 28 días, se observó un rendimiento aún más destacado, alcanzando un promedio del 64%, con las muestras rompiendo entre 23,240 kg y 25,170 kg. Estos resultados evidencian en la Tabla 178 un crecimiento significativo en la resistencia del hormigón a medida que avanza el tiempo de curado, pero no cumple las condiciones la normativa.

Tabla 178.

Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado con agua de mar y curado con agua de mar.

Resistencia a la compresión - f'c 210 kg/cm2					
A. Mar amasado / a. Mar curado					
Muestra	Rotura	Fecha Hechura	Fecha Rotura	Resistencia Kg	%
1		28/05/2024	4/6/2024	15580	41
2	7 días	28/05/2024	4/6/2024	15700	41
3		28/05/2024	4/6/2024	15820	42
Promedio final					41%
4		28/05/2024	11/062024	21960	58
5	14 días	28/05/2024	11/062024	21710	57
6		28/05/2024	11/062024	20530	54
Promedio final					56%
7		28/05/2024	25/062024	23240	62
8	28 días	28/05/2024	25/062024	25170	66
9		28/05/2024	25/06/2024	24470	63
Promedio final					64%

Nota. Lo que se observa es que llegamos al 64 por ciento si mezclamos con agua de mar el hormigón de 210 F`c y curamos con agua de mar.

Los ensayos de resistencia a la compresión del hormigón, diseñado para alcanzar una resistencia de $f'c = 210\ kg\ cm2 f'c = 210 kg\ cm2$, revelaron un desempeño significativo en diferentes etapas de curado. A los 7 días, las muestras alcanzaron una resistencia promedio del 50%, con valores individuales que variaron entre 18,660 kg (49%) y 19,810 kg (52%). A los 14 días, la resistencia promedio aumentó al 62%, con resultados que oscilaron entre 22,580 kg (59%) y 25,220 kg (65%). Finalmente, a los 28 días, se observó un rendimiento aún más destacado, alcanzando un promedio del 70%, con las muestras rompiendo entre 24,850 kg (66%) y 28,370 kg (74%). Estos resultados indican un crecimiento progresivo en la resistencia del hormigón esto aplicado en la Tabla 179.

Tabla 179.

Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado con agua de mar y curado con agua potable.

Resistencia a la compresión - f'c 210 kg/cm2					
A. MAR AMASADO / A. MAR CURADO					
		Fecha	Fecha	Resistencia	
Muestra	Rotura	Hechura	Rotura	Kg	%
1		27/05/2024	3/6/2024	19810	52
2	7 días	27/05/2024	3/6/2024	19130	50
3		27/05/2024	3/6/2024	18660	49
Promedio final					50%
4		27/05/2024	10/062024	25220	65
5	14 días	27/05/2024	10/062024	23710	62
6		27/05/2024	10/062024	22580	59
Promedio final					62%
7		27/05/2024	24/062024	28370	74
8	28 días	27/05/2024	24/062024	26560	69
9		27/05/2024	24/06/2024	24850	66
Promedio final					70%

Nota. Estos resultados reflejan que la mezcla con agua de mar y curado con agua potable llega solo al 70 % de su resistencia.

Los ensayos de resistencia a la compresión del hormigón, diseñado para alcanzar una resistencia de $f'c=210\ kg\ cm2 f'c=210 kg\ cm2$, muestran un rendimiento notable a lo largo de diferentes etapas de curado. A los 7 días, las muestras presentaron una resistencia promedio del 42%, con valores individuales que variaron entre 14,050 kg (37%) y 15,750 kg (42%). Este incremento es indicativo de un desarrollo inicial de resistencia, aunque aún por debajo de las expectativas. A los 14 días, la resistencia promedio aumentó al 51%, con resultados que oscilaron entre 18,940 kg (49%) y 19,320 kg (50%). Finalmente, a los 28 días, se observó un rendimiento significativo, alcanzando un promedio del 61%, con las muestras rompiendo entre 22,710 kg (59%) y 24,810 kg (64%). Estos resultados reflejan un crecimiento continuo en la resistencia del hormigón a medida que avanza el tiempo de curado,

Tabla 180.

Resistencia a la compresión f`c 210 kg/cm2 mezclado con agua potable y curado con agua de mar.

Resistencia a la compresión - f'c 210 kg/cm2					
A. Mar amasado / a. Mar curado					
Muestra	Rotura	Fecha Hechura	Fecha Rotura	Resistencia Kg	%
1		22/05/2024	29/05/2024	14050	37
2	7 días	22/05/2024	29/05/2024	14200	38
3		22/05/2024	29/05/2024	15750	42
Promedio final					42%
4		22/05/2024	05/062024	19320	50
5	14 días	22/05/2024	05/062024	18940	49
6		22/05/2024	05/062024	19260	51
Promedio final					51%
7		22/05/2024	19/062024	23340	61
8	28 días	22/05/2024	19/062024	22710	59
9		22/05/2024	19/06/2024	24810	64
Promedio final					61%

Nota. Estos resultados reflejan que la mezcla con agua potable y curado con agua de mar llega solo al 61 % de su resistencia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación revelan importantes diferencias en la resistencia a la compresión del hormigón según las condiciones de mezcla y curado. En el primer ensayo, la mezcla de hormigón con agua de mar alcanzó el 64% de su resistencia objetivo de 210 kg/cm^2, lo que indica un desempeño relativamente bueno, aunque aún por debajo de lo esperado. En la segunda fase, donde se utilizó agua de mar en la mezcla y agua potable para el curado, la resistencia se incrementó a un 70%, sugiriendo que el uso de agua potable para el curado mejora la capacidad del hormigón para alcanzar su resistencia final. Sin embargo, en la tercera parte de la investigación, la combinación de agua potable en la mezcla y curado con agua de mar resultó en solo un 61% de la resistencia, lo que sugiere que el contacto con el agua de mar durante el curado puede ser perjudicial para la integridad del hormigón. Estos hallazgos destacan la complejidad de las interacciones entre los componentes del hormigón y el entorno en el que se cura, subrayando la necesidad de considerar cuidadosamente las condiciones de mezcla y curado para optimizar la resistencia del hormigón en aplicaciones marinas.

Referencias bibliográficas

Torralba Romero., N., Hoyo Sánchez., L., Quirós Marín., J., Salas Casanova., M., Fernández Díaz., F., Guerrero de Mier, J., & Carmona García., A. (2019). *Manual de control de calidad de los ensayos de hormigón*. En N. Torralbo Romero, L. Hoyo Sánchez, J. A. Quiroz Marin, M. Salas Casanova., F. Fernández Díaz, J. Guerrero de Mier, & A. Carmona García., Manual de control de calidad de los ensayos de hormigón (págs. 0-51). Andalucia: ANEFIHOP.

BECOSAN. (9 de 01 de 2020). *Cómo medir la dureza del hormigón y por qué es importante*. BECOSAN. Obtenido de BECOSAN: https://www.becosan.com/es/como-medir-la-dureza-del-hormigon/

Universidad Tecnológica Nacional, F. R. (2014). *Determinación de la consistencia del hormigón fresco mediante el ensayo de asentamiento del cono*. En F. R. Universidad Tecnológica Nacional, Determinación de la consistencia del hormigón fresco mediante el ensayo de asentamiento del cono (págs. 0-6). Buenos Aires: Propio.

Conclusiones

El libro compilatorio ofrece una visión panorámica y completa de las diversas áreas de la ingeniería civil, desde la infraestructura vial y las estructuras, hasta los materiales de construcción y la ingeniería sanitaria e hidráulica. Esta amplitud de temas permite a los lectores comprender la interconexión y la importancia de cada disciplina en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

A lo largo de los capítulos, se evidencia la evolución constante de las técnicas y herramientas utilizadas en la ingeniería civil. Desde la incorporación de tecnologías como el LiDAR en la topografía, hasta el uso de modelos hidrológicos y herramientas geoespaciales en la ingeniería hidráulica, el libro destaca cómo la innovación impulsa el progreso en el campo.

El libro aborda desafíos cruciales que enfrenta la ingeniería civil en el siglo XXI, como el impacto del cambio climático en las estructuras, la necesidad de garantizar la seguridad vial y la importancia de utilizar materiales de construcción sostenibles. A través de estudios de caso y análisis de normativas, se proponen soluciones prácticas y se fomenta la reflexión sobre el papel de la ingeniería en la construcción de un futuro más resiliente y sostenible.

El libro compilatorio no solo presenta conocimientos teóricos, sino que también destaca la importancia de la investigación y la aplicación práctica en la ingeniería civil. Los estudios de caso, los análisis de proyectos y la revisión de normativas permiten a los lectores comprender cómo los conceptos se traducen en soluciones concretas y cómo se abordan los desafíos en el mundo real.

Muchos de los temas abordados en el libro tienen una relevancia directa para el desarrollo regional, especialmente en el contexto del cantón Jipijapa y la provincia de Manabí en Ecuador. Los estudios sobre la calidad del suelo, el diseño de sistemas de alcantarillado y la evaluación de la seguridad vial, entre otros, contribuyen a mejorar la calidad de vida de las comunidades locales y a promover un desarrollo sostenible.

Se erige como una valiosa herramienta para estudiantes, profesionales y cualquier persona interesada en la ingeniería civil. A través de su enfoque integral, su visión de los avances tecnológicos y sus propuestas para abordar los desafíos actuales, el libro contribuye a enriquecer el conocimiento y a fomentar la reflexión sobre el papel de la ingeniería en la construcción de un futuro mejor.

INGENIERÍA EN ACCIÓN:

TRANSFORMANDO EL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA REGIÓN DE JIPIJAPA

III JORNADAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL UNESUM - 2024

Publicado en Ecuador
Enero 2025

Edición realizada desde el mes de octubre del 2024 hasta enero del año 2025, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.