

Volumen 2, Número 5 — Julio — Septiembre - 2018

ISSN 2523-2428

# Revista de Ingeniería Civil

**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Perú**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Revista de Ingeniería Civil**, Volumen 2, Número 5, de Julio a Septiembre 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN: 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

# **Revista de Ingeniería Civil**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902 su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Ingeniería Civil es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD  
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD  
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD  
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD  
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD  
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California



GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbítrros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Módulo elástico del concreto mediante ensaye de cilindros y reglamentos de construcción*, por BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél, CASTRO-CERON, Anai, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y ARROYO-MATUS, Roberto, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como siguiente artículo presentamos, *Correlación de zonas con mayor amplificación sísmica respecto a zonas inundables: Caso de estudio Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, por RENDÓN-CARRETO, Luis Manuel, GONZÁLEZ-HERRERA, Raúl, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como siguiente artículo presentamos, *Esfuerzo cortante de la mampostería con mortero tipo I, con piezas de tabique de barro rojo recocido procedente del municipio de Tecpán de Galeana, Gro.*, por DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, SOLÍS-MARTÍNEZ, Jordan Ivan, JUÁREZ-LÓPEZ, Jared Heriberto y PERALTA-CATALÁN, Fausto Sebastián, como último artículo presentamos, *Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco*, por ESTRADA-SALGADO, Emanuel & DELGADO-DE LA TORRE, Daniel.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Módulo elástico del concreto mediante ensaye de cilindros y reglamentos de construcción</b> BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél, CASTRO-CERON, Anai, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y ARROYO-MATUS, Roberto <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	1-9
<b>Correlación de zonas con mayor amplificación sísmica respecto a zonas inundables: Caso de estudio Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas</b> RENDÓN-CARRETO, Luis Manuel, GONZÁLEZ-HERRERA, Raúl, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	10-15
<b>Esfuerzo cortante de la mampostería con mortero tipo I, con piezas de tabique de barro rojo recocido procedente del municipio de Tecpán de Galeana, Gro.</b> DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, SOLÍS-MARTÍNEZ, Jordan Ivan, JUÁREZ-LÓPEZ, Jared Heriberto y PERALTA-CATALÁN, Fausto Sebastián	16-21
<b>Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco</b> ESTRADA-SALGADO, Emanuel & DELGADO-DE LA TORRE, Daniel	22-26

## Módulo elástico del concreto mediante ensaye de cilindros y reglamentos de construcción

### Elastic modulus of concrete through cylinder testing and construction regulations

BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél\*†, CASTRO-CERON, Anai, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y ARROYO-MATUS, Roberto

*Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ingeniería, CU-Sur, Av. Lázaro Cárdenas S/N, C.P. 39070, Chilpancingo, Guerrero, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Raziél, Barragán-Trinidad

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Anai, Castro-Ceron

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Alfredo, Cuevas-Sandoval

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Roberto, Arroyo-Matus

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

#### Resumen

Se analizan cuatro investigaciones regionales y dos nacionales que presentan resultados de la resistencia a compresión y módulo elástico del concreto determinado mediante ensaye de probetas cilíndricas a compresión axial. Los datos de los seis estudios se emplean para evaluar el módulo elástico del concreto en función de los reglamentos americano y mexicano (Instituto Americano del Concreto y Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal). Se determinan los estadísticos descriptivos para las variables: resistencia a compresión y módulo elástico. Del análisis de los resultados estadísticos del módulo elástico del concreto, se concluye que las variaciones obtenidas con los diferentes métodos de cálculo dependen de los parámetros que toman en cuenta. La edad de ensaye, curado del concreto, banco de agregados y aditivos no afectan directamente el módulo elástico del concreto. Sin embargo se deben considerar para estudios futuros las variables: tipo de maquina de ensaye, velocidad de aplicación de carga, instrumentación y falla del cilindro de prueba.

**Módulo elástico del concreto, resistencia a compresión del concreto, análisis estadístico**

#### Abstract

Four regional and two national investigations are analyzed that present results of the compressive strength and elastic modulus of the concrete determined by testing cylindrical specimens with axial compression. The data of the six studies are used to evaluate the elastic modulus of the concrete according to the American and Mexican regulations (American Concrete Institute and Building Regulations for the Federal District). The descriptive statistics are determined for the variables: compressive strength and elastic modulus. From the analysis of the statistical results of the elastic modulus of the concrete, it is concluded that the variations obtained with the different calculation methods depend on the parameters that they take into account. The age of testing, concrete curing, aggregate bench and additives do not directly affect the elastic modulus of the concrete. However, the following variables should be considered for future studies: test machine type, load application speed, instrumentation and test cylinder failure.

**Elastic modulus of concrete, compressive strength of concrete, statistical analysis**

---

**Citación:** BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél, CASTRO-CERON, Anai, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y ARROYO-MATUS, Roberto. Módulo elástico del concreto mediante ensaye de cilindros y reglamentos de construcción. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-5: 1-9.

---

---

\*Correspondencia al Autor: (razielbt@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

El módulo de elástico del concreto,  $E_c$  es el parámetro más importante en el análisis y diseño estructural de las construcciones de concreto reforzado. En algunos lugares como en la ciudad de México y a raíz de los terremotos de 1985 se han efectuado modificaciones a los reglamentos de construcciones, siendo para la urbe más importante del país la última actualización en el 2017, que demandan valores mínimos para el módulo de elasticidad dependiendo del tipo de concreto empleado en la obra. El  $E_c$  es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria axial al estar sometido a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Para su determinación existen varias expresiones que están regidas por diferentes reglamentos, por ejemplo el American Concrete Institute, ACI, American Society of Testing Materials, ASTM, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, RCDF, y las Normas Mexicanas, NMX, que toman en consideración diferentes parámetros de acuerdo con los estudios que cada institución realiza.

En estudios experimentales sobre la determinación  $E_c$  se aprecia gran dispersión en los resultados, aún cuando se mantienen constantes: baco de agregados pétreos, curado de probetas y edad de ensaye; parámetros que no afectan significativamente, tal como lo muestra los resultados de la resistencia a compresión. Con la finalidad de determinar si las variaciones del  $E_c$  dependen del funcionamiento de la máquina de ensaye, se determina el módulo elástico del concreto por dos expresiones experimentales (NMX y ASTM) y por dos ecuaciones reglamentarias (ACI y RCDF) para seis estudios precedentes.

## Objetivo

Justificar las variaciones del módulo elástico del concreto determinado experimentalmente, mediante análisis de estadísticos descriptivos de la propiedad mecánica evaluada por medio de expresiones reglamentarias.

## Antecedentes experimentales

Soto (2004), determinó el módulo de elasticidad del concreto simple con resistencia nominal a compresión de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando los agregados más comunes del municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.

Los materiales empleados se obtuvieron de los bancos: para grava triturada “La Presa” y “Mezcala”; grava de río “Mezcala”; para agregado fino “El Quemado”, “Papagayo” y “Mezcala”. El agregado grueso fue de tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ ”, se utilizó cemento portland ordinario marca Apasco CPO-30R. Por la combinación de los tres bancos de arena y los tres bancos de grava, se realizaron nueve diseños de mezclas por el método de volúmenes absolutos. Por cada día de muestreo obtuvieron entre 7 y 8 cilindros para cada combinación, para cada fecha de ensaye (7, 14 y 28 días), resultando un total de 1065 probetas de  $15 \times 30 \text{ cm}$ .

La totalidad de especímenes se mantuvieron en inmersión total en agua hasta su fecha de ensaye; previo a ello, se dimensionaron y pesaron. Algunas probetas fueron utilizadas como cilindros testigos para evaluar la resistencia real a compresión y con ello realizar el ensaye para el módulo elástico. Para el ensaye a compresión se empleó una máquina de ensaye marca Forney de 100 toneladas de capacidad, con manipulación manual. La aplicación de la velocidad de carga fue de manera constante dentro de  $2.5 \pm 0.250 \text{ kg/cm}^2$ . La instrumentación consistió en dos anillos con dos micrómetros con una aproximación de 0.001 mm de deformación. El módulo de elasticidad se determinó mediante ASTM. En la Tabla 1 se muestran los resultados para una combinación particular y para una fecha de ensaye de siete días.

Especímen	$f'_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$E_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
PQ1 - 1	189.57	**
PQ1 - 2	196.54	307853
PQ1 - 3	181.48	311985
PQ1 - 4	186.74	340329
PQ1 - 5	178.25	210339
PQ1 - 6	181.08	188257
PQ1 - 7	183.91	**

**Tabla 1** Resultados del ensaye a compresión de cilindros elaborados con grava triturada “La Presa” y arena de río “El Quemado”

Sánchez (2013), realizó un estudio experimental para determinar la variación de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a compresión axial, resistencia a flexión, módulo de elasticidad y módulo de ruptura). El estudio lo particularizó para agregados pétreos que surten la ciudad más importante de la región de la Montaña del estado de Guerrero: Tlapa de Comonfort.



Los agregados pétreos se obtuvieron del banco “San Juditas”, que obtienen los materiales de los ríos “Iguanita” y “Tlapaneco”, el cemento empleado fue el CPR 30R de la marca Tolteca. El diseño de la mezcla de concreto se efectuó mediante volúmenes absolutos para resistencias de 150, 200, 250 y 300 kg/cm<sup>2</sup>. En general se obtuvieron 12 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm y 12 vigas de 15 x 15 x 60 cm para cada resistencia a compresión, las cuales se ensayaron a los 7 y 28 días; sólo las muestras cilíndricas se sometieron a dos tipos de precarga axial.

La totalidad de especímenes se mantuvieron en inmersión total en agua hasta la fecha de ensaye; previo a ello, se dimensionaron y pesaron. Para el ensaye a compresión se empleó una máquina de ensaye de manipulación manual. La aplicación de la velocidad de carga fue de manera constante dentro de  $2.5 \pm 0.250$  kg/cm<sup>2</sup>. El equipo para la captura e interpretación de datos fue un módulo electrónico modelo MPA-25c y un programa PA/AGEN-11 para la adquisición general de datos. La instrumentación consistió en dos anillos con dos micrómetros con una aproximación de 0.001 mm de deformación. El módulo de elasticidad se determinó mediante ASTM, mostrando la Tabla 2 resultados del ensaye de cilindros de concreto sometidos a la precarga 1.

Especímen	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
		7 días	28 días
C1-150-7d	181.17	533450.6	
C2-150-7d	174.22	514231.7	
C3-150-7d	167.08	2138282.2	
C1-150-28d	225.68		1043907.2
C2-150-28d	230.87		223064.9
C3-150-28d	223.66		308108.0
C1-200-7d	231.90	1272471.6	
C2-200-7d	228.35	763078.4	
C3-200-7d	237.53	809195.5	
C1-200-28d	261.69		441546.2
C2-200-28d	259.27		375085.6
C3-200-28d	280.69		524773.4
C1-250-7d	270.89	2553894.0	
C2-250-7d	264.05	708197.4	
C3-250-7d	264.33	473905.9	
C1-250-28d	310.11		671520.5
C2-250-28d	302.74		347675.9
C3-250-28d	290.76		305855.7
C1-300-7d	293.09	1114250.0	
C2-300-7d	287.48	644777.4	
C3-300-7d	278.42	653721.3	
C1-300-28d	318.87		547702.9
C2-300-28d	362.02		263214.9
C3-300-28d	348.33		411249.7

**Tabla 2** Resultados del ensaye a compresión de cilindros de concreto, precarga 1

Alonso (2013), realizó un estudio experimental para determinar la variación de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a compresión axial y módulo de elasticidad) mediante el ensaye de probetas cilíndricas cabeceadas con diferentes materiales: azufre, piel de gamuza, membranas de neopreno y sin cabeceo. La arena utilizada se obtuvo del río “Mezcala” y la grava de la trituradora “Alarcón” localizada sobre la carretera a Chichihualco, el cemento empleado fue de la marca Tolteca clasificado como Cemento Portland Compuesto de resistencia rápida (CPC 30R EXTRA).

El diseño de la mezcla de concreto se efectuó mediante volúmenes absolutos, para una resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup>. En general se obtuvieron 24 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm y 80 de 15 x 30 cm, las cuales se ensayaron a los 28 días.

La totalidad de especímenes se mantuvieron en inmersión total en agua hasta su fecha de ensaye; previo a ello, se dimensionaron y pesaron. Para el ensaye a compresión se empleó una máquina de ensaye marca Ele International, modelo 36-0657, de 1100 KN de capacidad, con manipulación manual. La instrumentación consistió en tres anillos con dos micrómetros con una aproximación de 0.001 mm de deformación. El módulo de elasticidad se determinó mediante ASTM (Tabla 3).

Especímen	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
C1-S	269.28	218697
C2-S	277.63	234248
C3-S	277.63	246786
C4-S	278.00	274744
C5-S	278.37	270415
C6-S	265.70	273635
C7-S	278.37	244047
C8-S	278.37	223309
C9-S	276.89	301487
C10-S	277.25	287261
C11-S	287.65	252361
C12-S	288.81	285522
C13-S	288.04	233813
C14-S	302.37	284230
C15-S	312.33	281555
C16-S	292.31	262203
C17-S	290.54	274056
C18-S	302.78	291976
C19-S	300.55	261244
C20-S	300.76	263594

**Tabla 3** Resultados del ensaye a compresión de cilindros de concreto de 15 x 30 cm, cabeceados con azufre

Ramírez y González (2013), determinaron la variación de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a compresión axial, resistencia a flexión, módulo de elasticidad y módulo de ruptura).

El estudio lo particularizaron para agregados pétreos que surten la ciudad de Acapulco de Juárez, estado de Guerrero (banco "Papagayo") y cemento CPR 30R de la marca Tolteca.

Para obtener el diseño de mezcla se realizaron un conjunto de ensayos variando las proporciones de los materiales, con las cuales se elaboraron especímenes, con la finalidad de obtener resistencias a compresión, y en base a los resultados se seleccionaron las mezclas con mayor resistencia.

Se emplearon moldes cilíndricos de 15 x 30 cm y vigas de 15 x15 x 60 cm para la resistencia de diseño del concreto de 200 kg/cm<sup>2</sup>. Se obtuvieron 30 probetas las cuales se ensayaron a los 28 días. La totalidad de especímenes se mantuvieron en inmersión total en agua hasta su fecha de ensaye; previo a ello, se dimensionaron y pesaron.

Para el ensaye a compresión se empleó una máquina de ensaye universal con manipulación automatizada y se consideraron cargas con velocidad continua y uniforme con un intervalo de 84 a 210 kgf/cm<sup>2</sup>/min. La instrumentación consistió en dos anillos con dos micrómetros con una aproximación de 0.001 mm de deformación. En la Tabla 4 se muestran los resultados para el E<sub>c</sub> que se determinó mediante ASTM.

Pérez (2009), desarrolló un estudio experimental de concretos permeables utilizando agregados andesíticos, cemento portland compuesto de alta resistencia con densidad de 3.15 g/cm<sup>3</sup> y aditivo espumante con dosificación de 2.20 l/m<sup>3</sup> de concreto.

Se emplearon diferentes tamaños de agregados para la elaboración de las mezclas (3/8" y 3/4") que se procesaron para la eliminación de finos ya que los concretos permeables no deben contener un excesivo de polvo.

Espécimen	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
C-002	106.73	54408
C-003	78.44	129091
C-004	106.37	57208
C-005	127.09	148590
C-006	171.61	99965
C-007	121.50	66795
C-008	115.34	73160
C-009	203.46	96283
C-010	108.65	66349
C-011	94.27	125893
C-012	227.13	113440

**Tabla 4** Resultados del ensaye a compresión de cilindros de concreto, primer colada

El diseño de la mezcla de concreto se efectuó mediante volúmenes absolutos, para las resistencias de 250 kg/cm<sup>2</sup> y 200 kg/cm<sup>2</sup>. En general se obtuvieron 36 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, las cuales se ensayaron a los 7 y 28 días.

La totalidad de especímenes se mantuvieron en inmersión total en agua hasta su fecha de ensaye; previo a ello, se dimensionaron y pesaron. Para el ensaye a compresión se empleó una máquina de ensaye marca Satec de 250 toneladas de capacidad, con manipulación automatizada y un sistema de adquisición de datos TDS 203 para el registro de las cargas y desplazamientos. La velocidad de carga fue de 10 ton/min, la instrumentación consistió en transductores de desplazamiento de 200 mm de rango, los cuales registran los desplazamientos longitudinales y transversales. Se determinó el módulo de elasticidad mediante ASTM (Tabla 5).

Espécimen	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
C1	149.852	127,043.52
C2	152.584	112,108.75
C3	176.370	126,866.63

**Tabla 5** Resultados del ensaye a compresión de cilindros de concreto permeable de 3/8", 15% vacíos, edad 7 días

Álvarez (2007), realizó un estudio del concreto en estado plástico y endurecido, con la finalidad conocer de su desempeño de autocompactibilidad; se utilizó un cemento CPO 30R, gravas calizas originarias de San Carlos, Morelos y arena andesítica del área metropolitana del DF. El diseño de la mezcla de concreto se efectuó mediante volúmenes absolutos, para las resistencias de 350, 400 y 450 kg/cm<sup>2</sup>.

Se utilizaron aditivos químicos como superfluidificante y agente modificador de viscosidad. En total se obtuvieron 33 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm las cuales se ensayaron a los 28 y 90 días. Las características de instrumentación, máquina de ensaye y determinación del  $E_c$  fue identido a Pérez (2009). En la Tabla 6 se muestran resultados de cilindros de concreto para una resistencia a compresión de 350 kg/cm<sup>2</sup>, ensayados a 28 días.

Espécimen	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	372	253033
6	395	246585
3	357	230988

**Tabla 6** Resultados del ensaye a compresión de cilindros de concreto, edad de ensaye 28 días

## Resultados

De los resultados publicados de cada trabajo experimental, se emplean para cada probeta los valores de peso volumétrico y resistencia a compresión por ser datos que necesitan las expresiones reglamentarias. Para el caso del ACI fue necesario hacer una conversión de unidades para obtener resultados en unidades congruentes de fácil comparación.

A modo de ejemplo, la Tabla 7 muestra los resultados para el módulo elástico del concreto utilizando datos de Soto (2004). Las variables empleadas significan:  $E_2$ , módulo elástico del concreto mediante ACI,  $E_3$ , módulo elástico del concreto mediante RCDF.

Con la finalidad de ordenar e interpretar los valores obtenidos se realizó un análisis exploratorio, con estadística paramétrica y gráficas de comparación para determinar la variación del  $E_c$ , y finalmente justificar el efecto de las variables que intervienen en la propiedad mecánica del concreto en estudio.

Espécimen	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )
PQ1 - 2	196.54	209846	196270
PQ1 - 3	181.48	207293	188600
PQ1 - 4	186.74	180426	109322
PQ1 - 5	178.25	177364	106808
PQ1 - 6	181.08	201253	188392

**Tabla 7** Modulos elásticos mediante expresiones reglamentarias para Soto (2004)

Para el análisis fue necesario la elaboración de tablas, las cuales están separadas por investigador, éstas contienen la clave del cilindro, peso volumétrico, resistencia a compresión obtenido y los módulos elásticos calculados por los cuatro métodos reglamentarios.

Fue necesario la realización de bloques para separar los resultados por resistencias, ya que cada investigador maneja diferentes  $f'_c$ , de acuerdo a los objetivos propios para su investigación. Tomando en consideración lo anterior también fue necesario separar los datos por el método de cálculo y edad de ensaye. A continuación, se presentan tablas y gráficas por separado para cada una de las resistencias. Esto, con la finalidad de tener un análisis minucioso y detallado, en el cual se puedan manejar las diferentes variables sin dificultad alguna.

Los estadísticos de las propiedades físico-mecánicas del concreto se calcularon en particular para las variables, tomando la resistencia a compresión del concreto, método de cálculo y edad de ensaye. Se presentan a continuación los estadísticos descriptivos.

En la Tabla 8 se observa que, en cada método de cálculo y edad, los valores muestran en sus medias que para el método recta secante, en las dos edades son muy altas con respecto a las restantes, de manera similar es en los valores de sus medianas. Con respecto al coeficiente de variación, CV, se tiene una alta dispersión en ambas edades para la recta secante.

En la Tabla 9 se observan los valores para cada método y edad correspondientes; los cuales, muestran una leve dispersión en sus medias y medianas en las dos edades, ya que los valores se encuentran cercanos. Los valores que se obtienen para el coeficiente de variación son moderadamente elevados para ambas edades, obteniendo el mayor valor específicamente con el método de la recta secante.

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	7	5	501342.8	514232.0	47.77
	28	3	321276.3	223065.0	76.17
ACI	7	5	200901.0	199611.0	1.69
	28	3	228422.0	230544.0	2.77
RCDF	7	5	187359.2	188231.0	0.94
	28	3	212252.3	211979.0	1.42

**Tabla 8** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'_c = 150$  kg/cm<sup>2</sup>

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	7	19	107251.6	101107.0	18.2
	28	155	238894.9	252864.0	53.2
ACI	7	21	152765.4	141583.0	23.4
	28	155	207395.1	229773.0	24.3
RCDF	7	21	116358.0	98053.0	35.3
	28	155	172695.8	191488.0	37.4

**Tabla 9** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 10 se observa que las medias para las tres edades están cercanas las unas de las otras, por lo que no se tiene una dispersión importante, de manera similar en sus medianas. Con respecto al coeficiente de variación, este presenta valores aceptables para los tres métodos en las tres edades, lo cual demuestra sólo una leve dispersión para el método de la recta secante.

En la Tabla 11 se observa que las medianas obtenidas para el método de la recta secante tienen una leve dispersión en comparación a las obtenidas para los dos métodos restantes, de manera similar para sus medias. Respecto al coeficiente de variación se observa nuevamente una dispersión considerable para el método de la recta secante en las dos edades, con respecto a los valores del CV obtenido para los métodos del ACI y el RCDF.

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	7	319	243798.9	239152.0	24.7
	14	305	262039.7	255401.0	17.4
	28	325	274194.6	272443.0	25.1
ACI	7	319	212398.9	217871.0	15.2
	14	305	232004.0	236597.0	12.5
	28	325	253290.7	257906.0	12.4
RCDF	7	319	188212.5	195494.0	17.4
	14	305	206633.4	210954.0	12.0
	28	325	223977.2	229023.0	14.4

**Tabla 10** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	7	3	469982.7	644777.0	66.1
	28	3	302303.3	233856.0	58.0
ACI	7	3	259565.7	260844.0	1.4
	28	3	256636.7	264035.0	5.0
RCDF	7	3	236884.7	237373.0	1.3
	28	3	237009.7	239699.0	2.1

**Tabla 11** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 12 se observa claramente que las medias y medianas obtenidas para los tres métodos en las dos edades, están cercanas las unas de las otras, lo cual demuestra poca dispersión.

Los valores correspondientes al CV son muy pequeños y se encuentran muy próximos, es decir, la dispersión es muy baja.

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	28	6	250556.8	249496.5	2.2
	90	6	280189.2	283413.5	3.5
ACI	28	6	267824.2	273806.5	7.3
	90	6	294493.7	295288.0	3.6
RCDF	28	6	256719.0	263032.0	7.1
	90	6	263097.5	280845.0	19.2

**Tabla 12** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 13 se muestran los valores por método y edad correspondientes, donde se observa que las medias y medianas obtenidas para los tres métodos y ambas edades están muy cercanas, con respecto al CV los valores para los métodos de la recta secante y el ACI están muy cercanos, para el RCDF el CV muestra una dispersión moderada con respecto a los métodos restantes.

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	28	6	251372.6	251868.0	4.8
	90	4	278436.0	276485.5	4.3
ACI	28	6	284897.7	288761.0	5.2
	90	4	311123.5	315603.5	8.2
RCDF	28	6	241279.2	277783.5	27.9
	90	4	294310.5	299854.0	6.9

**Tabla 13** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$

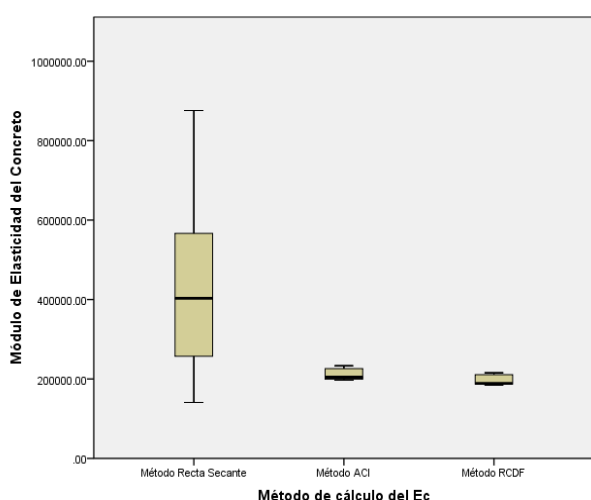
En la Tabla 14 se muestran los valores por método y edad correspondientes, donde se observa que las medias y medianas obtenidas para los tres métodos y ambas edades están muy cercanas, con respecto al CV los valores para los métodos del ACI y RCDF están muy cercanos, para la recta secante el CV muestra una leve dispersión con respecto a los métodos restantes.

Método	Edad	N	Media	Mediana	CV
Recta secante	28	6	247448.0	257921.5	10.9
	90	5	293579.0	296503.0	1.9
ACI	28	6	308087.5	311240.0	2.8
	90	5	334352.4	341402.0	5.2
RCDF	28	6	296936.2	298433.0	2.9
	90	5	315149.0	321391.0	4.6

**Tabla 14** Parámetros descriptivos para tres métodos, dos edades y un  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$

El análisis gráfico se realizó particularmente tomando los módulos elásticos obtenidos del concreto y el método de cálculo del mismo. Se presentan a continuación las gráficas correspondientes.

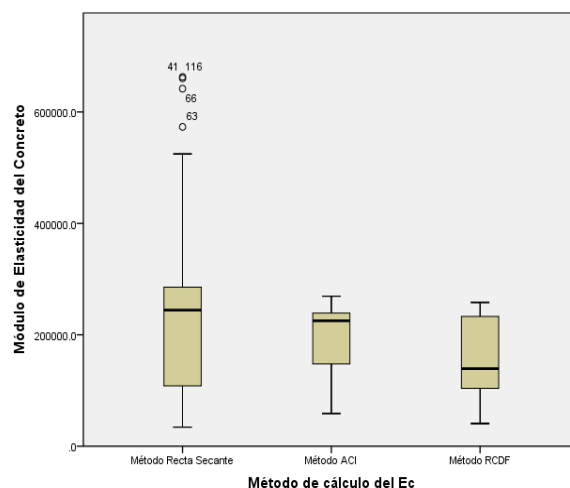
La Figura 1 permite hacer una comparación empírica del módulo elástico del concreto incluyendo el método de cálculo. Se observa claramente que los valores obtenidos por el método de la recta secante están más dispersos. Esto se puede comprobar al comparar las tres cajas, es decir la primera (de la recta secante) está más grande y los bigotes sobresalen mucho, lo cual demuestra que los valores más grandes están alejados de los más pequeños, a diferencia de las dos cajas restantes (ACI y RCDF) las cuales demuestran que los valores están cercanos los unos de los otros.



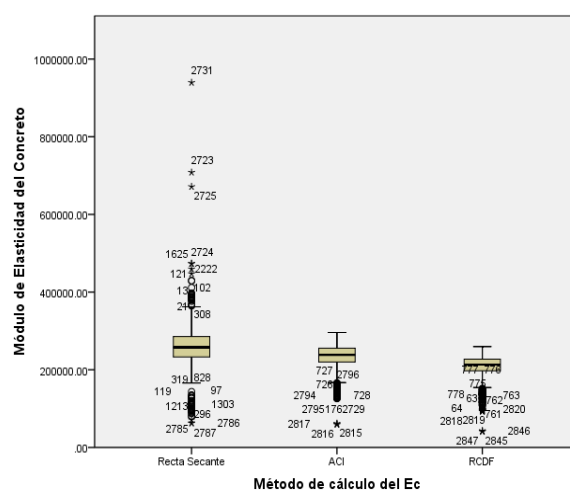
**Figura 1** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 2 se observa claramente que los datos obtenidos para el  $E_c$  por el método de la recta secante están más dispersos, mostrando valores incluso fuera de los bigotes. Considerando esto, se demuestra que los valores más grandes están muy alejados de los más pequeños, los valores correspondientes al ACI y el RCDF muestran cajas más pequeñas y los bigotes no sobresalen mucho, quedando claro que los valores están cercanos los unos de los otros y tienen muy poca dispersión.

La Figura 3 permite hacer una comparación empírica del módulo elástico del concreto incluyendo el método de cálculo, donde se observa claramente que los valores correspondientes al método de la recta secante están muy dispersos, es decir hay mucha variabilidad entre los más grandes y pequeños, para los métodos restantes hay menos dispersión, pero la mayor parte de los valores están por debajo de sus medias.



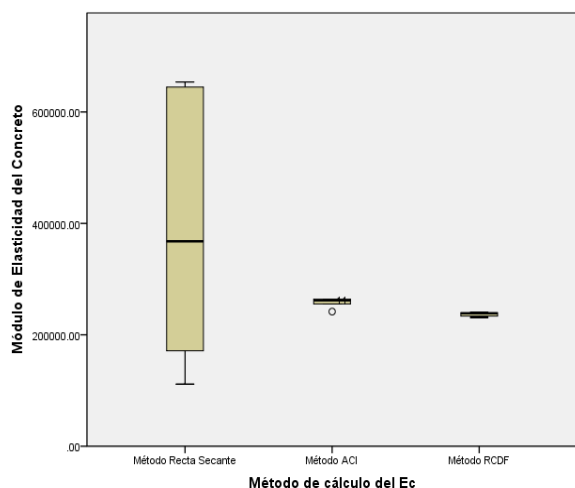
**Figura 2** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$



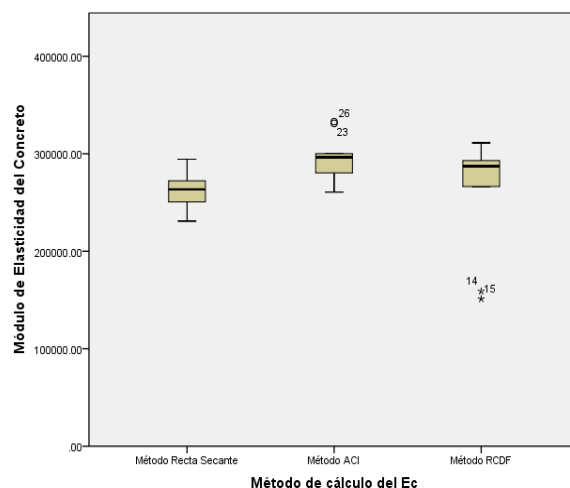
**Figura 3** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 4 se observan que los valores obtenidos por el método de la recta secante tienen una dispersión moderada, los valores obtenidos por el ACI y el RCDF están muy cercanos, tanto que sus cajas correspondientes apenas si se aprecian, mostrando muy poca dispersión.

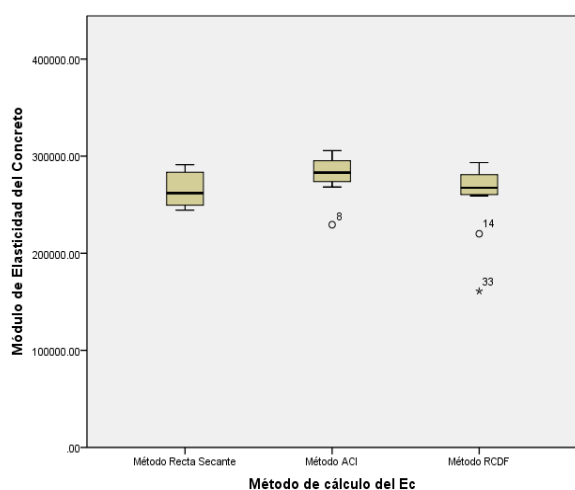
La Figura 5 permite hacer una comparación empírica del módulo elástico del concreto incluyendo el método de cálculo, donde se observa muy poca dispersión entre los valores obtenidos para los tres métodos, ya que las cajas mantienen un comportamiento similar, salvo tres valores que están muy por debajo de las medias.



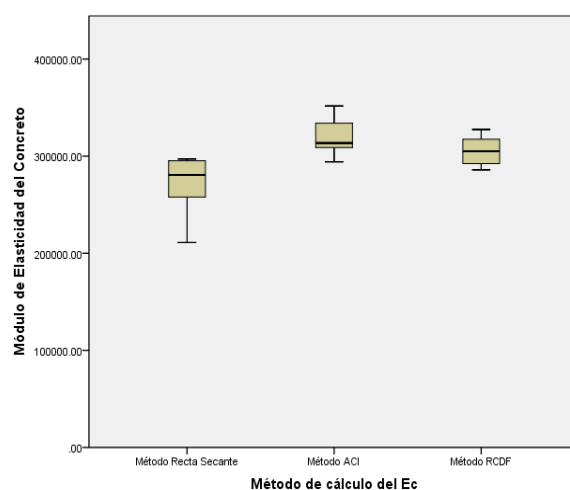
**Figura 4** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$



**Figura 6** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$



**Figura 5** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$



**Figura 7** Gráfica comparativa de módulo elástico por métodos para un  $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$

En la Figura 6 se observa que los valores del módulo elástico obtenidos por el método de la recta secante no tienen mucha dispersión, con respecto al ACI se tienen valores que tienen una leve dispersión ya que se encuentran por encima de la media, fuera de la caja y bigotes, de manera similar para el RCDF con la diferencia que estos valores están por debajo de la media.

En la Figura 7 se observa poca dispersión entre los valores obtenidos por los tres métodos de cálculo, ya que las cajas tienen un comportamiento muy similar, en donde sus valores están muy cercanos los unos de los otros.

## Conclusiones

Del análisis de los resultados estadísticos del módulo elástico del concreto, se concluye que las variaciones entre los  $E_c$  obtenidos con los diferentes métodos de cálculo, dependen mucho de los parámetros que toman en cuenta. El método de la recta secante (ASTM y NMX) toma en su ecuación un porcentaje de las deformaciones y la resistencia a compresión del concreto, mientras que el ACI considera el peso volumétrico del concreto y la resistencia a compresión. Finalmente el RCDF toma solamente la resistencia a compresión, dando dos ecuaciones para el  $E_c$  donde el peso volumétrico del concreto define qué ecuación aplicar. La edad de ensaye, curado del concreto, banco de agregados y aditivos no afectan directamente el módulo elástico del concreto, ya que como se dijo anteriormente, el  $E_c$  solo se ve afectado por las variables que toma cada método en sus ecuaciones.

## Referencias

Alonso, H. (2013). *Variación de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad del concreto ante diferentes condiciones de cabeceo de probetas* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Guerrero, México.

Alvarez, A. (2007). *Desempeño del concreto autocompactable en estado plástico y endurecido* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Pérez, D. (2009). *Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Ramírez, F., y Gonzalez, L. (2013). *Determinación de las características físicas y mecánicas del concreto permeable sin aditivo, con un  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>, hecho con agregados pétricos de la región*. Chilpancingo, Guerrero, México.

Sánchez, R. (2013). *Estudio del módulo elástico y módulo de ruptura bajo condiciones de carga monotónica y ciclos de precarga en concretos de la region de Tlapa de Comonfort, Guerrero* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Guerrero, México.

Soto, A. (2004). *Determinación del módulo de elasticidad del concreto simple, con resistencia  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, para el Municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Guerrero, México.

## **Correlación de zonas con mayor amplificación sísmica respecto a zonas inundables: Caso de estudio Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

## **Correlation of zones with greater seismic amplification with respect to flood zones: Case study Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

RENDÓN-CARRETO, Luis Manuel†\*, GONZÁLEZ-HERRERA, Raúl, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio

*Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ingeniería, Av. Lázaro Cárdenas, S/N, CU\_Sur, Chilpancingo. Guerrero. México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Luis Manuel, Rendón-Carreto*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Raúl, González-Herrera*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Alfredo, Cuevas-Sandoval*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Sulpicio, Sánchez-Tizapa*

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

### **Resumen**

Los sismos viajan en forma de ondas a través del terreno desde su fuente de origen. La concentración de los daños en ciertas áreas se asoció a que el terreno donde éstas se localizaban presentaba mayores amplificaciones de las ondas en el suelo. A este fenómeno local del comportamiento del terreno se le conoce como “efecto local” o “efecto del sitio” (Rodríguez, 2005). El presente trabajo se enfoca en el estudio de efecto de sitio y su correlación con las zonas inundables en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Los sondeos de microzonificación por medio de un acelerómetro en 100 puntos, esto nos proporciona los parámetros que se utilizan en estudios de microzonificación sísmica, tales como; el periodo fundamental de vibrar del suelo y el incremento en amplificación que se presenta en este periodo fundamental. Los resultados permitieron mostrar que las diferentes técnicas de estimación, utilizando registros de sismos o de vibración ambiental. Elaborando mapas digitales nos han permitido relacionar, zonas con mayor amplificación sísmica y establecer la relación entre zonas de inundación.

**Efecto de sitio, Microzonificación, Periodos, Riesgo**

### **Abstract**

The movements are transmitted in the form of waves through the ground from their source. The concentration of the damages in certain areas was associated to that land where they are located and the greatest amplifications of the waves in the soil are presented. A local phenomenon of terrain behavior is what is known as "local effect" or "site effect" (Rodríguez, 2005). The present work focuses on the study of site effect and its correlation with flood zones in the city of Tuxtla Gutiérrez Chiapas. The microzoning probes in the middle of an accelerometer at 100 points, this is as well as the parameters that are used in the seismic microzonation studies, such as; the fundamental period of vibration of the soil and the increase in amplification, that occurs in this fundamental period. The results allowed to show the different estimation techniques, using records of earthquakes or environmental vibration. Elaborate digital maps have allowed us to relate areas with greater seismic amplification and establish the relationship between flood zones

**Site effect, Microzonation, Periods, Risk**

**Citación:** RENDÓN-CARRETO, Luis Manuel, GONZÁLEZ-HERRERA, Raúl, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio. Correlación de zonas con mayor amplificación sísmica respecto a zonas inundables: Caso de estudio Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-5: 10-15.

\*Correspondencia del Autor (manueldeker@gmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer Autor.



## Introducción

En sismología la intensidad de un movimiento del terreno es función de parámetros tales como la magnitud del sismo, la distancia epicentral, las características de la fuente sísmica y las condiciones locales del terreno. Sin embargo, la geología local es uno de los parámetros más importantes, ya que influye grandemente en el tipo de respuesta de sitio para cualquier sitio en particular. Es decir que, para un terremoto dado, la intensidad sísmica depende en gran medida del lugar donde se mide.

Estudios de la magnitud de los daños causados por terremotos recientes y su distribución espacial confirman la importancia de los efectos locales de sitio, ya que la severidad de los daños suele estar relacionada con amplificaciones locales debidas a las condiciones geológicas y geotécnicas del lugar. Por lo tanto es necesario anticipar el daño que ese fenómeno puede llegar a causar.

El término microtemblor se utiliza para denotar todo tipo de ruido sísmico ambiental o vibraciones ambientales: *a)* vibraciones producidas por actividades humanas, generalmente de alta frecuencia, *b)* vibraciones causadas por fuentes superficiales locales como las industrias y el tráfico. En Japón, por ejemplo, el fenómeno de efectos de sitio ha sido documentado desde principios del siglo XVIII (Ohsaki, 1972). Por lo tanto, conocer las características dinámicas de depósitos de suelos en regiones con potencial para una actividad sísmica intensa es muy importante para determinar las posibles amplificaciones de los movimientos sísmicos e identificar probables condiciones de resonancia en las edificaciones.

La relación espectral de las componentes horizontal y vertical de registros de movimiento sísmico ha sido utilizada frecuentemente en sismología. Para el caso de ondas superficiales, Nogoshi e Igarashi (1971) concluyeron que se obtiene una buena correlación de la relación espectral  $H/V$  entre el modo fundamental de las ondas de Rayleigh y microtemblores en sitios con alto contraste de impedancia. Por otro lado, Nakamura (1989 y 2000) definió teóricamente la técnica  $H/V$  con múltiples refracciones de ondas SH de incidencia vertical.

El autor explicó que hay un grupo de investigadores (Konno y Ohmachi, 1998; Lachet y Bard, 1994; Nogoshi e Igarashi, 1971) que tratan de interpretar el pico del cociente  $H/V$  con la evidencia de ondas de Rayleigh. Lermo y Chávez-García (1994) revisaron la aplicabilidad de las mediciones de microtemblores para evaluar la respuesta de sitio de suelos blandos de México. Las técnicas que compararon fueron: interpretación del espectro de amplitudes de Fourier, cocientes espectrales respecto a una estación de referencia y, finalmente, cocientes espectrales  $H/V$  (la técnica de Nakamura). Los mejores resultados fueron obtenidos con la técnica de Nakamura, la cual también da una estimación aproximada de la amplificación de las ondas sísmicas cuando la geología local es relativamente simple.

## Objetivos:

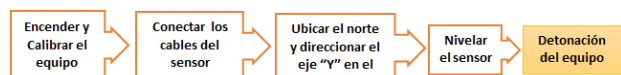
- Determinar la relación de efecto de sitio con respecto a zonas inundables, por medio de mediciones realizadas en diferentes puntos de la ciudad de Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas.
- Permitir tomar consideraciones relevantes con respecto a edificaciones y estructuras en construcción para así tomar las mejores decisiones en reducción del riesgo sísmico.

## Metodología a desarrollar

### **Campaña de mediciones de vibración ambiental y encuestas de riesgo de inundación.**

Se realizaron 100 puntos durante campaña de mediciones, cada medición duró 15 minutos donde la respuesta esperada dependerá de las características geotécnicas de cada estrato donde se obtuvieron valores tales como; el periodo fundamental de vibrar del suelo y el incremento en amplificación que se presenta en este periodo fundamental. Adicionalmente, en la segunda campaña se realizaron 100 encuestas sobre riesgo de inundación en las zonas bajas y cercanas a ríos. Donde se planteó el riesgo de inundación, de esto se obtuvo el nivel de agua pluvial proporcionado por testimonios reales de habitantes de dichas zonas, donde muchos de estos han sido afectados por alguna inundación ya sea en su vivienda o negocio, y que medidas de prevención están tomando para evitar este riesgo.

Las mediciones de vibración ambiental fueron realizadas utilizando un acelerógrafo Etna de la compañía Kinometrics, así como un sensor marca EpiSensor modelo FBA ES-T. En configuración a 15 minutos como acelerógrafo de movimiento fuerte, el Etna incluye internamente un acelerómetro triaxial de fuerza balanceada (EpiSensor ES-T).



**Figura 1** Diagrama de flujo del proceso de medición de cada punto



**Figura 2** Acelerómetro, sensor y brújula

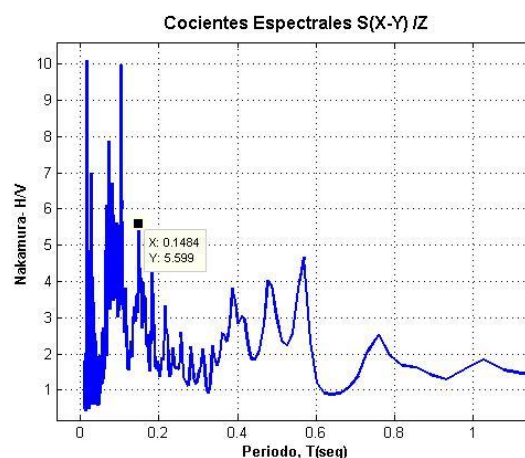
### Procesado de datos obtenidos

1. Extracción de señales de la memoria del equipo
2. Recopilación de datos obtenidos por las encuestas
3. Procesamiento de las vibraciones del suelos a través de MatLab
4. Cálculo de la media de los espectros de Fourier de todas las ventanas y finalmente
5. Análisis de graficas de cocientes espectrales y obtención de amplificación y periodos
6. Elaboración de mapa de riesgo de estaciones de amplificación sísmica, zonas inundables y relación entre estos dos a través de ArcMap.

### Resultados

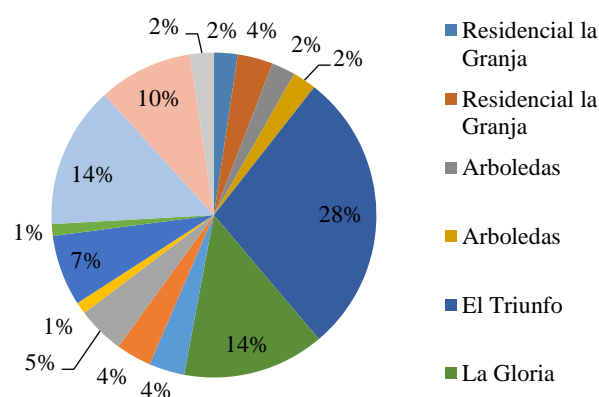
La primera parte del análisis de la señal registrada consiste en la visualización de las trazas para seleccionar aquellos segmentos de registro que no estén contaminados por transitorios de corta duración que puedan afectar la estacionalidad de las señales (principalmente vehículos y peatones en la proximidad del instrumento).

En las figuras 3 se presentan los resultados en gráficas de los datos obtenidos al aplicar la técnica de Nakamura, se presentan los ejemplos de los cocientes obtenidos en la zona. Las componentes N-S y E-W son empleadas para obtener una suma vectorial.

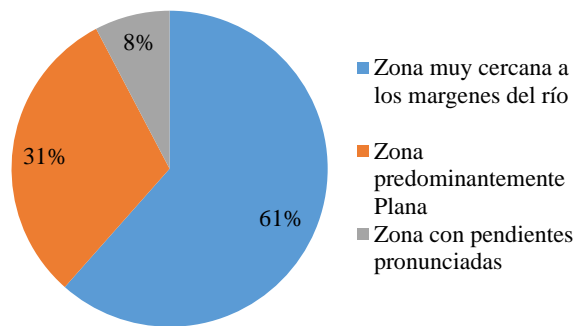


**Figura 3** Espectro de amplitud y periodo fundamental obtenidos de la microzonificación

Con respecto a los resultados obtenidos por las encuestas generadas en las zonas bajas y de riesgo de inundación. Se elaboró una hoja de cálculo donde contempla estos datos, obteniendo los siguientes resultados; con un nivel máximo de 120 cm en la colonia El Triunfo en las demás colonias con un promedio de 15 a 60 cm como se muestra en la figura 4. Concentrando el mayor nivel de agua en las zonas muy cercanas a los márgenes de ríos como se ve en la figura 5.



**Figura 4** Grafica de nivel de agua en cm en las colonias donde realizaron los sondeos y encuestas



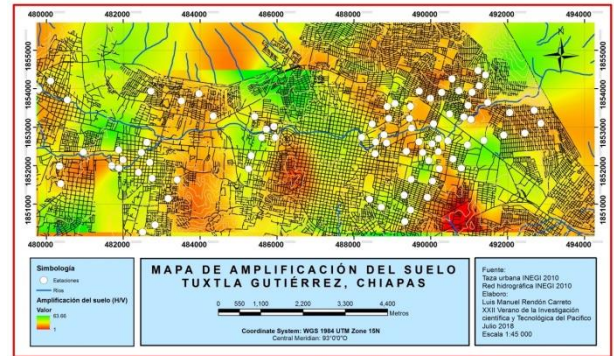
**Figura 5** Grafica de porcentaje de zonas donde se presenta mayor nivel de inundación

**Mapa de isoperíodos de suelo para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

El resultado de estos estudios fue el mapa de isoperíodos para la ciudad, los resultados se observan en la figura 6. El estudio señaló que los periodos naturales de vibración de los suelos de Tuxtla Gutiérrez están entre 0.12 y hasta 1.37 segundos, las amplitudes relativas encontradas hace conciencia de la vulnerabilidad sísmica de la cuenca sedimentaria donde se desplanta la ciudad capital.

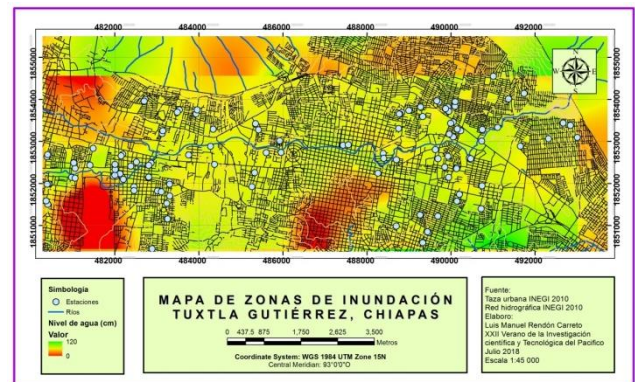
Al procesar las 100 mediciones realizadas durante la campaña de mediciones, en 6 de los sitios no se logró obtener un valor claro de período fundamental. En algunos sitios, esto se debió a que el suelo era demasiado rígido y en ese caso no hay amplificación en ninguna frecuencia, o si la hay, es en alguna frecuencia muy alta, mientras que en otros casos simplemente no se obtuvo una frecuencia dominante sobre el resto.

A partir de los resultados obtenidos de las 100 mediciones de vibración ambiental que se llevaron a cabo durante el trabajo de investigación y con la ayuda del programa ArcMap (<http://www.esri.com/>) se confeccionó un mapa de isoperíodos de suelo para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



**Figura 6** Mapa de amplificaciones relativas asociadas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el cual se logra determinar el periodo fundamental del suelo. Una vez que los sitios fueron ubicados geográficamente en el mapa

Para las encuestas también se elaboró un mapa digital con información obtenida en referente a las encuestas de zonas de inundaciones, en el cual contempla los siguientes aspectos como son; nivel de agua en cm y las zonas en las en las cuales se presenta el mayor nivel.

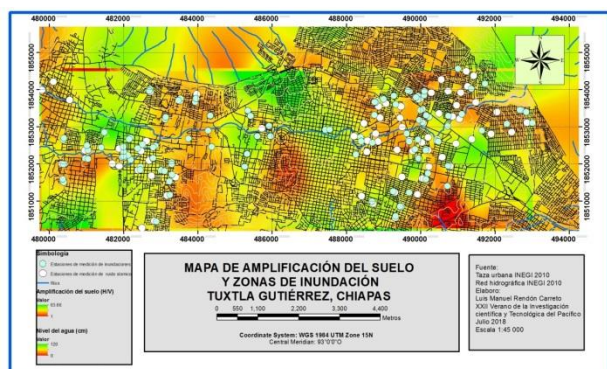


**Figura 7** Mapa interpolado de zonas con mayor nivel de riesgo de inundación (nivel de agua en cm)

Finalmente, del análisis de estos puntos en la ciudad, donde se estimó el efecto de sitio, en el mapa de la figura 8 se presenta la ciudad en dos tipos de estaciones, amplificación del suelo (H/V) y nivel de agua (cm).

Con el tercer mapa digital se logró establecer la relación entre zonas de inundación y amplificación sísmica. Con esta información se logra obtener si hay relación entre puntos con mayor amplificación con los de mayor riesgo de inundación, teniendo puntos con relación de 60 cm de nivel de agua pluvial con un SH/V de 37.43, teniendo en cuenta esto se lograr tener más información de zonas de riesgo.





**Figura 8** Mapa con la distribución espacial de estaciones de amplificación del suelo en relación con zonas de inundación

## Anexos

Fuente	Periodo	Rango de frecuencia
Son causadas por las ondas oceánicas que ocurren a grandes distancias	largos	Por debajo de 0.3 a 0.5 Hz
Son generadas por las olas del mar cercanas a la costa	Intermedios	Entre 0.3-0.5 Hz y 1 Hz
Estas fuentes se relacionan con actividades antrópicas	cortos	Frecuencias mayores a 1 Hz

**Tabla 1** Posible fuente generadora de microtemores y su rango de frecuencia (Bard, 1998; tomado de Flores, 2001)

## Agradecimiento

A la incansable labor del Dr. Raúl Gózales Herrera, por sus investigaciones y su compromiso con la prevención de riesgo sísmico, al Ing. Luis Mario Ordaz Ordaz, por su labor y asesoría en la investigación. Agradezco a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por la hospitalidad brindada a lo largo de esta estancia. Al Programa Delfín por promover actividades académicas de movilidad de estudiantes y de divulgación científica y tecnológica, entre las instituciones integrantes para contribuir con mayor impacto en la generación y aplicación del conocimiento.

## Contribución

Se ha contribuido en el estudio de respuesta del suelo, conociendo parámetros físicos y geotécnicos.

Permitiendo tomar consideraciones relevantes con respecto a edificaciones y estructuras en construcción para así tomar las mejores decisiones en reducción del riesgo sísmico.

## Conclusiones

De la presente investigación del análisis de puntos registrados en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, con sensores de aceleración, se obtuvo el efecto de sitio, para lo cual en el mapa se presenta la distribución de este efecto mediante la propuesta de zonificación.

Cabe mencionar que en los estudios de riesgo de inundación no existe un modelo matemático y estadístico en el cual puedan ser cuantificados los datos obtenidos, estos son meramente empíricos, lo cual se propone para futuras investigaciones establecer un modelo tomando en cuenta, las condiciones hidrológicas y las condiciones de riesgo en años anteriores generando un registro histórico de riesgo, para tener mejores datos y resultados estadísticos.

Considerando los datos obtenidos con la metodología descrita anteriormente, con ello llegó a la conclusión que los efectos de sitio agrupan un conjunto de factores que puede afectar de forma importante el movimiento sísmico. Los resultados permitieron mostrar que las diferentes técnicas de estimación de efectos de sitio, utilizando registros de sismos o de vibración ambiental. Los mapas digitales que fueron elaborados nos han permitido relacionar, las zonas con mayor amplificación sísmica teniendo un SH/V de 1.00 hasta 63.66 como máximo. Con este mapa digital se logró establecer la relación entre zonas de inundación y amplificación sísmica.

Con esta información se logra obtener si hay relación entre puntos con mayor amplificación con los de mayor riesgo de inundación, teniendo puntos con relación de 60 cm de nivel de agua pluvial con un SH/V de 37.43, teniendo en cuenta esto se lograr tener más información de zonas de riesgo. Con esto se logra obtener que si hay una correlación entre estos dos fenómenos.

A partir de los resultados obtenidos se concluye que el uso de vibración ambiental es una excelente alternativa, que brinda muy buenos resultados, comparados con los obtenidos con otras técnicas. Además, cabe aclarar que el uso de vibración ambiental es una herramienta muy simple y económica, que se puede aplicar en cualquier momento y no requiere esperar, como con otras técnicas, la ocurrencia de un terremoto.

Además, como se demostró, la técnica del cociente espectral H/V es estable con el tiempo. Cabe rescatar que este modelo se puede implementar en cualquier ciudad donde se presenten un riesgo por estos fenómenos.

Por ello estoy convencido de la utilidad de estrechar esa relación al atacar un problema que tiene tanta relevancia para la sociedad al ser determinante en la seguridad de las estructuras y de las personas que las ocupan.

## Referencias

Alonso, G., Cruz, R., Cruz, F., Ramírez, M., Ruiz, M. y J. Iglesias. (1999). Resultados de la zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, México, D.F.

CENAPRED. “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo. Fenómenos Geológicos, 2006.

Cuadra-Monreal, P. E. “Aplicación de técnicas de vibraciones ambientales: análisis de microtremores y vibraciones naturales, para la caracterización de sitio”. Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar, 2007.

Espinosa, L. (1976). Propuesta de zonificación geotécnica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Flores, H. “Métodos alternos para la estimación del efecto de sitio mediante el uso de arreglos de microtremores”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. Ciudad Universitaria, 2001.

González, R., Tena, A., Mora, J.C., Borraz, M.A., Aguilar, J.A., Cruz, R., Figueroa, J.A., Chan, J.A., Ramírez, M.S., Vera, R. y C., Narcía. (2011a). El sismo de Villaflores, Chiapas, su realidad y consecuencias. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 400 p.

González, A. (2010). Análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de México con base en el catálogo del Servicio Sismológico Nacional de 1974 a 2009. Tesis de licenciatura de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en revisión.

## **Esfuerzo cortante de la mampostería con mortero tipo I, con piezas de tabique de barro rojo recocido procedente del municipio de Tecpán de Galeana, Gro.**

### **Cutting effort of the masonry with type I mortar, with pieces of red annealing mud wall from the municipality of Tecpán de Galeana, Gro.**

DELGADO-DE LA TORRE, Daniel†\*, SOLÍS-MARTÍNEZ, Jordan Ivan, JUÁREZ-LÓPEZ, Jared Heriberto y PERALTA-CATALÁN, Fausto Sebastián

*Facultad de Ingeniería Av. Lazaro Cardenas S/N, Ciudad Universitaria Sur, Chilpancingo, Gro.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Daniel, Delgado-De La Torre*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Jordan Ivan, Solís-Martínez*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Jared Heriberto, Juárez-López*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Fausto Sebastián, Peralta-Catalán*

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

#### **Resumen**

Las estructuras a base de muros mampostería confinada son los más utilizados en la vivienda típica en el Estado de Guerrero. Paradójicamente, la elaboración de los tabiques de arcilla es en su totalidad artesanal, lo cual hace difícil utilizar los valores normativos de diseño estructural, ya que las propiedades mecánicas de este material varían dependiendo del lugar donde se fabricaron las piezas. Lo anterior hace necesario determinar las propiedades de diseño de cada banco de materiales, especialmente en lugares como el municipio de Tecpan de Galeana el cual se encuentra en zona de peligro sísmico "D". Al tener que soportar sismos, los muros de carga deben ser diseñados para resistir cargas laterales. Para poder calcular la resistencia de los muros ante carga lateral, las NTCM-2017 establecen que se deben de conocer dos valores importantes: la resistencia a compresión diagonal ( $v_m^*$ ) y el módulo de cortante de la mampostería ( $G_m$ ), los cuales se obtienen a través del ensayo de muretes sometidos a compresión diagonal.

#### **Mampostería, Muretes, Módulo de cortante**

#### **Abstract**

The structures based on confined masonry walls are the most used in typical housing in the State of Guerrero. Paradoxically, the elaboration of clay partitions is entirely handmade, which makes it difficult to use the normative values of structural design, since the mechanical properties of this material vary depending on the place where the pieces were manufactured. The foregoing makes it necessary to determine the design properties of each material bank, especially in places such as the municipality of Tecpan de Galeana which is located in a "D" seismic hazard zone. When having to endure earthquakes, the load-bearing walls must be designed to withstand lateral loads. In order to calculate the strength of the walls before lateral loading, the NTCM-2017 establish that two important values must be known: the diagonal compression resistance ( $v_m^*$ ) and the shear modulus of the masonry ( $G_m$ ), which are obtained through the trial of walls subjected to diagonal compression.

#### **Masonry, Wallettes, Shear modulus**

**Citación:** DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, SOLÍS-MARTÍNEZ, Jordan Ivan, JUÁREZ-LÓPEZ, Jared Heriberto y PERALTA-CATALÁN, Fausto Sebastián. Esfuerzo cortante de la mampostería con mortero tipo I, con piezas de tabique de barro rojo recocido procedente del municipio de Tecpán de Galeana, Gro. *Revista de Ingeniería Civil*. 2018. 2-5:16-21.

\*Correspondencia del Autor (deldaniel@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Por medio de este trabajo de investigación se pretende determinar el esfuerzo cortante resistido por la mampostería elaborada con mortero tipo I con proporciones reales usadas en obra, cemento, arena 1:3 con materiales procedentes del municipio de TECPÁN DE GALEANA. En la región Costa Grande del estado de Guerrero. Este parametro identificado en las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería como,  $V^*m$ , es requerido para calcular la resistencia de muros de mampostería confinada, sistema estructural muy utilizado en la región para la construcción de viviendas, bajo cargas laterales ocasionadas por los desplazamientos generados en la estructura durante un sismo.

A su vez por medio de estos ensayos se utilizaron transductores de desplazamiento para construir las curvas de esfuerzo cortante contra deformación angular correspondientes a cada una de la probetas ensayadas, para determinar el modulo de cortante de la mampostería. El módulo de cortante al ser una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico cuando se aplican esfuerzos cortantes toma importancia a la hora de calcular el comportamiento y las deformaciones, para este caso de la mampostería elaborada en el municipio de Tecpán de Galeana, durante una eventualidad de naturaleza sísmica.

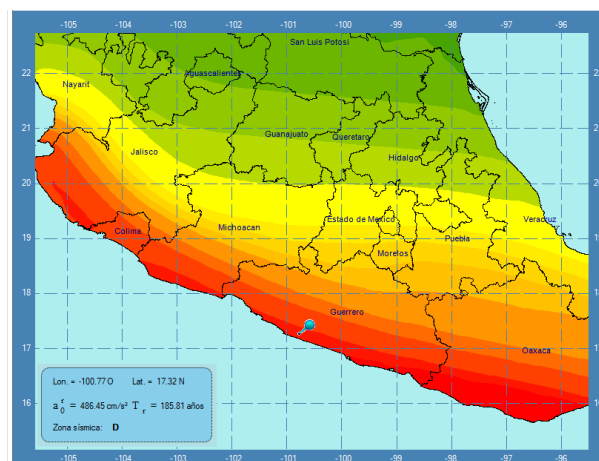
## Objetivos

Determinar las características mecánicas de la mampostería utilizada en la construcción de viviendas del municipio de tecpán de Galeana cuando esta es sometida a cargas laterales.

## Riesgo sísmico en Tecpán de Galeana, Guerrero

El municipio de Tecpán de Galeana se encuentra ubicado  $17^{\circ} 13' 21''$  N,  $100^{\circ} 37' 53''$  W colindando al norte con el municipio de Ajuchitlana del Progreso, al este con los municipios de Atoyac de Álvarez y Benito Juárez al oeste con el municipio de Petatlán y al noroeste con Coyuca de Catalán.

En base a sus coordenadas geograficas el manual de diseño de obras civiles de la CFE para diseño por sismo ubica al municipio de Tecpán de Galeana en la zona de peligro D –zona de muy alta sismicidad-, en la cual ocurre la mayor parte de la actividad sísmica en la republica.



**Figura 1** Ubicación del municipio de Tecpán de Galeana en el mapa de riesgo sísmico de la CFE

## Estudios previos

En base a las investigaciones que se han hecho a los materiales de construcción utilizados en la región (Delgado, Álvarez, Molina, & Peralta, 2018) se determinó que la arcilla utilizada en la elaboración de las piezas, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S) es un SP- SC (arena arcillosa mal graduada).

La arena usada en la mezcla de mortero fue extraída de un banco de la región de Tecpán de Galeana en la localidad conocida como “Corinto”; cuyo modulo de finura es 3.0 (arena gruesa).

Además de las pruebas mecánicas se obtuvieron los siguientes datos:

Datos	Resultados	
dimensiones	5.45 x 25.97 x 13.59	cm
% absorción	12.58	%
$f_p^*$	92.18	kg/cm <sup>2</sup>
MR	5.05	kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 1** Piezas de mampostería.

Serie/Datos	$f_j^*$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_m^*$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Pilas con mortero tipo I	126.98	16.59	20318.58
Pilas con mortero tipo II	79.38	11.84	5718.15

**Tabla 2** Pilas de mampostería



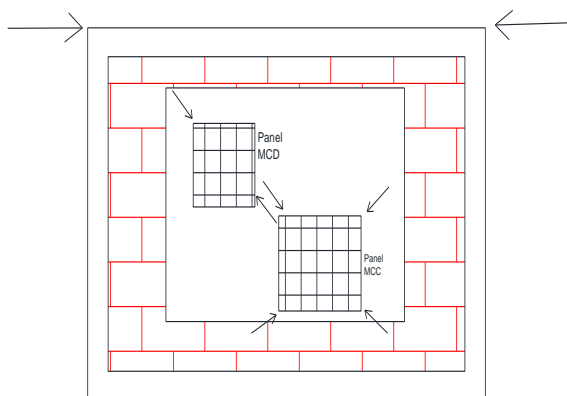
Los datos anteriores nos indican los valores de resistencia utilizados en el cálculo de muros de mampostería confinada sometidos a cargas verticales para la región de Tecpán de Galeana.

### Concepto del esfuerzo de corte y módulo de cortante en las estructuras de mampostería

El módulo de elasticidad transversal, también llamado módulo de cizalla, es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico (lineal e isótropo) cuando se aplican esfuerzos cortantes. Si se conoce la relación de Poisson y el módulo de elasticidad ( $E$ ) del material el módulo del corte se puede calcular con la siguiente fórmula (Gere & Goodno, 2009):

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (1)$$

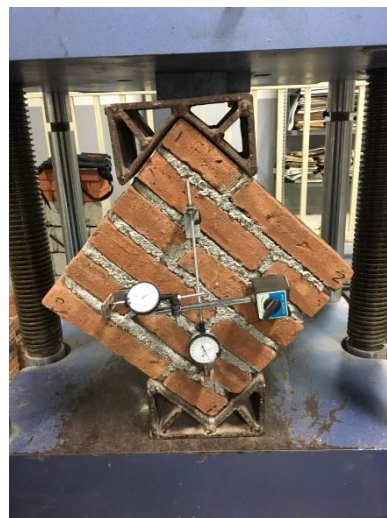
En las estructuras de mampostería confinada el esfuerzo de corte y el módulo de cortante se vuelven importantes cuando los muros de carga son sometidos a fuerzas laterales originadas por una eventualidad de naturaleza sísmica generando dentro del muro esfuerzos en dirección diagonal como se muestra en la siguiente figura:



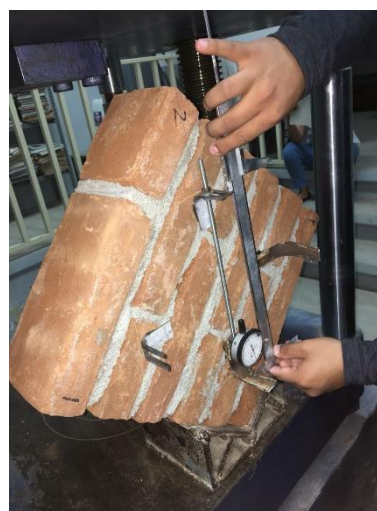
Con lo cual se justifica el ensayo a compresión diagonal de muretes de mampostería.

### Metodología

En base a la norma NMX-C-ONNCCE-464-2010 se procedió a la elaboración y ensayo de 11 muretes elaborados con materiales de la región de Tecpán de Galeana – partiendo de los datos obtenidos de DELGADO, et. al., 2018



**Fotografía 1** Ensayo de murete a compresión diagonal



**Fotografía 2** Dimensionamiento y instrumentación para transductores de desplazamiento

Los muretes se dimensionaron para su posterior ensayo en la prensa universal donde fueron sometidos a cargas a compresión diagonal hasta su falla. Se utilizaron micrómetros analógicos para medir la deformación del murete y así poder calcular su deformación angular. Las fórmulas utilizadas en el cálculo del esfuerzo a la compresión diagonal ( $v_m$ ) y para deformación angular ( $\gamma$ ) son las siguientes:

$$v_m = \frac{P}{L \times t} \quad (2)$$

Donde:

- $v_m$ : Es el esfuerzo a compresión diagonal del murete.
- $P$ : Carga máxima soportada por el murete.
- $L$ : Longitud de la diagonal entre los vértices del murete.
- $t$ : Espesor del murete.

$$\gamma = |\varepsilon_x| + |\varepsilon_y| \quad (3)$$



Donde:

- $\gamma$ : Es la deformación angular unitaria.
- $\varepsilon_x$ : Deformación unitaria a tensión en el plano perpendicular a la carga.
- $\varepsilon_y$ : Deformación unitaria a compresión en el plano paralelo a la carga.

**Análisis de resultados**

Del ensayo a compresión realizada a los muretes se cálculo el esfuerzo a compresión diagonal de diseño ( $v_m^*$ ) con la siguiente fórmula:

$$v_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1+2.5c_v} \tag{4}$$

Donde:

- $V_m^*$ : Es la resistencia a compresión diagonal de diseño.
- $\overline{v_m}$ : Es el esfuerzo a compresión diagonal promedio de los muretes de mampostería.
- $c_v$ : Es el coeficiente de variación.

De lo anterior se obtuvieron los resultados siguientes:

Resistencia a compresión diagonal $v_m$ (kg/cm <sup>2</sup> ) promedio	Coeficiente de variación $c_v$		Resistencia de diseño a compresión $v_m^*$ (kg/cm <sup>2</sup> )		Valores de diseño de las NTC-2004 (kg/cm <sup>2</sup> )
	Real	Norma	Real	Norma	
6.65	0.18	0.20	4.59	4.43	3.50

**Tabla 3** Resistencia a la compresión

Usando la siguiente fórmula se cálculo la relación de Poisson para cada murete y se determinó un valor promedio:

$$\nu = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \tag{5}$$

Donde:

- $\varepsilon'$ : Deformación unitaria lateral.
- $\varepsilon$ : Deformación unitaria lateral.

Relación de Poisson	
No. de murete	$\nu$
1	0.16
2	0.17
3	0.13
4	0.16
5	0.14
6	0.18
7	0.16
8	0.18
10	0.17
11	0.1
12	0.18
$\nu$ PROMEDIO=	<b>0.16</b>

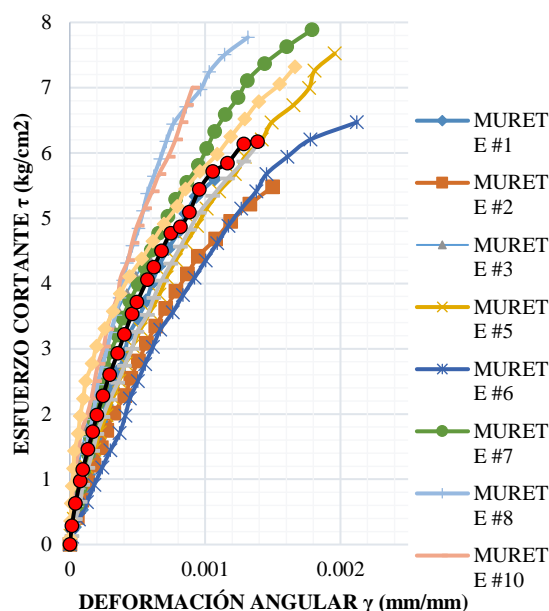
**Tabla 4** Relación de poisson

Para determinar el módulo de cortante se construyeron las curvas de *Esfuerzo Cortante* contra *Deformación Angular* ( $\tau$ - $\gamma$ ). De la serie de curvas se trazó una curva promedio interpolando los valores de cada curva y mediante la fórmula establecida en la norma NMX-C-ONNCCE-464-2010 se calculó el módulo de cortante promedio:

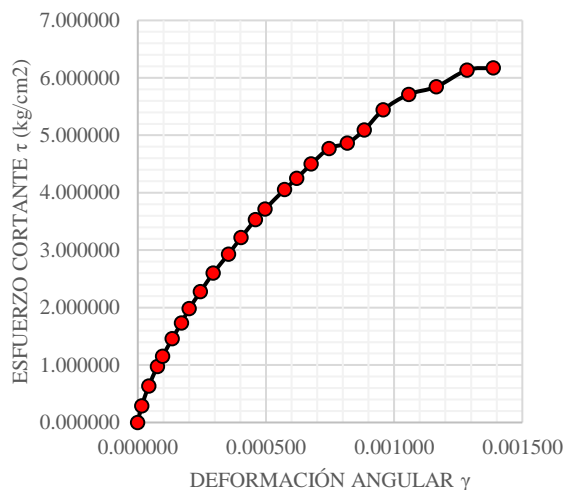
$$G_m = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\gamma_2 - 0.00005}$$

Donde:

- $G_m$ : Módulo de cortante, en kg/cm<sup>2</sup>.
- $\tau_1$ : Esfuerzo cortante correspondiente a 0.00005 de deformación angular, en kg/cm<sup>2</sup>.
- $\tau_2$ : Esfuerzo cortante correspondiente al 40% de la carga máxima, en kg/cm<sup>2</sup>.
- $\gamma_2$ : Deformación angular producida por el esfuerzo  $\tau_2$ , adimensional.



**Figura 3** Curva deformación angular vs esfuerzo cortante



**Figura 3** Curva promedio deformación angular vs esfuerzo cortante

Gráfica esfuerzo cortante-deformación angular promedio	
$\gamma$ (mm/mm)	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000000	0.000000
0.000015	0.286434
0.000043	0.631477
0.000077	0.973143
0.000097	1.150081
0.000134	1.458472
0.000170	1.729792
0.000201	1.980973
0.000245	2.277508
0.000294	2.598965
0.000354	2.928821
0.000403	3.218416
0.000459	3.531833
0.000496	3.713501
0.000573	4.055978
0.000621	4.250489
0.000677	4.498920
0.000746	4.770500
0.000818	4.864649
0.000884	5.093486
0.000957	5.442705
0.001057	5.713167
0.001164	5.843580
0.001285	6.136384
0.001387	6.171745

**Tabla 5** esfuerzo cortante – deformación

vm(0.00005)=	<b>0.743</b>	kg/cm <sup>2</sup>
0.4vm=	<b>2.469</b>	kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon$ 0.4vm=	0.0002793	mm/mm
Módulo de cortante=	<b>7526.622</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>

**Tabla 6** Módulo de cortante

De los datos anteriores y de los trabajos de investigación previos a este artículo, las propiedades mecánicas de la mampostería elaborada con tabique de barro rojo recocido proveniente del municipio de Tecpán de Galeana y asentada con mortero cemento-arena 1:3 para fines estructurales se resumen en la siguiente tabla y se hace la comparación con los valores propuestos en las NTCM-2017:

Valores de diseño para muros estructurales de mampostería elaborada con tabique de barro rojo recocido del municipio de Tecpán de galeana				
Propiedad	Tecpan de Galeana		NTCM-2017	
$f_p^* \geq$	92.18	kg/cm <sup>2</sup>	60.00	kg/cm <sup>2</sup>
$f_j^* \geq$	126.98	kg/cm <sup>2</sup>	125.00	kg/cm <sup>2</sup>
$f_m^* =$	16.59	kg/cm <sup>2</sup>	15.00	kg/cm <sup>2</sup>
$v_m^* =$	4.43	kg/cm <sup>2</sup>	2.00	kg/cm <sup>2</sup>
$E_m =$	20318.58	kg/cm <sup>2</sup>	9000.00	kg/cm <sup>2</sup>
$G_m =$	7526.52	kg/cm <sup>2</sup>	1800.00	kg/cm <sup>2</sup>
$v =$	0.16		0.25	

**Tabla 7** Valores de diseño para muros estructurales de mampostería

Así mismo, en base a las ecuaciones propuestas por las NTCM-2017 para determinar valores de diseño en base al  $f_m^*$  se puede hacer una comparativa utilizando los parámetros exclusivos de la región de Tecpán:

Fórmulas para módulos elástico y de cortante (Tecpán)		Fórmulas para módulos elástico y de cortante (NTCM-2017)	
$E_m =$	1224 $f_m^*$	$E_m =$	600 $f_m^*$
$G_m =$	0.37 $E_m$	$G_m =$	0.2 $E_m$

**Tabla 8** Fórmulas para módulos elástico y de cortante

## Conclusiones

La resistencia a compresión diagonal de diseño de los muretes ensayados resultó ser mayor al propuesto en las NTC-2017 con mortero tipo I, así mismo, el módulo elástico ( $E_m$ ) y el módulo de cortante ( $G_m$ ) resultaron mayores a los parámetros establecidos en las mismas normas; de lo anterior se pudieron obtener fórmulas específicas para las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la elaboración de mampostería de tabique de barro rojo recocido utilizados en el municipio de Tecpan de Galeana.

## Contribución

El presente trabajo sirve de base para el diseño de estructuras de mampostería en la región de Tecpan puesto que los resultados obtenidos permitirán un proceso de cálculo estructural más realista, y a su vez, coadyuvará a la construcción de viviendas más seguras ante eventualidades de naturaleza sísmica.

## Agradecimientos

Agradeciendo a la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, quien nos permitio utilizar las instalaciones del laboratorio de materiales donde elaboramos los muretes para después ensayarlos en la prensa universal, ya que sin ella seria imposible llevar dichas pruebas.

## Referencias

Delgado, D., Álvarez, E., Molina, R., & Peralta, F. S. (2018). Compresión de pilas con piezas de cerámica de tabique rojo recocido, con mortero tipo I y II para el municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero. *Foro de Estudios sobre Guerrero*.

Gaceta oficial de la Ciudad de México. (2017). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. México.

Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2009). *Mecánica de Materiales*. México D.F.: Cengage Learning.

NMX-C-464-ONNCCE. (2010). *Industria de la Construcción-Mampostería-Determinación de la resistencia a compresión diagonal y módulo de cortante de muretes, así como determinación de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad de pilas de mampostería de arcilla o de concreto*.

## **Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco**

### **Evaluation and structural security level 1, of educational establishments of the Acapulco region**

ESTRADA-SALGADO, Emanuel†\* & DELGADO-DE LA TORRE, Daniel

*Facultad de ingeniería Av. Lazaro Cardenas S/N, Ciudad Universitaria Sur, Chilpancingo, Gro.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Emanuel, Estrada-Salgado*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Daniel, Delgado-De La Torre*

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

#### **Resumen**

El presente trabajo se enfoca en dar a conocer las causas y los tipos de fallas estructurales, así como también detalles que fueron encontrados en las edificaciones tipo 1 localizadas en el municipio de Acapulco a raíz del sismo del 19 de septiembre de 2017, en base a toda la información existente se determina si pudieron darse por un mal diseño, negligencia en la construcción y/o en el peor de los casos, por la magnitud de los eventos sísmicos registrados en el último año, tomando en cuenta que Guerrero es uno de los estados con más actividad sísmica del país, en el presente trabajo nos enfocamos en las edificaciones de preescolar, primaria y secundaria que están registradas en ciertos programas, para lo cual se contó con ayuda de IGGIFE, dependencia la cual proporciono los datos más importantes para poder realizar el estudio de las edificaciones a las cuales se les realizó una supervisión y revisión de sus instalaciones.

**Estructurales, Sismo, Construcción, Edificaciones**

#### **Abstract**

The present work focuses on making known the causes and types of structural failures, as well as details that were found in type 1 buildings located in the municipality of Acapulco following the earthquake of September 19, 2017, based on all the existing information is determined if they could be due to a bad design, negligence in the construction and / or in the worst case, due to the magnitude of the seismic events registered in the last year, taking into account that Guerrero is one of the states with more seismic activity in the country, in the present work we focus on the preschool, primary and secondary buildings that are registered in certain programs, for which we had the help of IGGIFE, a dependency which provided the most important data to be able to conduct the study of the buildings to which they supervised and reviewed their facilities.

**Structural, Earthquake, Construction, Buildings**

**Citación:** ESTRADA-SALGADO, Emanuel & DELGADO-DE LA TORRE, Daniel. Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-5:22-26.

\*Correspondencia del Autor (estradasalgado930422@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En los últimos años se han presentado sismos de magnitud importante en su mayoría con epicentro en el estado de Guerrero, el cual se encuentra sobre un sitio conocido como “La Brecha de Guerrero”, el cual es una brecha sísmica ubicada en el océano Pacífico mexicano, frente a la región Costa Grande del estado de Guerrero, abarcando una extensión de 230 km desde el sur de Acapulco hasta Papanaoa.

En este trabajo de investigación nos orientamos en evaluar y determinar las condiciones en las que se encuentran las edificaciones pertenecientes al municipio de Acapulco Guerrero, después de los eventos sísmicos del 7 y 19 de septiembre de 2017.

Las estructuras deben soportar fuerzas como su propio peso, otros pesos (cargas), fuerzas de inercia (al acelerar o frenar), la fuerza del viento, del agua, etc. sin romperse ni conformarse excesivamente.

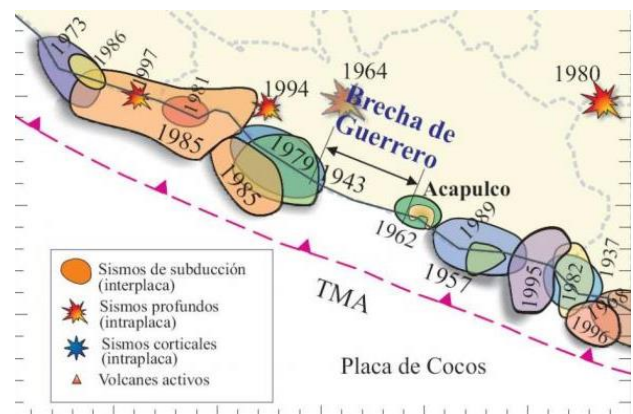
Es importante especificar que una falla no necesariamente significa colapso total, el término puede dársele a una limitación, como cuando una construcción no puede desempeñarse de acuerdo con la intención propuesta.

## Objetivos

- El comportamiento de las estructuras ante los sismos de mediana y alta escala en la región Acapulco y las condiciones en las que se encuentran las edificaciones.
- Clasificar las causas y los tipos de falla o daños encontrados en las instituciones educativas del municipio de Acapulco.
- Proporcionar ubicación, nombre de los planteles y gravedad de los daños encontrados en cada una de las instituciones educativas visitadas para facilitar rápida atención y mejoramiento (en caso de ser necesario).

## Actividad sísmica regional (estado de Guerrero)

En el estado de Guerrero se registra alrededor del 25% de la sismicidad que ocurre en el territorio mexicano. Esto se debe a la subducción de la Placa de Cocos (placa oceánica) por debajo de la Placa Norteamericana (placa continental) la cual pasa por el territorio que comprende al municipio de Acapulco, Guerrero. El contacto de estas dos placas tectónicas ocurre frente a las costas del Pacífico, desde el Estado de Jalisco, hasta Chiapas. Algunos de los sismos importantes que han ocurrido en el estado de Guerrero, por mencionar algunos, son el famoso Sismo del Ángel del 28 de junio de 1957 de magnitud 7.5, y el Sismo de Petatlán del 14 de marzo de 1979 con magnitud de 7.6.



**Figura 1** Ubicación de la Placa de Cocos en el estado de Guerrero

## Problemática de las edificaciones tipo 1 en el estado de Guerrero (descripción de las fallas)

Un problema que se ha presentado de manera continua en escuelas es el agrietamiento en lozas y trabes, la trasmisión de fluidos y la corrosión del acero, también se puede presentar en algunos casos la habilitación de edificaciones, es decir, de tipo 1 pasan a ser tipo 2, lo que provoca fallas en las estructuras al agregarle peso para el que no está diseñada dicha edificación. Otras de las causas de las fallas estructurales pueden ser:

- La mala ejecución de una obra, la negligencia al construir aulas de dos o más niveles cuando su diseño es solo para uno.
- El uso de materiales de construcción de mala calidad para reducir gastos.

- Las estructuras sufren daños considerables debido a la brisa marina, esto debido a que esta contiene un alto grado de salinidad.



**Figura 2** Corrosión de acero



**Figura 3** Agrietamiento en trabe



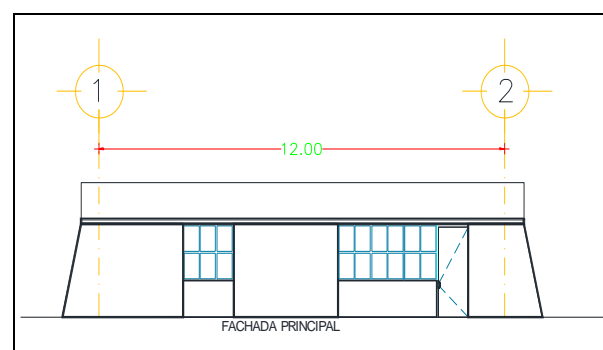
**Figura 4** Agrietamiento en muros

## Metodología

Nos enfocamos principalmente en Acapulco debido a que este es uno de los municipios más importantes del estado y de el país, tanto por su turismo como por su ubicación territorial, ya que por estar situado sobre dos placas tectónicas y estar rodeado de playas, puede llegar a sufrir daños muy considerables con los sismos de grande y pequeña magnitud, considerando un posible daño mayor con sus réplicas y consecuencias desastrosas como tsunamis. En colaboración con IGIFE (Instituto Guerrerense de la Infraestructura Física Educativa) se revisaron alrededor de 320 escuelas, entre preescolares, primarias y secundarias, las cuales están asociadas al programa “ESCUELAS AL CIEN”.

## Modelo de edificaciones evaluadas

Las escuelas a evaluar son todas pertenecientes al grupo A.



**Figura 5** Tipo de edificaciones

## Visita a cada institución educativa asociada al programa

Se realizaron visitas técnicas a cada escuela de la cual se tenía registro, con dos propósitos, el primero fue con el fin de verificar el cumplimiento y ejecuciones de obra que se le fue proporcionado a cada escuela, y el segundo y más importante, realizar una evaluación estructural en construcciones del grupo 1 y aulas atípicas.





**Figura 6** Visita de evaluación y supervisión

### Evaluación de las instalaciones educativas

Se llevó a cabo la inspección visual, la cual comprende las evaluaciones de los elementos estructurales a cada escuela con la autorización de los directivos encargados de cada una, permitiendo el acceso a cada edificación para realizar la revisión de sus columnas, muros, travesaños y azoteas.



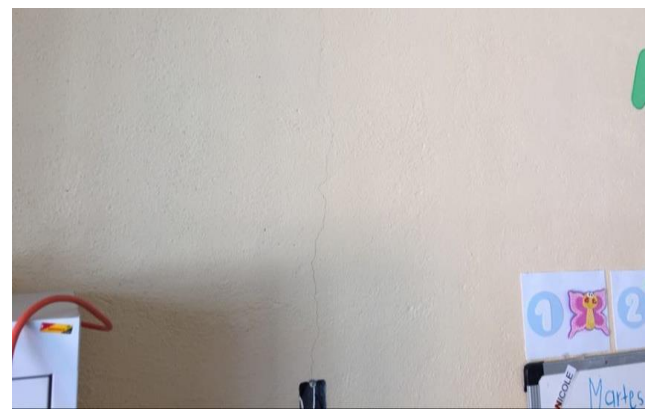
**Figura 7** Valoración de estructuras

### Resultados

De acuerdo a la valoración de 320 instituciones registradas en el programa “Escuelas al cien”, solo un preescolar con domicilio en la Col. La Laja, Calle Ometepec se encontró con daños graves, motivo por el cual ya fue clausurado por protección civil, en el resto de las instituciones se encontraron los daños más comunes, como son: fisuras menores a 5 milímetros en muros y travesaños, corrosión de acero que está expuesto al aire libre, humedad en azoteas y muros.



**Figura 8** Jardín de niños Antonio I. Delgado. (clausurado por daños estructurales)



**Figura 9** Fisura en muro con un espesor de 4 mm



**Figura 9** Fisura en trabe con un espesor de 4 mm



**Figura 9** Corrosión de acero en losa



**Figura 10** Pintura descascarada en muros



**Figura 11** Humedad por filtración de agua en losa

### Agradecimiento

Damos un especial agradecimiento al Instituto Guerrerense de la Infraestructura Física Educativa (IGIFE) por todo el apoyo y las facilidades que nos brindaron para poder realizar este trabajo de investigación, el cual fue de suma importancia ya que sin la información proporcionada y por la dependencia antes mencionada no se habría concretado la investigación.

### Contribución

A la construcción y la investigación.

### Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados que se obtuvieron de la evaluación rápida a las instituciones educativas tipo 1, pertenecientes al municipio de Acapulco, asociadas al programa “ESCUELAS AL CIEN”. El comportamiento que tuvieron las estructuras después de los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017 registraron una resistencia apropiada.

En un 30% de las edificaciones se encontraron detalles como corrosión de acero en columnas, humedad en losa debido a la transmisión de agua y pintura descascarada en muros, para lo cual solo es necesario el pronto mantenimiento requerido de cada una de ellas. La institución que se encontró clausurada es necesario su demolición, debido a que sufrió daños graves y no podría dársele uso en esas condiciones. Fue de suma importancia realizar este trabajo de investigación para conocer el desempeño de las edificaciones de infraestructura educativa ante este tipo de fenómenos.

### Referencias

Aragón, J., Flores, L., y López, O. Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural.

Caracterización de las fallas estructurales no sísmicas en edificaciones.

Gama, A., Juárez, H., Gómez, A., y Arroyo, R. (2013). Avances recientes en las metodologías para la evaluación estructural de edificaciones típicas.

[https://www.researchgate.net/publication/256702802\\_Caracterizacion\\_de\\_fallas\\_estructurales\\_no\\_sismicas\\_en\\_edificaciones](https://www.researchgate.net/publication/256702802_Caracterizacion_de_fallas_estructurales_no_sismicas_en_edificaciones).

Reglamento nacional de edificaciones (RNE).

[www.google.com](http://www.google.com)

### Normas mexicanas

**NMX-AA-164-SCFI-2013** “Edificación sustentable-criterios y requerimientos ambientales mínimos”

**NMX-R-079-SCFI-2015** “Escuelas – seguridad estructural de la infraestructura física educativa”

**NMX-R-084-SCFI-2015** “Escuelas – levantamiento de datos para el diagnóstico de la infraestructura física educativa”



# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

### International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

### **Resumen (En Español, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

### **Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Civil. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

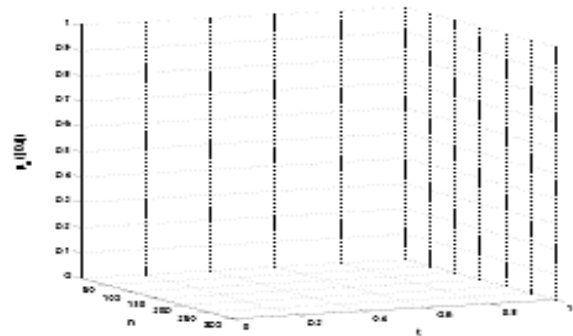
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas- Editables

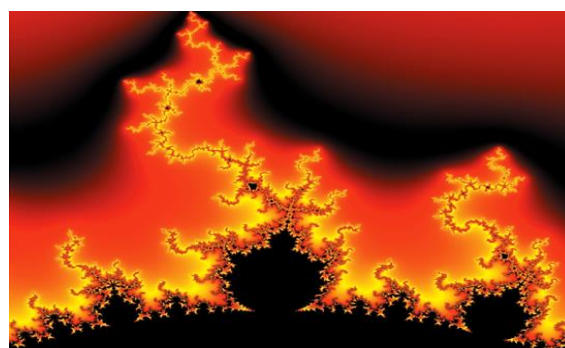
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]



**Gráfico 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

## Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

## Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Ingeniería Civil se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Civil, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

#### **Política Editorial y Administración**

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org)  
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

**Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

**Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

**Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Administración Empresarial**

REYES-VILLAGO, Angélica. BsC

**Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),sponsorships@ecorfan.org

**Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.



# Revista de Ingeniería Civil

“Módulo elástico del concreto mediante ensaye de cilindros y reglamentos de construcción”

**BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél, CASTRO-CERON, Anai, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y ARROYO-MATUS, Roberto**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Correlación de zonas con mayor amplificación sísmica respecto a zonas inundables: Caso de estudio Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”

**RENDÓN-CARRETO, Luis Manuel, GONZÁLEZ-HERRERA, Raúl, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo y SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Esfuerzo cortante de la mampostería con mortero tipo I, con piezas de tabique de barro rojo recocido procedente del municipio de Tecpán de Galeana, Gro. ”

**DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, SOLÍS-MARTÍNEZ, Jordan Ivan, JUÁREZ-LÓPEZ, Jared Heriberto y PERALTA-CATALÁN, Fausto Sebastián**

“Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco”

**ESTRADA-SALGADO, Emanuel & DELGADO-DE LA TORRE, Daniel**

