

Volumen 3, Número 7 — Enero — Marzo — 2019

ISSN 2523-2428

Revista de Ingeniería Civil



ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Civil, Volumen 3, Número 7, de Enero a Marzo 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD. ISSN: 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Marzo 2019.

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

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

Revista de Ingeniería Civil

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial.

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

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

Alcances, Cobertura y Audiencia

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

Consejo Editorial

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

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

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

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

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

Comité Arbitral

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

MORALES - IBARRA, Rodolfo. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo Leon

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

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

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

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

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

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

Cesión de Derechos

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

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

Declaración de Autoría

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

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

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

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

Detección de Plagio

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

Proceso de Arbitraje

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

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Evaluación del Recurso Hidrocinético en las Partes Bajas de la Región Hidrológica 29Ba de la Cuenca del Río Coatzacoalcos*, por ESPINOSA-ARENAL Francisco, PEREA-ALCALÁ, Gerardo, ÁVILA-HERNÁNDEZ, José Angel y DELFÍN-ANZURES, Rachel, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como segundo artículo presentamos, *Captación de agua pluvial en un plantel educativo de nivel medio superior del valle de Toluca, México*, por GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina & PEDROZA-BENÍTEZ, Socorro, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, como tercer artículo presentamos, *Diagnóstico del estado de deterioro de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas*, por MARTÍNEZ-BARRITA, Rolando, LÓPEZ-CALVO, Herwing Zeth, GÓMEZ-BARRANCO, Heidy, MUCIÑO-VÉLEZ, Alberto con adscripción en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca y la Universidad Nacional Autónoma de México, como último artículo presentamos, *Prototipo IaaS para el estudio del almacenamiento en bloque basado en Cinder*, por GALLARDO-ALVAREZ, Dennise Ivonne, RAZÓN-GONZÁLEZ, Juan Pablo, DURAN-BELMAN, Israel y MAGDALENO-ZAVALA, Juan Antonio, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

Contenido

Artículo	Página
Evaluación del Recurso Hidrocínético en las Partes Bajas de la Región Hidrológica 29Ba de la Cuenca del Río Coatzacoalcos ESPINOSA-ARENAL Francisco, PEREA-ALCALÁ, Gerardo, ÁVILA-HERNÁNDEZ, José Angel y DELFÍN-ANZURES, Rachel <i>Universidad Veracruzana</i>	1-6
Captación de agua pluvial en un plantel educativo de nivel medio superior del valle de Toluca, México GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina & PEDROZA-BENÍTEZ, Socorro <i>Universidad Tecnológica del Valle de Toluca</i>	7-11
Diagnóstico del estado de deterioro de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas MARTÍNEZ-BARRITA, Rolando, LÓPEZ-CALVO, Herwing Zeth, GÓMEZ-BARRANCO, Heidy, MUCIÑO-VÉLEZ, Alberto <i>Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca</i> <i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>	12-20
Prototipo IaaS para el estudio del almacenamiento en bloque basado en Cinder GALLARDO-ALVAREZ, Dennise Ivonne, RAZÓN-GONZÁLEZ, Juan Pablo, DURAN-BELMAN, Israel y MAGDALENO-ZAVALA, Juan Antonio <i>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato</i>	21-26

Evaluación del Recurso Hidrocinético en las Partes Bajas de la Región Hidrológica 29Ba de la Cuenca del Río Coatzacoalcos**Hydrokinetic Resource Assessments in the Lower Parts of the 29Ba Hydrological Region of the Coatzacoalcos River Basin**

ESPINOSA-ARENAL Francisco*†, PEREA-ALCALÁ, Gerardo, ÁVILA-HERNÁNDEZ, José Angel y DELFÍN-ANZURES, Rachel

*Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad km. 7.5, Coatzacoalcos, Veracruz 96538, México.
Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables, Av. Universidad km. 7.5, Coatzacoalcos, Veracruz 96538, México.*

ID 1^{er} Autor: *Francisco, Espinosa-Arenal* / ORC ID: 0000-0002-3800-757X, Researcher ID Thomson: R-4728-2018, CVU CONACYT ID: 45862

ID 1^{er} Coautor: *Gerardo, Alcalá-Perea* / ORC ID: 0000-0003-2186-2323, Researcher ID Thomson: O-7148-2018, CVU CONACYT ID: 270995

ID 2^{do} Coautor: *José Angel Hernández-Ávila* / ORC ID: 0000-0001-5642-9533, CVU CONACYT ID: 998863

ID 3^{er} Coautor: *Rachel, Delfín-Anzures* / ORC ID: 0000-0002-5116-7172, CVU CONACYT ID: 998828

DOI: 10.35429/JCE.2019.7.3.1.6

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

La energía hidrocinética es inducida por la velocidad en los causas naturales de los ríos y es utilizada para la generación eléctrica. Los asentamientos humanos siempre se han establecidos en los márgenes de los ríos, por lo tanto, resulta de mucha utilidad determinar el potencial hidrocinético en los sitios donde haya poblaciones a la orilla de los ríos, principalmente en los lugares donde no se cuenta con el servicio de energía eléctrica. En este trabajo se evalúa el recurso hidrocinético en diferentes poblados de las partes planas de la región hidrológica 29Ba. Los caudales en los ríos son calculados tomando en cuenta el uso de suelo, la precipitación de distintas estaciones meteorológicas, los cuales son procesados en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los caudales calculados son comparados con las mediciones que se realizaron en la estación hidrométrica Las perlas de la CONAGUA. Las velocidades a lo largo del río son calculadas con el modelo numérico Hec-Ras, posteriormente se estima el potencial hidrocinético mensual mínimo, máximo y promedio con algunos modelos de turbinas diseñadas para este fin.

Energía Hidrocinética, SIG, Hec-Ras**Abstract**

Hydrokinetic energy is induced by the velocity in the natural causes of rivers and is used for electric generation. Human settlements have always been established on the margins of the rivers, therefore it is very useful to evaluate the hydrokinetic resource in the places where there are populations on the banks of the rivers, mainly in places where there is no service available electric power. In this work, the hydrokinetic potential along the river in different sites of the flat parts of the hydrological region 29Ba is determined. The flows in the rivers are calculated taking into account the use of soil, the precipitation of different meteorological stations, which are processed in a Geographic Information System (GIS). The calculated flows are compared with the observed data of the hydrometric station Las Perlas of CONAGUA. The velocities along the river are calculated with the numeric model Hec-Ras, later the minimum, maximum and average monthly hydrokinetic potential is estimated with some turbine models designed for this purpose.

Hydrokinetic energy, SIG, Hec-Ras

Citación: ESPINOSA-ARENAL Francisco, PEREA-ALCALÁ, Gerardo, ÁVILA-HERNÁNDEZ, José Angel y DELFÍN-ANZURES, Rachel. Evaluación del Recurso Hidrocinético en las Partes Bajas de la Región Hidrológica 29Ba de la Cuenca del Río Coatzacoalcos. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-7: 1-6

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: franciespinosa@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las energías renovables juegan un papel muy importante en la generación de energía eléctrica. El incremento constante del consumo de energía en todo el mundo, junto la atenuación del cambio climático, han forzado a que se tome en cuenta una mayor participación de las energías renovables (SENER, 2017). La generación de energía eléctrica utilizando medios convencionales, como los combustibles fósiles, ha generado severos problemas ambientales (Solomon et al, 2007). Por lo tanto, es conveniente el uso de las energías limpias, en la gran mayoría de los países incluyendo a México. El estudio y desarrollo para la producción de electricidad por medio de las energías renovables están concentradas en la energía eólica y solar mayormente.

Para el periodo del 2007 al 2017 tuvieron un crecimiento promedio anual del 47.6% y 43.2% respectivamente (SENER, 2018). La energía cinética que posee el flujo de agua en movimiento puede aprovechar tres tipos de recursos, ríos en tierra adentro, mareas con estuarios y las corrientes marinas. Este tipo de energía pertenece al campo de las hidroeléctricas (Lata, 2019). Aunque la energía hidroeléctrica es la que tiene una mayor participación con el 65% generación eléctrica en México, la energía hidrocínética no está incluida en estas estadísticas. Se ha estudiado que la explotación de energía hidrocínética tiene un bajo impacto ambiental, esto podría aumentar la producción de energía principalmente en los países en desarrollo para seguir con su crecimiento (da Silva et. al, 2017).

En el Mapa de Ruta Tecnológica en energía del Océano de la SENER (2017b) se dan a conocer los mapas de corrientes marinas del Océano pacífico, Golfo de México y mar Caribe del verano e invierno, con el propósito de impulsar turbinas para generación de energía eléctrica. Punys et. al (2015) realiza el estudio teórico del potencial hidrocínético obteniendo las velocidades en el segundo río más importante de Lituania con un modelo unidimensional y utilizando varias turbinas. Motoya et. Al (2016), realiza un estudio similar en los canales de descarga de una central hidroeléctrica en Colombia, obteniendo las velocidades con un modelo unidimensional y utilizando varias turbinas.

Álvarez et. al (2016) utiliza prácticamente la metodología de los autores anteriores para analizar el recurso hidrocínético en la desembocadura del río Nalón. Las turbinas para el aprovechamiento del recurso hidrocínético, existen ya una gama de turbinas comerciales y proyectos de investigación, Motoya et. al (2016) utiliza hasta 4 turbinas diferentes, donde la velocidad mínima nominal para generación eléctrica de 1.5 m/s. Arrieta et. al (2019) realiza una investigación numérica sobre una turbina hidrocínética de eje horizontal. Peña (2013) realiza un diseño numérico experimental par una turbina hidrocínética para ríos pocos caudalosos. Sørnes (2010) hace un análisis de distintas turbinas comerciales, donde destaca turbinas donde tienen una producción de energía eléctrica desde una velocidad de 0.5 m/s. Con las investigaciones anteriores será posibles estimar el recurso hidrocínético siempre y cuando se puedan determinar las velocidades.

Área de estudio

México cuenta con 32 regiones hídricas, la cuenca del Coatzacoalcos es la tercera más grande del país, está situada en la región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro o región h29, con un escurrimiento natural medio superficial de 28 717.4 hm³/año, con un área de 21,336 km² y una precipitación media a anual de 1,626 mm (CONAGUA, 2018). Las subcuencas que conforman el Consejo de cuenca de Coatzacoalcos son: RH29Aa a RH29Ah, RH29Ba a RH29Bm (CONAGUA, 2014). En este trabajo se analiza solo la región RH29Ba, también conocida como el alto río Coatzacoalcos, en esta zona se encuentra ubicada la estación hidrométrica Las perlas (DOF, 2017).

Las comunidades más importantes donde se hace el estudio del potencial hidrocínético son: Las Perlas, Jesús Carranza y Suchilapan, debido a la cercanía del flujo del río. La cuenca Alto Río Coatzacoalcos, drena una superficie de 10,652.5 kilómetros cuadrados; se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 17 ° 32' 26" y 16 ° 37' 52" de Latitud Norte y entre 95 ° 44' 58" y 94 ° 11' 01" de Longitud Oeste.

Está delimitada al norte por la cuenca hidrológica Bajo Río Coatzacoalcos, al sur con la Región Hidrológica Número 22 Tehuantepec, al este con la cuenca hidrológica Alto Río Uxpanapa y la Región Hidrológica Número 30 Grijalva-Usumacinta y al oeste por la Región Hidrológica Número 28 Papaloapan. La longitud de su cauce principal es de aproximadamente 246 kilómetros (DOF, 2017).

En la figura 1 se observa la delimitación del área de aportación (8,915km²) a la estación hidrométrica las perlas (comunidad de estudio del mismo nombre) y los sitios de estudio Jesús Carranza y Suchilapan, con un área de escurrimiento de 3,337km² y 5,578km² respectivamente. Los caudales fueron calculados con la ayuda del Sistema de Información Geografía (SIG) QGIS 3.4.8 (QGIS, 2018). En este modelo se procesa las imágenes de satélite de 30m de resolución (Alaska Satellite Facility, 2011) para delimitar el área de influencia de escurrimiento.

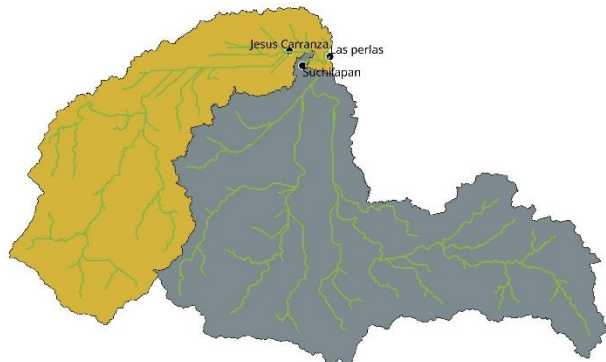


Figura 1 Áreas y sitios de estudio

En la Figura 2 se muestran las estaciones climatológicas de la CONAGUA (donde se obtiene la precipitación media por mes del año 1962 hasta el 2015), se observa también las isoyetas del mes de septiembre, en esta figura se muestra la escala del coeficiente de escurrimiento, el cual fue posible calcular con el uso de suelo y vegetación (INEGI, 2015) y edafología (INEGI, 2013). Posteriormente con el método racional son calculados los caudales mensuales, los cuales son comparados con los datos medidos de la estación hidrométrica Las Perlas. Con el modelo Hec-Ras (US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center; 2017) versión 5.0.7 y un modelo de elevación digital de 12.5m y los caudales calculados, se determinan las velocidades en los tres sitios que se muestran en la figura 1. En la figura 3 se puede observar las secciones del río en el sitio

Las perlas donde se calcularon las velocidades, utilizando el coeficiente de Manning y la pendiente del cauce natural del río.

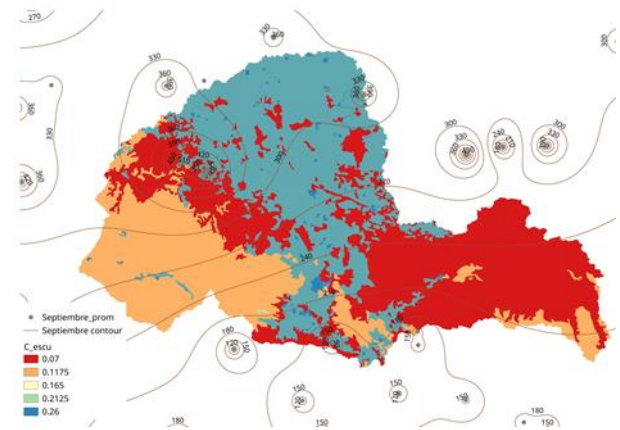


Figura 2 Mapa de isoyetas, estaciones meteorológicas y coeficiente de escurrimiento

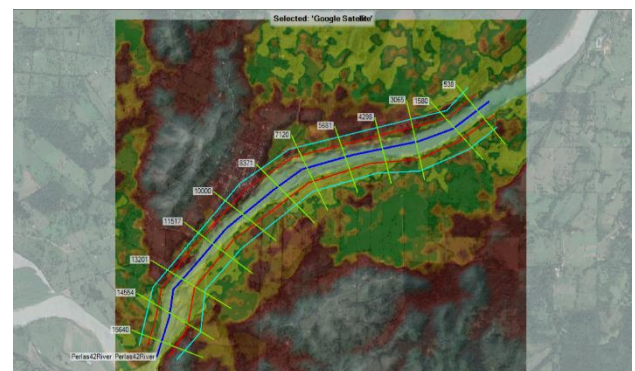


Figura 3 Secciones del río en el sitio Las Perlas modelado con Hec-Ras.

Cálculo de Caudales

En la Tabla 1, se muestran los valores de los caudales promedio históricos 1953-1973, 1975-1976, 1978, 1981-1985, 1987-2006 en la estación hidrométrica Las Perlas (Comisión Nacional del Agua) de los 12 meses del año.

Mes	Qobs. (m ³ /s)	Qcalc. (m ³ /s)	Error (%)
Enero	285.31	265.72	6.9
Febrero	225.88	202.73	10.2
Marzo	165.53	136.31	17.6
Abril	124.8	111.42	10.7
Mayo	116.36	142.00	-22.0
Junio	242.96	251.26	-3.4
Julio	718.89	753.07	-4.8
Agosto	906.79	919.035	-1.4
Septiembre	1107.8	1144.81	-3.3
Octubre	819.37	832.457	-1.6
Noviembre	477.13	314.18	34.2
Diciembre	363.46	476.08	-31.0

Tabla 1 Caudales de la estación Las Perlas observados, calculados y error porcentual.

Una vez validado el modelo hidrológico comparando los caudales (tabla 1) se precedo a calcular los caudales donde no existe medición, es decir en el sitio Jesús Carranza y Suchilapan mostrados en la figura 1. El método de cálculo de caudales es el mismo que se describe en la sección 1. En la tabla 2 se muestran los valores de caudales de los sitios antes mencionados.

Mes	Qcalc. (m³/s). Jesús Carranza	Qcalc. (m³/s). Suchilapan
Enero	99.5	166.3
Febrero	75.9	126.8
Marzo	51.0	85.3
Abril	41.7	69.7
Mayo	53.2	88.8
Junio	94.1	157.2
Julio	281.9	471.2
Agosto	344.0	575.0
Septiembre	428.5	716.3
Octubre	311.6	520.8
Noviembre	117.6	196.6
Diciembre	178.2	297.9

Tabla 2 Caudales calculados del sitio Jesús Carranza

Cálculo de velocidades

En la figura 4 se muestra la simulación del flujo con el modelo Hec-Ras en la sección 10000 del río (ver figura 3), durante el mes de septiembre, la simulación fue realizada con el caudal de 1144.81 m³/s como se muestra en la tabla 1. Se elije esta sección debido a que es la parte más cerca a la comunidad Las Perlas (mismo sitio que la estación hidrométrica del mismo nombre). En la Figura 4 se observa el perfil, ancho y profundidad del río.

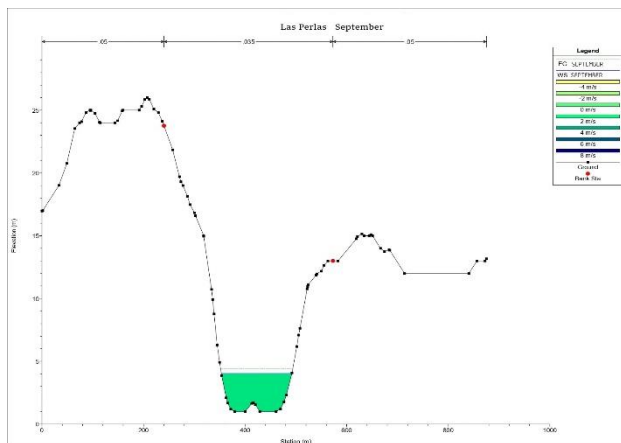


Figura 4 Simulación del río en el sitio las sitio Las Perlas modelado con Hec-Ras. en vista lateral

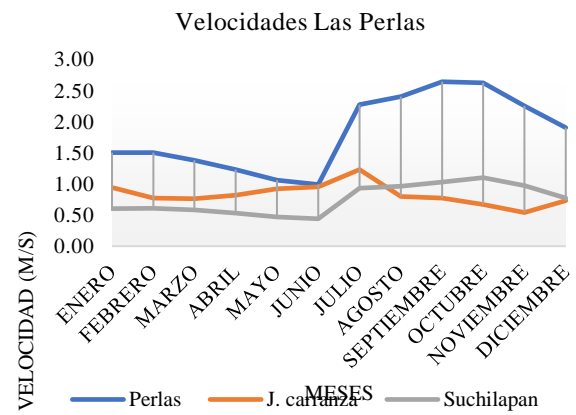


Figura 5 Velocidades en los sitios de estudios calculados con Hec-Ras

En la figura 5 se muestran las velocidades promedio de los 12 meses del año en la sección de los tres sitios de estudio. En la gráfica se puede observar que Las Perlas es el lugar con mayor velocidad, mientras que el sitio Jesús Carranza es el que tiene mayor velocidad a la mitad del año. Aunque el sitio Suchilapan se tiene un mayor caudal, la velocidad es menor durante el inicio de año. En la tabla 1 también muestra el error porcentual que de determina con la siguiente ecuación:

$$\% = \left(\frac{Q_{obs} - Q_{calc}}{Q_{obs}} \right) * 100$$

Con la ecuación anterior además de determinar el porcentaje de error, también se puede saber cuándo se están sobre o sub estimando los datos calculados, es decir los valores positivos se están sub estimando los resultados, mientras que los valores negativos se están sobre estimando como se observa en la tabla 1.

Cálculo de potencia

Teniendo los valores de velocidades de los tres sitios es posible estimar el recurso hidrocínético en cada uno de los mismos. Para ello se ha utilizado la expresión:

$$P(t) = C_p \left(\frac{1}{2} \right) \rho A v^3$$

Donde,

$P(t)$ = potencia útil obtenida (kW).

C_p = coeficiente de potencia. Depende del tipo de turbina a emplear y de la relación existente entre velocidad del flujo y la velocidad de rotación.

ρ = densidad del agua (kg/m^3)

A = el área de la sección transversal opuesta al flujo de la turbina (m^2).
 $v(t)$ = velocidad de la corriente de agua (m/s).

La ley de Betz propone que el coeficiente teórico de potencia máxima para una turbina hidrocínética es 0.593. La eficiencia típica para una turbina hidrocínética con bajas pérdidas mecánicas es aproximadamente del 30%. Para un sistema bien diseñado, el coeficiente de potencia global está entre 0.4 y 0.45 (Yuce y Muratoglu, 2015).

Se determina la potencia con una turbina comercial Thropton Energy Services de eje horizontal donde la velocidad mínima es de 0.5 m/s (Sørnes, 2010). El coeficiente de potencia utilizado es de 0.4.

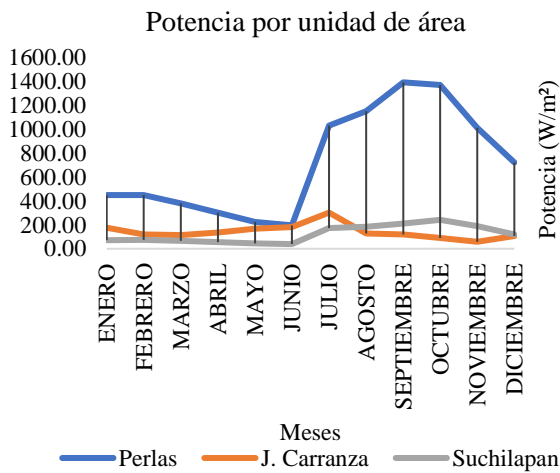


Figura 6 Potencia por unidad de área en los sitios de estudios

Conclusiones

El sitio de estudio las perlas es el que cuenta con mayor recurso hidrocínético, debido a que tiene el mayor caudal. Aunque en los otros dos sitios se tienen menos caudal, los valores de la velocidad no son inferiores de 0.5 m/s. Lo que resulta conveniente para el uso de turbina Thropton Energy Services. En el sitio Las Perlas la velocidad a lo largo del año por lo menos es de 1 m/s por lo que se podría utilizar otro tipo de turbina. existen tramos donde hay una mayor velocidad nominal suficiente para la producción de energía eléctrica. Al poder estimar los caudales de una forma cercana a los datos medidos, los resultados obtenidos de la estimación del recurso hidrocínético nos da una idea más clara de los lugares donde se puede generar energía eléctrica.

La ventaja que tiene esta forma de generación de energía eléctrica es que se puede realizar a una corta distancia en comparación con la energía minihidráulica, debido a que las turbinas pueden colocarse justo al lado de la comunidad que se pretende beneficiar con este recurso. Unas de las desventajas de la generación eléctrica a través de la energía hidrocínética es que, en el sitio de estudios no cuente con la velocidad nominal mínima para el funcionamiento de las diferentes turbinas que se diseñan para este fin. Existen comunidades río arriba donde se puede estimar la generación de energía eléctrica con la misma metodología que se describe en este trabajo.

Referencias

(Alaska Satellite Facility, 2011) <https://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu/>

Álvarez, E.A.; Rico-Secades, M.; Fernández Suárez, D.F.; Gutiérrez-Trashorras, A.J.; Fernández-Francos, J. Obtaining energy from tidal microturbines: A practical example in the Nalón River. *Appl. Energy* 2016, 183, 100–112.

Arrieta, E. C., Bedoya, J. A., y Clemente, A. R. (2019). Investigación numérica sobre el uso de álabes multielemento en turbina hidrocínética de eje horizontal. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3), 117-128.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estadística del Agua en México (2018), México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) en la Cuenca del río Coatzacoalcos (2014), México.

(Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)). <ftp://ftp.conagua.gob.mx/ocgc/Publicacion/ESTADISTICAS/Hidrologia/lasperlas.pdf>

da Silva P, Blanco C.J.C., Mesquita A.L.A., Brasil Junior A.C.P., de Figueiredo N.M., Macêdo E.N., Assessment of hydrokinetic energy resources downstream of hydropower plants. *Renew. Energy*, 101 (2017), pp. 1203-1214

Diario Oficial de la Federación (DOF). http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5485833&fecha=07/06/2017

Ferreira, J. H. I., Camacho, J. R., Malagoli, J. A., & Júnior, S. C. G. (2016). Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 380-387.

INEGI (2015)
<https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

INEGI (2013)
<https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

Lata G., J. C. (2019). Mejoras al dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos con energías renovables. (Tesis Doctoral). Escuela Politécnica Superior de Jaén Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Jaén. España.

Motoya R.D, Cuervo F.I., Rico C.A.M. Technical and financial valuation of hydrokinetic power in the discharge channels of large hydropower plants in Colombia: a case study. *Renew. Energy*, 99 (2016), pp. 136-147

Punys P., Adamonyte I., Kvaraciejus A., Martinaitis E., Vyciene G., Kasiulis E., Riverine hydrokinetic resource assessment. A case study of a lowland river in Lithuania, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 50 (2015), pp. 643-652

Peña G., V. (2013). Diseño de una turbina hidrocínética para aprovechamiento energético de ríos no caudalosos. (Tesis de pregrado) Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Piura, Perú.

QGIS Development Team (QGIS). (2018), *Geographic Information System Open Source Geospatial Found*

Secretaria de Energía (SENER). (2018), *Prospectivas de Energías renovables 2018-2032*, México.

Secretaria de Energía (SENER). (2017), *Prospectivas de Energías renovables 2017-2031*, México.

Secretaria de Energía (SENER). (2017b) *Mapa de Ruta Tecnológica en energía del Océano*, México

Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., Summary for Policymakers. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EUA*, (2007)

Sørnes K., (2010). *Small-scale Water Current Turbines for River Applications*. ZERO – Zero Emission Resource Organisation

(US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center; 2017) n.d. <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>>

Yuce M.I., Muratoglu A. Hydrokinetic energy conversion systems: a technology status review *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 43 (2015), pp. 72-82

Captación de agua pluvial en un plantel educativo de nivel medio superior del valle de Toluca, México

Catchment of pluvial water in a higher middle educational plants in the valley of Toluca, Mexico

GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina†* & PEDROZA-BENÍTEZ, Socorro

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carrera de Tecnología Ambiental

ID 1^{er} Autor: *Guillermina, Gómez-Beltrán* / ORC ID: 0000-0002-3621-2262, CVU CONACYT ID: 93419

ID 1^{er} Coautor: *Socorro, Pedroza-Benítez* / ORC ID: 0000-0002-2745-6994

DOI: 10.35429/JCE.2019.7.3.7.11

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

El objetivo del presente proyecto fue diseñar un sistema de captación y tratamiento de aguas pluviales en el Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicio n°23 “Cetis23” como medida correctiva para evitar el encharcamiento de los jardines en temporada de lluvias y aumentar la dotación de agua hacia la población del plantel. El diseño inició a través de un estudio de campo de las superficies de los edificios para determinar cuáles son los que presentan mayor área y mejor superficie, en este caso fueron los edificios con techos a dos aguas. Utilizando el software Sweet Home 3D se simuló el sistema en cada edificio y se realizó un estudio de costos, presupuestando materiales y mano de obra. Se planteó el sistema de tratamiento previo al almacenamiento del agua pluvial que consistió principalmente en un filtro de arena y grava. Finalmente, se diseñó un tanque de almacenamiento de ferrocemento. Este sistema es una opción tecnológica poco compleja, económica y ecológica para dotar de agua, en cantidad y calidad, a la población del CETis 23 (1354 personas con un gasto de 10 L por persona al día).

Captación, Agua Pluvial, Diseño

Abstract

The objective of this project was to design a rainwater collection and treatment system at the Center for Industrial and Service Technological Studies No. 23 “Cetis23” as a corrective measure to prevent the flooding of gardens in the rainy season and increase the endowment of water to the population of the campus. The design began through a field study of the surfaces of the buildings to determine which are the ones with greater area and better surface, in this case were the buildings with gable roofs. Using the Sweet Home 3D software, the system was simulated in each building and a cost study was carried out, budgeting materials and labor. The pre-storage system for rainwater storage was proposed, consisting mainly of a sand and gravel filter. Finally, a ferrocement storage tank was designed. This system is an uncomplicated, economical and ecological technological option to provide water, in quantity and quality, to the population of CETis 23 (1354 people with an expense of 10 L per person per day).

Catchment, Rainwater, Design

Citación: GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina & PEDROZA-BENÍTEZ, Socorro. Captación de agua pluvial en un plantel educativo de nivel medio superior del valle de Toluca, México. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-7: 7-11

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: guillermina.gomez@utvtol.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El agua es uno de los recursos naturales renovables más importantes para la humanidad y de todos los seres vivos del planeta, su presencia regula el clima y participa de manera importante en la formación de suelos. Hoy en día la sociedad enfrenta graves y complejos problemas relacionados con el agua. La contaminación, deforestación y la sobreexplotación de acuíferos, ha mermado las reservas abastecedoras de muchas ciudades (García, 2012). Los sistemas de captación para uso doméstico y consumo tanto familiar como comunitario son principalmente de dos tipos: los que usan como área de captación los techos y los que usan directamente el suelo.

Los componentes del sistema son básicamente el área de captación, el sistema de conducción, el almacenamiento y el filtro y tratamiento. La cantidad de agua captada está en relación directa con la dimensión del área de captación. Existe un porcentaje de pérdida dependiendo del material con el cual se encuentre elaborada el área de captación y la conducción, se considera un coeficiente de eficiencia entre el 50% y el 90% de ahí se puede tomar cualquier valor dependiendo del criterio de quien realice los cálculos. Otro aspecto a tomar en cuenta es si el área de captación posee un ángulo de inclinación el cálculo se debe realizar con las medidas que se obtengan en la proyección vertical de la misma, esto es para efectos de cálculo ya que en caso de que la lluvia llegue con viento puede dar como resultado que caiga con el mismo ángulo de inclinación haciendo efectiva toda el área disponible.

El agua pluvial se recolecta de los techos, suelo, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas. En el caso de los Techos, los materiales más comunes con los cuales se construyen son: lámina galvanizada, concreto, madera, teja y en algunos casos de láminas de asbesto; En cualquier caso se debe aplicar un tratamiento de impermeabilización, aunque también se puede utilizar todo tipo de superficie impermeable que no desprenda residuos. La condición más importante para las superficies de escurrimiento es que sea impermeable y que permita el escurrimiento, ya que siendo la parte fundamental de este sistema de ella depende la cantidad y calidad del agua captada.

La superficie debe estar limpia, libre de fugas y roturas, preferentemente lisa y uniforme para facilitar el flujo de agua. El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de captación de aguas pluviales en el Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicio No.23 "Cetis23" como medida correctiva para evitar el encharcamiento de los jardines en temporada de lluvias y el aprovechamiento de la misma para uso en servicios sanitarios.

Materiales y métodos

Se realizó un recorrido de campo por cada uno de los edificios para poder identificar el tipo de losa con el que cuentan e identificar los edificios con mayor área y mejor superficie. Una vez se identificaron los edificios, se desarrolló mediante el software (Sweet Home 3D) cada uno de los diseños de captación. Con este mismo software se diseñaron los cortes y el ensamble de piezas. Posteriormente se eligieron los materiales más adecuados para el sistema de captación y un estudio de costos. Adicionalmente, se planteó un sistema de tratamiento para el tratamiento previo al almacenamiento del agua de lluvia, consistente básicamente en la operación de filtrado y reduciendo los costos al máximo. Finalmente, también se diseñó el tanque de ferrocemento mediante el programa de AUTOCAD y a su vez se eligió el edificio más adecuado para colocar un tanque subterráneo.

Resultados y análisis de resultados

Durante el recorrido de campo se encontraron principalmente dos tipos de edificios (losa plana y a dos aguas). De los edificios que conforman al centro educativo, se eligieron dos edificios, el primero con losa plana y el segundo con losa a dos aguas, debido a que cuentan con mayor área superficial y pendientes que ayudaran a a dirigir el agua captada hacia el punto de recolección. En cuanto al diseño, se elaboró una propuesta de acuerdo al presupuesto del plantel, utilizando materiales de PVC fáciles de conseguir, cuyo costo es menor en comparación de otros materiales, la durabilidad es buena y el mantenimiento es mínimo. Se propuso que las canaletas se construyeran con tubos de PVC cortados longitudinalmente por la mitad, para obtener dos tramos que funcionan como canaletas.

Para los casos de la edificación con losa plana, el sistema de conducción de las agua hacia un solo punto se dirigirá hacia una bajada exclusiva para aguas pluviales. Partiendo de este punto, las bajadas conducirán las aguas hacia un filtro que permita separar los residuos orgánicos de mayor tamaño para reducir la cantidad de materia orgánica, posteriormente, un sistema de almacenamiento de primeras aguas o filtro y un tanque de almacenamiento final de ferrocemento superficial o enterrado.

Cabe mencionar que el filtro debe ser un elemento indispensable por la cantidad de residuos orgánicos que se llegan a acumular en los techos, puede o no ser un elemento indispensable dependiendo de la cantidad de vegetación que se encuentre en los alrededores de la construcción, si existe algún tipo de vegetación cuyas hojas, frutos o flores se acumulen sobre el techo entonces debe considerarse como indispensable dentro del sistema.

Esta última condición se aplicará en el edificio que se encuentra a las orillas del plantel ya que a los costados de este edificio se encuentra una gran cantidad de árboles, por tal motivo la cantidad de materia orgánica se mayor, y por ende será necesario colocar dicho filtro para así eliminara los componentes orgánicos que pueda acarrear la conducción, estos requisitos son considerados mínimos por la CONAGUA (2016). En el caso de los edificios a dos aguas, el sistema de conducción de agua será a base de canaletas de PVC de 200 mm de diámetro para evitar una pérdida de agua por desborde, una bajada de aguas pluviales, un sistema de primeras aguas o filtro y serán dirigidas al mismo tanque de almacenamiento propuesto anteriormente.

Diseños de sistemas de captación

Para el edificio con losa a dos aguas se colocaron las canaletas de PVC en los costados de la losa para poder captar la mayor cantidad de agua y conducirla hacia un solo punto, colocando un recubrimiento para ocultar la tubería (Figura 1).

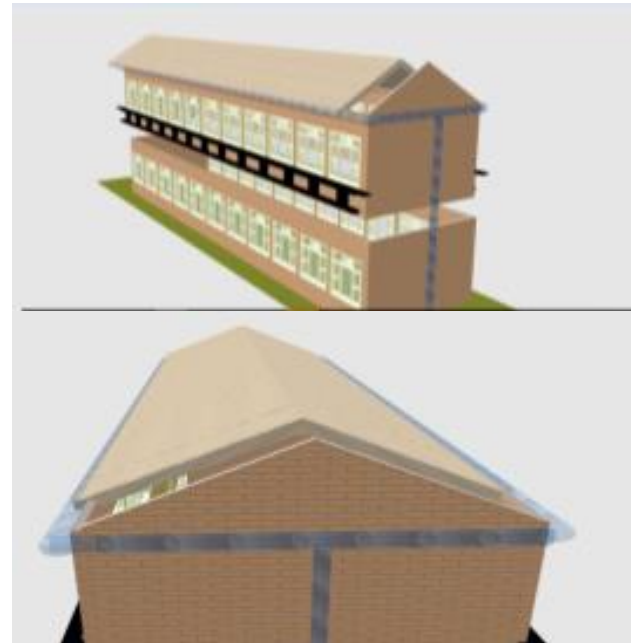


Figura 1 Diseño de captación y condición para edificio de losa a dos aguas

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, para el edificio con losa plana se hizo el diseño para la captación mediante la tubería de PVC tomando en cuenta un solo lado donde se acumula el agua y posteriormente se conducirá hacia el depósito (Figura 2).

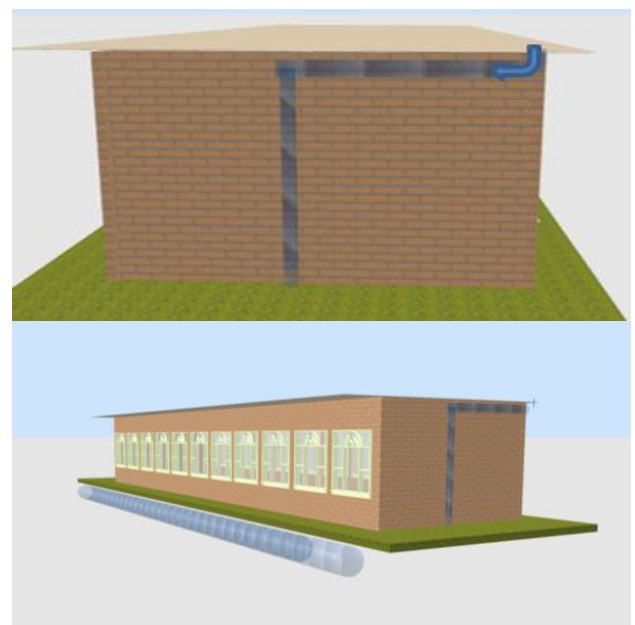


Figura 2 Diseño de captación y condición para edificio de losa plana

Fuente: Elaboración Propia

En los edificios con techos a dos aguas no es necesario implementar ninguna medida correctiva para hacer eficiente la captación del agua de lluvia, pero con el techo de losa plana, se presenta un acumulamiento de agua que puede llegar a producir filtración al interior del edificio; por ello, se propuso una medida correctiva para conducir el agua hacia un solo punto. La propuesta es colocar una pendiente del 2% diseñada de tal forma que de los cuatro puntos conduzca el agua hacia la bajada de agua como se muestra en la imagen 2, el diseño asemeja una hoja de árbol evitando con ello que el agua se escurra por los bordes de la losa (Figura 3).

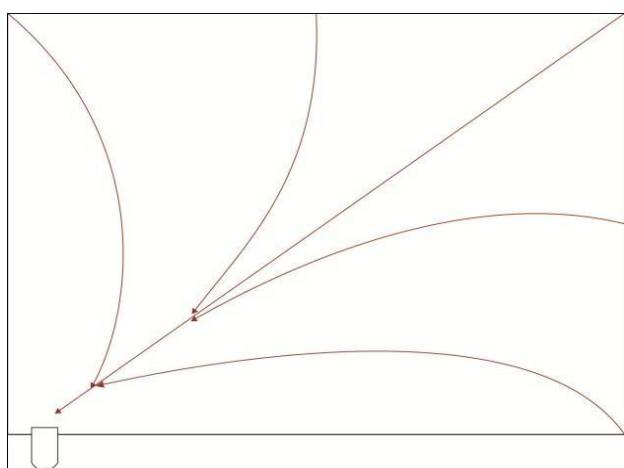


Figura 3 Vista superior de la colocación de la pendiente en losa plan

Fuente: *Elaboración Propia*

Diseño y colocación del filtro

El filtro que se propone es con la técnica de ferrocemento, la estructura del filtro lleva *en su* interior una malla cuya función es retener los sólidos así como controlar la presión con la que llega el agua. La malla es un elemento móvil que puede ser remplazado las veces que sea necesario. Finalmente, el filtro debe rellenarse de abajo hacia arriba con grava, la arena gruesa y por último la arena fina aumentando gradualmente el grosor de las capas como se muestra en la figura 4. Este tipo de filtro se propone para el tanque enterrado ya que funciona por gravedad.

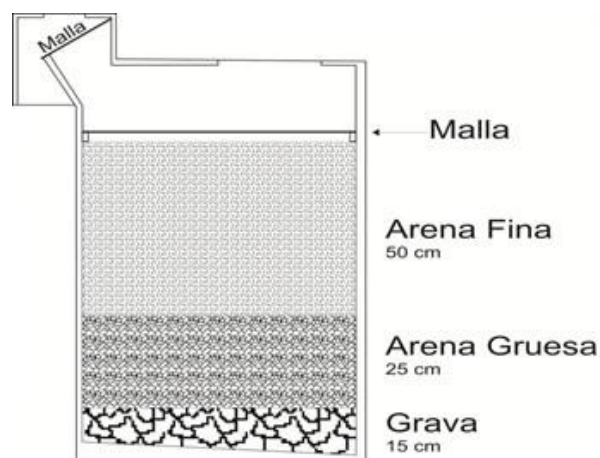


Figura 4 Diseño del filtro para aguas pluviales

Fuente: *Elaboración Propia*

El sistema de primeras aguas se propone elaborar con una serie de tubos como se muestra en la figura 5, la función principal es contener las aguas que tienen la mayor cantidad de contaminantes que el agua atrapa de la atmósfera y del techo que se han acumulado desde la última precipitación, el sistema de funcionamiento es sencillo cuanto más suba el agua, la bola de jebes sube junto con el nivel y al llenarse el recipiente la bola tapa la tubería sellando la entrada y desviándola a la tubería que la lleva al tanque de almacenamiento. El recipiente se propone construido en sitio con ferrocemento, perfil circular con un radio de 35 cm con una altura de 90 cm (Figura 5).

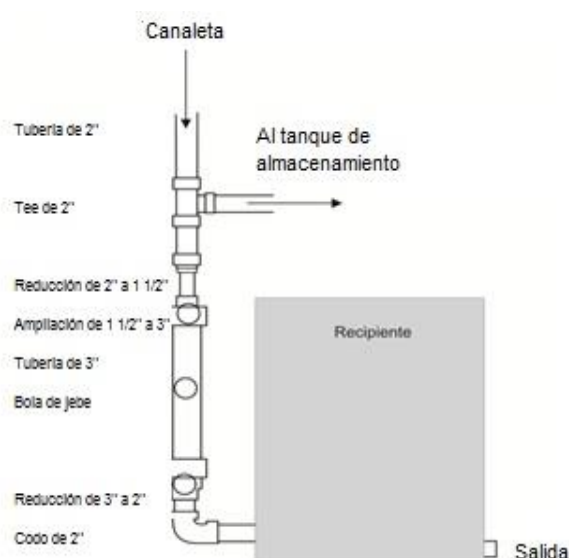


Figura 5 Sistema de primeras aguas

Fuente: *Elaboración Propia*

Para el problema que presenta en el plantel, la meta es recolectar agua para una comunidad de 1,354 personas que se pueda abastecerse durante 3 meses de agua (mayo a julio).

Por tanto, debe construirse un tanque que contenga 100,000 litros tomando en cuenta un gasto de 10 litros por persona al día, se necesita un volumen de 10 metros cúbicos, si la altura promedio de los tanques de almacenamiento es de 2.5 metros su radio debe ser de 1.2 m.

Diseño de depósito y sistema

Los materiales propuestos a utilizar para la construcción de depósito de ferrocemento son: cemento, arena con granulometría de 2.15 a 2.75 mm, agua, acero, malla de refuerzo, agregados. El procedimiento de construcción con ferrocemento es sencillo, los pasos principales a seguir son la colocación de la malla de alambre en la posición adecuada, la mezcla de mortero, aplicación del mortero y curado. Cabe mencionar que el tanque de almacenamiento puede manejarse tanto superficial como enterrado y debe tenerse en cuenta que el tanque construido debe contener siempre un mínimo de agua para evitar que se agriete por las altas temperaturas. En el caso del plantel educativo, se optó por un almacenamiento enterrado y resguardado, para evitar accidentes con los alumnos.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento al Ing. en Tecnología Ambiental Víctor Hugo Zamora Hidalgo por su valioso trabajo en el desarrollo del presente proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

El sistema de captación de agua de lluvia propuesto presenta una opción tecnológica poco compleja, económica y ecológica para abastecer en cantidad y calidad a la población del CETis 23. Considerando que el agua captada será solamente utilizada en el servicio a sanitarios, la propuesta de colocar el filtro es viable ya que con esto se evitara el paso de materia orgánica que pueda tapar, bloquear o dañar el equipo de succión.

En época de lluvias la captación será mayor dado que la precipitación pluvial en valle de Toluca es alta, tomando en cuenta este dato, se espera que en los meses de mayo, junio, y julio el abastecimiento de agua será suficiente y no se tendrá problemas en cuanto a este recurso para los sanitarios.

El diseño se considera que puede ser implementado a cualquier plantel educativo de la zona de estudio que presente un problema similar, ya que está elaborado con materiales de bajo recurso y se puede conseguir fácilmente.

Referencias

Comisión Nacional del Agua. (2011). Estadísticas del Agua en México. 15 de junio del 2011. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/OCB07/Contenido/Documentos/EstadisticaAguamexico2011.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2016). Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/LINEAMIENTOS_CAPTACION_P_LUVIAL.pdf

García, (2012). Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la Cd. de México. (Tesis de Maestría). Recuperado de: <http://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/Captacion-lluvia-tesisHiram-Garcia.pdf>

Diagnóstico del estado de deterioro de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas

Diagnosis of the deterioration state of a reticular reinforced concrete roof using non-destructive and semi-destructive techniques

MARTÍNEZ-BARRITA, Rolando^{1†*}, LÓPEZ-CALVO, Herwing Zeth², GÓMEZ-BARRANCO, Heidy², MUCIÑO-VÉLEZ, Alberto³

¹Facultad de Arquitectura "5 de Mayo", Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO).

²Facultad de Arquitectura "5 de Mayo", Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), Cuerpo Académico "Tecnología y Sustentabilidad", 5 de Mayo No.111, Centro Histórico, Oaxaca, Oax. México

³Facultad de Arquitectura, Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, Del. Coyoacán, Cd. de México.

ID 1^{er} Autor: Rolando, Martínez-Barrita / ORC ID: 0000-0002-9813-0975

ID 1^{er} Coautor: Herwing, López-Calvo / ORC ID: 0000-0001-6058-0981, Researcher ID Thomson: X-2136-2018, CVU CONACYT ID: 59541

ID 2^{do} Coautor: Heidy, Gómez-Barranco / ORC ID: 0000-0001-7221-1438, Researcher ID Thomson: G-3415-2019, CVU CONACYT ID: 808434

ID 3^{er} Coautor: Alberto, Muciño-Vélez / ORC ID: 0000-0002-6386-0249, CVU CONACYT ID: 231700

DOI: 10.35429/JCE.2019.7.3.12.20

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

En el presente artículo, se describen los trabajos de una investigación efectuada para diagnosticar el estado de deterioro de un techo tipo reticular, ubicado en el Centro Histórico de la ciudad de Oaxaca México, mediante técnicas no destructivas (TND) y semi-destructivas (TSD). El techo fue construido con un sistema estructural no convencional, el cual, consistió en el uso de vigas tipo reticular, casetones perdidos de block hueco y una losa de compresión. Durante la inspección visual, se observaron signos de deterioro en la estructura, como: filtraciones, lixiviación de sales, desprendimiento del recubrimiento y corrosión del acero de refuerzo. En concordancia, las TND y TSD seleccionadas para ejecutar el diagnóstico del estado de deterioro de la estructura, consistieron en la estimación de la resistencia a la compresión por medio de pruebas de esclerometría y de compresión en núcleos de concreto, determinación de los efectos de lixiviación de sales en el pH del concreto, estimación de la cantidad y ubicación del acero de refuerzo con pacómetro digital y estimación del estado de corrosión en varillas selectas mediante pruebas electroquímicas. Los resultados obtenidos revelaron la factibilidad del empleo de las TND y TSD para diagnosticar el estado de deterioro de manera poco invasiva.

Diagnostico, Deterioro, Técnicas no destructivas, Semi-destructivas, Seguridad estructural

Abstract

In the present article, an investigation carried out to diagnose the state of deterioration of a reticular type slab, located in the Historic Center of Oaxaca city Mexico, using non-destructive (TND) and semi-destructive (TSD) techniques, is described. The roof was built with an unconventional structural system, which consisted of the use of reticular beams, missing hollow block cases and a compression slab. During the visual inspection, various signs of deterioration in the structure were observed, such as: leaks, salt leaching, shedding of the rebar cover and corrosion of the reinforcing steel. Accordingly, the TND and TSD selected to perform the diagnosis of the state of deterioration of the structure were the following: estimation of the compressive strength ($f'c$), by means of sclerometry test and compression test in concrete cores, determination of the effects of salts leaching on the pH of the concrete, estimation of the amount and location of the reinforcing steel with a digital pacometer and estimation of the corrosion state in selected rebars by electrochemical testing. The results obtained revealed the feasibility of using NDT and SDT to reliably diagnose the state of deterioration of a reticular slab of reinforced concrete in a non-invasive manner.

Diagnosis, Deterioration, Non-destructive, Semi-destructive techniques, Structural safety

Citación: MARTÍNEZ-BARRITA, Rolando, LÓPEZ-CALVO, Herwing Zeth, GÓMEZ-BARRANCO, Heidy, MUCIÑO-VÉLEZ, Alberto. Diagnóstico del estado de deterioro de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-7: 12-20

* Correspondencia del Autor (barrita1994@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Debido a su interacción con los agentes ambientales, las estructuras de concreto armado son comúnmente afectadas por diversas causas a través de su vida útil; dichas afectaciones, suelen desencadenarse y agravarse como consecuencia de los defectos de construcción de la estructura, el tipo de mecanismo del daño y la presencia de una fuente de deterioro. Los factores que podrían impactar en la reducción de la vida útil de una estructura de concreto, se esquematizan en la Figura 1.

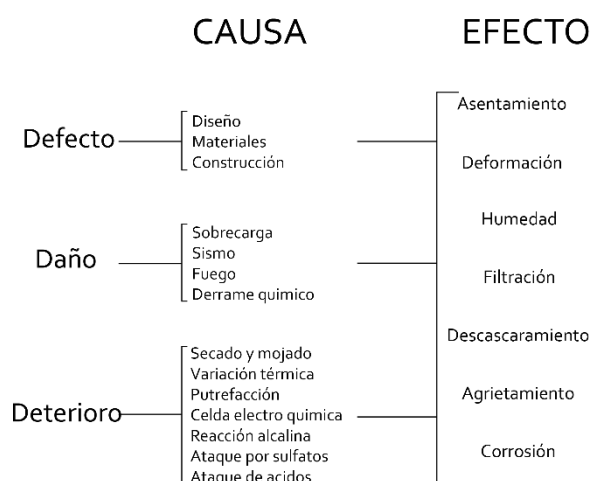


Figura 1 Factores desencadenantes de la reducción de la vida útil de una estructura de concreto reforzado
Fuente: *Elaboración Propia*

Para coadyuvar en el diagnóstico del estado de deterioro de los materiales que componen una estructura de concreto reforzado, se han desarrollado diversas técnicas, semi-destructivas (TSD) y no destructivas (TND), que permiten la evaluación de la estructura de manera poco invasiva. Entre las TSD y TND más comunes, encontramos los equipos para la estimación de la resistencia del concreto, equipos de laboratorio y campo para estimar la probabilidad y velocidad de corrosión del acero de refuerzo, equipos analíticos para determinar la alcalinidad y potencial de hidrogeno del concreto, detectores de metal denominado como pacómetro, utilizado para estimar la cuantía y localización de los armados de la estructura, entre otros.

A pesar de la existencia de diversas TND y TSD para el diagnóstico del estado de deterioro de las estructuras de concreto reforzado, poco trabajo de aplicación de estas se ha desarrollado en México, y esta situación es aún más incipiente en el estado de Oaxaca.

Lo anterior, ha llevado a que los profesionales de construcción no cuenten con la información necesaria para el uso de estas técnicas; además, de contar con poco o nulo conocimiento de la normativa vigente en la materia.

Planteamiento del problema

Hoy en día, los avances tecnológicos y de investigación han permitido el desarrollo de TND y TSD para diagnosticar el estado de deterioro que guardan las estructuras de concreto armado expuestas a los agentes de degradación existentes en el medio ambiente. Sin embargo, en nuestro medio, a pesar de la disponibilidad de dichas técnicas, estas han sido poco ensayadas por los profesionales de la construcción para diagnosticar la integridad estructural de las edificaciones; esto, debido quizás a que no se cuenta con los conocimientos necesarios para determinar su factibilidad y confiabilidad. Lo anterior es una problemática que es de vital importancia atender, sobre todo en un estado como Oaxaca, al estar ubicado en una de las zonas con mayor incidencia sísmica de la república mexicana.

Justificación

Es en el contexto mencionado previamente, que los esfuerzos de investigación encaminados a evaluar la factibilidad y confiabilidad del empleo de TND y TSD para el diagnóstico de estructuras de concreto armado, se justifican ampliamente; ya que, dichas técnicas permiten recabar información confiable y sistemática sobre el estado de deterioro de las estructuras de manera poco invasiva. Lo anterior, es de vital importancia para garantizar la integridad y seguridad estructural de las edificaciones.

Hipótesis

El empleo sistemático de TND y TSD, permitirá diagnosticar el estado de deterioro de una techumbre de concreto armado para garantizar su integridad y seguridad estructural de manera confiable para sus usuarios.

Objetivos

Objetivo General

Diagnosticar mediante el uso de TND y TSD el estado de deterioro de una techumbre de concreto reforzado con el fin de garantizar su integridad y seguridad estructural sin alterar de manera invasiva las propiedades de los materiales que la componen.

Objetivos específicos

- Evaluar de la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) mediante pruebas de esclerometría y en núcleos de concreto, extraídos de la estructura.
- Determinar la ubicación de los armados y cuantía de acero de refuerzo mediante la utilización de inducción de impulsos electromagnéticos con el equipo Profoscope.
- Determinación del estado de corrosión del acero de refuerzo por medio de pruebas electroquímicas de potenciales de corrosión (E_{corr}).
- Determinar los efectos de la lixiviación de sales de hidróxido de calcio y magnesio en el pH del concreto.

Materiales y métodos

Descripción de la estructura e inspección visual

El techo fue realizado con un sistema constructivo no convencional, el cual, consiste en traveses tipo reticular con una longitud variable de entre 3.50 y 4.90 m. Es relevante mencionar que, para el colado de la estructura, fueron utilizados como moldes perdidos, “casetones”, una serie de bloques huecos pesados, manufacturados con mortero cemento-arena (ver Figura 2).

Dichas traveses, se componen de tres nervaduras de sección transversal de 200 mm de peralte y 100 mm de ancho, ligadas entre sí en su parte intermedia, por una nervadura de concreto reforzado con sección transversal de 200 x 150 mm, aproximadamente. En la Figura 3, se ilustra una sección transversal de una de las nervaduras con sus dimensiones exteriores.



Figura 2 Vista general de la techumbre (Zona 1).



Figura 3 Lixiviación de los productos solubles (Vista del lecho inferior de la techumbre)

Durante el proceso de inspección visual, fue notoria la presencia de diversos signos de deterioro en la estructura, consistentes en agrietamientos, presencia de humedades, signos de corrosión del acero de refuerzo y presencia de sales de lixiviación en el lecho inferior y la parte lateral de las nervaduras. De acuerdo con la literatura, es posible inferir que la presencia de dichas sales es un síntoma de la lixiviación de los productos solubles presentes en la pasta de cemento (sales de hidróxido de calcio y de magnesio), que no fueron estabilizadas químicamente durante los procesos de hidratación (DePuy, 1994), como se puede mostrar en la Figura 3.

Ejecución de pruebas mediante TND y TSD

Derivado de los daños observados durante el proceso de inspección visual, se determinó llevar a cabo el diagnóstico del estado de deterioro que guarda la estructura por medio de TND y TSD.

Las propiedades a evaluar fueron: la resistencia a la compresión ($f'c$) por medio de pruebas de martillo de rebote (esclerómetro) y pruebas de compresión en núcleos de concreto obtenidos directamente de la estructura. Así también, se llevó cabo la estimación de la cuantía y localización de los armados de las nervaduras, determinación del estado de la corrosión del acero de refuerzo por medio de pruebas electroquímicas de potenciales de corrosión (E_{corr}), y determinación de los efectos de la lixiviación de sales en el pH del concreto.

Determinación del $f'c$ mediante martillo de rebote y extracción de núcleos de concreto.

Las lecturas de martillo de rebote (MR), fueron realizadas de acuerdo con la NMX-C-192 (ONNCCE-1997). Las mediciones fueron tomadas en la zona lateral de las nervaduras, esto se realizó con el fin de lograr, dentro de lo posible, ejecutar las pruebas en zonas con poco congestionamiento del acero de refuerzo (estribos y varillas longitudinales); para ello, fueron seleccionadas de manera aleatoria 6 nervaduras ubicadas en las 4 diferentes zonas de la techumbre, localizadas de acuerdo con el plano mostrado en la Figura 4.

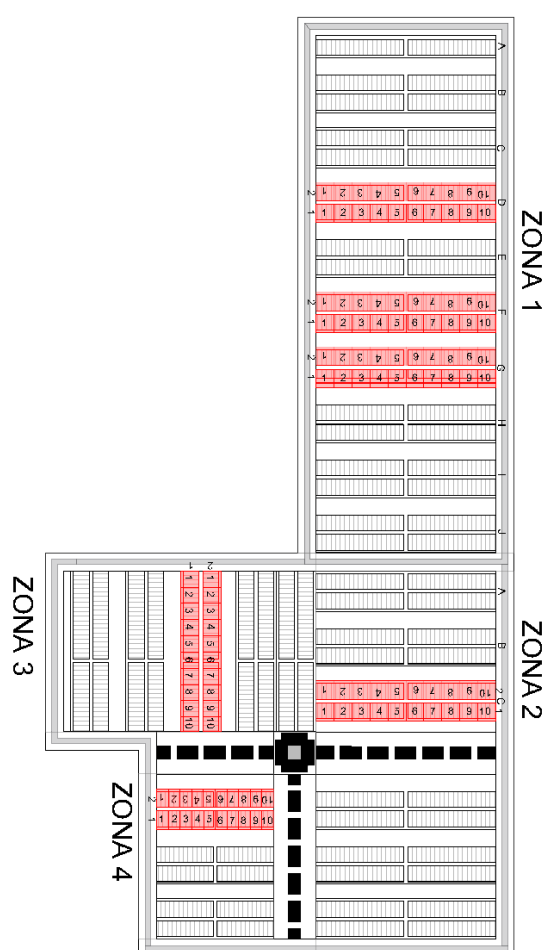


Figura 4 Planta estructural de la techumbre

Cada nervadura fue dividida en 10 secciones de manera longitudinal y en cada sección se realizaron tres lecturas de MR con el fin de obtener un total de 30 lecturas por cada nervadura, y el valor promedio de ellas fue considerado como el $f'c$ final.

Posteriormente, con el fin de validar los datos obtenidos mediante la prueba de MR, se realizaron pruebas mediante TSD, consistentes en la obtención de núcleos de concreto y su posterior evaluación a la compresión de acuerdo con la NMX-C-169 (ONNCCE-2009). La extracción de los núcleos, se realizó por medio de una broca de diamante de 2 pulgadas de diámetro. Se obtuvieron un total de 3 núcleos de concreto de geometría cilíndrica de 48 mm de diámetro y una altura variable (ver Figuras 5 y 6).



Figura 4 Extracción de núcleos de concreto con broca de diamante de 2". (Del Viso, J. R., et al., 2008)

Para poder ejecutar las pruebas con una mayor precisión, una vez extraídos los cilindros, estos fueron cortados en sus extremos con una sierra de diamante con el fin de lograr dos caras paralelas entre sí (Fig. 6).



Figura 6 Núcleos de concreto para pruebas de compresión

Una vez obtenidos los núcleos, estos fueron probados a compresión axial, de acuerdo con (ASTM C39/C39M-12, 2012) utilizando una prensa digital de 150 toneladas marca Controls® (Figura 7). Los datos de f'_c obtenidos tras la evaluación de los núcleos, se ajustaron matemáticamente para poder equiparar los resultados con los que pudieran haber sido obtenidos en especímenes cilíndricos con una dimensión estándar.



Figura 7 Ejecución de las pruebas de compresión

Estimación de la cuantía de acero y localización de los armados

Para determinar la ubicación y cuantía del acero de refuerzo, se seleccionaron 12 nervaduras de manera aleatoria. Al igual que en la evaluación realizada para estimar la resistencia a la compresión, cada nervadura fue dividida en 10 partes en su sección longitudinal y en cada una de ellas se tomaron tres mediciones, para un total de 360 lecturas (Figura 8). El escaneo se llevó a cabo utilizando un pacómetro digital (detector de varillas) marca Profoscope®.

El equipo detector utiliza la tecnología de inducción de impulsos electromagnéticos para detectar las varillas. Las bobinas de la sonda se cargan periódicamente mediante impulsos de corriente, lo que genera un campo magnético. En la superficie de cualquier material conductor de corriente eléctrica dentro del campo magnético se producen corrientes de remolino, dichas corrientes inducen un campo magnético en sentido opuesto. El cambio de tensión resultante puede utilizarse para la detección del acero embebido en la estructura de concreto, hasta una profundidad de 100 mm.



Figura 8 Estimación de la cuantía y ubicación del acero con pacómetro digital Marca Profoscope®

Determinación del estado de la corrosión del acero de refuerzo

Durante la fase de la inspección visual, se pudo constatar la existencia de signos de corrosión en el acero de refuerzo embebido en las nervaduras. Debido a ello, se determinó realizar pruebas de potenciales de corrosión (E_{corr}) en una muestra de nervaduras que presentarán mayores daños visibles. Dichas pruebas se ejecutaron con el objetivo de conocer la posible presencia de corrosión activa en las varillas de refuerzo. En la Figura 9, se ilustra la toma de lecturas de E_{corr} utilizando un electrodo de referencia (media celda) de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO₄) de acuerdo con (Assouli, B., et., al. 2008).



Figura 9 Arreglo de media celda para pruebas de potenciales de corrosión (E_{corr})

Los resultados obtenidos fueron analizados y comparados de acuerdo con la Tabla 1, donde se pueden observar los valores de la probabilidad de corrosión activa ocurriendo en la estructura, siendo -200 mV ó más positivo para un $<5\%$ de probabilidad de corrosión (pasivo), entre -200 y -350 mV se considera 50% de probabilidad de corrosión (intermedio) y más negativo que -350 mV, puede considerarse un 95% corrosión activa ocurriendo.

Probabilidad de corrosión activa	Lectura del potencial de media celda	
	Cu-CuSO ₄ Electrodo	
> 95 por ciento	Mas negativo que -350 mV	
50 por ciento	-200 a -350 mV	
< 5 por ciento	Mas positivo que -200 mV	

Tabla 1 Valores de potenciales de corrosión (E_{corr}) para electrodo de referencia Cu/CuSO₄ (Broomfield, 2003)

Determinación del pH del concreto

De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa de inspección visual, como se comentó previamente, se pudo observar la presencia de eflorescencia de sales, fenómeno que se caracteriza por la presencia de manchas con polvo color blanco. Con el objetivo de conocer los efectos de lixiviación en el pH del concreto, se llevaron a cabo pruebas de cuantificación de los potenciales de hidrogeno (pH) en polvos obtenidos de las traveses que presentaron mayor presencia de lixiviación de sales.

Para ello, se utilizó una broca de $5/8''$ con punta de diamante, y se obtuvieron muestras de polvo en capas de 10 mm en 10 mm hasta la profundidad de la varilla de entre 40 a 50 mm de profundidad. Los polvos obtenidos, fueron pesados y disueltos en agua des-ionizada en proporción de 75 ml por cada 10 gramos de polvo. Una vez homogenizada la muestra, como se observa en la Figura 10, se procedió a cuantificar el pH utilizando un potenciómetro digital Marca Hanna®.

Adicionalmente, con el objetivo de verificar de manera cualitativa los resultados obtenidos, se procedió a realizar una prueba de titulación por medio de la adición de fenolftaleína al 1% diluida en alcohol etílico. (steindl, y otros, 2019)



Figura 10 Pruebas de medición del pH por medio de potenciómetro digital Marca Hanna®

Resultados y discusión

Análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de esclerometría y resistencia a la compresión en núcleos

Los resultados de las pruebas de compresión obtenidos por medio de esclerometría y pruebas de compresión en núcleos, se enlistan en la Tabla 2. Como se puede observar, se realizaron un total de 60 pruebas, 10 lecturas por cada una de las 6 traveses selectas, ubicadas en las 4 diferentes zonas de la estructura. Cada una de las traveses está formada por 2 nervaduras, las cuales fueron divididas en 10 partes a lo largo de su sección.

Zona 1*		Zona 2*		Zona 3*		Zona 4*		f'_c
Trabe A	Trabe B	Trabe C	Trabe D	Trabe E	Trabe F	Promedio		
240	248	298	281	208	227	244		
230	237	290	254	252	265			
250	253	268	248	256	261			
245	245	293	252	217	275			
245	235	276	283	198	283	219		
250	242	276	267	242	270			
230	243	281	228	253	264			
249	209	275	267	242	270			
250	232	272	228	253	264	223		
230	242	268	254	256	261			
242**	239**	280**	256**	238**	264**		229**	
DV: 8.79	DV:12.03	DV:10.55	DV:18.89	DV:21.73	DV:14.71	DV:13.43		

* Ver ubicación en Figura 4- Planta estructural; DV: Desviación estándar. ** Valores de f'_c promedio obtenido de 10 lecturas tomadas en dos nervaduras

Tabla 2 Resultados de las pruebas de esclerometría y compresión en traveses

La prueba de resistencia a la compresión se realizó en 3 núcleos tomados de diversos puntos de la estructura. Los resultados mostrados en la Tabla 2, demuestran que ambas técnicas utilizadas, TND con el martillo de rebote y TSD mediante compresión en núcleos concreto, presentan resultados de f'_c , dentro de rangos similares, por lo que los resultados obtenidos con el martillo de rebote pueden ser considerados como válidos.

Es importante mencionar que, al momento de obtener los núcleos de concreto en la zona de la azotea, la sección de la losa de compresión se despegó del concreto de la nervadura, esto evidencia claramente que ambos concretos fueron colados en dos diferentes etapas, por lo que se puede inferir que las nervaduras y losa de compresión, no fueron coladas de manera monolítica (ver Figura 11).



Figura 11 Núcleo de concreto y sección de la losa de compresión

Cuántía de los armados

De acuerdo con el esquema presentado en la Figura 12, cada una de las trabes está estructurada por tres nervaduras longitudinales unidas en la parte central por medio de una nervadura intermedia.

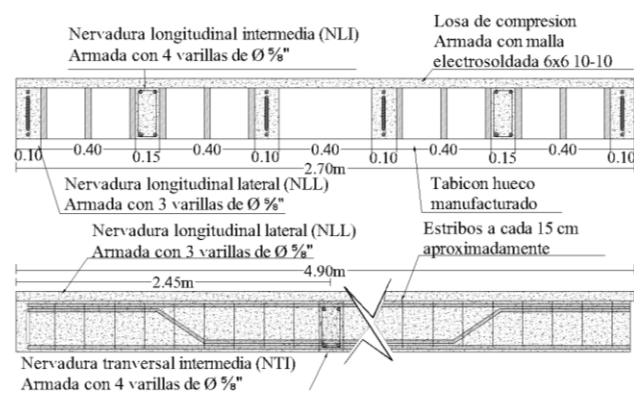


Figura 12 Sección transversal y longitudinal de las nervaduras y su reforzamiento

La nervadura longitudinal intermedia (NLI), está compuesta por una sección de concreto de 150 mm de ancho, 200 mm de peralte y reforzada con 4 varillas de 5/8", dos en el lecho superior y dos en el inferior, y estribos de 1/4" a cada 150 mm. Por su parte las nervaduras longitudinales laterales (NL), están reforzadas con 2 varillas de 5/8", una en el lecho superior, otra en el inferior y un columpio de varilla de 5/8" con estribos de 1/4" a cada 150 mm.

Derivado de las mediciones, se pudo determinar que los recubrimientos de las varillas presentan diversos espesores que fluctuaron entre los 10 y 60 mm, lo cual, evidencia las deficiencias y falta de consistencia en los procesos de construcción de la estructura.

Estado de la corrosión del acero de refuerzo

Los resultados de potenciales de corrosión (E_{corr}) obtenidos de 5 nervaduras que presentaron mayores evidencias de corrosión activa, son presentados por medio de una escala colorimétrica, como se ilustra en la Figura 13. Dicha escala colorimétrica fue utilizada con el fin de ilustrar de una manera más visual, el comportamiento de la potencialidad de corrosión ocurriendo en las nervaduras.

De acuerdo con la escala colorimétrica propuesta, el color rojo indica corrosión activa ocurriendo con una probabilidad del 95% (valores iguales o menores a -350 mV), el color naranja indica 50% de probabilidad intermedia de corrosión (valores entre -200 a -350 mV), y color amarillo representa probabilidades menores al 5%; es decir, que el acero se encuentra en estado pasivo (valores más positivos que -200 mV).

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Sección											
252	242	246	218	250	241	240	230	215	210	152	107	171	175	145	180	102	101	48	70	Nervadura A	ZONA 1
150	212	210	215	270	262	258	255	260	241	240	234	225	228	153	155	121	123	145	150	Nervadura B	ZONA 1
511	514	303	301	281	269	289	289	263	254	253	238	264	257	285	264	267	293	250	259	Nervadura C	ZONA 1
290	288	279	265	176	147	272	260	306	298	266	199	296	271	242	170	263	248	153	167	Nervadura D	ZONA 1
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Sección											
550	500	439	475	457	506	517	532	401	408	456	482	444	438	369	372	825	522	504	510	Nervadura E	ZONA 2
399	401	450	365	301	390	357	388	376	398	410	387	378	381	382	364	360	325	489	481	Nervadura F	ZONA 2
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Sección											
415	420	253	228	276	338	213	217	235	230	308	260	222	345	257	197	193	213	284	314	Nervadura G	ZONA 3
201	240	233	175	235	207	302	325	273	261	312	318	322	231	240	261	153	150	168	205	Nervadura H	ZONA 3
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Sección											
269	285	226	233	228	233	206	210	260	210	178	181	158	164	158	150	250	264	236	240	Nervadura I	ZONA 4
197	254	202	203	198	182	190	198	189	176	204	195	181	175	298	221	128	125	134	136	Nervadura J	ZONA 4

Figura 13 Potenciales de corrosión en nervaduras, Zona 1-4

Los resultados de E_{corr} , revelaron que existe una actividad de corrosión intermedia generalizada en todas las zonas de la techumbre. Sin embargo, es importante mencionar que, las zonas 1 y 4 presentan condiciones de pasividad del acero en diversas zonas con valores más positivos que -200 mV; en contraste, las zonas 2 y 3 presentaron potenciales de corrosión activa.

En especial la nervadura C, localizada en la Zona 2, presenta potenciales de corrosión activa generalizada con valores promedio de entre -350 a -625 mV, por lo que, se puede inferir, que dicha condición está presente en otras trabes de estas zonas. Es importante mencionar que, durante la etapa de inspección visual, se observó la presencia de escombros y diversos materiales de desecho acumulados en la parte superior de la techumbre, por lo que es posible especular que la presencia de estos materiales son un factor determinante en la presencia de humedad constante y falta ventilación de los espacios, lo que podría jugar un papel determinante en desencadenar y acelerar el proceso de deterioro por corrosión de la estructura. (Calvo, L. 2012).

Efectos de la lixiviación de sales en el PH del concreto

Los resultados de determinación de valores de pH, medidos en polvos obtenidos en 5 nervaduras a diferentes profundidades (de 0 a 50 mm), se muestran en la Figura 14. Los datos revelaron que el pH del concreto medido desde la superficie y hasta el nivel de la varilla, aún se encuentra en valores de entre 11.9 a 15.3. Lo anterior indica que, a pesar de la evidente disolución y lixiviación de compuestos solubles de hidróxido de calcio y de magnesio que se observan en el lecho bajo y cara lateral de las nervaduras, la alcalinidad del concreto aún se encuentra en valores estables para mantener en estado pasivo el acero de refuerzo. (Taha, y otros, 2019)

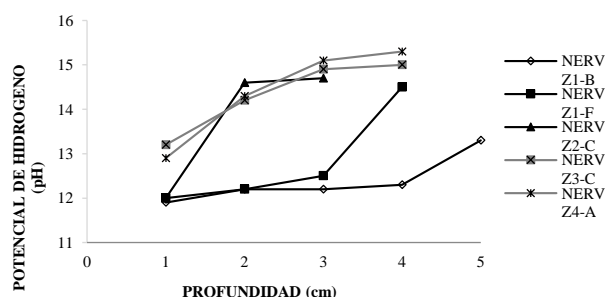


Figura 14 Datos de pH en polvos obtenidos de 5 nervaduras a diferentes profundidades (mm)

Cabe destacar que los resultados antes mencionados, fueron corroborados con la prueba de colorimetría, donde los polvos disueltos con pH mayores a 9, se tornaron magenta en todos los casos al adicionar el reactivo a base de fenoltaleína (Ver Figura 15).

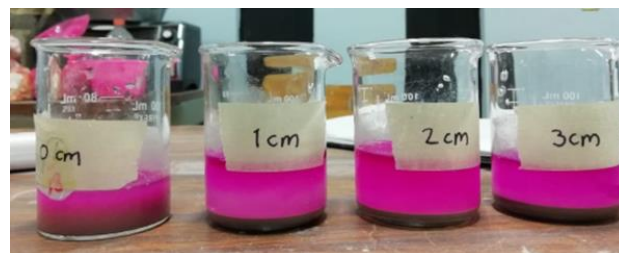


Figura 15 Pruebas de colorimetría en polvos obtenidos a diferentes profundidades

Conclusiones

Con base a los datos recabados del diagnóstico de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas, las siguientes conclusiones pueden ser propuestas:

1. Las pruebas de esclerometría y resistencia a la compresión en núcleos, indican que el f'_c del concreto fluctuó entre 240 y 280 kg/cm^2 ; por lo que, se puede confirmar que dichos valores son aceptables para concretos de acuerdo con el Reglamento de Construcciones y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca (RCSEEO); el cual, solicita valores de f'_c , iguales o superiores a 200 kg/cm^2 para concretos estructurales.

2. El análisis de cuantía de acero, permitió determinar la existencia de varillas de 5/8" como reforzamiento longitudinal en las nervaduras, tanto en el lecho superior como en el lecho inferior, y estribos de 1/4" a cada 15 cm en todas las nervaduras analizadas.

3. La evaluación del estado de la corrosión del acero, reveló la presencia de corrosión intermedia (50% de probabilidad) ocurriendo de manera generalizada en todas las nervaduras. En especial en las zonas 2 y 3, donde se encontró más humedad, se estimaron potenciales de corrosión con valores promedio de entre -350 a -625 mV, indicando corrosión activa con probabilidad del 95%. Sin embargo, a pesar de los altos potenciales de corrosión observados, aún no se observaron agrietamientos y desconchamiento del concreto causado por la expansión de productos de corrosión, lo que indica que el deterioro de estos elementos aún se encuentra en su etapa inicial.

4. Los resultados del análisis de los polvos para determinar efectos de la lixiviación de sales en el pH del concreto, mostraron que la pasta de cemento aún esta químicamente estable, ya que presento valores de pH entre 12 y 15 en todos los casos. Por lo anterior, se puede inferir que las varillas están protegidas en un medio suficientemente alcalino de acuerdo con los niveles normales del concreto (pH entre 12 y 14). Por lo anterior, se puede especular que los productos de lixiviación que se observan de manera superficial en el lecho bajo de la techumbre, podrían provenir de la losa superior, dado su excesivo grado de deterioro.

5. Los resultados obtenidos durante este trabajo de investigación, demuestran la factibilidad del uso de las TND y TSD utilizadas, para el diagnóstico de estructuras de concreto armado afectadas por diversas patologías. Sin embargo, se recomienda llevar a cabo más investigación relacionada con el uso de dichas técnicas, tanto en campo como en laboratorio, con el fin de garantizar su total confiabilidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Laboratorio de Materiales, Edificación y Medio Ambiente de la Facultad de Arquitectura "5 de Mayo" (LMEM-FA5M) de la UABJO. Al Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (LMSE-UNAM). Y un agradecimiento muy especial a la Arquitecta Verónica Paulín Arredondo, por las facilidades prestadas para la ejecución de los trabajos de campo.

Referencias

Assouli, B., Ballivy, G., & Rivard, P. (2008). Influence of environmental parameters on application of standard ASTM C876-91: half cell potential measurements. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 43(1), 93-96.

ASTM, C. (2012). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM C39/C39M-12.

Broomfield, J. P. (2003). *Corrosion of steel in concrete: understanding, investigation and repair*. CRC Press.

Calvo, L. y Zeth, H. (2012). Shape and size effects on the compressive strength of high-strength concrete.

Del Viso, J. R., Carmona, J. R., & Ruiz, G. (2008). Shape and size effects on the compressive strength of high-strength concrete. *Cement and Concrete Research*, 38(3), 386-395.

DePuy, G. W. (1994). Chemical resistance of concrete. In *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*. ASTM International.

Norma Mexicana, N. M. X. C-170-ONNCCE-1997. Agregados-Reducción de las Muestras de Agregados Obtenidos en el Campo al Tamaño Requerido de las Pruebas. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, SC Available online: www.onncce.org.mx (accessed on 18 February 2017).

Steindl, F. R., Baldermann, A., Galan, I., Sakoparnig, M., Briendl, L., Dietzel, M., & Mittermayr, F. (2019). Chemical resistance of eco-concrete—Experimental approach on Ca-leaching and sulphate attack. *Construction and Building Materials*, 223, 55-68.

Taha, Y., Benarchid, Y., & Benzaazoua, M. (2019). Environmental behavior of waste rocks based concrete: Leaching performance assessment. *Resources Policy*, 101419.

Prototipo IaaS para el estudio del almacenamiento en bloque basado en Cinder**IaaS prototype for the study of block storage based on Cinder**

GALLARDO-ALVAREZ, Dennise Ivonne †*, RAZÓN-GONZÁLEZ, Juan Pablo, DURAN-BELMAN, Israel y MAGDALENO-ZAVALA, Juan Antonio

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato - Silao km 12.5, Col. El Copal, C. P. 36821, Irapuato, Gto.

ID 1^{er} Autor: *Dennise Ivonne, Gallardo-Alvarez* / ORC ID: 0000-0002-9197-6425, Researcher ID Thomson: S-4921-2018, CVU CONACYT ID: 264516

ID 1^{er} Coautor: *Juan Pablo, Razón-González* / ORC ID: 0000-0002-9457-5029, Researcher ID Thomson: S-4919-2018, CVU-CONACYT ID: 216902

ID 2^{do} Coautor: *Israel Durán-Belman* / ORC ID: 0000-0002-1394-0486, Researcher ID Thomson: V-7806-2019, CVU CONACYT ID: 691483

ID 3^{er} Coautor: *Juan Antonio Magdaleno Zavala* / ORC ID: 0000-0001-9762-0086, Researcher ID Thomson: S-5543-2018, CVU CONACYT ID: 691690

DOI: 10.35429/JCE.2019.7.3.21.26

Recibido 03 de Enero, 2019; Aceptado 30 Marzo, 2019

Resumen

La evolución de la tecnología hacia una nueva era de flujos de trabajo ágiles y dinámicos en el tema de cómputo en la nube, ha dado lugar a que los profesionistas en Tecnologías de Información profundicen en el estudio de herramientas o mecanismos que optimicen el almacenamiento y la seguridad de los datos; por otro lado, para las empresas que manejan cada vez más un mayor volumen de datos para desarrollar su actividad, disponer de estas herramientas se ha convertido hoy en día en un factor clave. En este trabajo se da a conocer el estudio del componente Cinder de la plataforma OpenStack, como herramienta de almacenamiento en bloque que se asocia a máquinas virtuales o instancias; se presenta el despliegue de una plataforma de nube del modelo IaaS (Infraestructura como Servicio) en un entorno de pruebas, siguiendo las primeras cuatro fases de la metodología PDIOO propuesta por Cisco Systems; y se presentan los resultados que demuestran el almacenamiento persistente de la información a través del uso de dicho componente.

Infraestructura como Servicio, Almacenamiento, Cinder

Abstract

The evolution of technology towards a new era of agile and dynamic workflows in the topic of cloud computing has resulted in professionals in Information Technology deepening in the study of tools or mechanisms that optimize the storage and data security; on the other hand, for companies that increasingly handle a larger volume of data to develop their activity, having these tools has become a key factor today. In this work is present the study of the Cinder component of the OpenStack platform, as a block storage tool that is associated with virtual machines or instances; is presented the deployment of a cloud platform of the IaaS model (Infrastructure as a Service) in a test environment, following the first four phases of the PDIOO methodology proposed by Cisco Systems; and the results that demonstrate the persistent storage of information through the use of said component are presented.

Infrastructure as a Service, Storage, Cinder

Citación: GALLARDO-ALVAREZ, Dennise Ivonne, RAZÓN-GONZÁLEZ, Juan Pablo, DURAN-BELMAN, Israel y MAGDALENO-ZAVALA, Juan Antonio. Prototipo IaaS para el estudio del almacenamiento en bloque basado en Cinder. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-7: 21-26

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: degallardo@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En términos de Tecnologías de Información, la definición general del almacenamiento de datos suele ser la acción de guardar documentos o información en formatos ópticos o electromagnéticos en una computadora, no obstante, esta acción dentro de las empresas implica una mayor responsabilidad debido al valor de lo que se almacena (Evaluando Cloud, 2017). Hoy en día, las empresas se han encontrado con la necesidad de mejorar los mecanismos de almacenamiento a causa del incremento del número de datos producidos y los retos que surgen por el manejo de información.

Existen distintos tipos de almacenamiento disponible con diferentes características de uso, pero con cualquier sistema de almacenamiento las organizaciones deben tener en cuenta la regla 3-2-1 para que la disponibilidad de datos sea correcta; el nombre de esta regla hace referencia a la cantidad de elementos que la componen: **Tres:** Se refiere a la cantidad mínima de copias de información que se deben tener. **Dos:** Es la cantidad de medios diferentes en donde se deben realizar las copias. **Uno:** Una de las copias de seguridad debe encontrarse en un lugar fuera de las instalaciones (Pérez, 2019).

Desde una perspectiva más específica como el cómputo en la nube, existen tres tipos de almacenamiento de datos: a) Almacenamiento de objetos, b) Almacenamiento de archivos y c) Almacenamiento en bloque (Amazon Web Services, Inc., 2019).

El almacenamiento en bloque, que es el tema de estudio de este trabajo, es un modelo en donde los datos están alojados en espacios de almacenamiento virtualizados denominados “volúmenes” o “bloques” (TechTarget, 2017). Cada volumen actúa como un disco duro individual que se puede particionar, formatear y montar si así se requiere.

Mientras que hay muchas opciones en cuanto a un orquestador de nube, OpenStack es una opción popular del tipo IaaS en el mundo del código abierto; es una solución que controla grandes grupos de recursos de cómputo, almacenamiento y red, todo administrado a través de un panel de control (ver figura 1) que brinda a los administradores control, mientras permite a los usuarios proveerse de recursos a través de una interfaz web (OpenStack, 2019).

Dentro de los componentes de almacenamiento de OpenStack se encuentra “Cinder”, el servicio de almacenamiento en bloque que está diseñado para presentar recursos de almacenamiento a usuarios finales (OpenStack, 2019). Este tipo de almacenamiento tiene grandes ventajas cuando se trabaja con virtualización de sistemas operativos en la nube ya que la información almacenada en cualquier volumen creado, asociado y des asociado a una instancia es persistente, esto aún después de que las instancias sean dañadas.

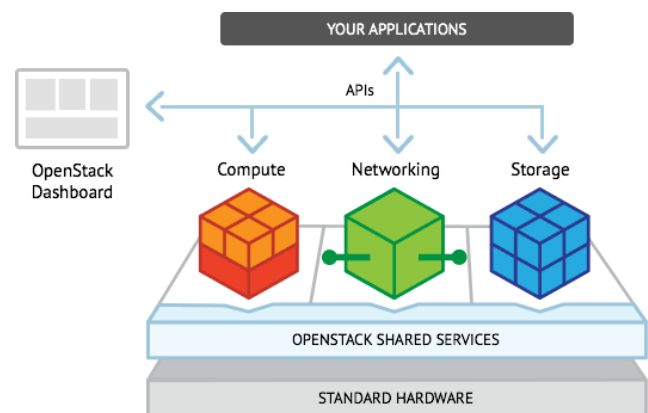


Figura 1 Metodología PDIOO

Fuente: (Mirantis, Inc., 2019)

En particular, dentro de las instituciones educativas que impartan formación relacionada con las TI, con Cinder se pueden aprovechar muchas de las ventajas del almacenamiento, ya que se pueden realizar respaldos dentro de los volúmenes para asociar a máquinas virtuales que permitan desplegar un nuevo escenario de trabajo en cuestión de minutos que en anteriores años tomaría días e incluso semanas en desplegar.

Ante este escenario y considerando lo descrito anteriormente, en este trabajo se plasma el análisis del comportamiento del componente Cinder de OpenStack, a través del desarrollo de un prototipo del modelo IaaS que permita la creación, asociación y desasociación de volúmenes de almacenamiento a instancias, a fin de visualizar las ventajas y/o desventajas para implementarlo como herramienta de almacenamiento a través de una nube privada institucional para las escuelas de nivel superior.

A lo largo del trabajo se presentan cada una de las fases de la metodología seguida en este proyecto, y se describen los resultados obtenidos así como las conclusiones a las que se ha llegado después de la culminación del estudio.

Materiales y Métodos

La metodología PDIOO (ver figura 2) seguida en este proyecto es propuesta por Cisco Systems y permite formalizar el diseño de una red en cinco fases: Planeación, Diseño, Implementación, Operación y Optimización (Cisco Systems, 2004).

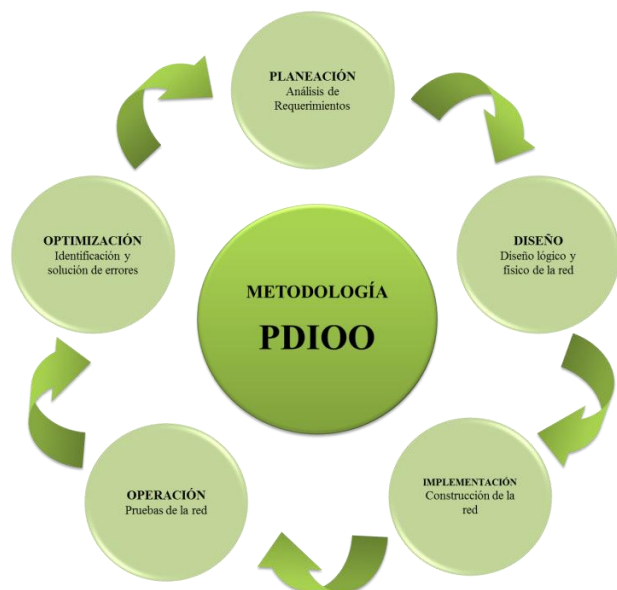


Figura 2 Metodología PDIOO

Fuente: Propia, basada en metodología de Cisco

Planeación

La planeación de una red, requiere la consideración de cada componente a utilizar. En la tabla 1 se describe tanto el hardware como el software utilizado para el desarrollo del entorno de pruebas:

Hardware			
	RAM	Procesador	Disco Duro
Computadora con rol de Servidor	16 GB	Intel Core i5 a 2.3 GHz	250 GB
Computadora con rol de cliente	4 GB	Intel Core i5 a 1.7 GHz	250 GB
Software			
Sistema Operativo base	CentOS 7		
Software de virtualización	Virtual Box 6.0		
Plataforma IaaS	OpenStack versión Ocata		
Sistema Operativo Instanciado	Ubuntu 16.04 LTS		

Tabla 1 Hardware y Software utilizado en prototipo IaaS

Fuente: Elaboración Propia

El sistema operativo base utilizado fue la versión mínima, es decir sin entorno gráfico, esto con la intención de ahorrar recursos en la computadora con el rol de servidor y tener un mejor rendimiento en el despliegue de la plataforma IaaS.

Diseño

Esta fase incluye el diagrama de red o la topología a implementar. Gracias a la virtualización basada en host y dado que el objetivo del proyecto se basa en el desarrollo de un prototipo, la instalación del entorno completo de OpenStack fue sobre una topología monolítica (una sola PC) y para las pruebas planteadas se diseñó una red LAN como se muestra en la figura 3.

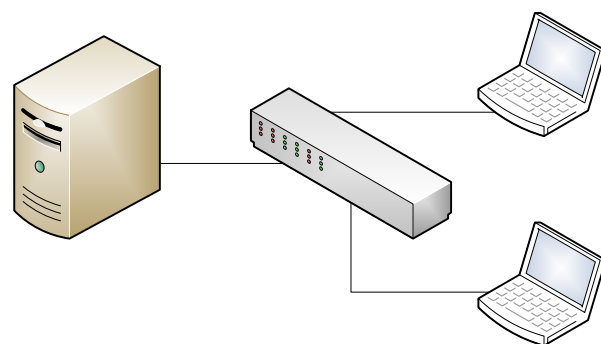


Figura 3 Topología de red

Fuente: Elaboración Propia

Implementación

Esta fase se centra en la preparación del entorno. En primer lugar se instaló el software de virtualización basado en host "VirtualBox" para la creación de una máquina virtual con el sistema operativo CentOS; sobre este sistema se instaló OpenStack-packstack versión Ocata y se configuraron cada uno de los componentes necesarios para la creación de instancias, además del componente Cinder para la creación, asociación y desasociación de volúmenes. Es importante documentar cada paso en la implementación, para regresar a escenarios anteriores en caso de fallas.

Operación

Esta fase incluye la gestión y el monitoreo de los componentes de la red. Se realizaron diversas pruebas que pueden resumirse en la creación de instancias, creación de volúmenes y asociación y desasociación de volúmenes a instancias.

Optimización

Dado que OpenStack se instaló sobre una infraestructura monolítica donde el principal objetivo es comenzar a familiarizarse con la plataforma (específicamente el componente Cinder), su configuración y gestión, el alcance de este proyecto no cubre la fase de optimización pues no se llevó a un nivel de producción e interacción con el usuario; sin embargo, para trabajos posteriores y un mejor rendimiento, se recomienda una computadora con mayor capacidad en cuanto a hardware para evitar la alta latencia en los recursos virtualizados.

Resultados

La evaluación del funcionamiento del componente Cinder y la comprobación de la integridad de los datos almacenados en bloques se efectuaron a través de diversas pruebas que se centraron en la eliminación intencional de instancias con volúmenes asociados.

En la figura 4 se muestran las instancias creadas para la realización de pruebas, estas son del Sistema Operativo Ubuntu 16.04 LTS en modo consola, esto debido a las limitantes de hardware de la computadora con rol de servidor.



Figura 4 Instancias de prueba
Fuente: Elaboración Propia

Cuando se lanza una instancia, automáticamente se genera un volumen y se asocia a la misma, es decir, se crea su disco duro o su directorio de almacenamiento raíz. Los directorios raíz de cada instancia, son volúmenes arrancables ya que es donde se almacena en sí el sistema operativo instanciado pero dichos discos duros son efímeros: el contenido es temporal y dura el tiempo de vida de la instancia; cuando se termina la instancia la información guardada en ese disco duro, desaparece.

Para comprobar el almacenamiento en bloque persistente que ofrece Cinder, se creó un volumen de prueba (volumenTEST) que se asoció a las instancias como un segundo espacio de almacenamiento. Como se puede observar en la figura 5, el volumen creado y asociado manualmente a la instancia uno, no es arrancable ya que actúa simplemente como un disco duro adicional.

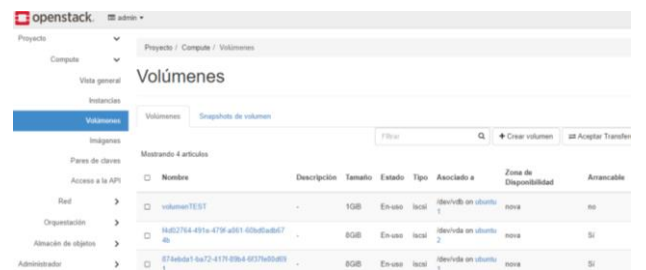


Figura 5 Volúmenes asociados, vista desde el dashboard de OpenStack
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 6, se muestra la asociación de los mismos volúmenes de la imagen anterior pero ahora a través de la terminal de la instancia en ejecución desde el cliente.

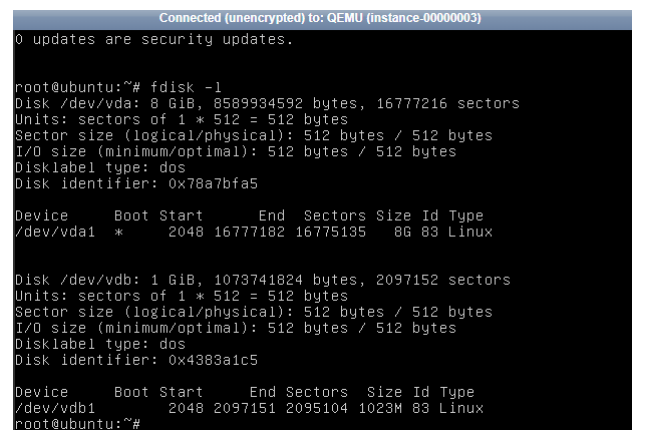


Figura 6 Volúmenes asociados a instancia uno
Fuente: Elaboración Propia

Para distinguir el disco duro raíz del volumen creado y asociado a la instancia, se puede observar la nomenclatura dada por el propio sistema operativo, donde *vda* es la unidad de almacenamiento raíz y *vdb* es el espacio creado y asociado manualmente.

En la figura 7 se muestra el volumen *vdb* montado en un directorio temporal y los archivos de prueba creados.


```

Connected (unencrypted) to: QEMU (instance-00000003)
root@ubuntu:/# lsblk -fm
NAME FSTYPE LABEL UUID                                MOUNTPOINT NAME S1
ZE OWNER GROUP MODE
vda
8G root disk brw-rw----
└─vda1 ext4 cloudimg-rootfs
   57d4ec0b-b677-43be-8ca2-a33aca4842bf / ──┬─vda1
8G root disk brw-rw----
└─vdb
1G root disk brw-rw----
└─vdb1 ext3 036fbf72-a3a5-4420-8e37-9586c31035d2 /media/tem ──┬─vdb1 102
3M root disk brw-rw----
└─root@ubuntu:/# cd /media/temp
root@ubuntu:/media/temp# ls
archivotest1.txt archivotest2.txt lost+found
root@ubuntu:/media/temp#

```

Figura 7 Archivos almacenados en vdb
Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, una vez desasociado “volumenTEST” y asociado ahora a la instancia dos (ver figura 8), se pudo comprobar el almacenamiento permanente e independiente a la vida de una instancia.

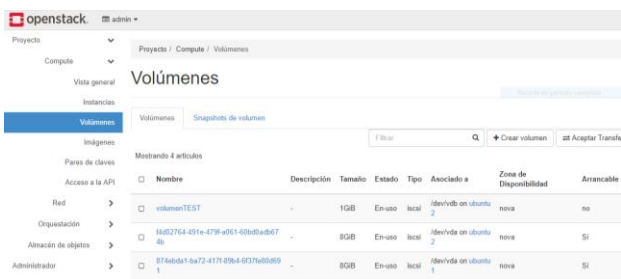


Figura 8 Volumen asociado a instancia dos
Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, en la figura 9 se aprecian dichos volúmenes a través de la terminal de la instancia dos en ejecución.

```

Connected (unencrypted) to: QEMU (instance-00000006)
root@ubuntu2:~# fdisk -l
Disk /dev/vda: 8 GiB, 8589934592 bytes, 16777216 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x78a7bfa5

Device     Boot Start      End  Sectors  Size Id Type
/dev/vda1  *        2048    16777182 16775135   8G 83 Linux

Disk /dev/vdb: 1 GiB, 1073741824 bytes, 2097152 sectors
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x4383a1c5

Device     Boot Start      End  Sectors  Size Id Type
/dev/vdb1                2048    2097151 2095104 1023M 83 Linux
root@ubuntu2:~# _

```

Figura 9 Volúmenes asociados a instancia dos
Fuente: Elaboración Propia

Y como en el caso anterior, una vez montado el volumen, en la figura 10 se muestran los archivos de manera íntegra; creados y almacenados desde la primera asociación con la instancia uno.

```

Connected (unencrypted) to: QEMU (instance-00000006)
root@ubuntu2:~# lsblk -fm
NAME FSTYPE LABEL UUID                                MOUNTPOINT NAME S1
ZE OWNER GROUP MODE
vda
8G root disk brw-rw----
└─vda1 ext4 cloudimg-rootfs
   57d4ec0b-b677-43be-8ca2-a33aca4842bf / ──┬─vda1
8G root disk brw-rw----
└─vdb
1G root disk brw-rw----
└─vdb1 ext3 036fbf72-a3a5-4420-8e37-9586c31035d2 /media/tem ──┬─vdb1 102
3M root disk brw-rw----
└─root@ubuntu2:~# cd /media/temp
root@ubuntu2:/media/temp# ls
archivotest1.txt archivotest2.txt lost+found
root@ubuntu2:/media/temp# _

```

Figura 10 Archivos íntegros, almacenados en volumenTEST
Fuente: Elaboración Propia

Dados los resultados de estas pruebas es recomendable desmontar el volumen antes de desasociarlo, esto para evitar que el sistema de archivos se corrompa. Además, de acuerdo a las pruebas y a la investigación realizada, se encontró que hasta ahora no es posible asociar un volumen a más de una instancia a la vez, ni redimensionar el tamaño del volumen mientras esté asociado a una instancia.

Respecto a la eliminación de instancias con volúmenes asociados, se pudo comprobar que la información también se mantiene íntegra. En la figura 11 se muestra la eliminación de la instancia dos.

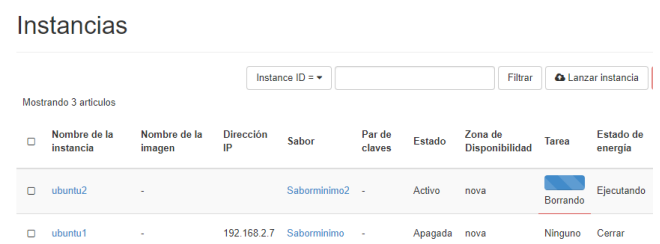


Figura 11 Eliminación de instancia dos
Fuente: Elaboración Propia

Cuando la instancia se ha eliminado, los volúmenes que tenía asociados (tanto el directorio raíz como volumenTEST) se liberan automáticamente y quedan disponibles para ser asociados a alguna otra instancia (ver figura 12).

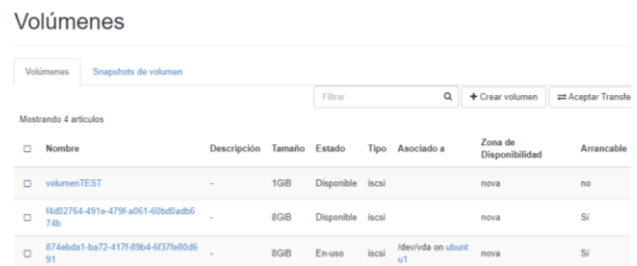


Figura 12 Volumen disponible
Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en la figura 13 se muestran los dos volúmenes liberados por la instancia eliminada, asociados a la instancia uno.

```

Connected (unencrypted) to: QEMU (instance-00000003)
root@ubuntu:~# lsblk -fm
NAME        FSTYPE LABEL        UUID                                 MOUNTPOINT NAME    SI
ZE OWNER   GROUP  MODE
vda
8G root    disk    brw-rw----          vda
├─vda1 ext4    cloudimg-rootfs  57d4ec0b-b677-43be-8ca2-a33aca4842bf /         ├─vda1
8G root    disk    brw-rw----          vdb
vdb
1G root    disk    brw-rw----          vdb1
├─vdb1 ext3    036fbf72-a3a5-4420-8e37-9586c31035d2 /media/tem ──vdb1 102
3M root    disk    brw-rw----          vdc
vdc
8G root    disk    brw-rw----          vdc1
├─vdc1 ext4    cloudimg-rootfs  57d4ec0b-b677-43be-8ca2-a33aca4842bf ──vdc1
8G root    disk    brw-rw----
root@ubuntu:~#

```

Figura 13 volúmenes liberados, asociados a instancia uno
 Fuente: *Elaboración Propia*

Conclusiones

Hoy en día se habla mucho de cómputo en la nube y transformación digital; OpenStack es una tecnología clave en dicha transformación, ya que aporta las herramientas necesarias para hacer frente de una forma rápida y ágil, a las exigencias a las que se enfrentan las organizaciones.

Los resultados esperados de este proyecto se cumplieron en un 100%. Se logró desarrollar el prototipo obteniendo un sistema cloud funcional; OpenStack instalado y en operación. Se ha profundizado en su funcionamiento, arquitectura y el potencial que tiene el componente Cinder.

Es importante enfatizar que al hacer uso del cómputo en la nube, el hardware disponible en los equipos cliente no es tan relevante en términos de rendimiento, excepto en el caso del procesador y la tarjeta de red, por ello, para obtener mayor provecho de la IaaS lo recomendable para los equipos clientes es usar clientes livianos o ligeros.

Finalmente, el prototipo fue desarrollado en una computadora portátil de características óptimas para examinar el funcionamiento de la tecnología en un entorno de pruebas, pero para el despliegue de una nube institucional es necesario que se cuente con el hardware adecuado para la implementación de Cinder que soporte múltiples instancias con variedad de sistemas operativos y volúmenes, además de poder implementar otros servicios como virtualización de redes.

Referencias

Amazon Web Services, Inc. (2019). ¿Qué es el almacenamiento en la nube? | Backup en la nube | AWS. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is-cloud-storage/>

Cisco Systems, I. (2004). CCDA Self-Study: Designing for Cisco Internetwork Solutions (DESGN). (D. Teare, Ed.) Cisco Press.

Evaluando Cloud. (2017). Clasificación del almacenamiento de datos o Data Storage. Obtenido de <https://evaluandocloud.com/clasificacion-del-almacenamiento-datos-data-storage/>

Mirantis, Inc. (2019). OpenStack Overview. Obtenido de <https://www.mirantis.com/openstack/>

OpenStack. (2019). Cinder - OpenStack. Obtenido de <https://wiki.openstack.org/wiki/Cinder>

OpenStack. (2019). Open source software for creating private and public clouds. Obtenido de <https://www.openstack.org/>

Pérez, A. (Mayo de 2019). Backup 3-2-1 para respaldar mi información. Obtenido de <https://s4it.com.mx/wp/index.php/2019/05/10/backup-321/>

TechTarget. (2017). ¿Qué es Almacenamiento de bloques? Obtenido de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Almacenamiento-de-bloques>

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 Ingeniería Civil. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

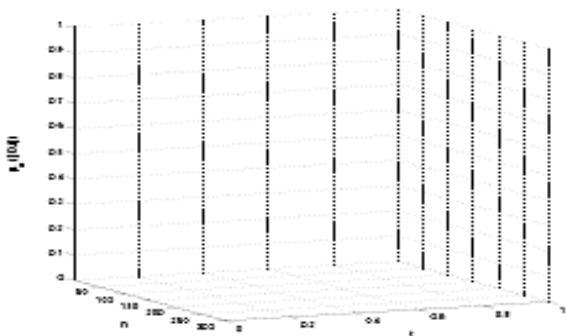


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

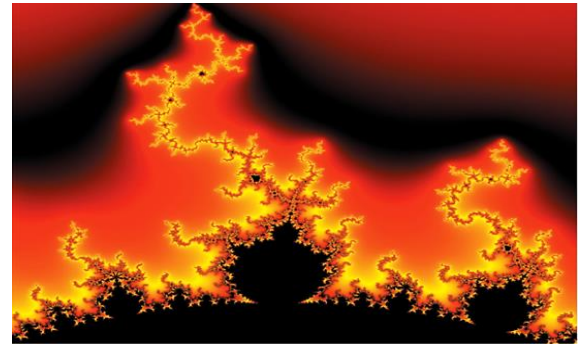


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

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

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

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

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), 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

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Civil

“Evaluación del Recurso Hidrocinético en las Partes Bajas de la Región Hidrológica 29Ba de la Cuenca del Río Coatzacoalcos”

ESPINOSA-ARENAL Francisco, PEREA-ALCALÁ, Gerardo, ÁVILA-HERNÁNDEZ, José Angel y DELFÍN-ANZURES, Rachel

Universidad Veracruzana

“Captación de agua pluvial en un plantel educativo de nivel medio superior del valle de Toluca, México”

GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina & PEDROZA-BENÍTEZ, Socorro

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

“Diagnóstico del estado de deterioro de un techo tipo reticular de concreto armado mediante técnicas no destructivas y semi-destructivas”

MARTÍNEZ-BARRITA, Rolando, LÓPEZ-CALVO, Herwing Zeth, GÓMEZ-BARRANCO, Heidy, MUCIÑO-VÉLEZ, Alberto

Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

Universidad Nacional Autónoma de México

“Prototipo IaaS para el estudio del almacenamiento en bloque basado en Cinder”

GALLARDO-ALVAREZ, Dennise Ivonne, RAZÓN-GONZÁLEZ, Juan Pablo, DURAN-BELMAN, Israel y MAGDALENO-ZAVALA, Juan Antonio

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

