

Volumen 3, Número 9 — Julio — Septiembre - 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 9, de Julio a Septiembre 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 Septiembre 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, *Efecto de la adición de materiales compuestos de estireno-butadieno/plumas de pollo en la modificación de asfaltos*, por RAMOS-GALVÁN, Claudia Esmeralda, RIVERA-ARMENTA, José Luis, SALAZAR-CRUZ, Beatriz Adriana y ESCOBAR-MEDINA, Francisco Javier, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, como segundo artículo presentamos, *Elaboración de ladrillos con merma de una empresa que fabrica espumas reticuladas*, por MARTÍN-DEL CAMPO, Ma. Guadalupe, HERNÁNDEZ, Gabriela y GÓMEZ, Guillermina, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, como tercer artículo presentamos, *Estudio sistemático de las propiedades mecánicas de las micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de concreto polimérico*, por VILLANUEVA-RAYA, Dulce Magdalena, BÉJAR-BARRIENTOS, Gerardo Enrique, GUERRERO-SERRANO, Azdrubal Lobo y CABAL-VELARDE, Javier Gustavo, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, como ultimo artículo presentamos, *Empleo de microdrones para la reconstrucción tridimensional del terreno*, por RAMÍREZ-TORRES, José Gabriel & LARRAÑAGA-CEPEDA, Ander, con adscripción en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Tamaulipas.

Contenido

Artículo	Página
Efecto de la adición de materiales compuestos de estireno-butadieno/plumas de pollo en la modificación de asfaltos RAMOS-GALVÁN, Claudia Esmeralda, RIVERA-ARMENTA, José Luis, SALAZAR-CRUZ, Beatriz Adriana y ESCOBAR-MEDINA, Francisco Javier <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero</i>	1-6
Elaboración de ladrillos con merma de una empresa que fabrica espumas reticuladas MARTÍN-DEL CAMPO, Ma. Guadalupe, HERNÁNDEZ, Gabriela y GÓMEZ, Guillermina <i>Universidad Tecnológica del Valle de Toluca</i>	7-11
Estudio sistemático de las propiedades mecánicas de las micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de concreto polimérico VILLANUEVA-RAYA, Dulce Magdalena, BÉJAR-BARRIENTOS, Gerardo Enrique, GUERRERO-SERRANO, Azdrubal Lobo y CABAL-VELARDE, Javier Gustavo <i>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo</i>	12-16
Empleo de microdrones para la reconstrucción tridimensional del terreno RAMÍREZ-TORRES, José Gabriel & LARRAÑAGA-CEPEDA, Ander <i>Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Tamaulipas</i>	17-27

Efecto de la adición de materiales compuestos de estireno-butadieno/plumas de pollo en la modificación de asfaltos**Efecto de la mezcla de materiales compuestos de estireno-butadieno / plumas de pollo en la modificación de asfaltos**

RAMOS-GALVÁN, Claudia Esmeralda†*, RIVERA-ARMENTA, José Luis, SALAZAR-CRUZ, Beatriz Adriana y ESCOBAR-MEDINA, Francisco Javier

*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero /Tecnológico Nacional de México*ID 1^{er} Autor: *Claudia Esmeralda, Ramos-Galván* / ORC ID: 0000-0002-6727-006X, CVU CONACYT ID: 25098ID 1^{er} Coautor: *José Luis, Rivera-Armenta* / ORC ID: 0000-0002-9076-2353, Researcher ID Thomson: C-4080-2017, CVU CONACYT ID: 121513ID 2^{do} Coautor: *Beatriz Adriana, Salazar Cruz* / ORC ID: 0000-0002-9466-2165, CVU CONACYT ID: 209015ID 3^{er} Coautor: *Francisco Javier, Escobar Medina*

DOI: 10.35429/JCE.2019.9.3.1.6

Recibido 03 de Junio, 2019; Aceptado 20 Septiembre, 2019

Resumen

El asfalto es un material importante para la construcción de carreteras y otras aplicaciones. Es por ello que se realiza la búsqueda de materiales que en combinación con el asfalto generen un producto de mejor calidad, menores impactos ambientales y bajos costos, permitiendo así verse reflejado mayor resistencia del asfalto a las condiciones climáticas extremas y al tránsito. Para cubrir estas diferentes necesidades, debe contarse con asfaltos con un mejor desempeño, teniendo que modificar sus propiedades químicas, físicas y reológicas, con el fin de mejorar su comportamiento al esfuerzo cortante, deformación, fatiga, envejecimiento, elasticidad, etc. En este trabajo se estudió el efecto de añadir materiales compuestos con polímero del tipo SBS lineal (estireno-butadieno-estireno) y la pluma de pollo, 1, 3 y 5 PHR (partes por cien de hule) en proporciones de 2, 4 y 6% en relación al peso del asfalto. Se aplicaron técnicas para caracterizar tales como viscosidad dinámica, punto de reblandecimiento, caracterización por separación de fases, índice de penetración y microscopía fluorescente. Como resultado el utilizar un polímero del tipo SBS lineal incorporándole queratina de la pluma de pollo como refuerzo para el asfalto no se presenta resultados que pueden ser interesantes en áreas donde se requiera mayor fluidez.

Asfalto, Pluma de pollo, Polímero SBS lineal**Abstract**

Asphalt is an important material for road construction and other applications. That is why it is done the search for materials that in combination with the asphalt generate a product of better quality, lower environmental impacts and low costs, thus allowing to be reflected greater resistance of the asphalt to the extreme climatic conditions and traffic. To cover these different needs, asphalts with a better performance must be counted, having to modify their chemical, physical and rheological properties, in order to improve their behavior to the shearing, deformation, fatigue, ageing, elasticity, etc. In this work, studied the effect of adding composite materials with polymer of the type SBS lineal (Styrene-butadiene-styrene) and the feather of chicken, taking concentrations of 1, 3 and 5 PHR (parts per hundred of rubber) in ratios of 2, 4 and 6% in relation to the weight of asphalt. Techniques were applied to characterize such as dynamic viscosity, softening point, phase separation characterization, penetration index and fluorescent microscopy. As a result, using a polymer of the linear SBS type incorporating keratin from the chicken plume as reinforcement for the asphalt does not present interesting results for application areas such as where high fluidity is required.

Asphalt, Feather of chicken, Polymer SBS lineal

Citación: RAMOS-GALVÁN, Claudia Esmeralda, RIVERA-ARMENTA, José Luis, SALAZAR-CRUZ, Beatriz Adriana y ESCOBAR-MEDINA, Francisco Javier. Efecto de la adición de materiales compuestos de estireno-butadieno/plumas de pollo en la modificación de asfaltos. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-9: 1-6

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: cesmeralda@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El uso de asfaltos modificados en la construcción de pavimentos flexibles se ha extendido a nivel mundial como respuesta a condiciones más severas durante su vida útil y buscando un mejor desempeño que permita prolongar su duración. La modificación de asfaltos con polímeros busca mejorar sus propiedades viscoelásticas para cumplir con los requerimientos específicos del material; de manera muy concisa se puede decir que mediante la modificación se desea mejorar la elasticidad y la flexibilidad, la consistencia y la durabilidad con el fin de evitar que una mezcla asfáltica ante los cambios climatológicos y cargas a que están expuestos los pavimentos se fisure, se deforme o se desprenda.

En estudios recientes los polímeros p. ej. hule sintético estireno-butadieno (SBR), copolímero estireno-butadieno-estireno (SBS), etilen vinil acetato (EVA), polipropileno atáctico (APP), etilen-glicilacrilato (EGA) han sido usados en la modificación de asfaltos para pavimentos, estudiándose las propiedades reológicas de los mismos y relacionándolos con la morfología.

Se sabe a partir de muchos estudios que los copolímeros de estireno-butadieno-estireno, son los materiales que mejor actúan como agentes modificantes del asfalto. Poseen los requerimientos estructurales óptimos para modificar efectivamente al asfalto; la característica primordial que deben poseer es que faciliten la formación de estructuras reticuladas o redes que atrapen fácilmente las moléculas de asfalto para proporcionarle mayor rigidez y con ello se eviten problemas como deformaciones y agrietamientos.

La mala disposición de los desechos sólidos de los recursos naturales que afectan adversamente el medio ambiente ha desarrollado un interés relacionado con el desarrollo de polímeros biodegradables para obtener compuestos mejorados, no solo por razones ambientales sino también por sus propiedades y sostenibilidad. La industria avícola genera más de cinco millones de toneladas de plumas de pollo cada año en todo el mundo. La queratina es una proteína presente en la pluma de pollo es el componente estructural, tiene varias funciones, incluyendo el control de temperatura y protección física o química, y también proporciona resistencia mecánica y elasticidad.

Se considera material de desecho y puede ser aprovechada en conjunto con un polímero para mejorar notablemente propiedades de otros materiales. Los materiales compuestos han tomado importancia dentro de la modificación de asfaltos. Estos se realizan por la combinación de dos o más materiales diferentes. Puede presentar propiedades mecánicas y físicas con mejores propiedades ya que las combina de sus componentes originales. Suelen elaborarse con una matriz polimérica la mayor parte se utilizan elastómeros y plastómeros con un agente modificador extra como fibras naturales.

Una opción viable es elaborar materiales compuestos utilizando plumas de pollo. La queratina es el componente principal de la pluma el cual tiene propiedades extraordinarias, es un material liviano con alta resistencia mecánica y térmica.

Ante las situaciones mencionadas, en este trabajo de investigación se estudia el efecto de añadir al asfalto un polímero del tipo lineal SBS (estireno-butadieno-estireno) con la pluma de pollo, llevándose a distintas concentraciones y se utilizan técnicas para caracterizar tales como viscosidad dinámica, punto de reblandecimiento, separación de fases e índice de penetración. Esto con el fin de obtener una mejor mezcla asfáltica que presente propiedades adecuadas.

Metodología Experimental

Obtención de queratina de origen natural

Las plumas de pollo se obtuvieron de un rastro local en Altamira, Tamaulipas. Se sometieron a lavado con agua y secaron al sol dos días. El raquis se separó de las barbas de la pluma. Se cortó el raquis en pequeños trozos que posteriormente fueron molidos en una pica lica T-fal en tiempos de 45s. Finalmente el polvo se tamizó en una malla tamaño 25 y con un tamaño de partícula de 707 micrones

Preparación de compositos

Se prepararon materiales compuestos con polímero SBS lineal y queratina a partir de la pluma de pollo en concentraciones de 1phr, 3phr y 5phr, (SBS/QX-phr) La obtención de los materiales compuestos se realizó en un equipo con cámara de mezclado intelli-Torque Plasti-Corder/reómetro marca C.W.

Brabender Instruments PL2000, se llevó a cabo el mezclado a temperatura de 130°C con velocidad de 70 rpm. Los productos generados en la cámara de mezclado se llevaron a una prensa hidráulica marca Dake para la elaboración de las placas. Este equipo se operó a 350°F, con tres diferentes presiones y cada presión con su respectivo tiempo, se empezó con una presión de 0 toneladas en un tiempo de 20 minutos, posteriormente una presión de 5 toneladas con un tiempo de 10 minutos y finalmente una presión de 8 toneladas con un tiempo de 8 minutos. El espesor de las placas fue de 1/8".

Preparación de mezclas asfálticas

Para preparar las mezclas modificadas primero se precalentó el bloque metálico durante 30 minutos, las mezclas se realizaron en un periodo de 120 min, este tiempo se estableció por pruebas previas hasta observar visualmente que no existiera material polimérico en la mezcla, el compuesto fue respectivamente añadido a una relación del 2%, 4% y 6% en peso del asfalto. En este proceso se mantuvo un control de temperatura a 190°C con un desfase ± 2 °C y velocidad de 1200 rpm para lograr la mejor dispersión posible, en la tabla 1 se observa la matriz experimental..

		% peso		
		Asfalto	98	96
Composito	SBS/Q-0phr	2	4	6
	SBS/Q-1phr	2	4	6
	SBS/Q-3phr	2	4	6
	SBS/Q-5phr	2	4	6

Tabla 1 Matriz experimental de muestras SBS lineal/pluma de pollo

Caracterización

Se determinó la viscosidad dinámica mediante un viscosímetro brookfield modelo DV-II+ Pro conectado a una cámara termostatizada, de acuerdo a la norma se utilizarón 10.5g de mezcla asfáltica. Se usó la prueba ASTM D36 de anillo y bola (R&B) para determinar el punto de ablandamiento del asfalto. Para la separación de fases se utilizó un método que consiste en observar la estabilidad de compatibilidad de un polímero en el asfalto mediante una muestra que se sujeta a altas temperaturas durante un tiempo y después se coloca en un congelador, se toma como referencia la norma ASTM D5892 en donde se vertieron 50g de muestra asfáltica.

La prueba de penetración ASTM D5-86 se llevó a cabo utilizando un penetrómetro Koeler K95500. Para determinar el nivel de dispersión y compatibilidad entre los componentes de las mezclas asfálticas se realizó mediante la técnica de microscopía de fluorescencia, en un Carl Zeiss Modelo Axio Tech n/s 180935 óptica: 20x.

Resultados

Viscosidad dinámica

Para la proporción al 2% (Figura 1) se observa que la mezcla SBS/Q0-phr-2% presenta valores altos de viscosidad, debido a que por ser puro polímero la interacción entre moléculas que contienen los dobles enlaces que presenta el butadieno con misma fuerza molecular hace que se atraigan y tengan una mayor cohesión molecular generando así una mezcla con menor movimiento entre moléculas. Cuando se añade queratina en las mezclas SBS/Q1-phr-2%, SBS/Q3-phr-2% y SBS/Q5-phr-2% se provoca un efecto que suaviza la mezcla asfáltica generando una disminución en la viscosidad.

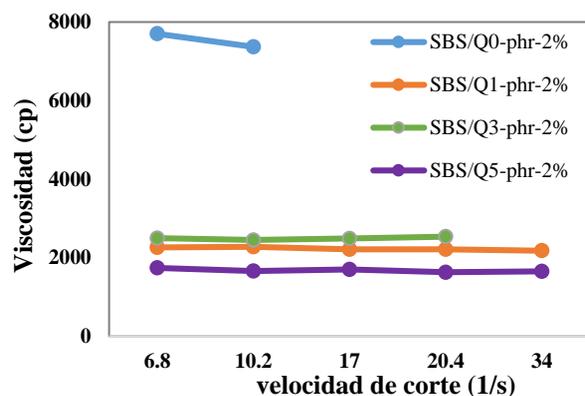


Figura 1 Viscosidades de mezclas asfálticas al 2% a 135°C

En la figura 2 se observa que aumenta la viscosidad para la mezcla SBS/Q5-phr-4% debido a que por haber mayor cantidad de composito aumenta la viscosidad pero conforme aumenta la temperatura no hay un cambio significativo. Para las mezclas preparadas al 6% se nota un efecto de saturación porque vuelven a presentar valores de viscosidad similares a las del 2%.

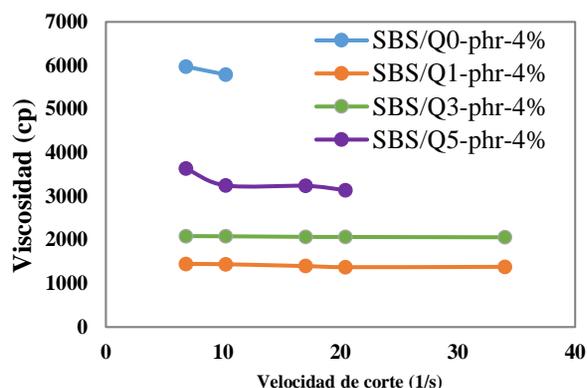


Figura 2 Viscosidades de mezclas asfálticas al 4% a 135°C

Punto de reblandecimiento

En la figura 3 se observa que las mezclas que presentan el valor más alto son los compuestos con puro polímero. Se puede observar que la relación de adicionar el polímero al 2, 4 y 6% el parámetro de R&B es muy similar y no afecta significativamente agregar mayor cantidad de polímero para mejorar la propiedad. Por otro lado la adición de queratina causa un efecto de disminución a la propiedad al momento de añadir 1phr y se ve un comportamiento de aumento hasta alcanzar 3phr.

Las mezclas preparadas a 3phr se pueden considerar que sobresalen en comparación con los demás compuestos con queratina con una ligera mejora en la propiedad, esto se puede atribuir a que la queratina al estar en esa cantidad en equilibrio con el asfalto le proporciona un mayor tiempo de duración de carga ya que es un material que proporciona buena resistencia mecánica pero posterior a ello hay una saturación. Con lo anteriormente mencionado añadir refuerzo de queratina obtenida de la pluma de pollo junto con polímero SBS del tipo lineal no se nota un efecto mayor en contraste con los blancos de referencia.

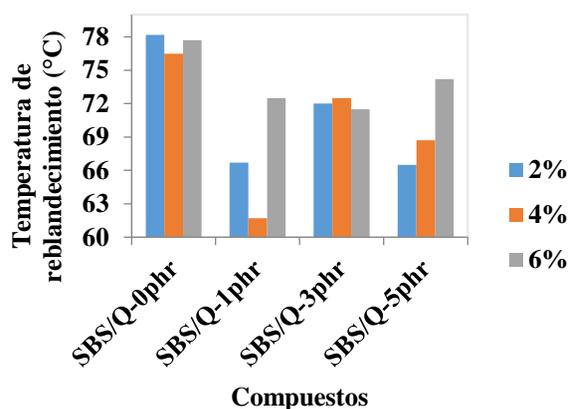


Figura 2 Análisis de datos prueba punto de reblandecimiento

Separación de fases

En la figura 4 se observa que los compuestos con queratina presentaron separación de fases al obtener valores altos de temperatura tomando en cuenta que si logra pasar el $TRB \geq 3^\circ C$ para esta prueba se considera que la mezcla asfáltica es inestable. Los compuestos con puro polímero presentan un mejor valor que los compuestos con queratina y el efecto de agregar más cantidad de polímero no afecta significativamente al asfalto. Para los compuestos en proporción al 2% de compuesto con queratina presentan una ligera mejora en la propiedad del asfalto más no favorable como se desea en menor valor. La presencia de la queratina en el hule aparentemente no favorece a la homogenización del asfalto, presentando mejor respuesta a medida que la cantidad de queratina es más baja.

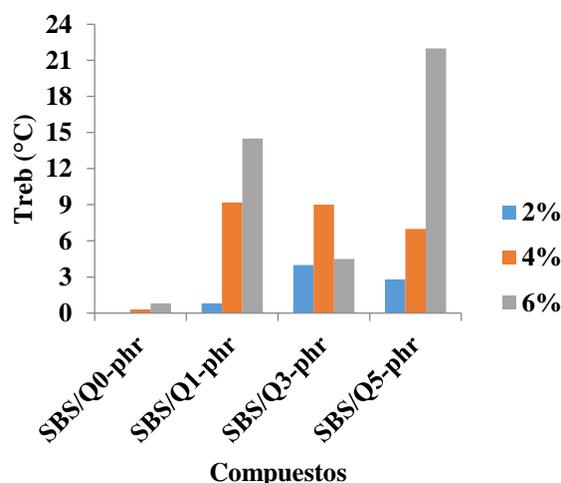


Figura 3 Análisis de datos prueba separación de fases

Penetración

En la figura 5 los blancos de referencia vuelven a presentar mayor contraste que los compuestos de queratina al tener menores valores de penetración. Cuando se adiciona compuesto al 2% de puro polímero el valor de penetración disminuye un 53% en comparación con el asfalto virgen. Sin embargo agregar más polímero no mejora esta propiedad y al contrario se incrementa su valor de penetración. Se observa que a medida que se aumenta la concentración de compuesto con queratina se tiene mayores valores de índice de penetración.

Este hecho se atribuye al generarse cadenas grandes por acción de los enlaces de azufre con el polímero se rompan y la cohesión molecular ya no es tan fuerte generando en las mezclas una menor rigidez en el asfalto y también por el tipo que se utiliza al presentar cadenas lineales favorece aún más esto porque presentan mayor movilidad. Este comportamiento no es adecuado si se considera la aplicación de los asfalto modificados en pavimentos, sin embargo existen otro tipo de aplicaciones en las cuales el adelgazamiento o que el material sea más suave pueden ser interesantes.

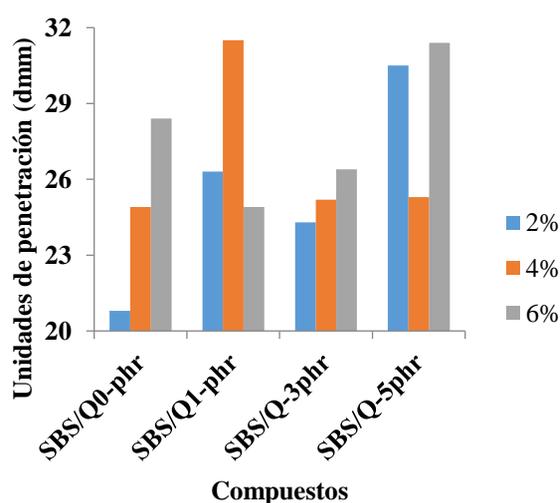


Figura 4 Consistencia de los asfaltos (Penetración)

Microscopía fluorescente

En las micrografías (Tabla 2), el fondo oscuro representa la fase asfáltica y los destellos de color están asociados al modificador, se debe tener en cuenta que las muestras que no presentan partículas fluorescentes indican una mejor dispersión del aditivo en el asfalto. Para las microscopias de SBS-Q0-phr al 2 y 4% no se identifica dispersión de material y por eso no incluyen y para la de 6% se ven pequeñas partes de polímero hinchado, esto se puede atribuir al hecho de que el tipo de polímero que se utiliza no logra dispersarse bien en el asfalto y al tener en su estructura cadenas lineales estas se mueven fácilmente donde no permitan formar una red estable dando así una mezcla heterogénea. Cuando se adiciona queratina a 1phr y 3phr se empieza a ver una mejor dispersión del polímero en el asfalto esto se debe que al haber queratina en el asfalto, los enlaces con azufre empiezan a unirse con los dobles enlaces del butadieno y le confieren un mejor ordenamiento en su estructura formando así una mezcla cada vez homogénea.

Con 5phr y al agregar mayor cantidad de compuesto en proporción del asfalto se observa una saturación de polímero debido a que tanto el polímero como la fase malténica al no haber asfaltenos se reflejan zonas donde se produce una inversión de fases acumulándose polímero hinchado y huecos donde se ve parcialmente homogénea la mezcla asfáltica

	2%	4%	6%
SBS/Q0-phr			
SBS/Q1-phr			
SBS/Q3-phr			
SBS/Q5-phr			

Tabla 1 Micrografías de fluorescencia de mezclas asfálticas

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos utilizar un polímero del tipo SBS lineal incorporándole queratina como refuerzo para el asfalto no presenta un mayor desempeño, esto debido al tipo de polímero que se utiliza en este caso lineal al no tener una estructura tan reticulada como la de un tipo radial. La queratina al presentar en sus enlaces azufre y estar expuestos a un ambiente de temperatura alta le confiera al polímero lineal en su estructura un mayor grado de despliegue y esto haga un rompimiento entre las dobles ligaduras del hule polibutadieno con los policiclos del asfalto.

Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México (TeCNM) por el financiamiento con el proyecto “Preparación de asfaltos modificados utilizando pluma de pollo como agente modificante”, con clave 6687.18-P

Referencias

Caro S., Vega N., Husserl J. & Alvarez A. (2016). Studying the impact of biomodifiers produced from agroindustrial wastes on asphalt binders. *Construction and Building Materials*. Vol. 126, 369-380.

Chen C., Podolsky J., Williams C. & Cochran E. (2018). Laboratory investigation of using acrylated epoxidized soybean oil (AESO) for asphalt modification. *Construction and building materials*. Vol. 187, 267-279.

Quintero-Curvelo, G.A., Huertas-Díaz E., Ortega-David, E. (2017). Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. *UGCiencia*, 23, 81-87

Ran Zhang, Hainian Wang, Junfeng Gao, Zhanping You & Xu Yang. (2017). High temperature performance of SBS modified bio-asphalt. *Construction and Building Materials*. 100-105.

Sánchez Miranda, N. (2016). Pavimentos asfálticos de alto modulo (Caso de estudio; libramiento Dr. González, N.L.). México, D.F.: ESIA.

Zapién-Castillo, S., Rivera-Armenta, J. L., Chávez- Cinco, M. Y., Salazar-Cruz, B.A. & Mendoza-Martínez, A. M. (2016). Physical and rheological properties of asphalt modified with SEBS/montmorillonite nanocomposite. *Construction and Building Materials*. Vol. 106, 349-356.

Elaboración de ladrillos con merma de una empresa que fabrica espumas reticuladas

Elaboration of bricks with merma from a company that manufactures reticulated foams

MARTÍN-DEL CAMPO, Ma. Guadalupe*†, HERNÁNDEZ, Gabriela y GÓMEZ, Guillermina

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carrera de Tecnología Ambiental

ID 1^{er} Autor: Ma. Guadalupe, Martín-Del Campo / ORC ID: 0000-0003-2689-1684

ID 1^{er} Coautor: Gabriela, Hernández / ORC ID: 0000-0002-7601-5263

ID 2^{do} Coautor: Guillermina, Gómez / ORC ID: 0000-0002-3621-2262, CVU CONACYT ID: 93419

DOI: 10.35429/JCE.2019.9.3.7.11

Recibido 03 de Junio, 2019; Aceptado 30 Septiembre, 2019

Resumen

Se desarrolló una propuesta para elaborar ladrillos a base de merma molida de una empresa que se dedica a la fabricación de espumas reticuladas, el proceso consistió en establecer primeramente las dimensiones acordes a lo que está actualmente en el mercado, se determinó un blanco de referencia con las concentraciones similares a un ladrillo artesanal, enseguida la sustitución de las concentraciones del blanco para la prueba A fueron de 40% de tepojal, 30% de cemento, 20% de arena y 10% de merma y la prueba B, de 45% de tepojal, 35% de arena, 20% de merma, para la evaluar la factibilidad técnica en la elaboración, de las especificaciones de la NMX-C-441-ONNCCE, como resistencia a la compresión, absorción de agua y las dimensiones, así como la densidad de los ladrillos elaborados, el cual se obtuvo como resultado que el de la prueba B es muy viable para el uso no estructural es decir muros divisorios, ya que soporta una carga de 1000 kg, son eficientes para colocarlos a la intemperie ya que el porcentaje de absorción de agua es del 4%, así como la factibilidad económica, con un costo de \$13.1.

Ladrillo, Merma, Resistencia

Abstract

A proposal was developed to make bricks based on ground shrinkage of a company that is dedicated to the manufacture of cross-linked foams, the process consisted of first establishing the dimensions according to what is currently in the market, a reference target was determined with concentrations similar to an artisanal brick, immediately replacing the white concentrations for test A were 40% of tepojal, 30% of cement, 20% of sand and 10% of shrinkage and test B of 45% of Tepojal, 35% sand, 20% depletion, to evaluate the technical feasibility in the elaboration of the specifications of NMX-C-441-ONNCCE, such as compressive strength, water absorption and dimensions, as well as The density of the elaborated bricks, which was obtained as a result of that of test B is very viable for non-structural use, that is to say dividing walls, since it supports a load of 1000 kg, they are efficient to place them at weathering since the percentage of water absorption is 4%, as well as the economic feasibility, with a cost of \$ 13.1.

Brick, Shrinkage, Resistance

Citación: MARTÍN-DEL CAMPO, Ma. Guadalupe, HERNÁNDEZ, Gabriela y GÓMEZ, Guillermina. Elaboración de ladrillos con merma de una empresa que fabrica espumas reticuladas. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-9: 7-11

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: maria.martindelcampo@utvtol.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El problema de los desechos industriales que genera la actividad económica diaria en México es uno de los temas principales que se enfrenta el ambiente, y a lo largo del tiempo disminuir las toneladas que se desechan diariamente genera costos elevados y de alguna forma contaminación ya sea en el agua, suelo o aire.

La empresa donde se desarrolló el proyecto es considerada de alto riesgo de incendio, debido a las toneladas de residuos que se generaron a lo largo de la producción de las espumas como su actividad principal, así como las múltiples multas y sanciones que se pueden generar por parte de organismos gubernamentales por la mala disposición, a consecuencia de esto es necesario encontrar una alternativa para la disminución de los residuos y que ayude a mitigar estos riesgos.

Atendiendo estas causas se realizó una identificación de los riesgos a los que se encuentra la empresa por la cantidad de residuos acumulados, se propuso la elaboración de ladrillos sustentables hechos de la merma y se colocaron en forma de barrera en ciertos puntos de la empresa, para evaluar su durabilidad a las condiciones del ambiente y lograr la disminución de la merma, así como el cumplimiento y regulación a la legislación y normatividad ambiental. Los beneficios que obtendrá la empresa se reflejarán en el análisis de los costos con base a la disminución de la merma

Residuos de EVA

El Etil-vinil-acetato (EVA) son copolímeros que obtienen por reacción a alta presión entre los monómeros etileno y acetato de vinilo, durante la fabricación de los productos, son generados inevitables residuos debido a recortes de planchas de EVA para obtener los formatos deseados. Del total de residuos generados, sólo un 20% se reutiliza en el proceso de producción de nuevos productos debido a las limitaciones de sus características físicas. Por lo tanto, la solución a un destino adecuado del restante de los residuos ha sido objeto de preocupación, llevando a la búsqueda de una alternativa para el destino más común, que es la utilización del potencial de energía de los restos de EVA para alimentar los hornos de las industrias de cemento. (Hax; et al, 2000)

El residuo de EVA es un material de baja densidad, gran capacidad de deformación, tiene buenas características térmicas y acústicas, es estable, inerte y no susceptible a los hongos. (Melo y Silva, 2013)

Propuestas de disposición de EVA

Las propuestas que se tienen para la disminución de merma de EVA se encuentran: Utilizar la merma como “geo membrana o geotextil”, es decir colocar los residuos en la superficie para evitar la percolación de los líquidos en un relleno sanitario, realizando una molienda de la merma y hacer láminas mediante la vulcanización, se utiliza para evitar que haya fisuras en la membrana por los residuos sólidos. (Bouazza y Zornberg, 2019)

Aprovechar los residuos para disponerlos en un relleno sanitario, realizando la molienda de la merma y utilizarlo en conjunto con la tierra, para la compactación de los residuos. (Zattera, et, al., 2005). Elaborar ladrillos a base de la merma, con el fin de utilizarlos como uso no estructural, por medio de la molienda y aplicación de ingeniería. (Melo y Mendoca, 2017)

Es sabido que residuos EVA tienen un gran potencial de utilización como agregados ligeros, reemplazando a los áridos naturales en la fabricación de productos alternativos. Investigaciones realizadas en Brasil han demostrado la viabilidad técnica para el reciclaje de estos residuos. Este trabajo presenta una evaluación de las especificaciones que debe cumplir conforme a la NMX-C-441-ONNCCE-2005, Industria de la construcción - bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto, para uso no estructural, que se refiere a los mismos que se utilizan en la construcción para muros de relleno, de revestimiento, interiores o exteriores o para cualquier uso no estructural.

La propuesta de éste trabajo ha sido desarrollada en países como Estados Unidos y Brasil, de acuerdo a la información recopilada, dicho lo anterior se basa en la realización de ladrillos a base de merma molida que contiene compuestos de EVA y polietileno y materiales como cemento, arena y tepojal principalmente, con el fin de utilizarlos para las construcciones.

Al elaborar el ladrillo se consideró aplicable para utilizarlo en la empresa, al principio consistirá en realizar pruebas, elaborando estructuras y colocarlas en diferentes puntos de la empresa, para comprobar su durabilidad a la intemperie, por las propiedades de la merma, de esta manera se evaluará el costo que se tiene por los materiales a adquirir y el costo de molienda, además se pretende conocer el beneficio a largo plazo.

Metodología a desarrollar

Elaboración de ladrillos

La elaboración de los ladrillos fue de la siguiente manera:

Molienda y tamizado de la merma: La selección del material para moler fueron tiras sobrantes del corte de los bloques, las cuales fueron colocadas en el molino, posteriormente se hicieron pasar a un silo donde se tamizó una parte y la otra pasó a un silo de almacenamiento; la cantidad que se obtiene es de 30 a 35 kg por hora, por lo que en un periodo de 8 horas se obtiene hasta 280 Kg de merma en polvo. Para realizar las diferentes pruebas se determinó el tamaño de partícula del molido por medio del tamizado. El material molido se pasó por tres tamices del número 6, 10 y 35. Éste último fue un polvo de 0.5 mm de diámetro con el que se obtiene una mejor compresión de la mezcla de los materiales.

Materiales para el ladrillo: Se definieron los materiales empleados como materia prima, lo que son, el tepojal, la arena y el cemento, se realizó la obtención y el traslado de estos materiales al lugar acondicionado para trabajar y materiales como el molde, recipientes, palas, etc.

Moldeo: Se diseñaron las concentraciones correspondientes para la elaboración un blanco de referencia y las pruebas y dos pruebas con diferentes porcentajes de material de mezcla y la merma.

Secado: Se determinó el tiempo de secado al sol y posteriormente el secado a horno para eliminar la humedad restante.

Posteriormente a la elaboración de ladrillos, se prosiguió con las evaluaciones de acuerdo a la normatividad correspondiente a la industria de la construcción.

Evaluación

En relación con los ladrillos elaborados se llevó a cabo la evaluación de las especificaciones a cumplir, conforme a la norma de la construcción NMX-C-441-ONNCCE-2005, Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto, para uso no estructural y de acuerdo a las normas para el método de prueba, el cual se puede visualizar en el Anexo 3

1. Determinación de dimensiones. (NMX-C-038-ONNCCE, 2013)
2. Absorción del agua. (NMX-C-037-ONNCCE, 2013)
3. Resistencia a la compresión. (NMX-C-036-ONNCCE, 2013)

Mediante los datos obtenidos en la evaluación, se determinó cual es el ladrillo que cumple con las especificaciones, de acuerdo a las tablas que enuncia la norma (NMX-C-441-ONNCCE, 2005).

Dicho lo anterior se realizó el análisis de costos involucrados, para determinar si es viable la introducción del prototipo al mercado

Análisis de costos

Se llevó a cabo el análisis de costos considerando lo siguiente:

Materia Prima: Se determinó los costos de la materia prima involucrada en la elaboración el ladrillo, es decir el tepojal, el cemento, arena y agua, conforme a las cantidades que se utilizaron, de cada una de las pruebas

Proceso de Molienda de merma: Se analizaron los costos que se generan por cierta cantidad de merma molida, de acuerdo a los componentes del molino, durante un periodo de tiempo y el costo que se invierte por la mano de obra involucrada del personal. **Análisis y Comparación de Costos:** Se realizó una comparación de acuerdo a la demanda de ladrillos en el mercado y los costos obtenido de los ladrillos de merma

Resultados

Ladrillo generado. Se obtuvieron tres tratamientos (ladrillos con diferentes porcentajes de materiales (Tabla 1).

Materiales	Blanco	Ladrillo A (%)	Ladrillo B (%)
Tepojal	45	40	45
Cemento	35	30	35
Arena	20	10	
Merma		20	20

Tabla 1 Porcentaje (%) de la mezcla de los materiales

Evaluación de los ladrillos

Los primeros puntos a evaluar fueron las dimensiones el cuál la Norma NMX-C-038-ONNCCE, establece el método de prueba para la determinación de las dimensiones del ladrillo; se utilizó una regla para realizar la medición. Con las dimensiones de fabricación planteadas se corroboró que las dimensiones de fabricación cumplen con los lineamientos establecidos en la norma de calidad NMX-C-441-ONNCCE-2013. Posteriormente se calculó la densidad de los materiales, con el objetivo de conocer la cantidad de masa sobre el volumen de cada una de las pruebas, haciendo una comparación con las densidades reales obtenidas de un manual de construcción, el cual las densidades están muy por debajo de los 1500 kg/m³ los resultados se muestran en la Tabla 2.

Prueba	Masa (g)	Densidad (kg/m ³)
*Ladrillos, tabiques y tabicones	-	*1500-1700
Blanco	5570	1519.44
Ladrillo A	3999	985.18
Ladrillo B	4300	1061.72

Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación NMX-C-441-ON Densidad obtenida de acuerdo al Manual de constructor

Tabla 2 Densidad de los ladrillos elaborados

Con respecto a la determinación inicial de la NMX-037-ONNCCE-2013, el ladrillo B cumplió las especificaciones. Los valores obtenidos de la resistencia a la compresión no cumplieron con el valor normativo de 25 kg/cm² establecido por la NMX-C-036-ONNCCE-2012, de igual manera no cumplieron con el límite superior de absorción inicial de agua de la NMX-C-441-ONNCCE-2013 las pruebas estuvieron por arriba de los 5 g/min que marca la norma. El uso de ladrillos de la mezcla B en la construcción, como muros no estructurales que no soportan cargas mayores a una tonelada (muros divisorios, bardas o incluso con fines estéticos) pueden ser recomendables.

Análisis de costo

En la Tabla 3 se muestra el comparativo del costo de los ladrillos donde el Block macizo ligero tiene un precio de \$15.38, y es utilizado solo para muros divisores, jardineras, etc.; contrariamente el Block macizo gris cuyo precio es de \$11:00 su uso es estructural, es decir para edificaciones, viviendas y muros de carga

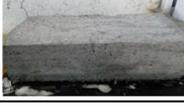
Pieza	Costo (\$)	
Block Macizo Gris	11.00*	
Block Macizo Ligero	15.38*	
Ladrillo Blanco	10.81	
Ladrillo A	12.46	
Ladrillo B	13.10	

Tabla 3 Comparación de precios de los ladrillos comerciales y elaborados

*Fuente: Construrama México

Con respecto a el análisis por unidad de ladrillo elaborado, integrando el costo por la materia prima (considerando precio del mercado), el costo de energía del molino y la mano de obra, fabricando un promedio de 8 a 10 ladrillos por un periodo de ocho horas, contando con actividades previas requeridas como el molido de la merma y las cantidades pesadas de los materiales. El costo de los ladrillos A y B oscila entre los 10.81 y 12.46 respectivamente.

El uso del ladrillo B, como se comentó anteriormente, se sugiere que sea no estructural por lo que el costo estaría por debajo del block macizo ligero.

Es importante mencionar que se debe analizar estructuralmente el comportamiento de los muros y determinar si existe la necesidad de incluir elementos de refuerzo y/o elementos de restricción de los bordes laterales y superior para evitar el volteo del muro fuera de su plano.

La utilización de la merma de EVA en la elaboración de ladrillos permite dar una alternativa de uso de los residuos para disminuir el impacto ambiental por su disposición final. Además, al ser un material inflamable, su almacenamiento temporal genera riesgo en la seguridad de los trabajadores y la infraestructura de la empresa.

Conclusiones

Se obtuvo un material de construcción para uso no estructural, elaborado con residuos de merma de la empresa que fabrica espumas reticuladas, con el fin de ir disminuyendo la acumulación y los riesgos que se generan.

Se obtuvo dos pruebas con diferentes concentraciones de los materiales y un blanco de referencia: la prueba de ladrillo A tuvo concentraciones de tepojal, cemento, arena y merma, para la prueba de ladrillo B solamente fue de tepojal, cemento y merma, eliminando la arena.

Se evaluaron las dos pruebas y el blanco de referencia, de acuerdo a las especificaciones de la normatividad, y de acuerdo a los resultados obtenidos el ladrillo B podría desempeñar un comportamiento eficiente al ser empleado como material de construcción para el uso no estructural soportando cargas menores a una tonelada y absorbiendo menor cantidad de agua.

Con un costo unitario por ladrillo B de \$13.1 comparado con un ladrillo convencional en el mercado de \$15.38 está por debajo del precio.

Agradecimiento

Agradecemos al Lic. Benito Bastida García por su valiosa participación en este trabajo.

Referencias

Bouazza y Zornberg. (2019). Geosintéticos en Rellenos sanitarios. Sociedad Internacional de Geosintéticos (IGS).

Hax; et al. (2000). Utilización de residuos de EVA provenientes de industrias calzadistas en el aislamiento de ruidos de impacto de edificaciones. En P. Hax, & G. A. Pizzutti. Brasil: UFSM.

Melo y Mendoca. (2017). Cement blocks wit EVA waste for extensive modular green roof: contribution of components in thermal insulation . Revista IBRACON, Vol. 10.

Melo y Silva. (2013). Bloques de hormigón ligero con áridos reciclados de EVA:. En E. P. A. B. De Melo, Materiales de Construcción (págs. 312, 479-495). Brasil: Universidad Federal de Paraíba.

NMX-C-036-ONNCCE. (2013). Industria de la Construcción - Mampostería - Resistencia a la Compresión de Bloques, Tabiques O ladrillos y Tabicones y Adoquines - Método de Ensayo.

NMX-C-037-ONNCCE. (2013). Industria de la Construcción - Mampostería - Determinación de la Absorción Total y la Absorción Inicial de Agua en Bloques, Tabiques O ladrillos y Tabicones - Método de Ensayo.

NMX-C-038-ONNCCE. (2013). Industria de la Construcción - Mampostería - Determinación de las Dimensiones de Bloques, Tabiques O ladrillos y Tabicones - Método de Ensayo.

NMX-C-441-ONNCCE. (2005). Industria de la Construcción - Mampostería - Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones Para Uso No Estructural.

Zattera, et, al. (2005). Caracterización de residuos de copolímeros de etileno. vinil. acetato (EVA). En B. O. Zattera A. Brasil: Ciencia y Tecnología.

Estudio sistemático de las propiedades mecánicas de las micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de concreto polimérico**Systematic study about the mechanic properties of the magnetite microparticles embedded in a polymeric concrete matrix**VILLANUEVA-RAYA, Dulce Magdalena^{1†}, BÉJAR-BARRIENTOS, Gerardo Enrique¹, GUERRERO-SERRANO, Azdrubal Lobo² y CABAL-VELARDE, Javier Gustavo^{1*}¹Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato-Silao km 12.5 C.P. 36821, Irapuato, Gto., México.²Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Col. Campo de Tiro, 42039 Pachuca de Soto, México.ID 1st Author: Dulce Magdalena, Villanueva-Raya / ORC ID: 0000-0002-7613-4078, CVU CONACYT ID: 1016131ID 1st Coauthor: Gerardo Enrique, Béjar-Barrientos / ORC ID: 0000-0001-7986-2532, CVU CONACYT ID: 1016123ID 2^{do} Coautor: Azdrubal Lobo Guerrero Serrano / ORCID: 0000-0001-5816-847X, CVU CONACYT ID: 171617ID 3^{er} Coautor: Javier Gustavo, Cabal-Velarde / ORC ID: 0000-0002-5516-3849, CVU CONACYT ID: 99159

DOI: 10.35429/JCE.2019.9.3.12.16

Recibido 03 de Junio, 2019; Aceptado 30 Septiembre, 2019

Resumen

En este trabajo reportamos la síntesis y caracterización de concreto polimérico magnético a base de micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de cemento polimérico, así como el estudio sistemático de sus propiedades mecánicas a diferentes concentraciones de micropartículas de cemento y magnetita como material de refuerzo de la matriz polimérica. Este muestreo se efectuó variando la concentración de los reactivos durante el proceso de síntesis para poder analizar de una forma más detallada el cambio de propiedades físicas. La caracterización se llevó a cabo mediante ensayos de tensión y compresión, así como microscopía óptica y electrónica de barrido y XRD. Los resultados obtenidos contribuyen al control sistemático de sus propiedades físicas del concreto polimérico magnético sintetizado con micropartículas de magnetita (Fe₃O₄) y micropartículas de cemento. Conforme a la concentración mínima de sustancias oleofílicas, el comportamiento mecánico de las muestras es más rígido (plástico). En cambio, cuando se tiene una concentración elevada de sustancias oleofílicas el comportamiento es más elástico (elastómero), ya que presenta mayor desplazamiento. El comportamiento plástico-elástico se presenta a una concentración media de sustancia oleofílica.

Micropartículas, Magnetita, Concreto polimérico**Abstract**

In this paper, we present the synthesis and characterization of magnetic polymeric concrete with microparticles of magnetite embedded in a polymeric concrete matrix. Including the systematic study of the mechanic properties varying the concentration of concrete and magnetite microparticles like the reinforcement of the polymeric matrix. This sampling has been made varying the concentration of the reactive in the process of synthesis to analyze by a detailed way the change of physic properties. This characterization has been made by tension and compression tests, such as the optic microscopic, scanning electronics and XRD. The obtained results contribute to the systematic control of the physics properties about the polymeric magnetic sintered with microparticles of magnetite (Fe₃O₄) and microparticles of concrete. According to the minimum concentration of oleophilic substances, the mechanic the behavior of the probes is stiffer (plastic). Instead when there has a high concentration of oleophilic substance the behavior is more elastic (elastomer) because the probe presents more displacement. The behavior plastic-elastic is presented in a medium concentration of oleophilic substance.

Microparticles, Magnetite, Polymeric concrete

Citación: VILLANUEVA-RAYA, Dulce Magdalena, BÉJAR-BARRIENTOS, Gerardo Enrique¹, GUERRERO-SERRANO, Azdrubal Lobo y CABAL-VELARDE, Javier Gustavo. Estudio sistemático de las propiedades mecánicas de las micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de concreto polimérico. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-9: 12-16

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Día con día el ser humano busca satisfacer sus necesidades, para ello necesita emplear diversos materiales, cada material tiene características y propiedades distintas. Conforme a la necesidad a satisfacer se emplea el material con las propiedades correctas. Hoy en día, por medio de estudios e investigaciones se han desarrollado compositos con una mayor durabilidad y resistencia, donde su eficiencia es mayor en comparación a otros materiales. Por otra parte, la micro y nanotecnología ha sido un área de investigación muy interesante por la parte de los materiales.

Un composito es un material compuesto por una matriz, que puede ser de naturaleza orgánica o inorgánica a la cual se le adiciona un material que puede ser de cohesión o de refuerzo (comúnmente llamado “material de relleno”) y que se encuentra en mucha menor proporción. Usualmente ambos materiales, la matriz y el refuerzo-relleno, son inmiscibles entre sí y lo que ocurre es la dispersión del refuerzo en la matriz, con lo cual al relleno se lo denomina también como fase dispersa. Un mismo composito puede estar compuesto con dos o más fases dispersas, que se clasifican en función de la forma, tamaño distribución y orientación del material de relleno. Al combinar el material de la matriz con el material de relleno, se obtiene un material con nuevas propiedades físicas y químicas. [1]

Las nanopartículas magnéticas han atraído un interés considerable, principalmente magnetita y maghemita, debido, no solo a sus propiedades magnéticas, sino también su estabilidad química y sus propiedades magnetoeléctricas.[2, 3] Otra de las cualidades que poseen las nanopartículas magnéticas de pequeño tamaño es el superparamagnetismo. Esto ocurre debido a que las nanopartículas presentan un dominio magnético único y un ciclo de histéresis coercitivo igual o muy próximo a cero. En este estado las nanopartículas magnéticas son capaces de seguir a un imán y a su vez perder la magnetización al eliminar el campo magnético.[4] La fuerza magnética generada por una sola nanopartícula es débil e impide la respuesta inmediata al campo magnético. Esto debido a que cuando la nanopartícula se mueve a lo largo de una solución se genera una resistencia hidrodinámica.

Ahora bien, si la nanopartícula es mayor, o mejor aún, se dispone de un “clúster” de nanopartículas en una matriz polimérica lo que se conoce como micropartículas magnéticas entonces la resistencia hidrodinámica se reduce y la respuesta al campo magnético se ve aumentada. [5, 6]

Las micropartículas magnéticas siguen teniendo el mismo comportamiento superparamagnético que las nanopartículas, debido a que no ocurren interacciones magnéticas entre las distintas nanopartículas magnéticas en su interior. Por otro lado, el componente polimérico estabiliza las nanopartículas magnéticas en su interior, además de dotarlas de grupos funcionales necesarios para diversas aplicaciones. [7]

En este caso se realizó un estudio sistemático de un tipo de concreto polimérico compuesto por silicón, cemento y sustancias oleofílicas, a su vez es reforzado con micropartículas de magnetita. Se pretende encontrar algún efecto en el concreto polimérico haciendo variaciones en la concentración de los reactivos que componen el material para observar si hay una mejora en cuanto a propiedades físicas. La importancia de dicho estudio es analizar las propiedades que el material presenta para determinar su eficiencia.

Materiales

- Silicón (EPSA)
- Aceite (EPSA)
- Cemento (Cemex)
- Catalizador
- Micropartículas de magnetita

Metodología

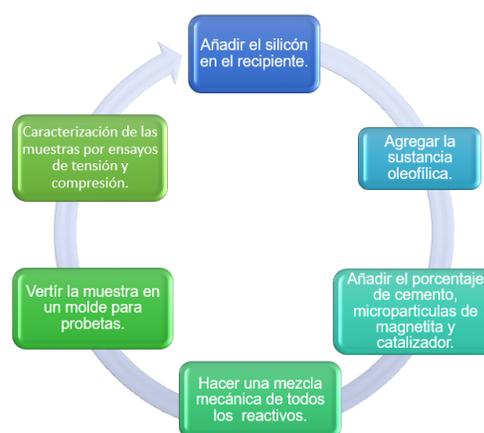


Figura 1 Diagrama de flujo que muestra la metodología de las muestras

Resultados

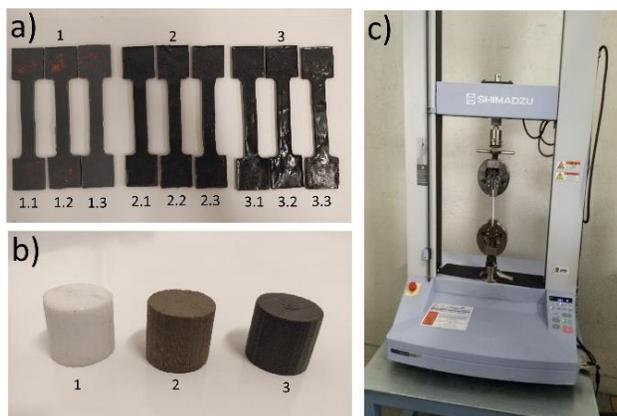


Figura 2 a) Muestras a diferentes concentraciones de reactivos para ensayo de tensión. b) Muestras de silicón, silicón-cemento, silicón-cemento-micropartículas para ensayos de compresión. c) Máquina universal

La caracterización mecánica de las muestras a distintas concentraciones de los reactivos que conforman el concreto polimérico magnético se realizaron por medio de la máquina universal que se puede apreciar en la figura 2 (c).

Como se muestra en la figura 2 (a) se observan las probetas realizadas donde las tres muestras correspondientes al grupo 1 contienen un 20% de sustancia oleofílica respecto al silicón, el grupo dos un 50% y por consiguiente el grupo tres con 100% de esta misma sustancia. Para cada grupo de estas probetas también existe una variación del 20%, 50% y 100% con respecto al cemento y a las micropartículas de magnetita. Por otro lado, en la figura 2 (b) se muestra los cilindros de silicón, silicón-cemento y silicón-cemento-micropartículas, todas con un 100% de cada reactivo, cada muestra fue sometida a un ensayo de compresión.

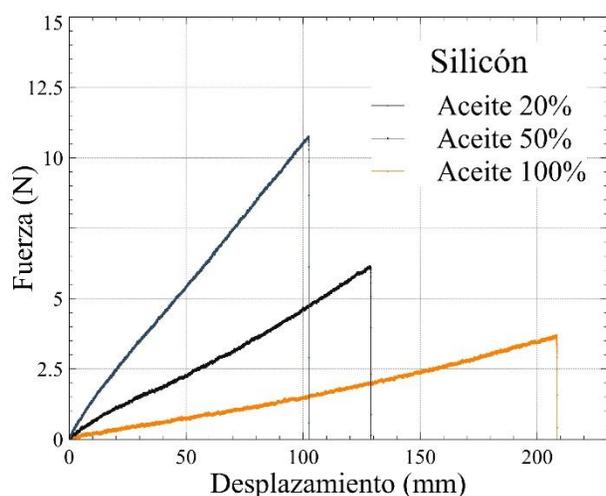


Figura 3 Gráfica de ensayo por tensión de las muestras de silicón

En la figura 3 perteneciente a la gráfica de fuerza contra desplazamiento se muestra el ensayo realizado a una probeta de silicón y sustancia oleofílica donde se pueden observar distintos comportamientos mecánicos dependiendo de la concentración de sustancia oleofílica, cuando mayor sea la cantidad de ésta, la muestra tenderá a comportarse como un elastómero ya que su desplazamiento es mayor, por otro lado cuando menor sea la cantidad de sustancia oleofílica el material tendrá un comportamiento de un plástico rígido y soportará más la fuerza aplicada al material.

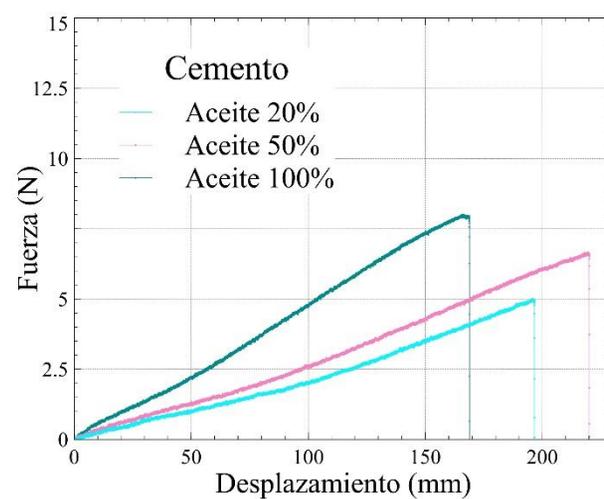


Figura 4 Gráfica de ensayo por tensión de las muestras de silicón y cemento a distintas concentraciones de sustancias oleofílicas

Se puede apreciar en la figura 4, la gráfica donde se muestran las curvas de las muestras de silicón con cemento cabe recalcar que tienen un comportamiento muy distinto ya que las muestras presentan un mayor desplazamiento en comparación con las muestras que solamente contienen silicón. En el caso de la muestra que contiene el mayor porcentaje de sustancias oleofílicas la muestra presenta una mayor resistencia y desplazamiento con el refuerzo de cemento en comparación con la curva de mayor porcentaje de sustancia.

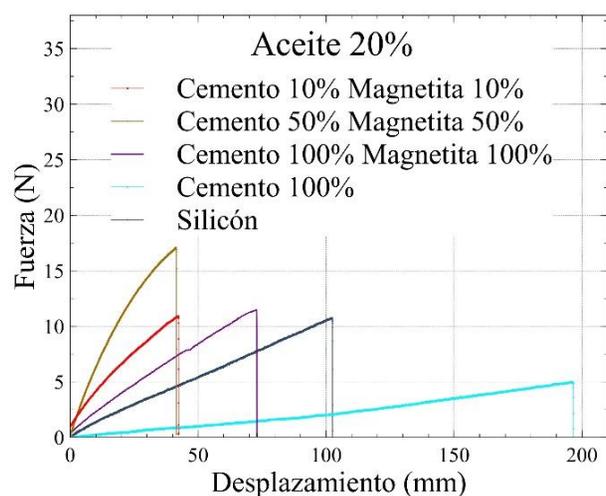


Figura 5 Gráfica de ensayo por tensión de las muestras que contienen cemento, micropartículas de magnetita, silicón, adiciendo las curvas de la muestra de cemento con silicón y la muestra de silicón, todas a una concentración del 20% de sustancia oleofílica

En cuanto a la figura 5, se puede apreciar un gran cambio en las curvas de las muestras que tienen como refuerzo el cemento y las micropartículas de magnetita, ya que presentan un comportamiento más rígido por lo que las hace más resistentes, sin embargo, la curva que menos resiste es la que contiene solamente cemento como refuerzo, es la curva que presenta un comportamiento de un elastómero. Cabe recalcar que la muestra que no contiene algún refuerzo presenta desplazamiento y resistencia a la fuerza aplicada. Esta gráfica pertenece al muestreo de baja concentración de sustancias oleofílicas

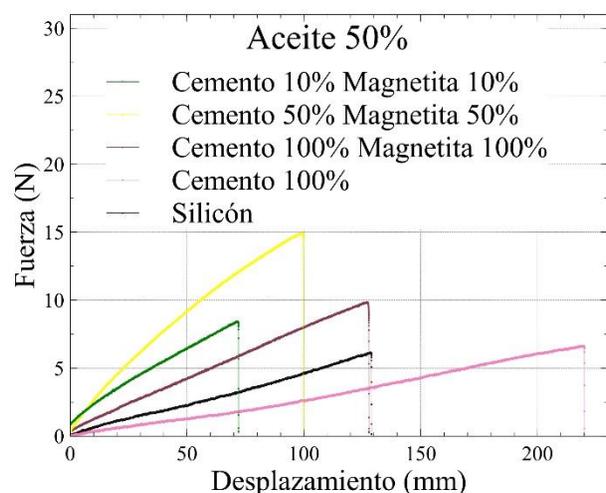


Figura 6 Gráfica de ensayo por tensión de las muestras que contienen cemento, micropartículas de magnetita, silicón, adiciendo las curvas de la muestra de cemento con silicón y la muestra de silicón, todas a una concentración del 50% de sustancia oleofílica

Se aprecia que en la gráfica de fuerza contra desplazamiento de la figura 6, las muestras presentan mayor desplazamiento respecto a las muestras de la figura 5, esto era esperable ya que se aumentó la concentración de porcentaje de la sustancia oleofílica, se observó que la muestra de solo silicón y cemento es la que sigue manteniendo con mayor desplazamiento respecto a las demás muestras.

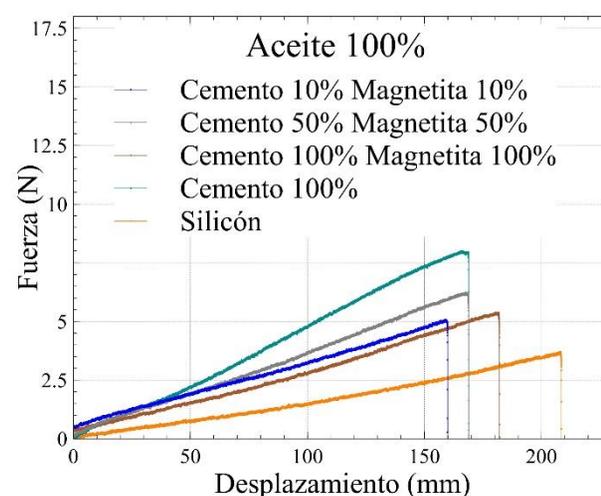


Figura 7 Gráfica de ensayo por tensión de las muestras que contienen cemento, micropartículas de magnetita, silicón, adiciendo las curvas de la muestra de cemento con silicón y la muestra de silicón, todas a una concentración del 100% de sustancia oleofílica

En el caso de la figura 7 la gráfica de fuerza contra deformación muestra un gran cambio respecto a las otras gráficas de las figuras 5 y 6, ya que la muestra que contiene silicón y cemento al 100% al igual que la concentración de sustancia oleofílica, es la muestra que presenta una mayor resistencia a la fuerza aplicada. Se realizó una comparación de las gráficas de la figura 5, 6 y 7 observando las muestras que contienen micropartículas de magnetita a distintas concentraciones, dando como resultado de ello que la resistencia de las muestras es proporcionada por las micropartículas de magnetita.

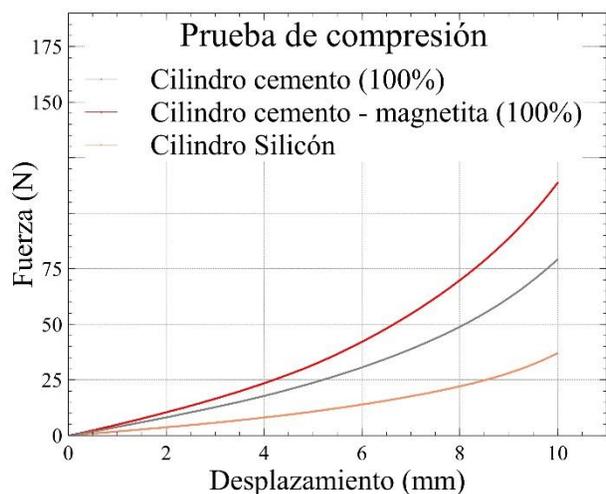


Figura 8 Curvas de ensayo por compresión de las muestras de silicón, cemento-silicón, cemento-silicón-micropartículas de magnetita

La figura 8 presenta las gráficas de fuerza contra desplazamiento de las muestras de silicón, silicón-cemento y silicón-cemento y micropartículas, donde se recalca lo mencionado anteriormente; la muestra que contiene solo silicón es la que presenta un mayor desplazamiento mostrando ser más deformables por la fuerza aplicada. La muestra de silicón-cemento presentan ser menos deformables lo que indica que el cemento le da rigidez al material. La mayor rigidez se presenta en las muestras que contienen silicón-cemento y micropartículas de magnetita, por lo que el material de refuerzo en nuestro material son las micropartículas.

Conclusiones

De acuerdo los resultados preliminares se obtuvieron los estudios sistemáticos del análisis de las propiedades mecánicas del comportamiento a diferentes concentraciones de los reactivos, obteniendo las curvas de esfuerzo contra deformación tanto de ensayos de tensión como por ensayos de compresión. Gracias a estas curvas se puede observar un comportamiento distinto en sus propiedades mecánicas en cada una de las muestras de acuerdo con la variación de concentración con respecto a los reactivos que conforman la matriz del concreto polimérico.

Referencias

[1] Ruíz, M.M. *Estudio de compositos magnetoelásticos estructurados. Síntesis y caracterización de partículas magnéticas y conductoras para obtener propiedades de Piezo y Magneto resistencia*. 2016.

[2] Li, Q., et al., *Correlation between particle size/domain structure and magnetic properties of highly crystalline Fe₃O₄ nanoparticles*. Scientific Reports, 2017. 7(1): p. 9894.

[3] Yoo, K., et al., *Quantitative Measurements of Size-Dependent Magnetoelectric Coupling in Fe₃O₄ Nanoparticles*. Nano Letters, 2016. 16(12): p. 7408-7413.

[4] Gutiérrez, L., et al., *Aggregation effects on the magnetic properties of iron oxide colloids*. Nanotechnology, 2019. 30(11): p. 112001.

[5] Lu, Y., et al., *Biogenic and biomimetic magnetic nanosized assemblies*. Nano Today, 2012. 7(4): p. 297-315.

[6] Llamedo González, A., *Síntesis y caracterización de micropartículas magnéticas con aplicaciones en nanomedicina*. 2019.

[7] Tudorache, M., A. Tencaliec, and C. Bala, *Magnetic beads-based immunoassay as asensitive alternative for atrazine analysis*. Talanta, 2008. 77(2): p. 839-843.

Empleo de microdrones para la reconstrucción tridimensional del terreno

Using micro-UAV for 3D terrain reconstruction

RAMÍREZ-TORRES, José Gabriel †* & LARRAÑAGA-CEPEDA, Ander

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Tamaulipas

ID 1^{er} Autor: *José Gabriel, Ramírez-Torres* / CVU CONACYT ID: 70840

ID 1^{er} Coautor: *Ander, Larrañaga-Cepeda*

DOI: 10.35429/JCE.2019.9.3.17.27

Recibido 03 de Julio, 2019; Aceptado 30 Septiembre, 2019

Resumen

Este documento propone un esquema de procesamiento de imágenes que permite la construcción de un modelo digital del terreno empleando elementos tecnológicamente asequibles: una computadora personal y un microdron de bajo presupuesto. Otro punto importante de esta propuesta es que la construcción del modelo no requiere de información georreferenciada o de sensores sofisticados, pues todo el proceso se basa en el procesamiento de imágenes digitales tomadas con una cámara monocular embarcada en el microdron. El modelo digital del terreno, además de ser construido de manera incremental (al mismo tiempo que se sobrevuela el área), es de una buena precisión, con errores de estimación inferiores a 4%, por lo que el modelo podría emplearse para la planificación de trayectorias y la navegación autónoma del microdron. El propósito de este trabajo es poner al alcance de un gran número de usuarios, tanto particulares como académicos, de una herramienta robusta y asequible para el desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en el uso de drones.

Modelo digital del terreno, Microdrones, Procesamiento digital de imágenes

Abstract

This document proposes an image processing scheme that allows the construction of a digital terrain model using technologically affordable elements: a personal computer and a low-budget micro UAV. Another important issue of this proposal is that the construction of the model does not require georeferenced information or sophisticated sensors, since the whole process is based on the processing of digital images taken with a monocular camera embedded in the microdron. The digital terrain model, in addition to being built incrementally (at the same time the area is overflight), is of good accuracy, with estimation errors of less than 4%, so the model could be used for trajectory planning and autonomous navigation of the micro UAV. The purpose of this work is to provide to a large number of users, both private and academic, a robust and affordable tool for the development of new applications based on the use of UAV.

Digital terrain model, Micro UAV, Digital image processing

Citación: RAMÍREZ-TORRES, José Gabriel & LARRAÑAGA-CEPEDA, Ander. Empleo de microdrones para la reconstrucción tridimensional del terreno. *Revista de Ingeniería Civil*. 2019. 3-9: 17-27

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: grtorres@tamps.cinvestav.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un vehículo aéreo no tripulado (UAV, por sus siglas en inglés) es una máquina autopropulsada que emplea las fuerzas aerodinámicas para conseguir la sustentación aérea, que no lleva un operador humano a bordo y que puede volar de manera autónoma o ser controlado de manera remota desde una estación en tierra (Gertler, 2012). Es común llamar “drones” a este tipo de vehículos y si bien cada país clasifica los UAV según características y capacidades definidas por su propia legislación, en este trabajo se considera el empleo de pequeños vehículos menores a 5 Kg, comúnmente llamados “microdrones”.

El principal propósito de este documento es presentar las herramientas desarrolladas para realizar representaciones tridimensionales del terreno, empleando elementos fácilmente asequibles: una computadora personal y un microdron equipado con una cámara de video. El aporte más destacable es que, a pesar de lo modesto de los recursos invertidos, el modelo 3D obtenido es de alta calidad y precisión, con información métrica precisa de las elevaciones y estructuras del terreno, incluso cuando no se cuenta con información georreferenciada o señal GPS disponible.

Existen muchas aplicaciones que requieren la representación digital de la superficie de un terreno (DTM, en inglés), tales como la extracción de parámetros terrestres, la descripción del relieve cartográfico y la generación de mapas ortorrectificados (Sirmacek et al, 2010; Weibel y Heller, 1993). Tradicionalmente, estos modelos se obtienen a partir de una secuencia de lecturas con sensores especiales como el telémetro láser (Bybee y Budge, 2015) o cámaras estereoscópicas (Haubeck y Prinz, 2013), o a partir de imágenes con información georreferenciada, obtenidas desde avionetas o UAV (Nex y Remondino, 2014; Sanfourche, 2012; Call, 2006; Besnerais et al, 2008).

Asimismo, para que un vehículo (aéreo o no) pueda realizar exitosamente tareas de manera autónoma es necesario que tenga acceso a un mapa tridimensional del medio ambiente, con información precisa sobre distancias y alturas de sus alrededores.

Esta representación debe construirse en tiempo razonablemente corto para que sea útil, pero requiere resolver un conjunto de problemas no triviales como la localización del vehículo sin recurrir a información georreferenciada y la actualización incremental del modelo a partir de la nueva información recabada. En general, estos problemas se abordan empleando sofisticados sensores electrométricos.

El problema bajo estudio puede plantearse de la manera siguiente: Dado un microdron que sobrevuela el terreno, contando con acceso al conjunto de imágenes tomadas por la cámara embarcada y a la información inercial del microdron, generar un modelo 3D del medio ambiente suficientemente preciso que permita estimar la posición, orientación y altitud del microdron, sin recurrir a información GPS.

La propuesta desarrollada consta de tres algoritmos computacionales funcionando en paralelo: un algoritmo para obtener una nube de puntos tridimensionales a partir de una secuencia de imágenes, un algoritmo para estimar el factor de escala real para obtener un modelo métricamente correcto y preciso, y un algoritmo para la construcción de un modelo 3D del medio ambiente. Esta solución requiere que se introduzca un marcador artificial en la escena que indica cuál es el área del terreno de la que se desea construir el modelo digital, además de ayudar al cálculo en línea del factor de escala real del modelo. Un cuarto algoritmo se encarga del control de vuelo del microdron. El modelo tridimensional se construye de manera incremental, a medida que se obtienen más imágenes, con tiempos de respuesta razonablemente cortos en cada actualización. Este enfoque proporciona una base sólida y confiable para la construcción de modelos digitales del terreno, que no requiere de una inversión importante en sensores sofisticados, y que permitiría a particulares y académicos abordar y resolver problemas complejos como la inspección de estructuras, reconstrucción de terrenos y desarrollo de algoritmos de navegación autónoma para vehículos.

Trabajos previos

En la literatura es posible encontrar múltiples trabajos que abordan la reconstrucción del medio ambiente a partir de imágenes obtenidas con un dron (Nex y Remondino, 2014; Sanfourche, 2012; Call, 2006; Besnerais et al, 2008, 10).

También, algunos autores sugieren el uso de sensores sofisticados, como múltiples cámaras e información georreferenciada (Krsak et al, 2016; Pollefeys et al, 2008; Barazzetti y Scaioni, 2010; Weiss et al, 2011), cámaras estereoscópicas (Haubeck y Prinz, 2013; Besnerais y Sanfourche, 2008; Wen-Chug y Shu-An, 2008), y dispositivos LADAR (Bybee y Budge, 2015) para obtener la información de profundidad de las imágenes y facilitar la construcción del modelo digital del terreno.

Para la representación tridimensional, algunos autores proponen técnicas que reconocen objetos tridimensionales simples (descriptores de forma) en la escena (Mian et al, 2010; Chen y Bhanu, 2007; Zhong, 2009), pero estas técnicas no son robustas a oclusiones (objetos parcialmente visibles) ni a la presencia de varios objetos similares en la misma escena. Los algoritmos clásicos de Hashing geométrico que se emplean comúnmente en la detección de objetos 3D (Lamdan y Wolfson, 1991) adolecen del mismo tipo de dificultades.

Los enfoques basados en obtener la estructura de la escena a partir del movimiento (Structure-from-motion, SfM) analizan la diferencia entre imágenes para obtener información geométrica de puntos relevantes de las imágenes, obteniendo una nube de puntos tridimensionales geoméricamente correcta pero sin información sobre la escala real de la escena, por lo que no es posible calcular las dimensiones absolutas de los objetos (Scaramuzza et al, 2009). Como ejemplos de este enfoque vale la pena mencionar el algoritmo Patch-based Multiview Stereo (PMVS; Furukawa y Ponce, 2010) y el algoritmo A Contratio Structure from Motion (ACSfM; Moulon et al, 2012).

Es posible resolver el problema de estimación del factor de escala real del modelo 3D utilizando información georreferenciada, cuando está disponible (Bybee y Budge, 2015; Nex y Remondino, 2014; Weiss et al, 2011) o introduciendo en la escena una referencia artificial de dimensiones conocidas para calcular el factor de escala durante la construcción del modelo fuera de línea (Davison, 2003). El punto común de todos estos algoritmos es que el tiempo de procesamiento requerido para el emparejamiento de imágenes y el cálculo de la posición y orientación de la cámara respecto a la escena es demasiado alto para aplicaciones de reconstrucción tridimensional en línea.

Propuesta

Dado que el propósito es desarrollar una herramienta para la construcción de modelos digitales del terreno que requiera elementos tecnológicos asequibles, nos hemos autoimpuesto algunas restricciones materiales: el procesamiento de imágenes se realizará en una computadora personal con conectividad Wi-Fi, el microdron debe ser un dispositivo comercial de bajo costo, sin localizador GPS y con una cámara de baja resolución sin sistema de estabilización de imagen.



Figura 1 Microdron Parrot AR Drone
 Fuente: Parrot website

Para el trabajo expuesto en este documento se eligió, por su bajo costo, el microdron Parrot AR Drone (Figura 1) que permite el acceso a los datos inerciales y al flujo de video a través de una conexión Wi-Fi ad-hoc.

Cabe señalar que este microdron es relativamente popular como plataforma experimental para múltiples trabajos de investigación y desarrollo (Bills et al, 2011; Jimenez-Lugo y Zell, 2013; Engel et al, 2012; Soto-Guerrero y Ramírez-Torres, 2013). Para el procesamiento de información, los distintos algoritmos desarrollados se han implementado en una computadora de escritorio iMac con un procesador Intel Core i7.

La solución propuesta está compuesta por cuatro módulos organizados como un flujo de datos (pipeline) para el procesamiento de información: un módulo para el control de vuelo del microdron, un módulo para la generación de nubes parciales de puntos tridimensionales a partir de las imágenes, un módulo para la actualización del modelo 3D del terreno y un módulo para la estimación de escala real del modelo, como se muestra en la Figura 2.

Estos módulos se describen a continuación.

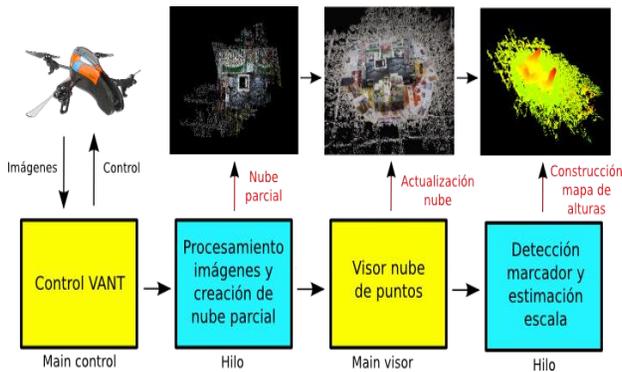


Figura 2 Esquema general propuesto
Fuente: Elaboración Propia

Módulo de Control

Este módulo permite controlar el microdron de manera manual o empleando una trayectoria preprogramada. Consiste básicamente en el autómata descrito en el Algoritmo 1, que mantiene la comunicación entre la computadora personal y el microdron, analiza el flujo de imágenes de la cámara en la búsqueda del marcador artificial para alimentar el pipeline de construcción del modelo 3D, y recibe la información inercial del vehículo para estimar la trayectoria actual del dron, empleando el cálculo de odometría descrito en el Algoritmo 1A.

El Algoritmo 1 utiliza un marcador artificial del tipo ArUco, que es una imagen cuadrada con información binaria, detectado fácilmente y de manera rápida y robusta, y es empleado para calcular la matriz de pose de la cámara (la matriz de transformación homogénea que contiene la información de la ubicación y orientación de la cámara con respecto al centro del marcador artificial).

Al introducir un marcador artificial en la escena se obtienen tres beneficios: 1) permite calcular la posición del microdron respecto a la escena en tiempo real, con poca sobrecarga computacional; 2) dado que se conocen las dimensiones del marcador, es posible estimar el factor de escala real de la escena; y 3) permite establecer el plano XY del modelo construido.

Algoritmo 1. Control UAV

Entrada: Comando *Start* y velocidades máximas (v_x, v_y, v_z)

Salida: Imagen I_n y matriz de pose de cámara C_n

Despegue

while En_vuelo **do**

 Enviar órdenes de vuelo al UAV de acuerdo al estado actual

 Captura imagen I_n

if Marcador_navegación_detectado **or** Operador **then**

 Cambiar estado actual

end if

if Marcador_referencia_detectado **then**

 Calcula la matriz de pose de cámara C_n para la imagen I_n

 Salida I_n

 Salida C_n

$n = n + 1$

end if

end while

Aterrizar

Algoritmo 1 Módulo de Control

Algoritmo 1a. Odometría del UAV

Entrada: Datos inerciales: velocidades (v_x, v_y, v_z) y ángulos *yaw, pitch, roll*

Salida: Posición estimada $P = (x, y, z)$

$t_{k-1} = t_k = tiempo_actual$

$P = (0, 0, 0)$; Posición inicial

while En_vuelo **do**

$t_k = tiempo_actual$

 Recibir datos inerciales

 (velocidades, ángulos)

$dt = t_k - t_{k-1}$

$M = [v_x dt, v_x dt, v_z dt]$

 Cálculo de matrices de rotación

$R_{yaw}, R_{pitch}, R_{roll}$

$P = P + R_{yaw} R_{pitch} R_{roll} M$;

 Nueva posición estimada

$t_{k-1} = t_k$

end while

Algoritmo 1^a. Módulo de Odometría

Módulo de Procesamiento de Imágenes y Generación de nube parcial

Este módulo es el primero del *pipeline* de procesamiento de información para la construcción del modelo 3D.

Recibe todas las imágenes en las que aparece el marcador artificial, las organiza en paquetes de 3 imágenes sucesivas y utiliza una adaptación del algoritmo PMVS (Furukawa y Ponce, 2009) para construir una nube parcial de puntos tridimensionales por cada paquete, como se describe en el Algoritmo 2.

Cada nube parcial de puntos contiene las coordenadas tridimensionales de los puntos de interés detectados en cada paquete de 3 imágenes únicamente, independientemente de los demás paquetes.

Algoritmo 2. Cálculo de la nube parcial de puntos

Entrada: Imágenes I_1, I_2, I_3 y sus correspondientes matrices de pose de cámara C_1, C_2, C_3
Salida: Nube parcial de puntos *parcial*, con localización 3D (x, y, z) y color (R, G, B)
parcial = \emptyset ; Nube de puntos inicial
for cada imagen I_i **do**
 Detección del conjunto de POI_i , usando detector de Harris
 Cálculo del conjunto de descriptores F_i
end for
parcial = $PMVS(F_1, F_2, F_3, C_1, C_2, C_3)$

Algoritmo 2 Módulo de Cálculo de nubes parciales

En esta adaptación, el algoritmo PMVS ha sufrido algunas modificaciones para acelerar su tiempo de respuesta, en detrimento del número de puntos tridimensionales construidos: las imágenes se analizan en bloques de 3 imágenes consecutivas, la búsqueda de puntos de interés (POI) en cada imagen utiliza un detector de esquinas de Harris (Harris y Stephens, 1988) y emplea un algoritmo de “vecinos más cercanos”, para localizar rápidamente los puntos consistentes con la transformación epipolar entre imágenes. Los puntos consistentes en las tres imágenes se emplean para determinar su localización tridimensional en la escena a través de un proceso de triangulación, formando una nube parcial de puntos tridimensionales.

En promedio, cada bloque de tres imágenes es procesado en menos de un segundo.

Módulo de Actualización incremental del modelo 3D

En este módulo, cada una de las nubes parciales de puntos construidas en el módulo anterior es comparada con el modelo 3D actual, para encontrar el mejor emparejamiento 3D y actualizar el modelo digital de la escena. En efecto, cada una de las nubes parciales de puntos es independiente de las otras, con su propia escala y orientación, por lo que no es posible realizar una fusión directa entre ellas.

Para corregir las coordenadas de cada nube parcial, de manera que sea coherente con el modelo 3D de la escena actual, se emplea un procedimiento de votación por Transformada de Hough para objetos 3D (Hough, 1962), aprovechando la superposición entre la nube parcial de puntos y el modelo 3D del terreno, como se describe en el Algoritmo 3.

El procedimiento es como sigue: cada una de las nubes parciales es muestreada de manera uniforme en pequeños cuboides, definidos por sus centroides, calculando el vector normal a la superficie en cada uno. Cada región es descrita localmente empleando un descriptor tipo SHOT (propuesto por Tombari et al, 2010, que emplea un histograma de orientación para describir localmente una región 3D).

Estos descriptores se comparan uno a uno para determinar los emparejamientos con un distancia euclidiana (suma de diferencia de cuadrados) inferior a un valor umbral (llamado umbral Hough) predeterminado.

Este valor de umbral tiene un impacto en la precisión geométrica y en la densidad (cantidad) de puntos del modelo 3D del terreno.

Algoritmo 3. Votación de Hough para emparejamiento 3D

Entrada: Nubes de puntos $escena = N_n(x, y, z, r, g, b)$ con n puntos y $parcial = O_m(x, y, z, r, g, b)$ con m puntos

Salida: Unión de nubes $escena =$

$N_{n+m}(x, y, z, r, g, b)$

Cálculo $normales_escena$ usando los 10 vecinos más cercanos para cada punto en $escena$

Cálculo $normales_parcial$ usando los 10 vecinos más cercanos para cada punto en $parcial$

Cálculo $keypoints_escena$ por muestreo uniforme en $escena$

Cálculo $keypoints_parcial$ por muestreo uniforme en $parcial$

$descriptores_escena$

$= SHOT(normales_escena, keypoints_escena)$

$descriptores_parcial$

$= SHOT(normales_parcial, keypoints_parcial)$

LRF_{escena}

$= LRF(escena, keypoints_escena, descriptores_escena)$

$LRF_{parcial}$

$= LRF(parcial, keypoints_parcial, descriptores_parcial)$

Cálculo de la mejor transformación de emparejamiento $M_{best} =$

$HOUGH(LRF_{escena}, LRF_{parcial})$

$escena = MERGE(escena, parcial, M_{best})$

Algoritmo 3 Módulo de Emparejamiento 3D

Finalmente, una adaptación del algoritmo BOARD (Petrelli y Stefano, 2011) asigna un marco de referencia local (LRF) tanto para la nube parcial como para el modelo 3D actual, que permite establecer, con el método de votación de Hough, la mejor matriz de transformación para lograr el emparejamiento entre los dos.

Este proceso se repite con cada nube parcial construida a partir de un bloque de tres imágenes sucesivas, lo que permite realizar una construcción incremental del modelo digital del terreno, al mismo tiempo que el microdron sobrevuela el medio ambiente.

Módulo de Estimación de Factor de escala

Finalmente, este módulo analiza el modelo digital 3D del terreno para localizar de manera precisa el marcador artificial y emplea las medidas del mismo (conocidas a priori) para corregir el factor de escala del modelo completo, empleando el mismo sistema de votación de Hough del módulo anterior. De esta manera, se resuelve el problema de certidumbre de escala para obtener un modelo 3D del medio ambiente métricamente correcto.

Resultados en condiciones controladas

Para probar la funcionalidad del esquema propuesto, se construyeron en laboratorio diferentes maquetas que fueron sobrevoladas con el microdron para obtener el modelo digital del terreno. Algunos ejemplos pueden verse en la Figura 3. Para los propósitos de este documento, presentaremos los resultados obtenidos con la maqueta mostrada en la Figura 4. Se realizaron 35 experimentos (sobrevuelos) sobre esta maqueta, a una altura aproximada de 2 m, mientras se capturaban imágenes con la cámara embarcada (entre 60 y 105 imágenes, con una resolución de 640×480 píxeles) para cada sobrevuelo.

Estos datos permitieron validar la precisión métrica del modelo obtenido, realizando un análisis estadístico de cuatro medidas de referencia (A, B, C y D en la Figura 4) conocidas de la maqueta.





Figura 3 Maquetas elaboradas para pruebas en condiciones controladas
Fuente: *Elaboración Propia*



Figura 4 Maqueta para experimentación
Fuente: *Elaboración Propia*

La Figura 5 muestra uno de los modelos digitales obtenidos durante la experimentación, donde el color amarillo indica los puntos que se encuentran a la misma altura que el marcador, el color verde indica los puntos por debajo del marcador y el color rojo los puntos por encima del marcador. Se puede observar que la maqueta está contaminada por algunos puntos atípicos obtenidos durante la reconstrucción.

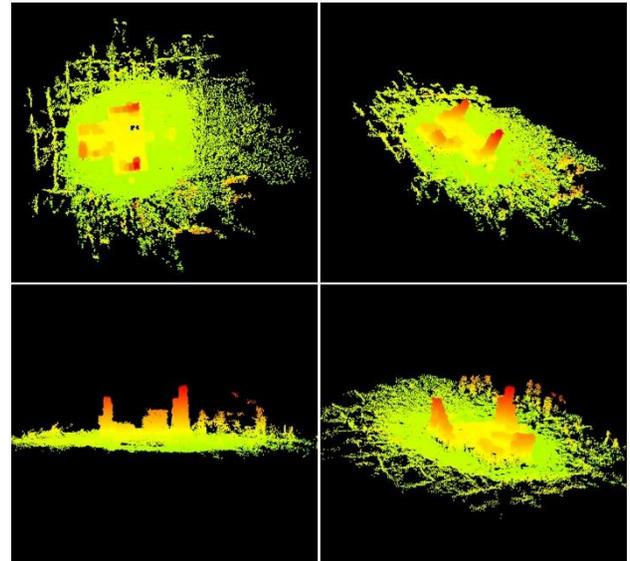


Figura 5 Modelo digital obtenido
Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados del análisis estadístico se resume en la Tabla 1, con los valores promedios estimados para cada una de las alturas de referencia consideradas, para diferentes valores de umbral Hough empleado en el proceso de emparejamiento. Es importante recordar que el módulo de Actualización incremental del modelo 3D requiere de un parámetro de umbral Hough para lograr el emparejamiento de cada nube parcial de puntos con el modelo.

Este parámetro tiene un impacto importante en la calidad del modelo obtenido: si el valor es muy pequeño, el emparejamiento es muy estricto y por ende el número de emparejamientos válidos se reduce, con lo que la densidad de los puntos del modelo se reduce significativamente; si el valor es muy alto, el emparejamiento es más tolerante y el número de emparejamientos considerados válidos aumenta, lo que introduce puntos con un mayor error de posición o totalmente espurios. En consecuencia, es necesario encontrar un compromiso entre densidad y precisión del modelo 3D deseado.

Umbral Hough	Altura A (0.390 m)	Altura B (0.395 m)	Altura C (0.550 m)	Altura D (0.240 m)	Error relativo promedio (%)
0.010	0.4195	0.4098	0.5645	0.2471	4.22
0.015	0.4261	0.4039	0.5707	0.2457	4.41
0.020	0.4329	0.4143	0.5814	0.2525	6.70
0.030	0.4398	0.4181	0.5777	0.2513	7.09
0.100	0.5171	0.4985	0.7001	0.3071	28.51

Tabla 1 Resultados de estimación del modelo digital obtenido
Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que respecta a los tiempos de cómputo, emplando una computadora de escritorio con un procesador Intel Core i5 y 4 GB de memoria RAM, el esquema propuesto analiza y actualiza el modelo tridimensional cada 1.05 segundos en promedio, lo que significa que procesa 3 imágenes por segundo.

Esta velocidad de procesamiento es compatible con una aplicación de tiempo real del esquema propuesto, ya que las imágenes deben ser lo suficientemente distintas entre sí para poder triangular la posición de los puntos del modelo.

Resultados en escenarios realistas

Para evaluar el desempeño del esquema propuesto en condiciones más realistas y naturales, se colocó el marcador artificial en un ambiente de corredor, con una escalera con un pasamano tubular, iluminado con luz solar a través de ventanales, mostrada en la Figura 6. La Figura 7 muestra el modelo digital obtenido.



Figura 6 Escenario realista
Fuente: *Elaboración Propia*

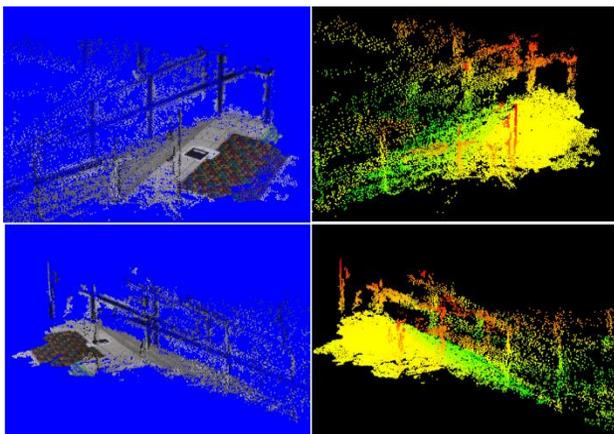


Figura 7 Modelo digital para el escenario realista
Fuente: *Elaboración Propia*

Al igual que en el experimento de laboratorio, se evaluó estadísticamente la precisión considerando cuatro elementos de referencia. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 2, con un error absoluto inferior a 9 cm para una altura real de 2.3 m (un error relativo inferior a 4%).

Altura referencia	Altura real [m]	Altura estimada [m]	Error absoluto [m]	Error relativo [%]
A	0.920	0.8945	0.0255	2.77
B	0.530	0.5344	0.0044	0.83
C	-0.170	-0.1659	0.0041	2.41
D	-2.300	-2.3823	0.0823	3.58

Tabla 2 Resultados de estimación del modelo digital obtenido para el escenario realista

Fuente: *Elaboración Propia*

Reconstrucción digital del terreno *a posteriori*

Como se explicó anteriormente, el esquema propuesto actualiza de manera incremental el modelo digital del terreno, a medida que llegan bloques de 3 imágenes consecutivas. Este modelo incremental tiene la precisión suficiente para permitir su utilización para la toma de decisiones en línea, es decir, al mismo tiempo que se sobrevuela el terreno.

Sin embargo, con este esquema también es posible hacer una reconstrucción *a posteriori*, es decir, cuando se ha completado el sobrevuelo del terreno y se cuenta con el total del conjunto de imágenes. De esta manera, se obtiene un modelo digital muy preciso, más denso y sin puntos espurios, pero que requiere un tiempo mucho más importante para su construcción (algunos minutos).

La Figura 8 muestra el modelo digital obtenido al procesar, *a posteriori*, el conjunto completo de 72 imágenes obtenidas durante uno de los sobrevuelos. Se puede observar la mayor densidad y precisión del modelo, con errores relativos inferiores a 1.5% en la altura máxima de la maqueta.

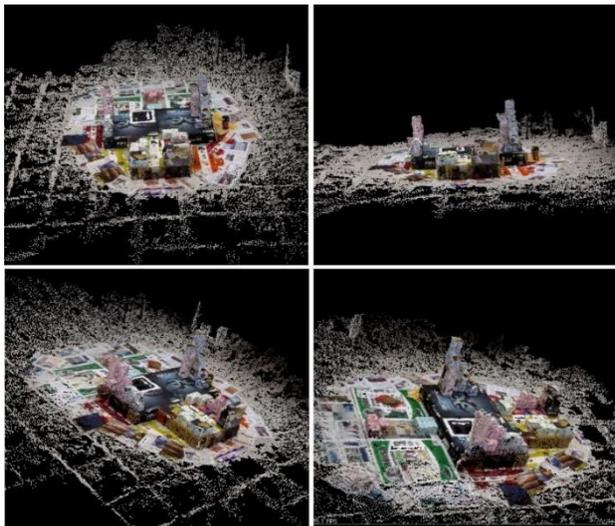


Figura 8 Modelo digital obtenido *a posteriori*
 Fuente: *Elaboración Propia*

Conclusión

Una primera conclusión a la que llegamos, durante la experimentación realizada, es que la calidad de las imágenes tiene un impacto directo en la calidad del modelo digital obtenido. Es importante considerar esta situación al elegir la cámara a utilizar.

Pero más allá de esta consideración, este trabajo muestra que es posible obtener un modelo digital del terreno, de manera incremental (al mismo tiempo que se sobrevuela el medio ambiente), lo suficientemente preciso que pueda utilizarse para la toma de decisiones (navegación, navegación autónoma, por mencionar algunos), empleando herramientas asequibles: una computadora de escritorio y un microdron comercial de bajo costo. Como no se utiliza información georreferenciada, es posible desarrollar aplicaciones en interiores y zonas donde la señal GPS no está disponible. De esta manera, el esquema propuesto puede ser una herramienta que permita, tanto a científicos como a profesionales, abordar problemas complejos que requieran el acceso a un modelo del terreno que se construye al mismo tiempo que se sobrevuela el medio ambiente.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Conacyt y al Cinvestav Tamaulipas por las facilidades prestadas durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, desean expresar también su reconocimiento a los autores de las bibliotecas de software libre empleadas en el desarrollo de este trabajo: OpenMVG, OpenCV, PMVS2 y Point Cloud Library.

Referencias

Barazzetti, L.; Scaioni, M. Orientation And 3D Modelling From Markerless Terrestrial Images: Combining Accuracy With Automation. *The Photogrammetric Record* 2013, 25, 2010.

Besnerais, G.; Sanfourche, M.; Champagnat, F. Dense height map estimation from oblique aerial image sequences. *Computer Vision and Image Understanding* 2008, 109, 204–225.

Bills, C.; Chen, J.; Saxena, A. Autonomous MAV flight in indoor environments using single image perspective cues. *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2011.

Bybee TC, Budge SE. Textured digital elevation model formation from low-cost UAV LADAR/digital image data. *Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering*, 2015, paper 131.

Call, B. Obstacle Avoidance For Unmanned Air Vehicles. *Master's thesis*, Brigham Young University, 2006.

Chen, H.; Bhanu, B. 3D free-form object recognition in range images using local surface patches. *Pattern Recognition Letters* 2007, 28, 1252–1262.

Davison, A. Real-Time Simultaneous Localization and Mapping with a Single Camera. 2003. *Proceedings. Ninth IEEE International Conference on Computer Vision*, 2003, Vol. 2, pp. 1403 – 141.

Engel, J.; Sturmand, J.; Cremers, D. Camera-Based Navigation of a Low-Cost Quadcopter. *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2012 *IEEE/RSJ International*, 2012, Vol. 320.

Furukawa, Y.; Ponce, J. Accurate, dense, and robust multi-view stereopsis. *Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2010, 32, 1362–1376.

Garrido-Jurado, S.; Muñoz-Salinas, R.; Madrid-Cuevas, F.; Marín-Jiménez, M. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition* 2014, 47, 2280 – 2292.

Gertler J. US Unmanned Aerial Systems. Library of Congress Washington DC Congressional Research Service. 2012.

- Harris, C.; Stephens, M. A combined corner and edge detector. *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*, 1988, pp. 147–151.
- Haubeck K, Prinz T. A UAV-based low-cost stereo camera system for archaeological surveys - experiences from Doliche (Turkey). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013. 40(1W2) 195-200.
- Hough, P. *Method and means for recognizing complex patterns*. US 3069654, 1962.
- Jimenez-Lugo, J.; Zell, A. Framework for Autonomous Onboard Navigation with the AR.Drone. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems* 2013, pp. 575–583.
- Khoshelham, K. Extending generalized Hough transform to detect 3d objects in laser range data. *Proc. ISPRS Workshop on Laser Scanning*, 2007, pp. 206–210.
- Kršák B, Blišťan P, Pauliková A, Puškárová P, Kovanič L, Palková J, Zelizňaková V. Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 2016, 91, 276-287.
- Lamdan, Y.; Wolfson, H. On the error analysis of geometric hashing. *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision*, 1991, pp. 22–27.
- Lowe, D. Distinctive image features from scale-invariant key points. *International Journal of Computer Vision* 2004, 60, 91–110.
- Marr, D.; Hildreth, E. Theory of Edge Detection. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1980, pp. 215–217.
- Mian, A.; Bennamoun, M.; Owens, R. On the Repeatability and Quality of Keypoints for Local Feature-based 3D Object Retrieval from Cluttered Scenes. *International Journal of Computer Vision* 2010, 89, 348–361.
- Moulon, P.; Monasse, P.; Marlet, R. Adaptive Structure from Motion with a Contrario Model Estimation. *ACCV 2012*, 2012, Vol. 7727, pp. 257–270.
- Nex F, Remondino F. UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 2014, 6(1), 1-15.
- Petrelli, A.; Stefano, L.D. On the repeatability of the local reference frame for partial shape matching. *13th International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2011, pp. 2244 – 2251.
- Pollefeys, M.; Nistér, D.; et al. Detailed Real-Time Urban 3D Reconstruction from Video. *International Journal of Computer Vision* 2008, 78, 143–167.
- Sanfourche M, et al. Perception for UAV: Vision-Based Navigation and Environment Modeling. *Journal Aerospace Lab* 2012, 4, 1–19.
- Scaramuzza, D.; Fraundorfer, F.; Pollefeys, M.; Siegwart, R. Absolute scale in structure from motion from a single vehicle mounted camera by exploiting non holonomic constraints. *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision*, 2009, pp. 1413 – 1419.
- Sirmacek B, d'Angelo P, Krauss T, Reinartz P. Enhancing Urban Digital Elevation Models Using Automated Computer Vision Techniques. *International Conference on Pattern Recognition*, 2010.
- Soto-Guerrero D, Ramírez-Torres JG. A Human-Machine Interface with Unmanned Aerial Vehicles. *Proceedings of the 10th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE '13)*, 2013, pp. 307–312.
- Tombari, F.; S.Salti.; DiStefano, L. Unique signatures of histograms for local surface description. *ECCV'10 Proceedings of the 11th European conference on computer vision conference on Computer vision*, 2010, pp. 356–369.
- Weibel, R.; M.Heller. *Digital Terrain Modelling*. 1993.
- Weiss, S.; Achtelik, M.; Kneip, L.; Scaramuzza, D.; Siegwart, R. Intuitive 3D Maps for MAV Terrain Exploration and Obstacle Avoidance. *Journal of Intelligent and Robotics Systems* 2011, 61, 473–493.

Wen-Chung, C.; Shu-An, L. Real-time feature-based 3D map reconstruction for stereo visual guidance and control of mobile robots in indoor environments. 2004 *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2008, Vol. 6, pp. 5386 – 5391.

Zhong, Y. Intrinsic shape signatures: A shape descriptor for 3D object recognition. *Proc. 3DRR Workshop* (in conj. with ICCV), 2009, pp. 689 – 696.

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]

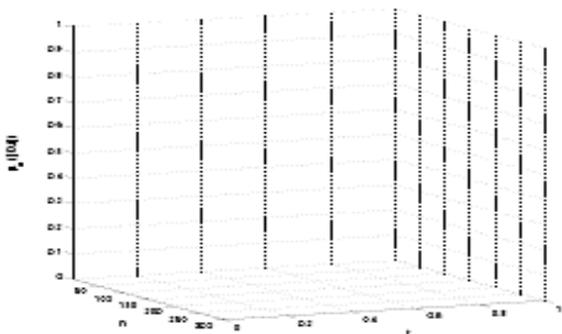


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

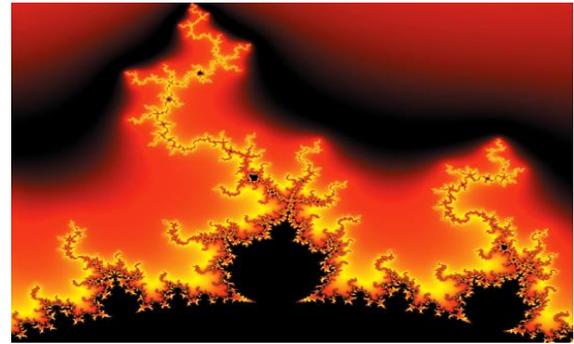


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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 Título secuencial.

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

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

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

Reserva a la Política Editorial

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

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

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

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

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

Título del Artículo:

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

Copyright y Acceso

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

Título del Artículo:

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

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

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

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

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

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

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

Responsabilidades del Consejo Editorial

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

Responsabilidades del Comité Arbitral

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

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

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

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

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

Responsabilidades de los Autores

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

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

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

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

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

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

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

“Efecto de la adición de materiales compuestos de estireno-butadieno/plumas de pollo en la modificación de asfaltos”

RAMOS-GALVÁN, Claudia Esmeralda, RIVERA-ARMENTA, José Luis, SALAZAR-CRUZ, Beatriz Adriana y ESCOBAR-MEDINA, Francisco Javier
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

“Elaboración de ladrillos con merma de una empresa que fabrica espumas reticuladas”

MARTÍN-DEL CAMPO, Ma. Guadalupe, HERNÁNDEZ, Gabriela y GÓMEZ, Guillermina
Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

“Estudio sistemático de las propiedades mecánicas de las micropartículas de magnetita embebidas en una matriz de concreto polimérico”

VILLANUEVA-RAYA, Dulce Magdalena, BÉJAR-BARRIENTOS, Gerardo Enrique, GUERRERO-SERRANO, Azdrubal Lobo y CABAL-VELARDE, Javier Gustavo
*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato,
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*

“Empleo de microdrones para la reconstrucción tridimensional del terreno”

RAMÍREZ-TORRES, José Gabriel & LARRAÑAGA-CEPEDA, Ander
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Tamaulipas

