

ISSN 2523-6806

Volumen 2, Número 8 — Octubre — Diciembre - 2018



Revista de
Operaciones
Tecnológicas

ECORFAN[®]

ECORFAN-Taiwán

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

VARGAS-DELGADO, Oscar. 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 Operaciones Tecnológicas,

Volumen 2, Número 8, de Octubre a Diciembre - 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN- Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD. ISSN 2523-6806. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre del 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 Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Revista de Operaciones Tecnológicas

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 Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas.

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 Operaciones Tecnológicas es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, 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 Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas 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 Ciencias de 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 Nefthalí. 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 Operaciones Tecnológicas 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 Taiwan 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 homologo 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 Árbitros 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 Electromagnetismo , Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales , Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo presentamos *Determinación de plomo en muestras de PM2.5 obtenidas en temporada invernal en los municipios de San Francisco del Rincón, León, Celaya, Salamanca y Cortázar*, por MACÍAS-JASSO, Luz Evelia, MARES-HERNÁNDEZ, Ulises Antonio, PÉREZ-GUZMÁN, Juan Manuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier, con adscripción en la Universidad de Guadalajara, como segundo artículo presentamos *Efecto de los sistemas de producción en invernadero hidropónico y microtúneles en el rendimiento del tomate en Yucatán*, por EK UC, Azael Oseas, JIMÉNEZ-CHI, José Antonio y SERRANO-NOVELO, Eric Rafael, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Mayab, como tercer artículo presentamos *Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada*, por LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, como cuarto artículo presentamos *Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas*, por MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram, con adscripción en la Universidad de Guanajuato.

Contenido

Artículo	Página
Determinación de plomo en muestras de PM2.5 obtenidas en temporada invernal en los municipios de San Francisco del Rincón, León, Celaya, Salamanca y Cortázar MACÍAS-JASSO, Luz Evelia, MARES-HERNÁNDEZ, Ulises Antonio, PÉREZ-GUZMÁN, Juan Manuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier <i>Universidad de Guadalajara</i>	1-10
Efecto de los sistemas de producción en invernadero hidropónico y microtúneles en el rendimiento del tomate en Yucatán EK UC, Azael Oseas, JIMÉNEZ-CHI, José Antonio y SERRANO-NOVELO, Eric Rafael <i>Universidad Tecnológica del Mayab</i>	11-15
Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i>	16-21
Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram <i>Universidad de Guanajuato</i>	22-27

Determinación de plomo en muestras de PM2.5 obtenidas en temporada invernal en los municipios de San Francisco del Rincón, León, Celaya, Salamanca y Cortázar

Determination of lead in samples of PM2.5 obtained in winter season in the municipalities of San Francisco del Rincon, Leon, Celaya, Salamanca and Cortázar

MACÍAS-JASSO, Luz Evelia†, MARES-HERNÁNDEZ, Ulises Antonio*, PÉREZ-GUZMÁN, Juan Manuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier

Universidad de Guadalajara - Centro Universitario del Norte

ID 1^{er} Autor: *Luz Evelia, Macías-Jasso*

ID 1^{er} Coautor: *Ulises Antonio, Mares-Hernández*

ID 2^{do} Coautor: *Juan Manuel, Pérez-Guzmán*

ID 3^{er} Coautor: *Javier, Páramo-Vargas*

Recibido 23 de Septiembre, 2018; Aceptado 12 de Noviembre, 2018

Resumen

Se determinaron las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5) en 11 puntos estratégicos en los municipios de León, San Francisco del Rincón, Celaya, Cortázar y Salamanca, que forman parte del principal corredor industrial de Guanajuato con apoyo de la Dirección de Gestión de Calidad del Aire del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Los valores máximos de PM2.5 obtenidos fueron de 59.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para San Francisco del Rincón, 3799.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Cortázar, 73.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Salamanca, 64.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Celaya y 65.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para León. En comparación con los límites máximos permitidos por la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014, en todos los puntos de muestreo sobrepasaron dichos límites; asimismo, en relación a los valores permitidos por las Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, los valores de los municipios restantes obtenidos fueron entre 1.5 y 2.5 veces mayores; siendo León el municipio con valores más altos. En el municipio de León, se estudió la concentración de plomo, encontrando valores entre 0.4 y 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que resultaron entre 2 y 5 veces mayores a los límites establecidos en la norma oficial mexicana NOM-026-SSA1-1993.

Calidad del aire, Zona metropolitana, Plomo, Material particulado, Corredor industrial

Abstract

The concentrations of particulate material smaller than 2.5 micrometers (PM2.5) were determined in 11 strategic points in the entities of León, San Francisco del Rincón, Celaya, Cortázar and Salamanca, which are part of the main industrial corridor of Guanajuato with support of the air quality department of the Ecology Institute of the State of Guanajuato. The maximum values of PM2.5 obtained were 59.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for San Francisco del Rincón, 3799.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for Cortázar, 73.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for Salamanca, 64.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for Celaya and 65.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for León. In comparison with the maximum limits allowed by the official Mexican standard NOM-025-SSA1-2014, in all sampling points these limits were exceeded. Also, in relation to the values allowed by the World Health Organization (WHO), the values of the remaining entities obtained were between 1.5 and 2.5 times higher; being León the entity with higher values. In the entity of León, the concentration of lead was studied, finding values between 0.4 and 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, that proved between 2 and 5 times bigger than the limits established in the official Mexican standard NOM-026-SSA1-1993.

Air quality, Metropolitan area, Lead, Particulate matter, Industrial corridor

Citación: MACÍAS-JASSO, Luz Evelia, MARES-HERNÁNDEZ, Ulises Antonio, PÉREZ-GUZMÁN, Juan Manuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier. Determinación de plomo en muestras de PM2.5 obtenidas en temporada invernal en los municipios de San Francisco del Rincón, León, Celaya, Salamanca y Cortázar. *Revista de Operaciones Tecnológicas*. 2018, 2-8: 1-10

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: umares@utleon.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Uno de los temas ambientales más importantes es la contaminación atmosférica, ya que actualmente es una de las problemáticas más severas a nivel mundial (Salud, 2014); causada por la presencia de compuestos nocivos en la atmósfera, en concentraciones que pueden afectar la salud de las personas o afectar negativamente los ecosistemas. Entre algunas de las enfermedades causadas a la población por la contaminación del aire se encuentran: afectaciones al sistema respiratorio como afecciones alérgicas, asma y alteraciones de la función pulmonar (Ballester, 2005, 2009; Díaz Jiménez, Alberdi Odriozola, Montero Rubio, & Mirón Pérez, 1998).

La población infantil es la más vulnerable, debido a su sistema respiratorio inmaduro, siendo los principales problemas que presentan, mayor frecuencia de consultas, problemas asmáticos y de reducción de la función pulmonar (Ballester, 2005, 2009; Ubilla & Yohannessen, 2017). Otras poblaciones sensibles son ancianos y mujeres embarazadas.

El Instituto de Ecología del Estado (IEE), actualmente cuenta con el Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de Guanajuato (SIMEG). El cual comenzó su operación en 1999, instalándose en el municipio de Salamanca, continuando en el año 2000 en León y Celaya.

Actualmente cuenta con 18 estaciones distribuidas de la siguiente manera: Celaya (3 estaciones), Irapuato (3 estaciones), Salamanca (3 estaciones), Silao (1 estación), León (3 estaciones), San Luis de la Paz (1 estación), San Miguel de Allende (1 estación), Purísima del Rincón (1 estación), Abasolo (1 estación), Guanajuato (1 estación) (Aire, 2018). En las estaciones de monitoreo se miden los siguientes contaminantes: ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas menores a 10 micras y menores a 2.5 micras.

También se emiten algunas variables meteorológicas como: velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, radiación solar (Aire, 2018).

El comportamiento del material particulado en sus diferentes fracciones (PM_{10} y $PM_{2.5}$) se ve directamente influenciado por las diferentes temporadas del año, siendo la invernal en la que se ha registrado las concentraciones más altas, lo anterior se debe, a que existen condiciones desfavorables para la dispersión de los contaminantes en la atmósfera debido principalmente a la ausencia de corrientes de viento y temperaturas suficientes para dispersar los contaminantes en la misma. Tal condición aunado a la queda desmedida de pirotecnia y fogatas debidas a las festividades decembrinas provocan las condiciones más desfavorables de la calidad del aire en el año.

Después de realizado el muestreo y obtenidos los resultados de la cantidad de material particulado y la concentración de plomo existente en las muestras de $PM_{2.5}$, se realizó una caracterización de las partículas al respecto de concentración de plomo en esta fracción, además de la comparación con la normatividad mexicana para conocer los límites de contaminación aceptables para la población, así como una comparación con organizaciones del sector salud y la agencia de protección ambiental de Estados Unidos de América (USEPA).

La Universidad Tecnológica de León, en la época de primavera-verano del año 2013 realizó un proyecto para la determinación de plomo en el aire, en diferentes zonas del municipio de León, Gto., en esta investigación se obtuvieron resultados de plomo de entre 0.03 a $0.1 \mu g/m^3$. En invierno de los años 2012 y 2013 dicha institución realizó otra investigación, en la cual la concentración de plomo se registró de $0.57 \mu g/m^3$ en el año 2012 y $0.65 \mu g/m^3$, en el año 2013. Estos datos indican que las concentraciones de metales pesados se ven afectadas por la época del año, incrementándose en invierno (Luna, 2013).

Marco teórico

El nombre de partículas suspendidas se refiere a una diversidad de sustancias con un tamaño de diámetro (0.005- 100 micrómetros), suspendido en el aire (Ubilla & Yohannessen, 2017). Las partículas son generadas por una gran variedad de fuentes antropogénicas y naturales y pueden ser emitidas directamente a la atmósfera o formarse por la transformación de emisiones gaseosas.

Durante las últimas décadas, la calidad del aire ha mostrado una clara tendencia al deterioro, consecuentemente la salud humana y la recuperación del medio ambiente ha sido afectada debido a la presencia de contaminantes en la atmósfera. Entre estos, las partículas suspendidas que son de importancia (Manuel Romero Placeres, 2006).

La toxicidad de las partículas está determinada por sus características físicas y químicas, el tamaño de su diámetro es importante para caracterizar su comportamiento, ya que de él depende la capacidad de penetración y retención en las vías respiratorias; también determina su tiempo de residencia en la atmósfera y por ende la concentración a la que puede estar expuesta la población (P. Salvador Martínez, 2000).

Las muertes por exposición a $PM_{2.5}$ se atribuyen fundamentalmente a las enfermedades cardiovasculares y a cáncer de pulmón (alrededor de 220,000 muertes solo por esta causa. “En México la exposición a $PM_{2.5}$ en el ambiente es uno de los diez primeros factores de riesgo, en 2010 se asoció con 20,500 muertes prematuras, a nivel global la exposición a $PM_{2.5}$ en el ambiente también es uno de los diez primeros factores de riesgo, lo que traduce en 3.2 millones de muertes prematuras anuales” (Molina, 2017). Las partículas $PM_{2.5}$ tienen un mayor efecto negativo en la salud, pues por su tamaño pueden penetrar hasta los alveolos pulmonares (Mariano, 2002).

Dada la evidencia científica, a partir de 2013 la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó a la contaminación atmosférica y a las PM en ambientes exteriores como “carcinógenos humanos conocidos”.

Estableció que son una causa de cáncer de pulmón en humanos.

La gente puede estar expuesta a metales pesados a través de: respirarlo, ingerirlo o beberlo y a través del contacto con la piel. El Plomo afecta varios sistemas, por ejemplo: el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro, la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón.

La intoxicación por Plomo puede simular otras enfermedades, por ejemplo: la esclerosis, que es una enfermedad incurable muy complicada en cuanto a sus síntomas, también puede producir retardo mental y pérdida de habilidades cognitivas (G.S, 2005). En cuanto al riñón, los metales pesados a la larga van a producir daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia renal (Revilla, 2009).

Los daños producidos al medio ambiente son bastantes graves y hablando específicamente del Plomo cambia la alcalinidad del suelo (depende mucho de la concentración). También contaminan el agua y los cultivos; si la cantidad de plomo es muy alta, puede producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad y puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos afecta principalmente la fauna (Revilla, 2009).

El desarrollo económico en los últimos 50 años ha incrementado en el estado de Guanajuato, debido al crecimiento del sector industrial aunado a la actividad agrícola, beneficiando en gran medida al crecimiento poblacional; tal incremento tiene una consecuencia en el consumo de combustibles y, por lo tanto, una mayor generación de contaminantes atmosféricos. Es importante conocer los cambios que sufren las poblaciones en cuanto a tamaño, estructura de edad, sexo y otros parámetros que las definen, así como de los factores que causan esos cambios y los mecanismos por los que se producen ya que esto incide directamente en el funcionamiento de los ecosistemas urbanos de los municipios que conforman la Zona Metropolitana (ZM) (Estado, 2013).

Actualmente el crecimiento poblacional en el estado de Guanajuato ha aumentado de manera exponencial, representando así mayor exposición de la salud humana a la contaminación atmosférica que se presenta en los municipios. De acuerdo a datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la mayor cifra de población está representada por menores de 18 años siendo los niños quienes están directamente expuestos al contacto con zonas de terracería, y enfermedades severas de la vía respiratoria

Datos recabados con información del INEGI muestran la población potencialmente expuesta a las partículas suspendidas y el plomo en el aire; la tabla 1 muestra los datos de los municipios de Guanajuato relacionados con este estudio. A continuación, se muestran los datos de cada municipio a estudiar.

Municipio	Población total	Población de 0 a 14 años	Población de 60 años y más	Población de 65 años y más
Celaya	468,469	136,659	37,328	25,015
Cortázar	88,397	26,013	8,128	5,742
León	1,436,480	442,668	100,419	66,363
Salamanca	260,732	72,927	24,475	16,857
San Francisco del Rincón	113,570	36,829	9,083	6,335

Tabla 1 Población expuesta a las PM_{2.5} y plomo de Gto.
Fuente: INEGI, 2010

Uno de los principales indicadores de la calidad del aire utilizado en el estado de Guanajuato es “El monitoreo atmosférico”, ya que éste es una herramienta valiosa para la gestión e instrumentación de las acciones de prevención y control de los contaminantes presentes en la atmósfera, ante condiciones que ponen en riesgo la salud de los ciudadanos.

Cabe destacar que la interpretación del clima es importante en la distribución de la contaminación atmosférica, ya que según (Manahan, 2006) “las sustancias que tiende a ser transportadas a la atmósfera son relativamente volátiles”.

Esto se interpreta de la siguiente forma: en zonas donde se presenta mayor temperatura la contaminación aumenta y se acumula en la capa de la atmósfera por inversión térmica.

Materiales y métodos

Materiales y reactivos

El muestreo de aire para análisis de material particulado menor a 2.5 micras, se realizó, con papel filtro de celosa grado CFP1 de BIOMOLAB de México Este papel filtro viene en paquetes de 100 pzas, colocadas individualmente en porta filtros de acrílico de la misma marca BIOMOLAB de México, para su conservación.

En el análisis de plomo por espectrofotometría de absorción atómica se usó agua destilada, estándar de 1,000 ppm de plomo (+2) en HNO₃ al 0.5% (v/v) de marca KARAL, ácido clorhídrico con una pureza del 37.5% marca KEM y ácido nítrico con una pureza del 65%, marca Golden Bell.

Para la evaluación de la contaminación del aire, se realizó la determinación cuantitativa del material particulado a través de la diferencia de peso; técnica conocida como “gravimetría”. Posteriormente se realizó el análisis de plomo en el aire, en muestras de los municipios de León, Salamanca, Celaya, Cortázar y San Francisco del Rincón, usando un método de digestión ácida y posterior utilización del espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Equipo

El peso de los filtros antes y después del muestreo fue tomado por una balanza analítica de precisión marca VELAB con sensibilidad de 0.1mg y un tiempo de estabilización menor a 8 segundos.

El material particulado (PM_{2.5}) fue tomado con el equipo PQ200 ambient air particulate sampler, muestreador portátil para, para partículas suspendidas totales (TSP), material particulado de 10 micras de diámetro (PM₁₀), material particulado de 2.5 micras de diámetro (PM_{2.5}), PM Coarse y material particulado de 1 micra de diámetro (PM₁). modelo WALTHAM,MA.02451, marca BGI, INC., útil para medir.

Los análisis de plomo, se realizaron con el equipo de Absorción Atómica de la Universidad Tecnológica de León modelo “SpectrAA-110/220/880”, marca VARIAN.

Metodologías de análisis

La determinación del material particulado PM_{2.5}, se realizó con el método gravimétrico comenzando con el registro del peso inicial de cada uno de los filtros que serían utilizados en el muestreo, los cuales se conservaron dentro de los porta filtros, se trasladaron a cada uno de los sitios de monitoreo para que se utilizaran de acuerdo a las fechas y especificaciones señaladas por el Instituto de Ecología.

Se colocó el filtro en el equipo Muestreador portátil PQ200 ubicado en la parte alta de cada uno de los sitios seleccionados y se mantuvieron ahí colectando muestra desde las 0:00 hasta las 23:59H en 8 diferentes días a lo largo de 4 semanas. Una vez realizado el muestreo, el filtro se colocó en su porta filtro correspondiente para evitar pérdida de muestra durante el traslado del mismo, posteriormente se llevaron al Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato para su registro de peso final y análisis gravimétrico. Finalmente se trasladaron los filtros a las instalaciones de la Universidad Tecnológica de León para su análisis de plomo.

En relación al plomo, para obtener la muestra de análisis se cortó 1cm² del filtro usado en el muestreo y se digestó en un vaso de precipitado agregando 25ml de agua desionizada, 3ml de HNO₃ y 2ml de HCl, en parrilla eléctrica a una temperatura aproximada de 150°C. La muestra digestada se analizó por espectrofotometría de absorción atómica (Ojeda 1994).

Muestreo

El muestreo de aire se realizó en 5 puntos distintos del estado de Guanajuato, ubicados en los municipios de León, Celaya, Salamanca, San Francisco del Rincón y Cortázar, los cuales son parte del corredor industrial del estado de Guanajuato.

Cabe destacar que los filtros del municipio de Cortázar presentaron daños en al menos una de sus esquinas, por lo cual la correcta cuantificación de material particulado no pudo llevarse a cabo. A continuación, se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo.

No. sitio	Municipio	Ubicación
1	León	21°06'06.22"N 101° 38' 04.59"O
2	Celaya	20°31'05.99"N 100° 48' 58.02"O
3	Salamanca	20°34'57.85"N 101° 11' 51.05"O
4	San Francisco del Rincón	21°02'08.16"N 101° 52' 06.15"O
5	Cortázar	20°28'59.19"N 100° 57' 50.46"O

Tabla2 Ubicación geográfica de los sitios de monitoreo. Google Earth, Fuente: INEGI 2018

Los muestreos se llevaron a cabo en 8 diferentes días, a lo largo de 4 semanas desde las 0:00 hasta las 23:59 h. La tabla 3, muestra la información de los diferentes días en los que se colocó y retiro el filtro utilizado para la recolección de muestra.

Noviembre						
Lun es	Mart es	Miércoles	Juev es	Viern es	Sába do	Domin go
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			
Diciembre						
Lun es	Mart es	Miércoles	Juev es	Viern es	Sába do	Domin go
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15		

	Día de colocación de filtro
	Día de muestreo
	Día de retiro de filtro
	Día de retiro y colocación de filtro

Tabla 3 Fechas de muestreo establecidas por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, para los 5 municipios a estudiar

Resultados

La concentración de material particulado PM_{2.5} se calculó usando la siguiente ecuación (Ojeda B. & Bernal, 1989).

$$PM_{2.5} \mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{(Wf - Wi)(1 \times 10^6)}{Vstd} \quad (1)$$

Dónde: (PM_{2.5}) es la concentración de la masa de material particulado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (Wi) es el peso inicial de la recogida de filtro PM_{2.5} en g, (Wf) es el peso final de la recogida de filtro PM_{2.5} en g, (1X10⁶) es la conversión de g a μg y (Vstd) es el total de aire muestreado en unidades de volumen estándar m³

La figura 1, muestra los diferentes niveles de concentración de material particulado PM_{2.5} de los municipios muestreados, junto con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Salud, 2005) y la (NOM-025-SSA1-2014, 2014)

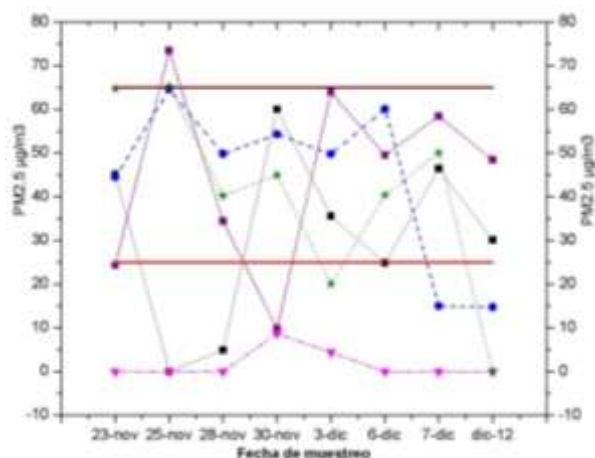


Figura 1 Concentración de material particulado $PM_{2.5}$, simbología:



La figura 1 muestra los niveles de contaminación por $PM_{2.5}$ en los municipios de León, Salamanca, Cortázar, Celaya y San Francisco del Rincón, se presenta una concentración considerablemente alta de material particulado en la calidad del aire de estos municipios, presentándose desde los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta $73.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acuerdo a la normatividad mexicana el material particulado excede los $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos como límite máximo en la norma oficial mexicana 026 relacionada (NOM-026-SSA1-1993, 1993). Considerando el valor límite establecido por la Organización Mundial de la Salud el $PM_{2.5}$ se presenta entre 1.5 y 2.5 veces mayor a las recomendaciones de dicha organización. Esto indica que la población guajuatense está expuesta de manera preocupante.

La figura 2 muestra que el municipio que presenta mayor contaminación por material particulado es León. Los datos gráficos obtenidos del municipio de Cortázar, no se tomarán en cuenta para esta comparación, por daños presentados en los filtros que afectaron el peso de los mismos. Se estima que parte de las $PM_{2.5}$ cuantificadas en esta investigación pueden provenir directamente del tipo de suelo que corresponde a cada municipio, ya que en casi todos los municipios predomina el Vertisol pelico y el Feozem Háplico, suelos que contienen una textura fina y que es fácilmente volátil (Geografía, 1998).

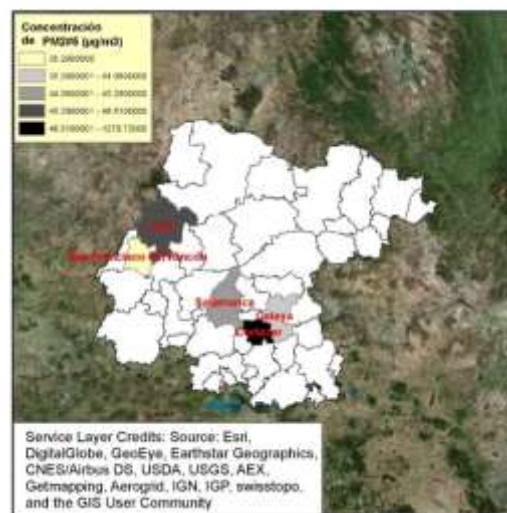


Figura 2 Niveles de concentración de $PM_{2.5}$ en San Francisco del Rincón, León, Salamanca, Cortázar y Celaya

La concentración de plomo se calculó usando la siguiente ecuación:

$$\text{Plomo en } \mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{[(Ct - Cb) * Va] * \left(\frac{Af}{At}\right)}{Vstd} \quad (2)$$

Dónde: (Af) es el área total del filtro cm^2 , (At) es el área del filtro tomada para la digestión ácida cm^2 , (Va) es el volumen de aforación (mL), (Cb) es la concentración en mg/L del blanco, (Ct) es la concentración en mg/L de la muestra y ($Vstd$) es el volumen de aire muestreado. Las concentraciones de plomo de los diferentes municipios muestreados se presentan en la figura 3, junto con la referencia de los límites máximos permisibles establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Agency, 2016) y la (NOM-026-SSA1-1993, 1993)

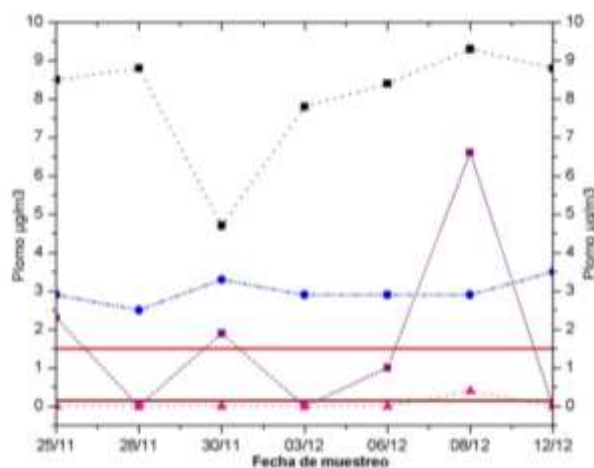


Figura 3 Concentración de plomo en el aire, simbología:



Respecto a la concentración de plomo en el municipio de Cortázar, no fue detectado, por problemas con los filtros.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993, el plomo excede los límites entre 2 y 5 veces la norma, presentándose concentraciones de entre 0.4 y 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Comparando con información del año 2012 y 2013 (Luna, 2013), quien reporto concentraciones de plomo de 0.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2012 y 0.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2013, sus valores han aumentado considerablemente, esto se relaciona con el desarrollo y aumento de la actividad industrial en los municipios estudiados. Un factor importante relacionado con la problemática de contaminación de aire por plomo, es la direccionalidad del viento, pues mueve estos contaminantes de las zonas industriales ubicadas fuera de los límites de las ciudades, hacia ellas.

La figura 4, muestra que el municipio que presenta mayor contaminación por plomo es Salamanca.

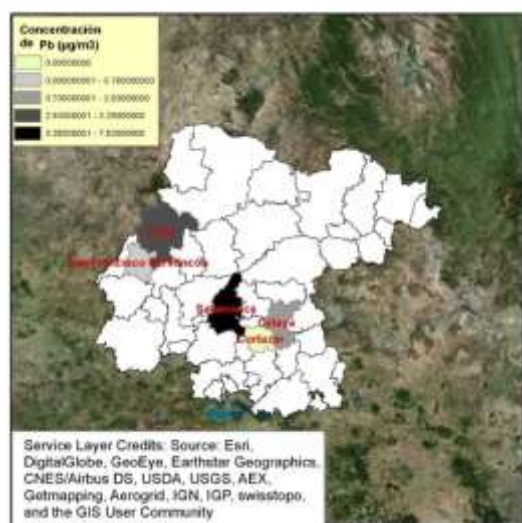


Figura 4 Comparación de niveles de concentración de plomo en San Francisco del Rincón, León, Salamanca, Cortázar y Celaya.

Conclusiones

La composición química del material particulado varía mucho, dependiendo fundamentalmente de la fuente generadora. Las emisiones procedentes de las zonas industriales contienen diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos, encontrándose dentro de estos los compuestos de plomo (Molina, 2017). En los municipios estudiados, es claro que el desarrollo industrial y poblacional, influye en los diferentes contaminantes y concentraciones de los mismos en el aire; siendo León, el municipio con mayor índice de crecimiento el que presentó mayor contaminación por $\text{PM}_{2.5}$.

Las concentraciones de material particulado PM_{10} , incluyen el $\text{PM}_{2.5}$. De acuerdo al Sistema Estatal de Información de la Calidad del Aire (SEICA), en las estaciones de monitoreo se registran datos de las concentraciones de material particulado de 10 micras. La comparación de los datos históricos del SEICA registraron entre 2015 y 2017 un aumento de entre 3 a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (comparación de datos históricos recabados); con intervalos promedio de: 45 a 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} para León, de 39 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} para Salamanca y de 49 a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} para Celaya.

El aumento de PM_{10} , implica el aumento de $\text{PM}_{2.5}$, dada la relación entre ambos tipos de partículas.

En comparación con estados que presentan desarrollos industriales importantes se destaca: en el año 2017 la zona metropolitana tapatía que comprende 8 municipios (Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El salto, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos), tuvo 56 veces la implementación de medidas frente a contingencias ambientales, valor superior al 2016 donde hubo 35 ocasiones. En estas condiciones de contingencia, el índice IMECA de PM_{10} superaban los 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas suspendidas PM_{10} (Excelsior, 2018). Un análisis de la OMS sobre la calidad del aire en distintas ciudades de la República Mexicana, determinó que la ciudad más contaminada de México es Monterrey, como se muestra en la tabla 4, que contiene información estadística del año 2011 con excepción de la Ciudad de México, para la cual se usó datos del 2014 (Financiero, 2018).

Ciudad	PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{2.5}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monterrey	86	36
Toluca	80	33
Salamanca	60	28
León	58	27
Irapuato	55	26
Silao	51	24
Ciudad de México	42	20

Tabla 4 Material particulado de acuerdo a análisis de la OMS

En relación al plomo el municipio que presentó con la concentración más alta en las muestras de $PM_{2.5}$ fue Salamanca, esto presumiblemente debido a su alto desarrollo industrial, que incluso a diferencia del municipio de León, el cual presenta menor crecimiento poblacional pero una zona industrial más desarrollada.

Comparando las concentraciones obtenidas en esos estudios, a través de 5 años se observa un incremento en el municipio de León de $2.32 \mu g/m^3$ en promedio.

Lo cual significa un aumento del 356% de la concentración de plomo.

Los resultados muestran que las concentraciones de plomo y de material particulado no están correlacionados proporcionalmente, pues en algunas muestras se dan concentraciones altas de material particulado, con concentraciones bajas de plomo y viceversa, debido a la diversidad de fuentes de las que son origen. La presencia de plomo en el aire, puede deberse a las actividades industriales presentes en el sitio de monitoreo en zonas aledañas a la mancha urbana; cuyos contaminantes pueden ser transportados por el viento. Un ejemplo de lo anterior, es el caso del municipio de Salamanca cuyos vientos de acuerdo a la Fundación Guanajuato Produce A.C (FGP) se mueven la mayor parte del año (datos de 2015 a 2017), de Este a Oeste en temporada invernal y de lluvias y en sentido Oeste a Este en temporada cálida; existiendo fuentes fijas de plomo en los municipios de Irapuato y Villagrán, ubicados en estas direcciones, como lo muestra la figura 5.

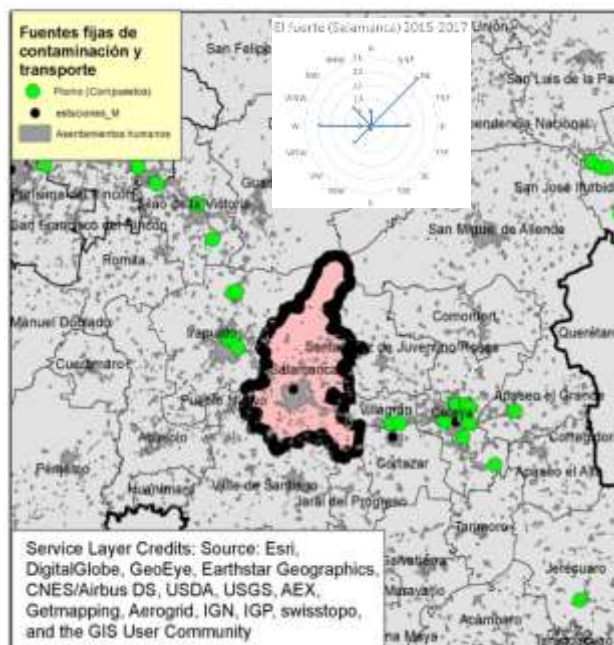


Figura 5 Fuentes fijas de plomo en Salamanca, Gto. FGP

El municipio de León en su caso, mostró vientos dominantes de suroeste a noreste la mayor parte del año (datos 2015 a 2017), situando las fuentes fijas de plomo al costado de la estación de monitoreo, por lo cual, las concentraciones de plomo no se registran adecuadamente como lo muestra la figura 6.

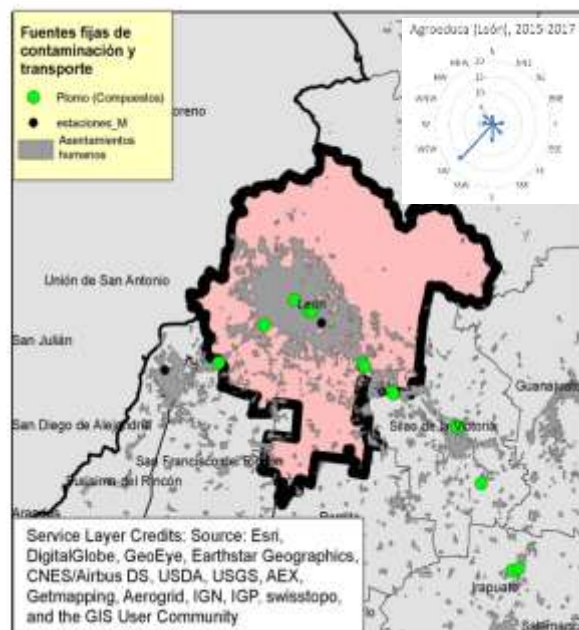


Figura 6 Fuentes fijas de plomo en León, Gto. FGP

Los resultados obtenidos en este estudio y algunos referidos en este trabajo, muestran que es recomendable el que se analice de modo continuo las concentraciones de material particulado y de plomo.

En el caso del plomo es recomendable el realizar estudios estacionales, para tratar de identificar comportamientos cíclicos y establecer correlaciones con posibles causas y efectos en la población y el medio (Ojeda B. & Bernal, 1989; Pineda-Martínez, Carbajal, Campos-Ramos, Aragón-Piña, & García, 2014)

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica de León y a la Dirección de la Gestión de Calidad del Aire del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, por su apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias

- Agency, U. S. E. P. (2016). *criteria air pollutants*.
- Aguilar, C. P. y. Ó. (2016). Guanajuato aparece entre los más contaminados por su buen monitoreo del aire: Gobernador. *Sin Embargo periodismo digital*.
- Aire, S. E. d. I. d. I. C. d. (2018). *Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire*.
- Ballester, F. (2005). Vigilancia de riesgos ambientales en Salud Pública. El caso de la contaminación atmosférica. *Gaceta Sanitaria*, 19(3), 253-257. doi: <https://doi.org/10.1157/13075960>
- Ballester, F. (2009). Comentario. Contaminación atmosférica y salud: acción estratégica en salud pública. *Gaceta Sanitaria*, 23(3), 198-199. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2009.03.001>
- Díaz Jiménez, J., Alberdi Odriozola, J. C., Montero Rubio, J. C., & Mirón Pérez, I. J. (1998). Asociación entre la contaminación atmosférica por dióxido de azufre y partículas totales en suspensión y la mortalidad diaria en la ciudad de Madrid (1986–1992). *Gaceta Sanitaria*, 12(5), 207-215. doi: [https://doi.org/10.1016/S0213-9111\(98\)76474-X](https://doi.org/10.1016/S0213-9111(98)76474-X)
- Estado, I. d. E. d. (2013). <Programa de gestión para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana de León.pdf>.
- Excelsior. (2018). *Zona Metropolitana de Guadalajara vive 2017 en contingencias ambientales*.
- Financiero, E. (2018). *Monterrey, la ciudad más contaminada*.
- G.S, S. (2005). *Fundamentals concepts of environmental chemistry*. India: Alpha Science.
- Geografía, I. N. d. E. y. (1998). *Diccionario de datos edafológicos*.
- Luna, A. B. (2013). *Diagnóstico de la concentración de metales pesados Cromo, Cadmio, Plomo y Zinc en dos sitios de monitoreo en el aire de la ciudad de León, Guanajuato en la época primavera-verano durante el período abril-agosto*. Universidad Tecnológica de León.
- Manahan, S. E. (2006). *Introducción a la química ambiental*. México: Reverté.
- Manuel Romero Placeres, F. D. O. y. M. Á. T. (2006). <La contaminación del aire, su repercusión como problema de salud.pdf>. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(0253-1751).
- Mariano, S. C. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica. Problemas, tratamiento y gestión*. España: MUNDI-PRENSA.
- Molina, M. (2017). *Implicaciones de la contaminación atmosférica para la salud en la Zona Metropolitana del Valle de México y los beneficios potenciales de aplicar medidas de control*.
- NOM-025-SSA1-2014. (2014). <NOM-025-SSA1-2014 Valores límite permisibles para concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.> Retrieved from <http://siga.jalisco.gob.mx/aire/normas/NOM-025-SSA1-2014.pdf>.
- NOM-026-SSA1-1993. (1993). *Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993 criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*. Retrieved from <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/026ssa13.html>.

Ojeda B., E. O., & Bernal, J. R. (1989). Evaluación de los niveles de contaminación por plomo en el aire, a partir de las muestras obtenidas en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá. [ingeniería colombiana; contaminación; análisis del plomo]. *1989(18)*, 9.

P. Salvador Martínez, B. A. R. d. T. (2000). <Evaluación de la Contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión en las redes de calidad del aire de la comunidad de Madrid.pdf>. *Informes Técnicos Ciemat*, 921.

Pineda-Martínez, L. F., Carbajal, N., Campos-Ramos, A., Aragón-Piña, A., & García, A. R. (2014). Dispersion of atmospheric coarse particulate matter in the San Luis Potosí, Mexico, urban area. *Atmósfera*, 27(1), 5-19. doi: [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(14\)71097-5](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(14)71097-5)

Revilla, C. P. E. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica SCEN*, 12.

Salud, O. M. d. I. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Salud, O. M. d. I. (2014). La OMS alerta del aumento de la contaminación ambiental en las ciudades.

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EFECTOS EN LA SALUD RESPIRATORIA EN EL NIÑO. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>

Efecto de los sistemas de producción en invernadero hidropónico y microtúneles en el rendimiento del tomate en Yucatán

Effect of hydroponic greenhouse and microtunnel production systems on tomato yield in Yucatan

EK UC, Azael Oseas†, JIMÉNEZ-CHI, José Antonio* y SERRANO-NOVELO, Eric Rafael

Universidad Tecnológica del Mayab. Inicio, Carretera Federal Peto-Santa Rosa, km 5. Peto, Yucatán. CP: 97930

ID 1^{er} Autor: *Azael Oseas, Ek Uc* / ORC ID: 0000-0003-1963-7741, CVU CONACYT ID: 939309

ID 1^{er} Coautor: *José Antonio, Jiménez-Chi* / ORC ID: 0000-0002-5492-9291, CVU CONACYT ID: 171779

ID 2^{do} Coautor: *Eric Rafael, Serrano-Novelo*

Recibido 25 de Septiembre, 2018; Aceptado 10 de Noviembre, 2018

Resumen

En el estado de Yucatán la producción de tomate, no es considerada de gran importancia, porque los productores lo consideran como un cultivo complicado para su manejo. Pero en la actualidad a nivel mundial existe el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agropecuario que tiene como objetivo fundamental aumentar el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de los productos. Estas tecnologías se están utilizando actualmente en el estado de Yucatán para la producción de tomate saladet. Se realizó la comparación de un sistema de producción y microtúnel y en invernadero hidropónico. El cultivo fue tomate de una variedad determinada. En los dos sistemas de producción agrícola no hubo diferencias significativas, aunque se esperaba mejores resultados en el sistema de invernadero hidropónico. La variedad pudo haber influenciado, porque hasta el momento solo se ha probado a cielo abierto. También se registraron temperaturas mayores a los 35°C las cuales no son ideales para el cultivo de tomate en invernadero. Sin embargo, los resultados obtenidos son satisfactorios, porque sobrepasan los rendimientos reportados en Yucatán de 12 ton/ha. El mayor rendimiento fue de 60.1 ton/ha.

Hidropónico, Invernadero, Rendimiento, Microtúnel

Abstract

In the state of Yucatan, the production of tomato is not considered very important because the farmers think that is a very complicated crop to handle. Now days exist new technologies developed around the world in the agricultural sector that has the fundamental purpose to increase the performance of the superficial unit and the product's quality. These technologies are being used in the state of Yucatan to produce the saladet type of tomatoes. The comparison was taken between a micro tunnel type of production and a hydroponic greenhouse. The cultivation was tomato out of some variety type. Between the two systems was not found a significant difference, although was expected better results in the hydroponic greenhouse system. Maybe the variety has to do with the results, because at the moment only has been tested in open sky. Also, is important to mention that was registered temperatures up to 40 degrees which are not ideal for the cultivation of tomato inside a hydroponic greenhouse. Nevertheless, the results obtained were satisfactory, because overpassed the reported results 12 tones for each acre. The major performance obtained was 60.1 tons for each acre.

Hydroponic, Greenhouse, Performance, Micro tunnel

Citación: EK UC, Azael Oseas, JIMÉNEZ-CHI, José Antonio y SERRANO-NOVELO, Eric Rafael. Efecto de los sistemas de producción en invernadero hidropónico y microtúneles en el rendimiento del tomate en Yucatán. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-8: 11-15

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jsejimenez@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

A nivel mundial el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agropecuario tiene como objetivo fundamental aumentar el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de los productos. En México el reto es generar tecnologías de producción que se adecuen a las condiciones actuales de las diferentes regiones del país y que sean factibles de ser llevadas a la práctica por la mayoría de los productores.

Por el alto rendimiento, calidad e inocuidad de los productos que se obtienen, la agricultura protegida está siendo usada cada vez más para producir hortalizas de alto valor a escala mundial. Entre las principales tecnologías que comprende destacan los invernaderos y la hidroponía. En conjunto ambas permiten un alto grado de control y manejo de los factores limitantes de la producción; sin embargo, debido a la alta inversión de su implementación, se restringen al cultivo de especies de alto valor comercial cuya rentabilidad económica esté comprobada (Sánchez *et al.*, 1991).

En el estado de Yucatán la producción de tomate, no es considerada de gran importancia, porque los productores lo consideran como un cultivo complicado para su manejo, en el 2017 se obtuvo una producción de 1,175.15 toneladas con un rendimiento de 14.9 t ha⁻¹, la superficie cultivada fue de 110 ha-1 (SIAP, 2016).

Actualmente los productores del sur de estado de Yucatán, están empezado a cultivar tomate con sistema de microtúneles y son pocos los que producen bajo invernadero, por la falta de estructuras y conocimiento de su manejo en sistemas protegidos. Con el uso de los microtúneles los productores ha incrementando hasta el doble del rendimiento utilizando los microtúneles obteniendo hasta un promedio de 39.2 ton/ha-1 (Ek, 2017).

El objetivo del presente trabajo es para promover la implementación de nuevas tecnologías en el estado, para incrementar los rendimientos y solucionar problemas de las altas precipitaciones, alta temperatura y humedad relativa, al igual que la protección ante las plagas y enfermedades.

Problemática

En la península de Yucatán la producción agrícola en sistemas protegidos no es relevante. Entre los principales los factores que influye es la falta de conocimiento y el manejo de las plantas dentro estos sistemas. En Yucatán el uso de sistemas protegidos es de un 30%, y gran porcentaje es para la producción principal de chile habanero. Otras hortalizas que se producen para interés comercial y para empresas restauranteras está el pepino, pimienta y tomates cherrys.

El tomate es una hortaliza que no es producida con frecuencia en la península, en Yucatán sólo se produce en el periodo septiembre-abril por las altas temperaturas que existen el estado. Otras razones por la cual los productores yucatecos no producen tomate es por la falta de información sobre el manejo de las principales plagas (*Bemisia tabaci* Genn., *Myzus persicae*, *Liriomyza* spp.), enfermedades (*Fusarium oxysporum* f., *Alternaria solani* sp., *Phytophthora infestans*) y los factores climáticos que afectan el cultivo. En la actualidad en el sur del estado se ha implementado nuevas técnicas para el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, la protección de los cultivos se ha convertido en una necesidad, por lo que se recomienda la implementación de estructuras para mejorar la producción agrícola en el estado. Sin embargo, la lucha para dar conocer estos sistemas es complicado, porque muchos de los productores no cuentan con los recursos para implementar un invernadero, ya que su costo es elevado, pero con este proyecto se puede dar conocer los resultados para gestionar e implementar algún sistema de producción protegido.

Descripción del método

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica del Mayab, ubicada en carretera federal Peto- Santa Rosa km 5 Peto, Yucatán. La Universidad Tecnológica del Mayab se encuentra en el municipio de Peto, ubicada a 180 km de la ciudad de Mérida, capital del estado, al sur de Yucatán; comprendido entre los paralelos 19° 47' y 20° 19' de latitud norte y los meridianos 88° 35' y 88° 59' de longitud oeste; posee una altura promedio de 35 msnm.

Limita al norte con Yaxcabá – Tahdziú; al sur con el estado de Quintana Roo; al este con Chikindzonot y al oeste con Tzucacab. La superficie es plana, clasificada como llanura de barrera con piso rocoso o cementado, complejo. No existen corrientes superficiales de agua. Sin embargo, en el subsuelo se forman depósitos comúnmente conocidos como cenotes.

Respecto al clima, la región está clasificada como cálida sub-húmeda, con lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual es de 26.4 °C. y su precipitación pluvial media anual de 82.9 milímetros. Los vientos dominantes provienen en dirección sureste-noreste. Está constituido por terrenos de la era terciaria. Estos son permeables y altos en materiales consolidados, sub-explotados.

La composición de suelo corresponde al tipo luvisol.

Implementación del cultivo

La preparación de los sistemas para la siembra consistió en los siguientes pasos:

a) Preparación del invernadero: Se quitó todo el material vegetativo dentro del invernadero, posteriormente se limpiaron todas las canaletas donde se colocan los sustratos. También se limpiaron las piquetas del sistema de riego para remover todo el residuo de fertilizante. Después se desinfectó dentro del invernadero con una motobomba aplicando 1 gr/L de agua de detergente, 2 ml/L de agua de cloro, 1 gr/L de agua de oxiclورو de cobre y 1 ml/L de agua de Imidacloprid, es con el fin de acabar con plagas y enfermedades dentro del invernadero.

b) Instalación y preparación del sustrato: El invernadero que se utilizó fue de 1200 m² y se utilizaron 672 tablas de sustrato de fibra de coco. Se hidrató el sustrato y posteriormente se lavó para quitar todo el residuo para evitar problemas al cultivo. Luego se le hizo cuatro huecos al sustrato para la siembra. En total el invernadero llevó 2600 plantas de tomate.

c) Limpieza del terreno: se eliminaron de manera manual las malezas, piedras y restos de maderas que no se quemaron por completo. Todos los residuos fueron depositados fuera del área del experimento. Al terminar la limpieza se prosiguió a la medición de donde se ubicarían las parcelas experimentales.

d) Medición de las camas de cultivo y labranza: se midió el terreno y se determinaron los surcos que se utilizarían, la distancia entre surco fue de 1.5 m, tomando en cuenta esta medida para la instalación de los microtúneles. Posteriormente se aró sólo las camas donde se sembró las plantas de chile habanero. Se utilizó un motocultor para la remoción del suelo.

e) Instalación del sistema de riego: para el riego se utilizó un sistema por goteo con emisores cada 20 cm, que se adaptaron a una tubería principal de 1.5” pulgadas, las líneas regantes (cintillas) se ubicaron a una distancia de 1.5m una de otra.

f) Instalación de los microtúneles: se utilizó un sistema de agricultura protegida por medio de microtúneles, para construir el sistema se utilizó poliducto de ½ pulgada, con 1.8 m de largo para los arcos, la distancia entre cama de siembra fue de 1.5 m para la facilitar la instalación de los microtúneles. La distancia entre cada arco fue de 2.5 m, se utilizó rafia tomatera para el soporte de las mallas en los microtúneles.

g) Siembra: La siembra en el sistema de microtúneles fue en el periodo Octubre 2016-Enero 2017. La superficie sembrada fue 1400 m² la distancia de siembra fue de 40 cm y en total se sembró 2000 plántulas. El manejo agronómico fue de manera integrada llevando un manejo tecnificado para disminuir el uso de los insecticidas y promover el uso de los biofertilizantes. Se utilizó una fertilización balanceado aplicado por medio de fertirriego con un inyector de Venturi, el tratamiento de fertilización utilizado fue 100-175-100 kg/ha-1 de N, P y K, dicho tratamiento fue ajustado tomando en cuenta el análisis de suelo y agua.

La siembra en el invernadero fue en el periodo Noviembre 2017-Marzo 2018 y se utilizó la solución nutritiva por Steiner....

Variables evaluadas

Las variables consideradas en el presente trabajo se presentan a continuación:

- Altura de la planta: Con una cinta métrica se midió la altura en cm cada semana a partir de la base del tallo hasta la parte superior de la planta desde el momento del trasplante.

- Peso del fruto: Peso promedio (gr) del fruto por cada sistema de producción.
- Producción por planta: Peso promedio (kg) del fruto por planta.
- Rendimiento: Peso promedio (kg) del fruto por sistema de producción.

Se realizó el análisis de varianza y la comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) para determinar el mejor tratamiento.

Resultados

Se realizaron dos sistemas de producción en el cultivo de tomate, el primero fue en el periodo Octubre 2016-Enero 2017, con un sistema en microtúneles y el siguiente sistema fue en el periodo Noviembre 2017-Marzo 2018, el cual fue en el invernadero con sistema hidropónico. También se tomó en consideración un Testigo, el cual consistió en sistema tradicional empleado por los agricultores de la región. En la variable altura de la planta si hubo diferencia significativa en los sistemas de producción evaluados (Figura 1).

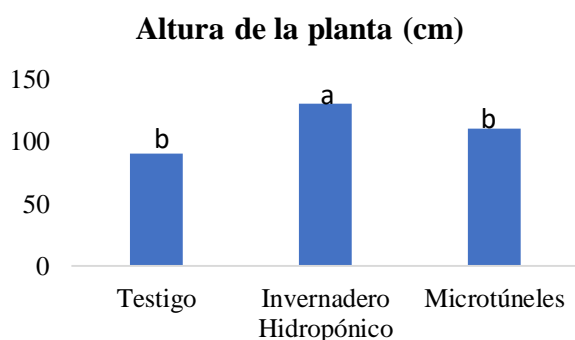


Figura 1 Altura promedio de la planta de tomate saladet con diferentes sistemas de producción
Fuente: (Tukey $P \leq 0.05$)

El sistema de producción en invernadero hidropónico fue el que obtuvo mayor altura en comparación con los demás sistemas, obteniendo una altura promedio de 118.5 m.

Arkebauer *et al.* (1994) indicaron que las plantas desarrolladas en invernadero o en otros espacios con proporciones elevadas de radiación difusa, son las que tienen mayor eficiencia en el uso de la radiación y esto hace que las plantas tengan mayor altura que a campo abierto. Sin embargo, la altura de la planta no siempre va relacionado con el rendimiento de producción.

En el peso del fruto también hubo diferencia significativa entre los sistemas de producción evaluados. El que tuvo mayor promedio fue los frutos cosechados dentro del invernadero con un peso promedio de 75.2 gr (Figura 2).

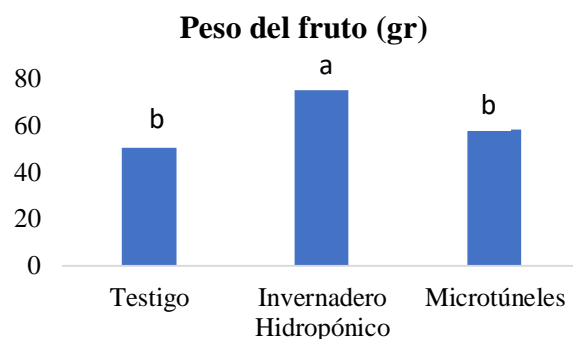


Figura 2 Peso promedio del fruto con diferentes sistemas de producción

Fuente: (Tukey $P \leq 0.05$)

Cabe mencionar que el peso promedio del fruto en el invernadero fue de las primeras cuatro cosechas, porque después de estas cosechas el tamaño del fruto fue disminuyendo. Esto se debió a la variedad de tomate Híbrido Maya sea de crecimiento determinado.

Otro factor que afectó el crecimiento de los frutos fue la temperatura, ya que crecimiento de los frutos de tomate está íntimamente relacionado con la temperatura, siendo óptimo entre 10-30 °C, aunque a partir de 26 °C reduce la tasa de crecimiento y cosecha. El promedio de temperatura durante el cultivo de tomate fue de 33 °C.

En el peso promedio de fruto por planta solo hubo diferencia mínima significativa con el testigo. En el sistema de producción en invernadero hidropónico se obtuvo un promedio de 5 kg y en microtúneles de 5.3 kg y no una diferencia mínima significativa (Figura 3).

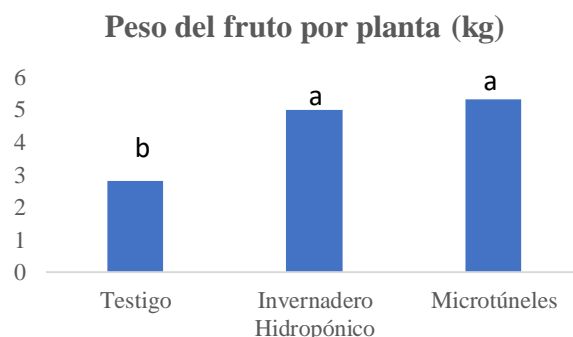


Figura 3 Peso promedio del fruto por planta con diferentes sistemas de producción

Fuente: (Tukey $P \leq 0.05$)

En el rendimiento total por cada sistema de producción no hubo diferencias significativas entre el sistema de microtúneles e invernadero hidropónico, a excepción del testigo que fue el más bajo en rendimiento (Figura 4).

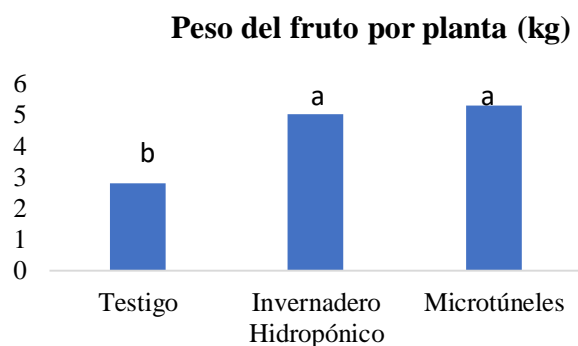


Figura 4 Rendimiento promedio en diferentes sistemas de producción

Fuente: (Tukey $P \leq 0.05$)

En el sistema de producción en invernadero hidropónico y microtúneles tuvieron un rendimiento de 5 y 5.3 ton por la superficie sembrada. En los dos sistemas no hubo diferencia entre el rendimiento. Aunque se esperaba mejores resultados en el sistema de invernadero hidropónico. Sin embargo, la variedad pudo haber sido un factor, porque esta variedad sólo se ha producido a campo abierto y en suelo. La temperatura pudo haber sido otro factor ya que en ese periodo se registraron temperaturas mayores a los 35°C las cuales no son ideales para el cultivo de tomate en invernadero, porque afectan la floración y el amarre del fruto. En el sistema de microtúneles si se obtuvieron los resultados esperados, porque se alcanzaron rendimientos mayores a los que se reportan al año, con un promedio de 60.1 ton/ha, esto es relacionado al rendimiento por la superficie sembrada en el sistema de micrótonel.

Conclusiones

Los mejores resultados se obtuvieron en el sistema de producción en microtúneles, con rendimientos mayores a los reportados en el estado de Yucatán. Y en la actualidad este método ha sido recomendado a los productores de la región sur del estado, en donde se han tenido rendimientos mayores a los obtenidos con sistema convencional. Con respecto al sistema de invernaderos se sugiere probar con variedades indeterminadas para obtener resultados mayores a los de micrótonel.

Referencias

Arkebauer T., J.; Weiss, A.; Sinclair, T. R.; Blum A. 1994. In: Defense of Radiation Use Efficiency. Agricultural and Forest Meteorology 68: 221–227.

Ek, U. A. O; Jiménez, C. J. J. A; Chi, G. M. M; Castillo, L. E. (2015). *Uso de microtúneles para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en el sur de Yucatán, México*. Memorias del segundo congreso internacional de agricultura Urbana, suburbana y Familiar, La Habana Cuba. Agrotecnia de Cuba. Vol. 39, No. 3., Pag. 71-73.

Sánchez Del C., F.; P. Espinosa R., E. Escalante R. 1991. *Producción superintensiva de jitomate en hidroponía bajo invernadero: avances de investigación*. Revista Chapingo 78:62-68.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Consultado 09-11-2010 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada

Application of the Takeda method and phase shift in the reconstruction of profiles by structured light

LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira*†, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio

Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Av. Universidad #1001, La Estación Rincón, El Potrero, 20400 Rincón de Romos, Ags

ID 1^{er} Autor: *Yadira, López-Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-9041-1908, Researcher ID Thomson: T-1555-2018, CVU CONACYT ID: 375952

ID 1^{er} Coautor: *Martín, Rodríguez-Franco* / ORC ID: 0000-0002-6804-4777, Researcher ID Thomson: T-1539-2018, CVU CONACYT ID: 660892

ID 2^{do} Coautor: *Ricardo, Jara-Ruiz* / ORC ID: 0000-0001-7725-4138, Researcher ID Thomson: T-1532-2018, CVU CONACYT ID: 630276

ID 3^{er} Coautor: *Sergio, Delgado-Guerrero* / ORC ID: 0000-0003-2521-5887, Researcher ID Thomson: V-1747-2018, CVU CONACYT ID: 240475

Recibido 18 de Septiembre, 2018; Aceptado 20 de Noviembre, 2018

Resumen

El estudio del perfil de superficies mediante técnicas ópticas, ha tenido gran aceptación en diferentes sectores, dentro de estas técnicas destacan la triangulación, microscopia confocal, deflectometría, interferometría, entre otras, cada una de ellas presenta características especiales en cuanto a resolución y dimensiones de la muestra [1], sin embargo el análisis de los datos obtenidos en cada una de estas técnicas suponen un trabajo computacional extenuante; el análisis de dichos datos puede ser analizado desde el punto de vista frecuencial o temporal. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el estudio del perfil de un objeto semi-esférico, mediante los métodos de corrimiento de fase y Takeda. Para la obtención de los interferogramas se utilizó luz estructurada incidiendo sobre el objeto a construir franjas de interferencia, sobre un plano de referencia y sobre el objeto, los interferogramas obtenidos fueron procesados en el software Matlab. Los resultados sugieren que la técnica de reconstrucción de perfil que muestra menos picos en la intensidad es la de corrimiento de fase, sin embargo, el método de Takeda también puede resultar favorable en la obtención de la superficie estudiada; la diferencia obtenida entre estas dos técnicas es de 0.0992 unidades arbitrarias de intensidad (u.a.).

Reconstrucción de superficies, Proyección de franjas, Corrimiento de fase, Método de Takeda

Abstract

The study of the surface profile by optical techniques has been accepted in different sectors, these techniques include triangulation, confocal microscopy, deflectometry, interferometry, among others, each of them has special characteristics in terms of resolution and dimensions of the sample [1], however the analysis of the data obtained in each of these techniques suppose a strenuous computational work; the analysis of data can be frequency or temporal point. In this work we report the results obtained in the study of profile of a semi-spherical object, by means of methods of phase-shifting and Takeda. The interferograms was used structured light, capturing the reference plane and on the object, the interferograms obtained was processed in Matlab. The result suggest that the technique of reconstruction of profile that shows less peaks, Takeda's method can be favorable in obtaining the surface; the difference obtained between these two techniques in 0.0992 arbitrary units of intensity (u.a.).

Surface reconstruction, Strip projection, Phase shift, Takeda's method

Citación: LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio. Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-8: 16-21

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Cuando se tiene un sistema de proyección de franjas que es captado por una cámara, su distribución de intensidad está determinada por la función mostrada en la ecuación (1):

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y)) \quad (1)$$

Si esta proyección se realiza en el plano, $\varphi(x, y)$ representará la fase de cada punto sobre el plano de referencia, tomando la deformación inicial, teniendo en cuenta los ángulos de proyección y observación [2], como se muestra en la Figura 1.

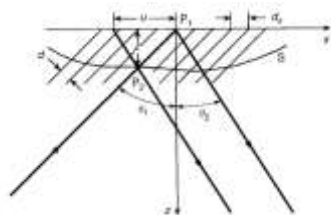


Figura 1 Geometría de proyección de franjas sobre una superficie respecto a un plano [3].

Al ubicar el objeto a reconstruir, sobre el plano de referencia, las franjas sufrirán una deformación en dirección al eje x , donde (1) se convierte en:

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y) + \Delta \varphi(x, y)) \quad (2)$$

Donde $A_1(x, y) + A_2(x, y)$ representan la distribución no uniforme de la reflectividad sobre la superficie del objeto y la intensidad, respectivamente, mientras que, $\varphi(x, y)$ y $\Delta \varphi(x, y)$, denotarán la fase y cambios de fase en el perfil del objeto, debido a la presencia del objeto las franjas localizadas en el punto P_1 sobre el plano de referencia sufre un desplazamiento hasta el punto P_2 .

Este desplazamiento está relacionado con la geometría del montaje mediante:

$$u(x) = z \tan \alpha \quad (3)$$

Donde z es la distancia del plano a la superficie de interés, α es el ángulo entre la dirección de proyección y la dirección de observación y $u(x)$ es el desplazamiento originado por la presencia del objeto [3].

Según la ecuación (2), se produce un cambio de fase que está relacionado directamente con la distancia entre el plano de referencia y la superficie de interés del objeto, Figura 1. El valor de z para cada punto de x se puede encontrar evaluando la fase $\Delta \varphi(x, y)$ del sistema deformado, para cada punto de x .

$$z = \frac{d}{2\pi \tan \alpha} \Delta \varphi(x, y) \quad (4)$$

De acuerdo con esta ecuación será posible determinar las alturas en z para los distintos puntos que formaran el objeto si se conoce la fase $\Delta \varphi(x, y)$, para poder hallar este término existen actualmente varios métodos como son de transformada de Fourier, método Takeda, entre otros, generando un sistema de ecuaciones que permita hallar las tres variables desconocidas: $A_1(x, y)$, $A_2(x, y)$, $\varphi(x, y)$ [4,5].

Método de corrimiento de fase

En este método se ubica el objeto y se captura una imagen de intensidad cada vez que se varíe la fase $\Delta \varphi(x, y)$,

$$\Delta \varphi(x, y) = \frac{2\pi}{N} \quad N=1,2,\dots,n \quad (5)$$

Ya que en la ecuación (1) están presentes las incógnitas I , A , φ serán necesarias cuatro ecuaciones para encontrar la función de la fase φ o en su caso, también es posible utilizar un algoritmo que a base de estas cuatro ecuaciones se obtenga la fase.

$$I(x, y)_0 = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y)) \quad (6)$$

$$I(x, y)_1 = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos\left(\varphi(x, y) + \frac{\pi}{2}\right) \quad (7)$$

$$I(x, y)_2 = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y) + \pi) \quad (8)$$

$$I(x, y)_3 = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos\left(\varphi(x, y) + \frac{3\pi}{2}\right) \quad (9)$$

Lo que puede ser expresado como:

$$I(0) = A_1 + A_2 \cos \varphi \quad (10)$$

$$I(1) = A_1 - A_2 \sin \varphi \quad (11)$$

$$I(2) = A_1 - A_2 \cos \varphi \quad (12)$$

$$I(3) = A_1 + A_2 \sin \varphi \quad (13)$$

Para la reconstrucción de la fase se obtiene a partir de las ecuaciones (10)-(13).

$$\Delta \varphi(x, y) = \arctan\left(\frac{I_3 - I_1}{I_0 - I_2}\right) \quad (14)$$

Por lo tanto, si se tienen las imágenes de intensidad con su corrimiento de fase y la función para cada punto del objeto, se estará encontrando el perfil del objeto [6,7]. El perfil de un objeto resulta ser directamente proporcional al término de fase que aparece en la ecuación (2).

Método de Takeda.

Esta técnica de reconstrucción de fase basa su principio en la obtención del perfil del objeto mediante el análisis frecuencial usando la transformada de Fourier [5]; para fines prácticos se utilizará la representación de la transformada de Fourier en forma exponencial [8], dado que la imagen con franjas de interferencia supone ser representada por la ecuación (2), donde

$$\varphi(x, y) = 2\pi f_0 \quad (15)$$

f_0 , denota la frecuencia espacial de la rejilla del patrón de franjas ya deformado.

La ecuación característica de dicha imagen compuesta por las franjas o rejillas deformadas puede ser representada por la ecuación (16), dicha ecuación se interpreta como múltiples señales de fase modulada $\varphi(x, y)$, de amplitud $A_{1,2}(x, y)$ y con frecuencia espacial portadora f_0 , donde la fase portadora es en esencia la que posee la información del perfil del objeto analizado.

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(2\pi f_0 + \Delta \varphi(x, y)) \quad (16)$$

La ecuación (16) en su forma exponencial se puede expresar como:

$$g(x, y) = A(x, y) + C(x, y)e^{2\pi f_0} + C(x, y)e^{-2\pi f_0} \quad (17)$$

$$C(x, y) = \frac{1}{2}b(x, y)e^{i\varphi(x, y)} \quad (18)$$

Calculando la transformada de Fourier para la ecuación (17), (18), resultaría la ecuación (19).

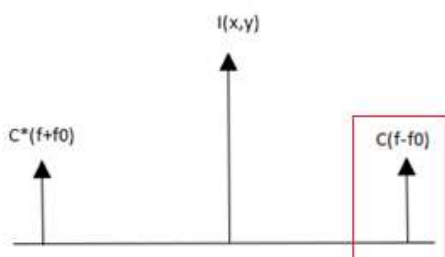


Figura 2 Espectro espacial de Fourier

$$g(x, y) = A(x, y) + C(f - f_0) + C^*(f + f_0) \quad (19)$$

Para este caso, la frecuencia de la portadora se encuentra separada en el espectro de Fourier.

Para separar $A(x, y)$ y conjugado de la primera armónica es necesario el uso de filtros pasa-banda, localizado en uno de los lóbulos representativos del espectro de Fourier f_0 , Figura 2.

El uso de la transformada de Fourier directa e inversa, así como el filtro permiten determinar el término característico de la diferencia de fase que es la que contiene la información del perfil del objeto, dicha fase puede ser obtenida por la ecuación (20).

$$\Delta\varphi(x, y)_0 = \arctan\left(\frac{\text{Im}g(x, y)g^*(x, y)}{\text{real}(g(x, y)g^*(x, y))}\right) \quad (20)$$

Metodología

El montaje experimental que se utilizó para implementar esta técnica se muestra en la Figura 3.

El sistema de observación consta de una cámara Perfect Choice modelo PC-320241 con una resolución de 352x288 pixeles, conectada a una computadora. La captura de las imágenes se realizó con el software Matlab, así como su procesamiento.

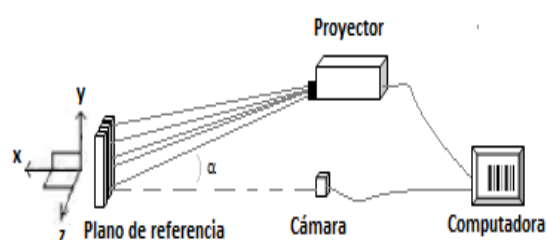


Figura 3 Sistema óptico de proyección de franjas

Las distancias entre los componentes fueron: 73 cm del proyector al plano de referencia, de 21 cm de la cámara al plano de referencia y un ángulo de proyección entre el eje de proyección y el eje óptico de 30° .

Para el caso de la obtención de los interferogramas de referencia y deformado, se proyectaron franjas sobre el plano y sobre el objeto con un desfase de $\Delta \varphi(x, y) = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$, las imágenes se capturaron y procesaron en Matlab.

LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio. Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Para la obtención del perfil del objeto por el método de corrimiento de fase se utilizó el algoritmo de los 4 pasos, cambiando los valores de $\Delta\varphi(x,y)$, como se mencionó con anterioridad, se muestra un resumen de este método.

- Se encuentran las imágenes de intensidad para cada una de las fases.
- Se aplica la ecuación (14) para el plano de referencia.
- Este proceso se repite con las franjas de interferencia proyectadas sobre el objeto del que se quiere conocer su perfil.
- Se aplica el algoritmo característico de la ecuación (20), restando en los argumentos obtenidos en los pasos 2 y 3

Para el caso de la obtención del perfil por método de Takeda se muestra resumen de procedimiento.

- Se aplica la Transformada de Fourier al interferograma.
- Se aplica el filtro para el lóbulo espectro de Fourier, Figura 2.
- Aplicar la transformada inversa de Fourier
- Calcular la fase mediante la ecuación (20).

Resultados

La Figura 4 y Figura 5 muestran las franjas de interferencia sobre el plano de referencia y sobre el objeto, respectivamente (a interferograma con $\Delta\varphi(x,y) = 0$, (b a interferograma con $\Delta\varphi(x,y) = \frac{\pi}{2}$, (c interferograma con $\Delta\varphi(x,y) = \pi$, (d interferograma con $\Delta\varphi(x,y) = \frac{3\pi}{2}$, (e fase envuelta de los interferogramas con diferentes valores de fase, y (f parte real de la fase envuelta).

En la Figura 5, se puede apreciar como el objeto sobre el que se hace incidir las franjas, produce un desfaseamiento adicional en ellas, se puede ver también la topología de dicho objeto, haciéndose más visible en (e) y (f).

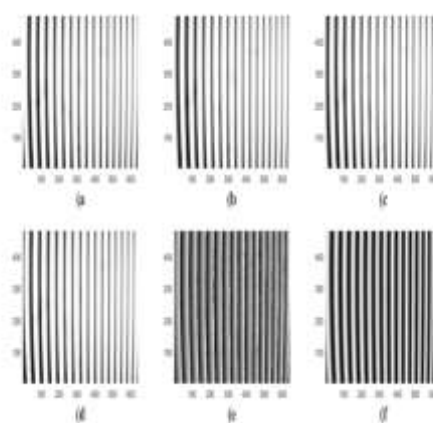


Figura 4 Franjas proyectadas sobre el plano de referencia, (a - (d) fase con intervalos de $\Delta\varphi(x,y) = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$, (e) fase envuelta, (f) parte real de la fase envuelta.

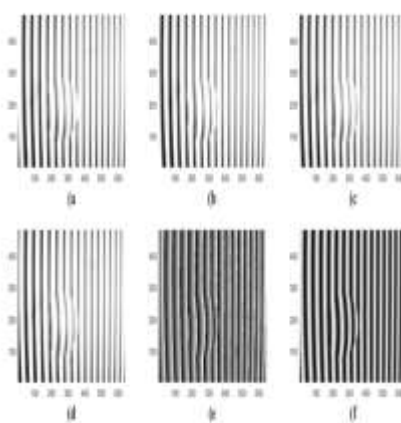


Figura 5 Franjas proyectadas sobre el objeto, (a - (d) fase con intervalos de $\Delta\varphi(x,y) = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$, (e) fase envuelta, (f) parte real de la fase envuelta.

La Figura 6 y Figura 7, muestran el perfil del objeto obtenido mediante el método de corrimiento de fase, en este se puede observar un comportamiento de tipo cuadrático con modelado $y = -9.4e^{-6}x^2 + 0.0040x - 0.2$, así como la reconstrucción tridimensional con una intensidad máxima de 1.0416 unidades arbitrarias (u.a.).

Por su parte, la Figura 8 y 9 muestran el perfil del objeto obtenido, y su reconstrucción tridimensional, en este se puede apreciar también un comportamiento de tipo cuadrático con modelado $y = -1e^{-5}x^2 + 0.0046x - 0.13$, en este caso la intensidad máxima del perfil está ubicada en 1.1408 (u.a.).

La intensidad máxima de cada perfil se obtuvo mediante la función $\max()$ de matlab.

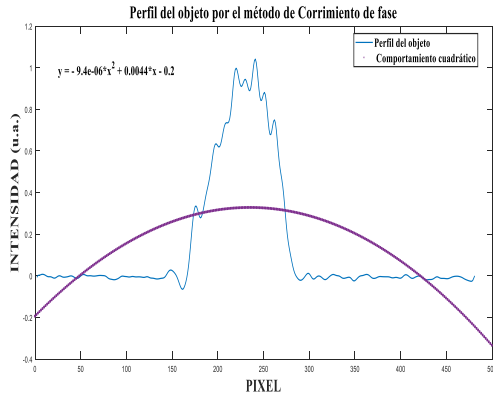


Figura 6 Perfil del objeto obtenido por el método de corrimiento de fase

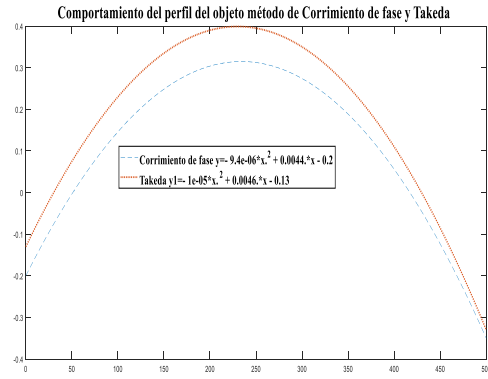


Figura 10. Comportamiento de perfil del objeto por el método de corrimiento de fase y Takeda.

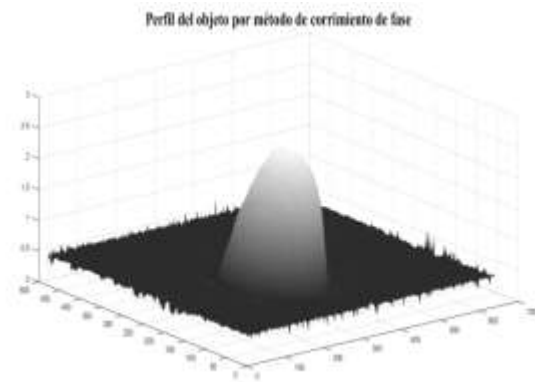


Figura 7 Reconstrucción tridimensional del perfil del objeto por método de corrimiento de fase

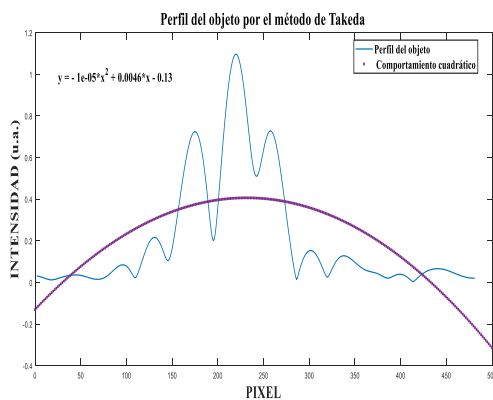


Figura 8 Perfil del objeto por el método de Takeda

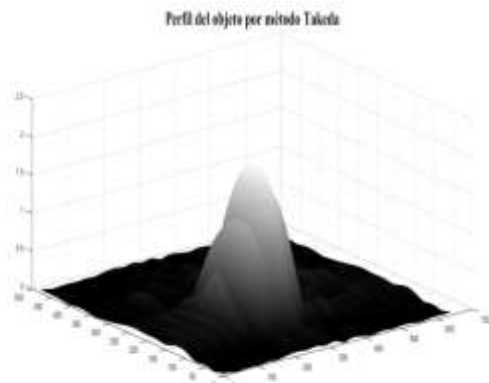


Figura 9 Reconstrucción tridimensional del perfil del objeto por el método de Takeda

La Figura 10 muestra el comportamiento de los perfiles de objeto obtenidos por el método de corrimiento de fase y el método de Takeda, en esta se puede observar que la mayor amplitud en el comportamiento lo presenta el método Takeda con una diferencia entre cada uno de los coeficientes ecuación de $a = 0.0000006$, $b = 0.0002$ y $c = 0.11$, sin embargo, se sigue la misma línea de perfil.

Conclusiones

El uso de los arreglos experimentales nos permite comprobar de manera práctica las ecuaciones que rigen el comportamiento de las diferentes técnicas ópticas, en este caso del método de proyección de franjas sobre un objeto, dicha técnica tiene grandes aplicaciones para el análisis de diferentes materiales, así como en el proceso de identificación de superficies tanto a nivel laboratorio y su posible aporte en soluciones para el análisis de materiales en la industria, los resultados de este trabajo sugieren que es factible utilizar la reconstrucción superficial de objetos y su posterior procesamiento mediante los métodos de corrimiento de fase y Takeda, ya que estos dos presentan resultados muy similares atribuyendo las diferencias presentadas en el modelado a las características que se tienen en el procesamiento de cada uno.

Se sugiere utilizar filtros en cada uno de los métodos para la obtención de perfiles más suavizados.

Para trabajo a futuro se propone utilizar filtros Wavelets y correlacionar los resultados con el procesamiento a base del método Takeda y corrimiento de fase.

Referencias

[1] Alfonso Moreno, Juan Campos, Revision of different optical metrology techniques, *óptica pura y aplicada* 40(3)267-280(2007).

[2] Z.M. Pérez," Aproximación para la reconstrucción de un objeto por proyección de franjas", trabajo de grado, escuela de física, Santander 2006.

[3] *Optical Metrology. Knell J. Gavin* 2002 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-84300-4 Third edition.

[4] T. Lehmann, f. Bethmann, B, J. Ohm. "Comparación y verificación de 3-D de sistemas ópticos de medición de la superficie." *Los archivos internacionales de la fotogrametría, teledetección y ciencias de la información espacial*. Vol. Xxxvii. 2008. Pp 51-56.

[5] Z.M. Pérez and L. Romero, "Sistema Óptico de reconstrucción tridimensional para la reconstrucción de ampollas en recubrimientos", Trabajo de Grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, 2004.

[6] M. Takeda, H. Ina, and S. Kobayashi, "Fourier-transform method of fringe pattern analysis for computer-based topography and interferometry," *J. Opt. Soc. Am.* 72, 156-160 (1982).

[7] M. Servin, D. Malacara, F. Cuevas, and J. Marroquin, "Complex linear filters for phase shifting with very low detuning sensitivity," *Journal of Modern Optics*, vol. 44, January 1997.

[8] Pramod K. Rastogi, "Digital Speckle Pattern Interferometry and related techniques", John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0471490520.

Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas

Behavior of cut ends of concrete beams for different mechanical properties

MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén*†, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram

Universidad de Guanajuato Campus Celaya-Salvatierra, Av. Javier Barros Sierra 201 Col. Ejido de Santa María del Refugio C.P. 38140 Celaya, Gto. México

ID 1^{er} Autor: *Jatziri Yunuén, Moreno-Martínez*

ID 1^{er} Coautor: *Arturo, Galván-Chávez*

ID 2^{do} Coautor: *José Marcelino, Gutiérrez-Villalobos*

ID 3^{er} Coautor: *Hiram, Arroyo-Chávez*

Recibido 20 de Septiembre, 2018; Aceptado 22 de Noviembre, 2018

Resumen

Este estudio trata sobre el comportamiento de extremos recortados de vigas de solución típica a base de estribos, anillos verticales y horizontales considerando diferentes resistencias de concreto bajo cargas de servicio, como las que se emplean en los viaductos elevados. Un aspecto crítico reside en la posibilidad de un agrietamiento prematuro en la esquina re-entrante en el extremo recortado de la viga. Limitar el agrietamiento a un nivel que no perjudique el correcto funcionamiento de las estructuras ni provoque que su apariencia sea inaceptable es fundamental en la calidad y durabilidad de una estructura. Se realizó un modelo numérico de un extremo recortado de viga usando el Método de Elemento Finito el cual se validó con su resultado experimental mostrando buena correlación en la curva Carga-Desplazamiento. Después se realizó un estudio paramétrico variando las propiedades mecánicas del concreto obtenidas de la literatura. Se encontró que conforme la resistencia a la compresión, f'_c , disminuye la capacidad de carga también en condiciones de servicio.

Extremos recortados de vigas, Propiedades mecánicas del concreto, Método de elementos finitos

Abstract

This study concerns the dapped-end beams of typical solution with its reinforcement based on hangers as well as on vertical and horizontal rings considering different concrete strengths under service load, which have been frequently used in recent time for highway. The critical aspect resides in the possibility of a premature cracking in the re-entrant corner of dapped-end. Limiting cracking at a level that does not damage the correct operation of the structure or cause unacceptable appearance is fundamental to the quality and durability of a structure. A numerical model of dapped-end beam was made using the Finite Element Method which was validated with its experimental result depicted good correlation in the Load-Displacement curve. Afterwards, a parametric study was carried out, varying the mechanical properties of the concrete obtained from the literature. It was found that as compressive strength of concrete, f'_c , decreases the load capacity also decreases under service load.

Dapped-end beam, mechanical properties concrete, Finite Element Method

Citación: MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram. Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-8: 22-27

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jatziri.moreno@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los extremos recortados de vigas de concreto son un ejemplo representativo de un comportamiento que tiene configuraciones complejas de esfuerzos que las hacen más vulnerables a los agrietamientos debidos a la interacción flexión-cortante. Cuando las deformaciones por cortante no son despreciables comparadas con las de flexión, la hipótesis de esfuerzo plano, propuesta por Bernoulli, ya no se aplica. Entonces su comportamiento debe ser estudiado de otra manera, siendo una opción mediante el Método de Elementos Finitos (MEF).

Justificación

Para establecer criterios de diseño para conexiones de elementos prefabricados como es el caso de los extremos recortados de vigas es necesario poder predecir su resistencia y su comportamiento bajo condiciones de servicio que será de utilidad para criterios realistas.

Problema

Los extremos recortados no pueden tomarse como voladizos ordinarios por su relación $\frac{a}{d} \leq 1$ (donde a es el claro de cortante y d es el peralte) y por la concentración de esfuerzos en la esquina re-entrante provocando que la falla pueda ocurrir porque predomine la tensión diagonal. Por otra parte, se tiene el problema de escases de espacio para anclar el refuerzo.

Hipótesis

El diseño de extremos recortados está basado en las condiciones de equilibrio a la falla. El manual del PCI (Prestressed Concrete Institute, 1999) requiere la investigación de varios modos de falla potenciales junto con el refuerzo requerido para cada uno. Las ecuaciones de diseño están basadas en estudios de Mattock y Chan y son apropiadas para los casos en que $\frac{a}{d} \leq 1$.

Objetivos

Objetivo General

Para estudiar el comportamiento de extremos recortados en condiciones de servicio, se calibró un espécimen con el modelo numérico. Después se hicieron otras dos propuestas variando las propiedades mecánicas.

Objetivos específicos

- Validar la metodología de aplicar un análisis de elementos finitos para las grietas usando el enfoque de agrietamiento disperso.
- Comparar el comportamiento de tres tipos de resistencia a la compresión en cuanto a: la aparición de agrietamiento en condiciones de servicio.

Marco Teórico

Mattock y Chan (1979), presentaron un estudio que tuvo como propósito proporcionar un mejor entendimiento del comportamiento de extremos recortados de vigas para carga de servicio y carga última, con miras al desarrollo de un procedimiento de diseño racional. La punta (o reducción de la parte del peralte) de un extremo recortado se asemeja a una ménsula invertida. Sin embargo, en el caso de la ménsula, la fuerza de compresión del concreto inclinada en la ménsula es resistida por una fuerza de compresión en la columna; pero en el caso del extremo recortado, la inclinación de la fuerza de compresión en la punta será resistida por una fuerza a tensión en los estribos colocados cercanos al peralte total.

Para el equilibrio de la punta, el refuerzo de los estribos debe proporcionar una fuerza de tensión igual a la fuerza cortante actuando sobre la punta. Se probaron ocho extremos recortados, cuatro sujetos solo a carga vertical, y cuatro con combinación de cargas vertical y horizontal. De los resultados del programa de pruebas los investigadores concluyeron lo siguiente:

La parte del peralte reducido del extremo recortado puede ser diseñada como si fuera una ménsula, siempre que la relación claro de cortante "a" usada en el diseño sea tomada igual a la distancia del centro de acción de la carga vertical al centro de gravedad del refuerzo de los colgantes A_{vh} .

El diseño del extremo recortado propuesto podrá ser usado, sí el claro de cortante "a" entre el peralte efectivo "d" es ≤ 1.0 .

Khan (1981), verificó los diseños de Mattock y Chan propuestos para vigas con relación $a/d \leq 1.0$ utilizando estribos horizontales solamente en la punta.

MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram. Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Además, verificó vigas con relación $a/d \geq 1.0$, utilizando una combinación de estribos horizontales y verticales en la punta. Los resultados obtenidos mostraron la validez de las recomendaciones de Mattock y Chan para vigas con la relación $a/d \leq 1.0$. En el caso de las relaciones $1.0 \leq a/d \leq 1.5$, el extremo recortado puede ser diseñado como una viga de gran peralte, usando la combinación de estribos horizontales y verticales. El comportamiento de extremos recortados puede asumirse como el comportamiento de una armadura.

Criterio de diseño de extremos recortados de vigas

El diseño de extremos recortados está basado en las condiciones de equilibrio a la falla. El manual del PCI (Prestressed Concrete Institute, 1999) requiere la investigación de varios modos de falla potenciales los cuales son numerados y mostrados en la Figura 1 junto con el refuerzo requerido para cada uno. Las ecuaciones de diseño propuestas en la sección 4.6.3 (sexta edición del Manual del PCI) están basadas en estudios de Mattock y Chan y son apropiadas para los casos en que $\frac{a}{d} \leq 1$ (donde a es el claro de cortante y d el peralte efectivo del extremo recortado).

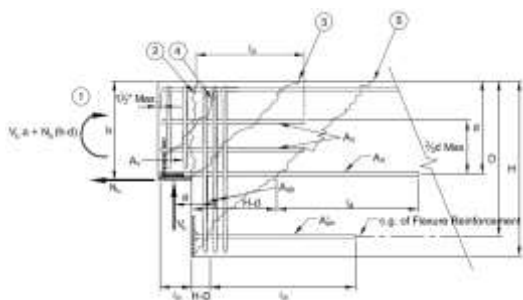


Figura 1 Modos de falla y refuerzo necesario para extremos recortados de viga
Fuente: (PCI, 1999)

La propuesta del PCI considera el refuerzo únicamente con acero normal. Los principales modos de fallas y el acero de refuerzo que hay que colocar para evitarlos se describen a continuación:

Flexión y tensión axial en el extremo. La resiste el refuerzo horizontal, que consiste en la sumatoria del refuerzo por flexión más el refuerzo por tensión axial.

$$A_s = A_f + A_n \quad (1. a)$$

$$A_s = \frac{1}{\phi f_y} \left[V_u \left(\frac{a}{d} \right) + N_u \left(\frac{h}{d} \right) \right] \quad (1. b)$$

Donde:

A_s = área de refuerzo principal en el extremo recortado

A_f = área de acero de tensión primaria resistente a momento

A_n = área del acero de tensión primaria resistente a fuerza de tensión N_c

N_c = fuerza horizontal

$$\phi = 0.85$$

a = Claro de cortante

l_p = Ancho del extremo

h = Peralte total del extremo

d = Distancia desde la parte alta de la ménsula al centroide de A_s (peralte

Efectivo de la ménsula

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

V_u = Fuerza vertical factorizada aplicada

N_u = Fuerza de tensión, puede considerarse como $0.2 V_u$.

Corte directo. Esta grieta debe ser restringida por la combinación de A_s y A_h . Este refuerzo puede ser determinado por las siguientes ecuaciones:

$$A_s = \frac{2V_u}{3\phi f_y \mu_e} + A_n \quad (2.a)$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y} \quad (2.b)$$

A_s se toma como el mayor valor entre los dos dados por las ecuaciones 2.a y 2.b; este valor se usa en la siguiente expresión y se determina el área de acero A_h (área de estribos horizontales).

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) \quad (3)$$

Donde:

$$\mu_e = \frac{70.3\lambda^2 b h \mu}{V_u}$$

μ = coeficiente de fricción

λ = Factor de modificación relacionado con la densidad del concreto.

Tensión diagonal que se presenta en la esquina re-entrante y que origina una grieta que inicia desde esa esquina hacia la zona de más peralte del elemento, A_{sh} (área de colgantes). El refuerzo necesario para resistirla se determina mediante la ecuación:

$$A_{sh} = \frac{V_u}{\phi f_y} \quad (4)$$

Se debe agregar refuerzo vertical en el extremo para evitar una falla frágil debida a la grieta 4, así como también, para evitar la falla por cortante directo en la unión viga-viga (interface), y para confinar el puntal de compresión.

Este refuerzo se puede calcular aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\phi V_n = \phi \left(A_v f_y + A_h f_y 0.53 \lambda b d \sqrt{f'_c} \right) \quad (5)$$

Donde A_v (área de estribos verticales), debe determinarse como sigue:

$$A_v = \frac{1}{2 f_y} \left[\frac{V_u}{\phi} - 0.53 \lambda b d \sqrt{f'_c} \right] \quad (6)$$

f'_c = resistencia a la compresión

Tensión diagonal en la porción sin extremo recortado. La grieta superior del elemento completo debe ser impedida mediante acero de refuerzo el cual debe ser igual o mayor al acero A_{sh} , para que pueda formar ganchos y así garantizar un buen anclaje. Por lo tanto, se debe de cumplir la siguiente condición:

$$A'_{sh} \geq A_{sh} \quad (7)$$

Otras consideraciones:

El peralte del extremo extendido no será menor que a la mitad del peralte de la viga, a menos de que la viga sea significativamente más peraltada por otras razones estructurales.

El refuerzo de colgantes, A_{sh} , debe colocarse lo más cerca posible a la esquina entrante. Estos requerimientos de refuerzo no se suman a otros requerimientos de refuerzo a cortante.

Los esfuerzos de flexión en el peralte total de la sección inmediatamente más allá del recorte, calculados usando cargas factorizadas y propiedades de la sección gruesa, no excederán $6\sqrt{f'_c}$. El refuerzo longitudinal deberá ser colocado en la viga para desarrollar la resistencia a flexión requerida.

La falla del elemento ocurre bajo la combinación de estados de esfuerzo de cortante-compresión.

A medida que el refuerzo fluye, las grietas comienzan a incrementar el ancho y la deflexión significativamente.

Cuando las grietas se han desarrollado hasta cierto punto, la tensión en el alma del refuerzo en la vecindad de la esquina entrante aumenta con las grietas inclinadas desarrolladas gradualmente.

Modelos numéricos

El modelo numérico base corresponde a un extremo recortado de viga de concreto reforzado con solución típica a base de estribos, anillos verticales y horizontales. Después se aplicó carga simétrica hasta alcanzar la carga de servicio. Los modelos se denominan: Modelo Propiedades Mecánicas de los concretos (MPM) y están acompañados con un número distinto para distinguir que estamos hablando de diferentes propiedades mecánicas de los concretos.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los concretos utilizadas fueron obtenidas de la literatura (Moreno, 2013; Pei-Chang y Nanni, 2000; Chiaia, 2007).

Donde: E_c = módulo de elasticidad, ν = coeficiente de Poisson, f_t = resistencia a la tensión por flexión, c = cohesión.

El acero de refuerzo se consideró disperso, el f_y de los colgantes y parrillas es de 407.8 y 376.4 MPa respectivamente. El valor de ν fue de 0.23. Las propiedades mecánicas para cada modelo se muestran en la Tabla 1.

Modelo	f'_c (MPa)	E_c (GPa)	f_t (MPa)	c (MPa)
MPM1	56.40	27.65	4.39	23.68
MPM2	41.36	21.73	2.12	17.37
MRM3	37.50	33.00	2.38	15.70

Tabla 1 Propiedades mecánicas de los modelos numéricos

Fuente: *Elaboración propia*

Resultados

La validación de los modelos numéricos se realizó comparando los resultados experimentales (Moreno, 2013) con el modelo MPM1.

MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram. Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Los resultados mostraron buena correlación como se puede muestra en la Figura 2. Después sólo se cambiaron las propiedades mecánicas para el resto de los modelos numéricos. La carga a la que se presenta el primer agrietamiento, P_{cr} , en los modelos numéricos se muestra en la Tabla 2.

Modelo	P_{cr} (kN)
MPM1	56.39
MPM2	41.37
MPM3	35.97

Tabla 2 Primer agrietamiento, P_{cr} ,
Fuente: Elaboración Propia

Los mapas de esfuerzos de los tres modelos se muestran en la Figura 3, los valores negativos indican esfuerzos de compresión y los valores positivos indican esfuerzos de tensión. Con los valores mostrados en la Tabla 1 podemos saber de que orden son los esfuerzos.

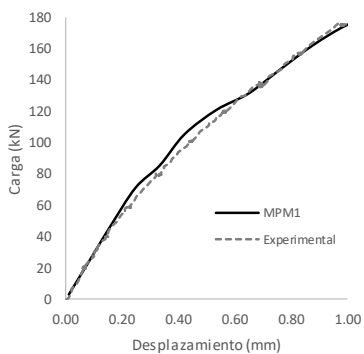


Figura 2 Curva Carga-Desplazamiento: prueba experimental vs modelo numérico
Fuente: Elaboración Propia

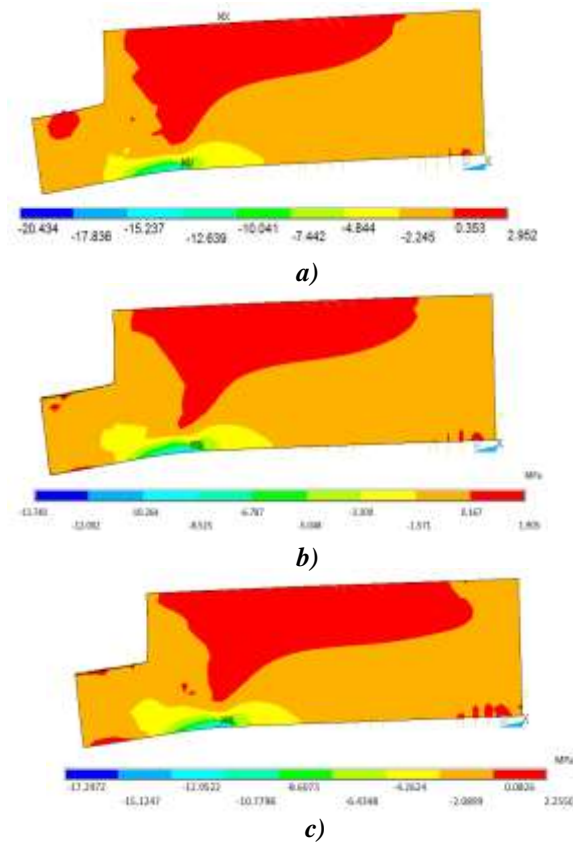


Figura 3 Mapa de esfuerzos en la dirección longitudinal: a) MPM1; b) MPM2; MPM3
Fuente: Elaboración Propia

La curva Carga-Desplazamiento de los tres modelos se muestra en la Figura 3.

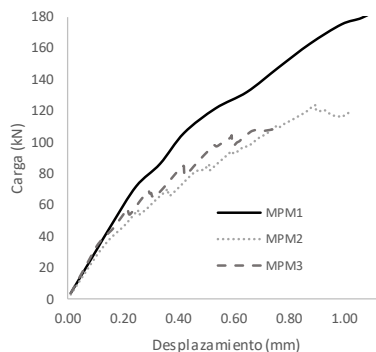


Figura 4 Curva Carga-Desplazamiento de los modelos numéricos
Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento máximo de los modelos MPM1 y MPM2 fue del orden de 1.00 mm, mientras que el modelo MPM3 fue de de 0.76 mm. Los modelos MPM2 y MPM3 mostraron pérdida de rigidez al 22% de la carga de servicio. En cuanto a la capacidad de carga el modelo MPM1 mostró mejor comportamiento ante carga simétrica de servicio que los otros dos modelos.

Conclusiones

Los extremos recortados de vigas son elementos estructurales de configuración de esfuerzos complejo como se mostró en los mapas de esfuerzos. El modelo que mostró mejores resultados en cuanto a capacidad de carga fue el MPM1 que corresponde a la configuración típica de refuerzo, de la misma manera su capacidad para retardar el agrietamiento es mayor con respecto a los otros dos modelos.

Bajar la resistencia a la compresión en extremos recortados de vigas no es recomendable ya que la capacidad de carga disminuye.

Es importante retardar la aparición del agrietamiento para evitar la posible penetración de agua y con ello la corrosión del acero.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato. El primer autor agradece al Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Referencias

ANSYS (2006). "Documentation for ANSYS", ANSYS Workbench Release v. 11.0. ANSYS Inc. USA.

Chiaia, B., Fantilli, A. P., y Vallini, P. (2007). *Evaluation of Minimum Reinforcement Ratio in FRC Members and Application to Tunnel Linings*. Materials and Structures. Vol. 40, 6, pp. 593-604.

Khan, M. A. (1981). *A study of the behavior of reinforced concrete dapped-end beams*. MSCE thesis, Univ. Washington, Seattle Washington August pp. 145.

Mattock, A. H., y Chan, T.C. (1979) *Design and behavior of dapped end beams*. PCI J; 24(6):28-45.

Moreno, J. Y. (2013). *Estudio experimental y simulación numérica del comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto*. Tesis doctoral, División de Estudios de Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México 2013.

Pei-Chang, H., y Nanni, A. (2000). *Dapped-end strengthening of precast prestressed concrete double tee beams with FRP composites*. University of Missouri-Rolla. Center for Infrastructure engineering studies.

Prestressed Concrete Institute (1999). *PCI Design Handbook*. Sixth Edition, Chicago, Illinois, pp. 4-79~4-83.

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^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} 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^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

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

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

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} 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 Operaciones Tecnológicas. 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]

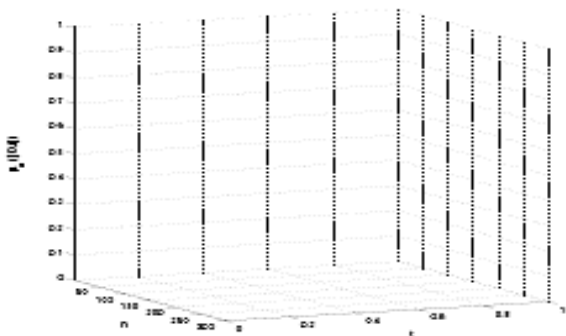


Gráfico 1 Titulo y *Fuente* (en cursiva)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

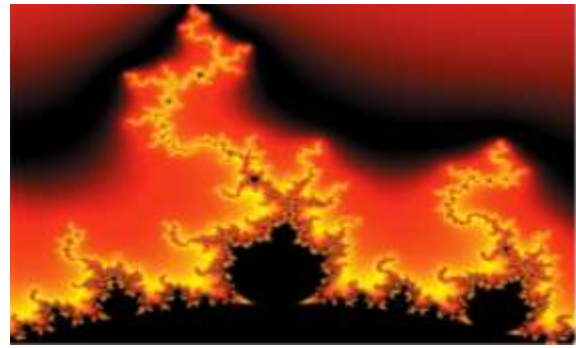


Figura 1 Titulo y *Fuente* (en cursiva)

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 Operaciones Tecnológicas 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 Operaciones Tecnológicas 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 Taiwan 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-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Operaciones Tecnológicas, 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)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

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 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

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLO, 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

VALLE-CORNAVACA, Ana Lorena. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

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 Operaciones Tecnológicas

“Determinación de plomo en muestras de PM2.5 obtenidas en temporada invernal en los municipios de San Francisco del Rincón, León, Celaya, Salamanca y Cortázar”

MACÍAS-JASSO, Luz Evelia, MARES-HERNÁNDEZ, Ulises Antonio, PÉREZ-GUZMÁN, Juan Manuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier
Universidad de Guadalajara

“Efecto de los sistemas de producción en invernadero hidropónico y microtúneles en el rendimiento del tomate en Yucatán”

EK UC, Azael Oseas, JIMÉNEZ-CHI, José Antonio y SERRANO-NOVELO, Eric Rafael
Universidad Tecnológica del Mayab

“Aplicación del método de Takeda y corrimiento de fase en la reconstrucción de perfiles mediante luz estructurada”

LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira, RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín, JARA-RUIZ, Ricardo y DELGADO-GUERRERO, Sergio
Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes

“Comportamiento de extremos recortados de vigas de concreto para diferentes propiedades mecánicas”

MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, GALVÁN-CHÁVEZ, Arturo, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino, y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram
Universidad de Guanajuato

