

ISSN 2523-6881

Volumen 1, Número 2 — Julio — Septiembre - 2017

# Revista de Energías Renovables

**ECORFAN®**



**ECORFAN-Republic of Peru**

## **Indización**

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

## **ECORFAN-Perú**

### **Directorio Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

### **Director Regional**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD.

### **Director de la Revista**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

### **Edición Tipográfica**

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

### **Edición de Logística**

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de Energías Renovables, Volumen 1, Número 2, de Julio a Septiembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. 2523-6881. 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 2017.

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.

## **Consejo Editorial**

**BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD**  
Universidad Industrial de Santander, Colombia

**BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD**  
Universidad de Concepción, Chile

**RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD**  
University of Iowa, U.S.

**SOLIS-SOTO, María. PhD**  
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

**GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD**  
Universidad de Santiago de Compostela, España

**ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD**  
Université Paris Diderot-Paris, Francia

**ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD**  
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

**SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD**  
Universidad de Guayaquil, Ecuador

## **Consejo Arbitral**

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Energías Renovables

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está *Generación de energía sustentable, por medio de una celda de combustible microbiana. Caso de estudio: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz* por GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, Christopher Rolando con adscripción en la Universidad Politécnica de Altamira, como siguiente artículo está *Análisis térmico para una sección de una vivienda de tipo residencial, con sistema de doble vidrio, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo* por TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth, SERRANO-ARELLANO, Juan, RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan Manuel con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, como siguiente artículo está *Cuantificación de la incidencia de radiación ultravioleta (UV-A, UV-B) en Durango, México* por ESCOBEDO-BRETADO, Jorge, GONZÁLEZ, Mario, REYNOSO-CUEVAS, Liliana, ALARCÓN-HERRERA, María con adscripción en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, como siguiente artículo está *Identificación de los Residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México* por MALDONADO-RIVAS, Pablo Javier, PÉREZ-BALAN, Román Alberto, AKÉ-CANCHE, Baldemar y MEX-ÁLVAREZ, Rafael Manuel de Jesús con adscripción en la Universidad Autónoma de Campeche.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Generación de energía sustentable, por medio de una celda de combustible microbiana. Caso de estudio: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz</b> GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, Christopher Rolando	1-11
<b>Análisis térmico para una sección de una vivienda de tipo residencial, con sistema de doble vidrio, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo</b> TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth, SERRANO-ARELLANO, Juan, RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan Manuel	12-22
<b>Cuantificación de la incidencia de radiación ultravioleta (UV-A, UV-B) en Durango, México</b> ESCOBEDO-BRETADO, Jorge, GONZÁLEZ, Mario, REYNOSO-CUEVAS, Liliana, ALARCÓN-HERRERA, María	23-30
<b>Identificación de los Residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México</b> MALDONADO-RIVAS, Pablo Javier, PÉREZ-BALAN, Román Alberto, AKÉ-CANCHE, Baldemar y MEX-ÁLVAREZ, Rafael Manuel de Jesús	31-41

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Generación de energía sustentable, por medio de una celda de combustible microbiana. Caso de estudio: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz

GARCÍA-NAVARRO, Josefina†\*, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, Christopher Rolando

*Universidad Politécnica de Altamira*

Recibido 3 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

### Resumen

El objetivo de esta investigación es obtener energía sustentable usando una Celda de Combustible Microbiana (CCM) que utiliza la materia orgánica (MO) contenida en los sedimentos de las lagunas Marismas de Altamira, Tamaulipas y la de Pueblo Viejo, Veracruz. Estos cuerpos de agua se eligieron debido a que ya habían sido identificadas en un trabajo realizado anteriormente, como posibles fuentes de generación de energía eléctrica, debido a la cantidad de MO contenida en los sedimentos. La CCM que se usó es de un solo compartimento, de una cámara anódica con material de arcilla y la energía producida en ésta, se midió con el voltaje eléctrico obtenido en los sedimentos (milivolts/mV), con un equipo UT55 Multimeter. Se obtuvieron voltajes de energía de 657 mV a 1328 mV. La Laguna de Pueblo Viejo, registro los valores más altos de voltaje. Se concluye que ambas lagunas, presentan potencial para suministrar energía a sistemas electrónicos de bajo consumo y que las celdas de combustible microbianas son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad, para aplicaciones a pequeña escala.

**Celda de Combustible Microbiana, energía sustentable, generación de energía, lagunas costeras**

### Abstract

The objective of this research is to obtain sustainable energy using a Microbial Fuel Cell (MFC) that uses the organic matter (OM) contained in the sediments of the Marshes of Altamira, Tamaulipas and Pueblo Viejo, Veracruz, lagoons. These bodies of water were chosen because they had already been identified in a previous work, as possible sources for electricity generation, due to the amount of OM contained in the sediments. The MFC that was used of a single compartment, an anodic chamber with the clay material and the energy produced in it was measured with the electric voltage obtained in the sediments (millivolts/mV), with an UT55 multimeter equipment. Voltages of energy were obtained of 657 mV to 1328 mV. The Pueblo Viejo lagoon registered the highest voltage values. It is concluded that both lagoons have the potential to supply energy to low-power electronic systems and that de MFC are an alternative to conventional methods of generating electricity for small-scale applications.

**Microbial Fuel Cell, sustainable energy, energy generation, coastal lagoons**

**Citación:** GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, Christopher Rolando. Generación de energía sustentable, por medio de una celda de combustible microbiana. Caso de estudio: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz. Revista de Energías Renovables 2017. 1-2:1-11

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: josefina.garcia@upalt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

En los últimos años se ha visto como la demanda de energía en México ha ido incrementando y con ella el uso de combustibles fósiles para su generación. Sin embargo, su manejo ha creado diversos problemas de contaminación ambiental, desde el incremento de la acidez del suelo y agua hasta el calentamiento global, provocando el cambio climático y por ende que la calidad de vida disminuya (Ramos-Gutiérrez, y Montenegro-Fragoso, 2012).

Una de las formas en que se ha enfrentado a esta problemática, es por medio del uso racional y eficiente de fuentes de energía renovable, que son aquellas que, por su capacidad de regeneración en relación al consumo, son virtualmente inagotables y su consumo no afecta al ambiente (Estrada Gasca y Samperio Islas, 2010).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), sugiere que algunas alternativas de adaptación ante el cambio climático para el sector energético incluyan: 1) consolidación de la infraestructura secundaria de transmisión y distribución; 2) cableado subterráneo para servicios públicos básicos; 3) eficiencia energética; 4) utilización de fuentes renovables; 5) menor dependencia de fuentes de energía únicas. Las opciones de adaptación más importantes sugeridas por el IPCC incluyen aumentar la eficiencia en los procesos de generación de energía y el uso masivo de fuentes renovables. Igualmente, se recomienda una disminución en la dependencia a una fuente de energía única. Es decir, una estrategia pertinente es el uso de combustibles alternativos, limpios y con alta energía específica. Por lo tanto, es innegable la necesidad de desarrollar/adaptar tecnologías alternativas de generación de energía menos contaminantes.

Tales tecnologías deben tener la capacidad de operar con combustibles no convencionales, que no estén relacionados con el petróleo (Erzos, 2008).

Una fuente de energía renovable y limpia, es la bioenergía, que es la energía obtenida a partir de la biomasa (Masera-Cerutt *et al* 2011). La energía sustentable, es aquella que se puede obtener de fuentes renovables, y satisface las necesidades del presente sin comprometer los recursos y necesidades de las futuras generaciones.

La hipótesis de trabajo se establece como: Generación de energía sustentable, utilizando la tecnología de una Celda de Combustible Microbiana (CCM), que aprovecha la bioenergía contenida en la materia orgánica (MO) de los sedimentos de las lagunas: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz.

Las lagunas del área de estudio se clasifican como costeras, ya que ambos tienen una conexión con el mar, sujetas a diferentes niveles y tipos de contaminación, producto de diferentes actividades humanas. Ubicadas en la llanura costera del Golfo de México, consideradas entre las lagunas más importantes de este gran ecosistema costero con desembocaduras de ríos caudalosos, clima costero semiárido, con gran diversidad de especies de organismos y alta producción pesquera (Contreras, 1993). Estos embalses costeros se caracterizan por poseer un ambiente de cambio continuo derivado de los efectos hidrológicos ocasionados por el encuentro de dos masas de agua de diferente origen y representan el mejor índice de la calidad de la cuenca.

Dichas características, trae como resultado la presencia de diversos hábitats que permiten el establecimiento de organismos, poblaciones e inclusive comunidades con diferentes requerimientos. El hecho de que existan áreas de influencia dulceacuícola permanente, propicia la colonización de organismos de origen acuático continental y, por otro lado, la entrada de agua de mar provee de especies de origen marino, estas condiciones favorecen la presencia de materia orgánica en los sedimentos de los embalses costeros (Contreras y Castañeda en Caso *et al* 2004 Vol. 1).

Las lagunas de estudio, se eligieron debido a que ya habían sido identificadas en un trabajo realizado por García-Navarro, 2016, como fuentes de generación de energía, debido a la cantidad de MO contenida en los sedimentos. La formación de éstos, en las lagunas costeras es inevitable y una opción para aprovechar los sedimentos es biodegradarlos para producir energía sostenible (García-Navarro, 2016).

Se justifica el uso de los sedimentos marinos para generar energía, ya que una de las características más importantes de éstos, es su capacidad de intercambiar cationes con el medio acuático circundante. La capacidad de intercambio catiónico, mide la capacidad de un sólido, como los sedimentos, para absorber cationes (Stanley, 2006). Estas propiedades del sedimento favorecen el uso de una Celda de Combustible Microbiana, con el aprovechamiento de la MO.

Una CCM es un dispositivo que utiliza microorganismos para convertir la energía química presente en un sustrato en energía eléctrica. Los microorganismos obtienen la energía desde un donador de electrones (agua residual, sedimentos) y transfieren los electrones producidos de su actividad metabólica a un aceptor, que es el ánodo (Revelo, Hurtado y Ruiz, 2013).

Existen dos tipos de diseño de CCMs: las de dos compartimentos, que tienen una cámara anódica, una cámara catódica y un separador PEM, debido a que la energía utilizada para bombear el agua es mayor a la que produce, éstas son preferibles para el tratamiento de agua que a la generación de electricidad; y las de un solo compartimento, donde ya no es necesaria la cámara catódica, el cátodo se expone al aire (Du, Li y Gu, 2007).

Las CCMs pueden generar energía eléctrica directamente a partir de sedimento marino, lodos activados, aguas residuales domésticas entre otras fuentes de materia orgánica (Logan y Regan, 2006).

En este trabajo la generación de energía sustentable se obtuvo de manera directa a partir de la MO y para la obtención de los resultados se utilizó un multímetro que midió el voltaje eléctrico generado en la CCM.

La energía sostenible generada por la CCM, podría alimentar eléctricamente a sensores de monitoreo de baja potencia eléctrica que se ubicarían en los sedimentos superficiales de la lagunas y que recolectarían parámetros ambientales de estos ecosistemas.

Las ventajas de usar la tecnología de las Celdas de Combustible Microbianas es que pueden generar electricidad y a la vez realizan un tratamiento de aguas residuales. La capacidad de este tipo de celdas dependerá del tipo de reactor y de la fuente de materia orgánica que se utilice (Logan y Regan, 2006).

Las CCMs no solo sirven para producir electricidad, sino que también se le puede usar en procesos de biorremediación, que es la remoción de contaminantes por medio de microorganismos, de suelos y aguas subterráneas.

Las bacterias al ser también capaces de aceptar electrones, éstas reproducen reacciones para remover o degradar contaminantes (Falcon, Lozano y Juárez, 2009).

Por la importancia que representan las lagunas costeras de estudio en este trabajo, los resultados obtenidos de voltaje eléctrico, apoyan a identificar si en estos cuerpos de agua es factible usar Celdas de Combustible Microbianas para generar energía que alimente sensores ambientales de baja potencia eléctrica. Además que se pretende dar continuidad a este trabajo para determinar en un futuro, el nivel de biorremediación de las lagunas costeras de estudio.

## Metodología

### Área de estudio

El área de interés en la cual se realizó éste proyecto, comprende las lagunas Marismas de Altamira en Tamaulipas (MA), y la de Pueblo Viejo en Veracruz (PV), las cuales se muestran en la Figura 1. Éstas se tomaron como caso de estudio, teniendo como referencia los resultados obtenidos por García-Navarro 2016, ya que en éste trabajo se concluye que por los niveles de materia orgánica contenidos en estos cuerpos de agua, es factible utilizar una CCM para generar energía sostenible, aprovechando la MO contenida en los sedimentos superficiales de las Marismas de Altamira y de Pueblo Viejo.



**Figura 1** Área de estudio: 1. Marismas de Altamira, en Tamaulipas y 2. Pueblo Viejo en Veracruz

*Fuente: Elaboración propia.*

### Muestreo

El muestreo se realizó en el 2016 por época del año, tomando en consideración los aspectos climáticos que marcan de manera importante la dinámica de los cuerpos lagunares. Se hicieron muestreos en tres temporadas, la época de seca (mediados de Marzo a Junio), la época de lluvia (Julio a Octubre) y en nortes (Octubre a principios de Marzo).

Las fechas de muestreo, para las lagunas de estudio se muestran en la Tabla 1.

Laguna	Época seca	Época lluvia	Época norte
Marismas de Altamira	9 de mayo	18 de julio	1 de diciembre
Pueblo Viejo	11 mayo	19 de julio	2 de diciembre

**Tabla 1** Fechas de muestreo de las dos lagunas de estudio en las tres épocas del año en el transcurso del 2016

*Fuente: Elaboración propia*

### Determinación y ubicación de las estaciones de muestreo.

En la determinación de las estaciones de muestreo en los embalses costeros, se consideraron características fisiográficas de las lagunas, como profundidad, conexiones con el mar, desembocaduras de ríos de agua dulce, descargas residuales y focos probables de contaminación, con el objetivo de encontrar materia orgánica en los sedimentos proveniente de varios orígenes. La ubicación de los sitios de muestreo se observan en las Tablas 2 y 3 .

Laguna	Estaciones de muestreo	Localización Latitud –Norte (N) Longitud- Oeste (W)	Observaciones
Marismas de Altamira	MA1	N 22°27'30" W 97°52'00"	Parte Norte, aguas con mayor influencia marina, por la conexión con el mar.
	MA2	N 22°25'30" W 97°55'10"	Cerca de un canal que viene de la Laguna el Conejo y que desemboca en las Marismas.
	MA3	N 22°08'49" W 97°54'00"	Punto con menos influencia marina.
	MA4	N 22°06'32" W 97°51'43"	En la parte sur de la laguna, entrando por el corredor urbano.
	MA5	N 22°09'15" W 97°51'30"	Colindando con colonias de Altamira.

**Tabla 2** Localización y observaciones de las estaciones de muestreo de la Laguna Marisma de Altamira

Fuente: *Elaboración propia*

Laguna	Estaciones de muestreo	Localización Latitud –Norte (N) Longitud- Oeste (W)	Observaciones
Pueblo Viejo (PV), Veracruz	PV1	N 22°11'00" W 97°51'30"	En el canal Malagana, donde desemboca el Río Pánuco.
	PV2	N 22°11'04" W 97°55'10"	En la isla Matacuaya, donde se localizan los bancos de ostiones.
	PV3	N 22°08'49" W 97°54'00"	Localizado en la cercanía de la descarga de la "Granja camaronícola Sabrivane".
	PV4	N 22°06'32" W 97°51'43"	Cerca de la desembocadura del estero Tamacuil y el estero la Puerca.
	PV5	N 22°09'15" W 97°51'30"	En la parte intermedia de la laguna al Este.

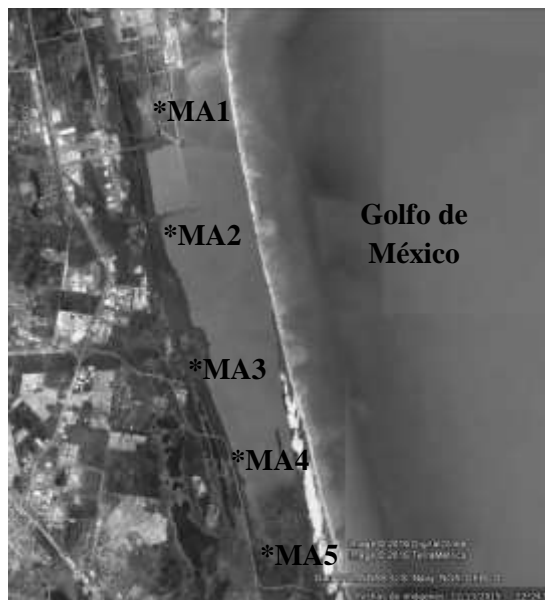
**Tabla 3** Localización y observaciones de las estaciones de muestreo de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz

Fuente: *Elaboración propia*

### Laguna las Marismas de Altamira, Tamaulipas

Estado: Tamaulipas<sup>[1]</sup> Localización: 22°13' y 22°05' latitud norte y 97° 57' y 97°50' latitud oeste. Extensión: 9500 ha.

Se localiza en el municipio de Altamira, Tamaulipas, cuenta con la entrada de agua dulce, por medio de pequeñas lagunas que desembocan en ella, es de profundidad somera, con gran productividad pesquera, se encuentra jaibas, algunas especies de pescados (Figura 2). Se encuentra en la zona industrial del puerto de Altamira, por tal razón en algunos puntos de la laguna hay descargas industriales, y se encuentra afectada por la zona conurbada de Madero, Tampico y Altamira, Tamaulipas.



**Figura 2** Ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Marismas de Altamira, Tamaulipas

*Fuente: Elaboración propia.*

### Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz

Estado: Veracruz<sup>[SEP]</sup> Localización: 22o 13'y 22o 05' latitud norte y 97o 57'. 97o 50' latitud oeste  
Extensión: 9300 ha.

Se localiza en el municipio de Villa Cuauhtémoc, el norte del estado de Veracruz. Limita con el río Pánuco al norte, con el cual se comunica mediante un canal situado en su parte noreste; al este limita con Ciudad Cuauhtémoc y Tampico Alto (Figura 3).

En su interior existen varias islas pequeñas, y sobresale la Isleta Grande. Desembocan los ríos La Tapada, Pedernales, La Cuásima, La Puerca y Tamacuil, éste último es el más importante por su mayor tamaño; los restantes conducen gastos significantes únicamente en la época de lluvias. La corriente del río Pánuco, es la más importante ya que condiciona en gran parte las características hidrológicas y fisicoquímicas del ecosistema. Este sistema estuarino-lagunar es somero, su profundidad mayor es de 1.5 metros y esta se presenta en la zona central. En los extremos generalmente al norte, la profundidad disminuye y llega a un promedio de un metro. En su eje norte- sur hacia el este y en sentido este-oeste existen dos canales de navegación con profundidad media de 1.5 metros (Contreras, 1993).



**Figura 3** Ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Marismas de Altamira, Tamaulipas

*Fuente: Elaboración propia.*

### Técnicas de muestreo

Se utilizó un nucleador, como la técnica de muestreo para los puntos someros de las lagunas. El nucleador, es un tubo de PVC de aproximadamente 20 cm de diámetro, que permite realizar muestreos en zonas de baja profundidad (Figura 4). Este equipo es de fácil manejo, se introduce en el suelo de la laguna y se obtiene la muestra de sedimento superficial. Las muestras del fondo de mayor profundidad se realizaron con una draga, que es una técnica que permite conocer los tipos de sedimento que conforman el fondo marino o de cuerpos costeros (Holme y Mc Intyre, 1971). Son las técnicas más utilizadas y referenciadas a nivel internacional, como es el caso de Francia, donde se utilizan en conjunto con el comité francés y la IBP (Lamotte y Bourliere, 1971).



**Figura 4** Técnicas de muestreo de sedimentos superficiales: Nucleador y Draga

Fuente: Elaboración propia

### Colecta y Preservación de la muestra.

El material y equipo de muestreo son frascos o bolsas de polietileno o polipropileno, draga, nucleador y cubetas.

Se tomaron de 300 a 500 g de sedimento con una draga de gravedad o nucleador, según la profundidad de la laguna, la muestra recolectada se puso en un frasco de plástico o bolsas Ziploc<sup>MR</sup> y posteriormente se mantuvieron a temperatura ambiente.

### Diseño y elaboración de la Celda de Combustible Microbiana.

Se usó el diseño de una CCM de un solo compartimento, de cámara anódica con material de arcilla (ya no es necesaria la cámara catódica, el cátodo se expone al aire) y se tomó como referencia los diseños descritos por Du, Li y Gu, 2007 y Liu, , Ramnarayanan y Logan, 2004.

Los materiales para la realización de la celda son:

- Un recipiente de arcilla para la cámara anódica (grosor recomendado: 3 a 4 mm).
- Una lija
- Varilla de grafito
- Malla de acero inoxidable
- Carbón activado y polvo de grafito grado reactivo en polvo
- Esmalte de uñas transparente de alta duración como aglutinante (80mg/cm<sup>2</sup>). Que contenga : Toluenosulfonamina
- Cinta de aislar
- Alambre de cobre delgado

Para la elaboración de la CCM, se realiza lo siguiente.

1. Se lija el recipiente de barro para que exista mayor superficie de contacto
2. Se cubre el recipiente con la malla de acero inoxidable con el alambre de cobre, que actúa como cátodo (Figura 5).



**Figura 5** Celda de combustible, armada con recipiente de arcilla y recubierta con malla de acero inoxidable y cobre

*Fuente: Elaboración propia.*

3. Se pesan el carbón activado y el grafito pulverizados. Sacar el área que ocupa el recipiente (sin considerar la base y la tapa), para determinar la cantidad de carbón y grafito a utilizar, en base a la siguiente relación=15mg/cm<sup>2</sup>. Se utilizan como catalizador al cátodo.
4. Una vez pesado el carbón y el grafito, se realiza una mezcla agregándole el esmalte con la siguiente relación =80mg/cm<sup>2</sup> (considerar nuevamente el área superficial del recipiente).
5. Cubrir la parte exterior del recipiente de arcilla con la mezcla anterior (Figura 6).



**Figura 6** Celda de combustible recubierta con la mezcla de aglutinante con carbón activado y grafito

*Fuente: Elaboración propia.*

6. Posteriormente dejar que se seque perfectamente.
7. Utilizar como ánodo una varilla de grafito.
8. Agregar  $\frac{3}{4}$  partes del volumen del recipiente con las muestras de sedimentos de las lagunas.

### Determinación de la generación de energía en la CCM

Para la determinación de la energía sustentable producida por la CCM, se utilizó como sustrato, el sedimento de las lagunas de estudio y se obtuvo de manera directa a partir de la MO contenida en las muestras. Para la obtención de los resultados se utilizó un multímetro UT55 que midió el voltaje eléctrico en milivolts (mV) generado en la CCM.

El procedimiento para la medición se representa en la figura 7 y se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Identificar el ánodo y cátodo en la CCM.
- Conectar los caimanes con la polaridad correcta.

- Poner en contacto los caimanos con el ánodo (varilla de grafito) y el cátodo (malla de acero inoxidable con alambre).
- Realizar la lectura en el multímetro en corriente directa en el intervalo de milivolts.



**Figura 7** Mediciones de voltaje eléctrico en la celda de combustible microbiana en las muestras de sedimentos

*Fuente: Elaboración propia*

## Resultados

Se obtuvo una CCM, con un diseño viable y económico, que permitió realizar las mediciones de energía de las muestras de sedimento de las lagunas en las tres épocas del año.

Con el objetivo de obtener las mediciones de voltaje eléctrico con mayor nivel de confianza, por cada valor registrado se tomó 10 veces las lecturas, por lo que los datos que se muestran en la tabla 4 y 5, son los promedios de dichas mediciones.

### Laguna Marismas de Altamira, Tamaulipas

Los resultados de voltaje eléctrico obtenidos en el sedimento de la laguna Marismas de Altamira, Tamaulipas, de las tres épocas del año, se presentan en la Tabla 4.

Se observa que el mayor porcentaje de voltaje eléctrico se encuentra en la época de seca y los más bajos en la época de norte.

Estación de muestreo	Seca Voltaje eléctrico /mV	Lluvias Voltaje eléctrico /mV	Norte Voltaje eléctrico /mV
MA1	828	798	754
MA2	850	813	657
MA3	879	789	765
MA4	785	775	686
MA5	734	729	589

**Tabla 4** Valores promedio de voltaje eléctrico, por estación de muestreo en sedimentos de las Marismas de Altamira, Tamaulipas, de las tres épocas del año

*Fuente: Elaboración propia*

### Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz

Los resultados de voltaje eléctrico en los sedimentos de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz de las tres épocas del año, se presentan en la Tabla 5.

Los valores mas altos se presentan en época de lluvia, destacando como el voltaje mayor el de la estación PV1.

Estación de muestreo	Seca Voltaje eléctrico /mV	Lluvias Voltaje eléctrico /mV	Norte Voltaje eléctrico /mV
PV1	1004	1328	921
PV2	923	1145	897
PV3	975	1249	854
PV4	879	1084	814
PV5	734	987	901

**Tabla 5** Valores promedio de voltaje eléctrico en milivolts, por estación de muestreo en sedimentos de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz de las tres épocas del año

*Fuente: Elaboración propia*



Considerando los valores promedios de ambos cuerpos de agua, se observa que la laguna de Pueblo Viejo, es la que resulta con voltajes eléctricos más altos (Tabla 6).

Laguna	Seca Voltaje eléctrico /mV	Lluvias Voltaje eléctrico /mV	Norte Voltaje eléctrico /mV
MA	815.2	780.8	690.2
PV	903	1158.6	877.4

**Tabla 6** Valores promedio de voltaje eléctrico en milivolts, de las lagunas de estudio de las tres épocas del año

Fuente: *Elaboración propia.*

## Conclusiones

Se concluye que las lagunas de estudio generan energía a baja escala, lo que confirma lo descrito por Sacco, 2008, que las celdas de combustible microbianas son una alternativa a métodos convencionales de generación de electricidad, para aplicaciones a pequeña escala. Con el voltaje obtenido en las celdas de combustible microbianas en éste trabajo, se logró encender un reloj despertador.

Con los resultados obtenidos se respalda lo descrito por García-Navarro 2016, que indica que es factible utilizar una CCM para generar energía sostenible, aprovechando la materia orgánica contenida en los sedimentos superficiales de las lagunas Marismas de Altamira y la de Pueblo Viejo y también se concluye que a mayor contenido de materia orgánica exista en el sustrato de la CCM, mayor generación de energía se obtiene, ya que los valores más altos de voltaje eléctrico obtenidos en éste proyecto, se presentan en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, registrando mediciones superiores a 1 Volt.

En términos generales en una CCM la producción de energía es muy baja, en algunos trabajos se describen aplicaciones asociadas a sistemas electrónicos de bajo consumo (Du, Li, y Gu, 2007).

Las lagunas Marismas de Altamira y Pueblo Viejo, presentan potencial para suministrar energía a sensores ambientales, que podrían ser instalados en estos dos cuerpos de agua y que además de proporcionar información de parámetros físicos, también podrían biorremediar estas importantes lagunas, ya que las celdas de combustible microbianas, no solo sirven para producir electricidad, sino que también se pueden usar en procesos de biorremediación, que es la remoción de contaminantes por medio de microorganismos, de suelos y aguas subterráneas (Falcón, Lozano y Juárez, 2009). Por lo anterior, se puede dar continuidad al estudio de las lagunas de Marismas de Altamira y Pueblo Viejo, pero ahora determinando el nivel de biorremediación que podrían tener estos importantes cuerpos de agua con el uso de celdas de combustible microbianas.

## Referencias

- Contreras, E. F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México 67 pp.
- Contreras, E. F. y Castañeda, L.O. 2004. Lagunas Costeras y Estuarios del Golfo de México: Hacia el establecimiento de índices ecológicos. En Caso M, Pisanty I, y Escurra E. (Compiladores) Diagnóstico Ambiental del Golfo de México Vol. 1. México. 373–416 pp.

- Du, Z., Li, H. and Gu, T., 2007. A State of the Art Review on Microbial Fuel Cells: A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy". *Biotechnology Advances*, Vol. 25, No. 5, 2007, 464- 482 pp.
- Estrada Gasca, C., y Samperio Islas, J., 2010. Energías alternas: propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para México (Primera ed.). Academia Mexicana de Ciencias.
- Ersoz, A., 2008. Investigación de procesos de reforma de hidrocarburos para sistemas de microgeneración. *Revista Internacional de Energía del Hidrógeno*. Volumen 33, Número 33. 7084-7094 pp.
- Falcon, A., Lozano E., J., & Juárez, K., 2009. Bioelectricidad. *BioTecnología*, 13 (3).
- García-Navarro, J., Bautista- Vargas, M.E., Pérez-Bravo, S.G., Carrillo- Loera. M.A., 2016. Determinación de la materia orgánica en sedimentos de lagunas costeras para la factibilidad del uso de una celda de combustible microbiana para generación de energía sostenible. *Revista de Energía Química y Física*. Vol.3. No.7. 15-26 pp. [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org).
- Holme, N.A. y Mc Intyre. A.D. 1971. Methods for the Study of Marine Benthos. *IBP Handbook*. No. 16. International Biological Programme. Marylebone Road, London. 98-99 pp.
- Lamotte, M. y Bourliere, F. 1971. Problèmes d'Écologie: L'Echantillonnage des Peuplements Animaux des Milieux Aquatiques. Masson Et Cie, Éditeurs. Paris. 18-26 pp.
- Liu, H., Ramnarayanan, R., Logan, B., 2004. Production of electricity during Wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell. *Environmental Science Technology*. Volumen 38, No.7. 2281-2285 pp.
- Logan B.E. y Regan J. M., 2006. Microbial fuel cells: Challenges and applications. *Environmental Science & Technology*. 40: 5172-5180 pp.
- Masera-Cerutti, O., Coralli, F., García-Bustamante, C., Riegelhaupt, E., Arias-Chalico, T., Vega-Gregg, J., Díaz- Jiménez, R., Guerrero-Pacheco, G. Y Cecotti. L., 2011. La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas. Cuaderno Temático No.4. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. [www.rembio.org](http://www.rembio.org).
- Ramos-Gutiérrez, L., y Montenegro-Fragoso, M. (2012). La generación de energía eléctrica en México. *III* (4), 197-211 pp.
- Revelo, D.M., Hurtado, N.H. y Ruiz, J.O., 2013. Celdas de Combustible Microbianas (CCMs): Un reto para la Remoción de Materia Orgánica y la Generación de Energía Eléctrica. *Información Tecnológica*. Vol.24 (6). 17-28 pp.
- Sacco, N, Bonett, M.C. y Corton, E., 2008. Generación de Electricidad en una Celda de Combustible Microbiana Mediada Utilizando Micro-ánodos Descartables. *Revista Iberoamericana de Sensores*. Vol. 6. No. 2. Buenos Aires, Argentina.
- Stanley E. M., 2006. *Introducción a la Química Ambiental*. Reverte. ISBN 8429179070.

## Análisis térmico para una sección de una vivienda de tipo residencial, con sistema de doble vidrio, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo

TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth†, SERRANO-ARELLANO, Juan\*, RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan Manuel

*División de Arquitectura, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan-ITESHU-TecNM. Dom. Conocido S/N, El Saucillo, Huichapan, Hgo, México.*

Recibido 24 de Julio, 2017; Aceptado 19 de Septiembre, 2017

### Resumen

Un objetivo principal al diseñar un espacio habitable es asegurar el bienestar térmico de los ocupantes. En México la vivienda residencial no cumple con este objetivo debido a que no son diseñadas con este fin lo que impacta de forma negativa en el desempeño de las funciones de los usuarios. En este trabajo se realiza un análisis térmico con la incorporación de doble vidrio como elemento bioclimático pasivo a tres espacios arquitectónicos internos de una vivienda residencial. Para llevar a cabo el análisis se discretizó la geometría y se realizó el modelo volumétrico de los espacios a evaluar por medio del programa de cómputo SketchUp Pro 2014. Los modelos volumétricos se exportaron al programa de simulación numérica TRNSYS con el objetivo de establecer las condiciones de frontera. Se realizaron dos simulaciones térmicas donde en el primer caso de estudio consistió en incorporar vidrio simple claro para las ventanas presentes en el modelo de análisis de la vivienda mientras que para el segundo caso de estudio se incorporó un sistema de doble vidrio reflectante. De los resultados obtenidos se demuestra que el sistema de doble vidrio es capaz de estabilizar los cambios de temperatura interior ( $\Delta T$ ), sin embargo, no lleva a la temperatura ideal de confort térmico, esto no significa que sea una limitante, sino que es un agente que puede trabajar en conjunto con otro tipo de elemento pasivo, y poder de esta forma alcanzar el nivel óptimo de confort térmico.

### Energía, térmico, vidrio

### Abstract

A main objective in designing a living space is to ensure the thermal well-being of the occupants. In Mexico residential housing does not meet this objective because they are not designed for this purpose which impacts negatively on the performance of use functions. In this work a thermal analysis is performed with the incorporation of double glass as passive bioclimatic element to three internal architectural spaces of a residential house. In order to carry out the analysis, the geometry was discretized and the volumetric model of the spaces to be evaluated through the SketchUp Pro 2014. The volumetric models were exported to the numerical simulation software TRNSYS in order to establish the boundary conditions. Two thermal simulations were carried out where in the first case of study it consisted in incorporating simple clear glass for the windows present in the model of analysis of the house while for the second case of study a double reflective glass system was incorporated. From the obtained results it is demonstrated that the double glass system is able to stabilize the changes of interior temperature ( $\Delta T$ ), however, does not lead to the ideal temperature of comfort, this does not mean that it is a limiting, but is an Agent that can work in conjunction with another type of passive element, and thus be able to reach the optimal level of comfort desired.

### Energy, thermic, glass

**Citación:** TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth SERRANO-ARELLANO, Juan, RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan Manuel. Análisis térmico para una sección de una vivienda de tipo residencial, con sistema de doble vidrio, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo. Revista de Energías Renovables 2017. 1-2:12-22

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jserrano@iteshu.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los cambios climáticos en la actualidad afectan directamente a la temperatura de nuestro planeta, esto es debido a los usos desmedidos de recursos naturales, y la excesiva contaminación que esto genera [1]. Esto nos lleva a retomar que siempre el ser humano ha tratado de buscar un ambiente de confort térmico donde pueda establecerse, sin embargo, esto es un verdadero reto. En la antigüedad el ser humano comenzó a buscar dicho confort térmico en viviendas que él mismo construía de materiales que tenía a la mano, dando auge a lo que se podría llamar hoy día, arquitectura vernácula. No obstante, con la evolución de la tecnología, el uso de energías nocivas para el ambiente ha ido en incremento, teniendo como principal agente el combustible fósil en un 82% [2], que daña directamente la capa de ozono emitiendo gases de efecto invernadero. El Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste (PNNL), ha arrojado datos que podrían declarar que la tierra está entrando en un periodo de cambio climático, provocando un aumento de 2°C en la temperatura global [3]. Con la finalidad de tener un incremento en la generación eléctrica de fuentes renovables la Secretaria de energía (SENER) y la Comisión Federal de Electricidad /CFE), construyeron dos escenarios para su incremento de planeación y alterno; sin embargo, no se ha optado por buscar otro tipo de tecnologías como lo es la “Arquitectura Bioclimática” como agente reductor de consumo energético y el mejoramiento en el confort térmico [2].

La Arquitectura Bioclimática, que no es sino la habilidad de diseñar sabiamente edificaciones con un ambiente térmico controlado, aprovechando la geografía, recursos naturales, y tomando en cuenta las características climatológicas [4], y una manera de lograrlo es agregando elementos pasivos a dicha construcción arquitectónica, los cuales son llamados así por lograr una mejora en la eficiencia térmica al interior de edificaciones sin la necesidad de consumir ningún tipo de energía. Estudios realizados en la ciudad de Durango, México, donde se utiliza arquitectura bioclimática con elementos que ayudan a alcanzar niveles de confort térmico dentro de una edificación, los cuales son dispositivos que no necesitan energía para funcionar sino lo hacen de una forma natural o sensible, y se les conoce como elementos pasivos, como es el caso de una cámara ventilada, colocada en el techo del edificio, la cual hace pasar aire en su interior y se ayuda de un pequeño ventilador que aspira aire fresco y por convección forzada, el mismo aire absorbe el calor que incide en la cámara y lo libera con el propósito de no dejar pasar energía térmica al interior de la construcción [5]. Para nuestro caso de estudio, tomaremos una sección del diseño de una vivienda de tipo residencial, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, donde la sección consta de: biblioteca, sala, comedor y área de juegos. E instalaremos un sistema pasivo de doble vidrio para hacer un análisis térmico, y poder resaltar, cómo este elemento bioclimático es capaz de reducir, considerablemente, el impacto ambiental y mejorar las condiciones interiores de la vivienda.

## Metodología

Se realizó un estudio climatológico de la zona, Pachuca de Soto, Hidalgo, la cual se encuentra al centro del estado, en la zona geocultural llamada comarca minera. La ciudad se encuentra a una elevación de unos 2400 metros sobre el nivel del mar. El municipio presenta un clima templado, con una temperatura media anual entre 14°C y 16°C. Una precipitación pluvial de 411.9mm anuales. El municipio es llamado “La bella airosa” porque cuenta con fuertes vientos con velocidades de 60 a 75 k/h, durante 8 a 9 meses del año.

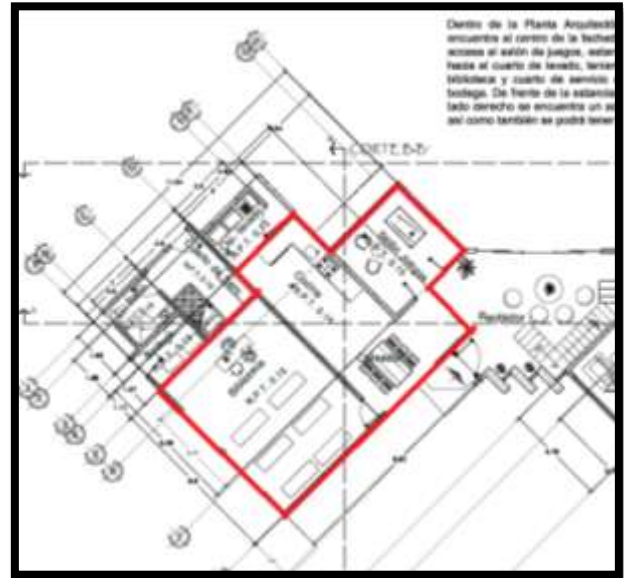
Se eligió un proyecto de vivienda residencial localizada en la ciudad de Pachuca de Soto en el estado de Hidalgo. En la Figura 1 se observa la maqueta volumétrica del proyecto de vivienda residencial.



**Figura 1** Maqueta volumétrica de la vivienda residencial (fachada principal)

*Fuente (Elaboración: propia)*

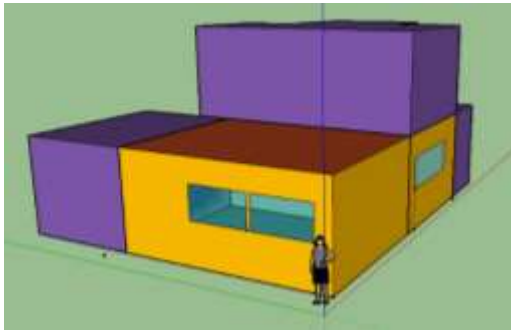
De la vivienda mostrada en la Figura 1, elegimos solamente algunos espacios arquitectónicos internos a la vivienda residencial, siendo seleccionamos los siguientes: biblioteca, sala, comedor, y cuarto de juegos; estos espacios corresponden exclusivamente a la planta baja del proyecto de vivienda residencial. En la Figura 2 se observa la delimitación de los espacios arquitectónicos interiores por medio de una línea color rojo.



**Figura 2** Delimitación de los espacios arquitectónicos internos de la planta baja del proyecto de vivienda residencial

*Fuente (Elaboración: propia)*

Posteriormente se realizó el modelado volumétrico de la geometría de la sección de estudio, la cual se elaboró en el programa de dibujo SketchUp Pro 2014, en donde se delimitaron las dimensiones físicas de dicha sección de la edificación y se establecieron las secciones como: ventanas, muros, pisos y losas. Se respetó la orientación de la maqueta volumétrica conforme al diseño arquitectónico original, por lo tanto, se dejó la pared con mayor área, orientada hacia el sur. Como puede verse en la Figura 3, las secciones de color morado son dispositivos sombreadores que representan el segundo piso y las áreas adyacentes a la edificación que generan sombra.



**Figura 3** Vista isométrica de la sección modelada en SketchUp Pro 2014

Fuente (Elaboración: propia)

En la simulación se tomaron en cuenta los materiales mostrados en la Tabla 1:

Paredes externas				
Material	Conductividad térmica (kJ/hmK)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (kJ/kgK)	Espesor (m)
Mortero	0.0282	1400	0.83716	0.01
Ladrillo	21	2312.5	1.05	0.12
Mortero	0.0282	1400	0.83716	0.01
PAREDES INTERNAS				
Mortero	0.0282	1400	0.83716	0.01
Bloque de concreto	1.04	500	1	0.12
Mortero	0.0282	1400	0.83716	0.01
Losa				
Mortero	0.0282	1400	0.83716	0.02
Ladrillo	21	2312.5	1.05	0.12
Piso				
Losa de Concreto	0.03	1600	0.83716	0.06

**Tabla 1** Propiedades físicas de los materiales de construcción utilizados en la edificación

Fuente (Elaboración: propia)

En la Tabla 2 se observan las propiedades físicas del vidrio utilizado en las ventanas.

Vidrio				
Tipo de vidrio	Coficiente global de transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> K)	Coficiente de ganancia solar	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
Vidrio Claro Simple	5.87	0.789	1.96	2
Vidrio Claro Simple	5.87	0.789	1.96	2
Vidrio Claro Simple	5.87	0.789	2.8	2
Vidrio Claro Simple	5.87	0.789	2.5	2
Vidrio Claro Simple	5.87	0.789	1.5	2

**Tabla 2** Propiedades físicas de los materiales de construcción utilizados en la edificación

Fuente (Elaboración: propia)

En la simulación el modelo inicial volumétrico de los espacios arquitectónicos seleccionados fue comparado con otro modelo volumétrico que cuenta con los mismos materiales, pero con la particularidad de que se agregó como sistema pasivo el doble vidrio, y esto consistió en cambiar los vidrios de las ventanas existentes, por ventanas de doble vidrio reflectante. Las propiedades de las ventanas de doble vidrio se muestran en la Tabla 3.

Vidrio				
Tipo de vidrio	Coefficiente global de transferencia de calor ( $W/m^2K$ )	Coefficiente de ganancia solar	Área ( $m^2$ )	Espesor (mm)
Vidrio doble reflectante	2.76	0.466	1.96	6/8/6
Vidrio doble reflectante	2.76	0.466	1.96	6/8/6
Vidrio doble reflectante	2.76	0.466	2.8	6/8/6
Vidrio doble reflectante	2.76	0.466	2.5	6/8/6
Vidrio doble reflectante	2.76	0.466	1.5	6/8/6

**Tabla 3** Propiedades físicas del doble vidrio utilizado en las ventanas

Fuente (Elaboración: propia)

Ambas simulaciones fueron realizadas con las condiciones climáticas del estado de Hidalgo, y durante el estado transitorio de un periodo de una semana. Los modelos volumétricos realizados en SketchUp Pro 2014 se importaron al programa de computo TRNSYS 17, donde se establecieron todas las características de los materiales, y las condiciones de frontera interiores y exteriores de la edificación. La primera simulación se hizo con vidrios simples, la segunda con el sistema de doble vidrio reflejante, cabe señalar, que para este caso de estudio no se tomaron en cuenta las generaciones internas de calor, ni las ganancias por infiltración, las mediciones fueron solo con las características de los materiales antes mencionados.

### Modelo de ecuaciones gobernantes utilizadas

El programa de computo TRNSYS que trabaja bajo la plataforma de Fortran, es un simulador para sistemas térmicos. Su programación se estableció básicamente para resolver ecuaciones de transferencia de calor del estado transitorio. TRNSYS trabaja estos casos con un modelo de ecuaciones de balance de energía, a pesar que los métodos analíticos existentes se basan en ecuaciones diferenciales de conservación de energía, masa y momento [6]

La ecuación principal gobernante energética se muestra en la Ecuación 1.

$$Q_i = Q_{surf,i} + Q_{inf,i} + Q_{vent,i} + Q_{g,c,i} + Q_{cplg,i} + Q_{solar,i} + Q_{ISHCCI,i} \quad (1)$$

Donde:

$Q_i$ : Representa el flujo de calor total al interior de la vivienda.

$Q_{surf,i}$ : La ganancia por convección de las superficies interiores.

$Q_{inf,i}$ : La ganancia por infiltración por parte del flujo exterior.

$Q_{vent,i}$  Ganancias por ventilación por una fuente definida por el usuario.

$Q_{g,c,i}$ : Ganancias internas por iluminación, equipos, o personas, etc.

$Q_{cplg,i}$ : Ganancias por habitaciones aledañas a las del análisis.

$Q_{solar,i}$ : Fracción de radiación solar que se transfiere por las ventanas y por convección al aire interior.

$Q_{ISHCCI,i}$ : Radiación solar absorbida por los elementos internos de sombreado y que pasan por convección al aire interior.

Los muros son modelados a través de las relaciones obtenidas de transferencia de Mitalas y Arseneault cuyo modelo conceptual lo podemos observar en la Figura 4.

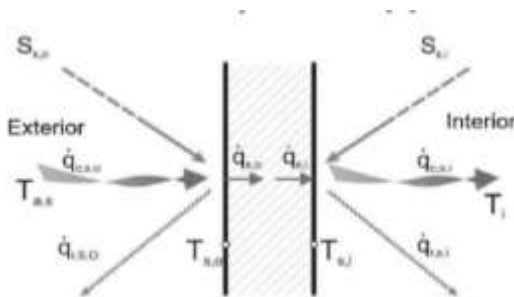


Figura 4 Modelo conceptual de transferencia energética

Fuente (Elaboración: propia)

Las ecuaciones 2 y 3, son las relaciones del flux de calor obtenidas a partir de las funciones de transferencia. En donde:

$$q_{s,i} = \sum_{k=0}^{n_{b_s}} b_s^k T_{s,0}^k - \sum_{k=0}^{n_{c_s}} c_s^k T_{s,i}^k - \sum_{k=1}^{n_{d_s}} d_s^k q_{s,i}^k \quad (2)$$

$$q_{s,0} = \sum_{k=0}^{n_{a_s}} a_s^k T_{s,0}^k - \sum_{k=0}^{n_{b_s}} b_s^k T_{s,i}^k - \sum_{k=1}^{n_{d_s}} d_s^k q_{s,0}^k \quad (3)$$

En donde:

$q_{s,i}$ : es el flux de calor de la superficie interior.

$q_{s,0}$ : es el flux de calor de la superficie exterior.

a, b, c, d: son los coeficientes de transferencia de calor.

k: se refiere al tiempo de tiempo discreto en que se evalúa la función.

la modelación de las ventanas se considera la suma de la radiación de onda corta absorbida por todos los vidrios del muro, la ecuación 4 ejemplifica esta acción.

$$Q_{abs} = 0.5 [ Q_{abs} + h(T_i - T_{zone}) - h_{c,o}(T_o - T_{amb}) - Q_{sky} ] \quad (4)$$

De donde:

$Q_{abs}$ : Es la tasa de cambio de calor absorbido por el vidrio.

$h_i$ : Es el coeficiente convectivo al interior.

$T_i$ : Es la temperatura de la superficie interior.

$T_{zone}$ : Es la temperatura del aire interior.

$h_{c,o}$ : Es el coeficiente convectivo exterior.

$T_o$ : Es la temperatura de la superficie exterior.

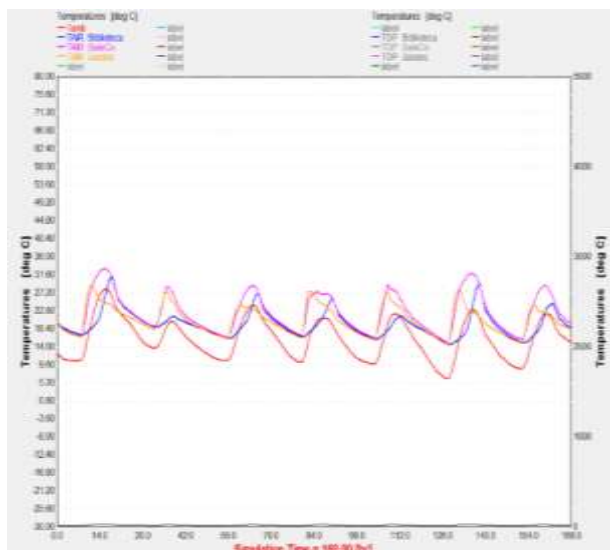
$T_{amb}$ : Es la temperatura del ambiente.

$Q_{sky}$ : Es la tasa de cambio del flujo de calor de la bóveda celeste [6].



## Resultados

En la Figura 5 se muestran las temperaturas interiores de la simulación energética para el primer modelo, es decir, con la incorporación del vidrio simple, estas mediciones fueron realizadas en TRNSYS 17. Se midió el comportamiento de la temperatura interior del caso de estudio durante una semana, cabe mencionar que las mediciones que los análisis muestran datos del estado transitorio de la edificación



**Figura 5** Comportamiento de la temperatura interior para el primer caso de estudio (incorporación de vidrio simple)

Fuente (*Elaboración: propia*)

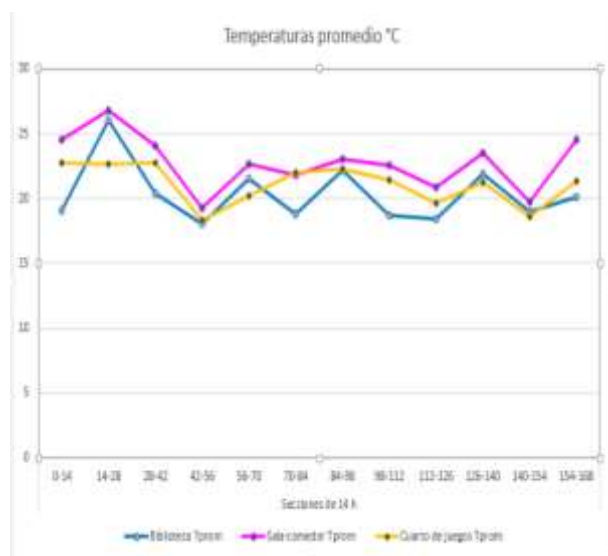
Para poder establecer resultados claros se tabularon las lecturas del comportamiento interno de cada sección, enfatizando el delta de temperatura ( $\Delta T$ ) en lapsos de 14 h y obteniendo la temperatura promedio de cada lapso, cabe aclarar que son 12 lapsos ya que la medición se realizó en un periodo de 168h. La Tabla 4 muestra los datos de las temperaturas internas de las tres secciones analizadas durante el estado transitorio durante el periodo de 168 horas.

		Vidrio Simple											
Sección	Parámetro	Secciones de 14 h											
		0-14	14-28	28-42	42-56	56-70	70-84	84-98	98-112	112-126	126-140	140-154	154-168
Biblioteca	Tmin	17	20	19	16	16	16.3	18.1	19.0	15	14	15	15.5
	Tmax	21.12	21	21.8	20	27	21.12	26.2	21.6	21.9	29.0	19	24.0
	Tprom	19.06	20	20.4	18	21.5	18.01	21.15	18.7	18.45	21.9	19	20.15
	$\Delta T$	4.12	12	2.8	4	11	4.82	8.1	5.0	6.9	15.0	0	9.0
Sala Comedor	Tmin	16.5	20	19	16.5	16.5	16.7	18.4	16.15	15.3	14.92	15.0	15.08
	Tmax	32.92	33.52	29.1	21	29	27	27.6	29	26.4	32	23.6	29.2
	Tprom	24.51	26.76	24.05	19.25	22.65	21.05	23	22.98	20.05	23.46	19.7	24.54
	$\Delta T$	16.42	13.52	10.1	5.5	12.7	10.3	9.2	12.84	11.1	17.08	7.8	9.52
Cuarto de Juegos	Tmin	16.5	19.5	18	16.15	16.15	16.3	17.6	16.3	15.2	14.5	14.92	15.5
	Tmax	29	29.0	27.5	20.6	24.2	27.7	26.9	27.6	24	27.9	22.96	24.2
	Tprom	22.75	22.65	22.75	18.375	20.18	22	22.25	21.45	19.6	21.2	18.64	21.95
	$\Delta T$	12.5	6.5	9.5	4.45	8.04	11.4	9.3	11.3	9.3	13.4	7.44	5.7

**Tabla 4** Deltas de temperatura, temperaturas promedio, primer caso de estudio (incorporación de vidrio simple)

Fuente (*Elaboración: propia*)

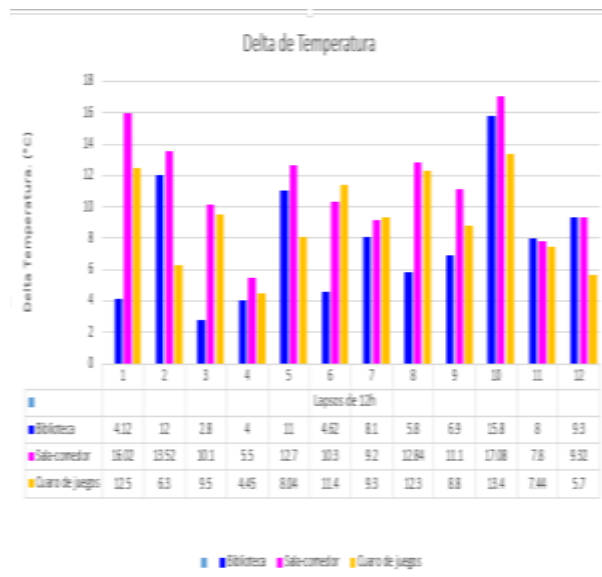
Para ejemplificar de mejor manera estos valores, recurrimos a graficar ambos parámetros tanto los deltas de temperatura, como la temperatura promedio en cada intervalo. La Figura 6 muestra la magnitud de cada  $\Delta T$ , de cada sección. El  $\Delta T$  muestra la magnitud de las oscilaciones de la temperatura interior de cada sección, para la biblioteca tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $15.8^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{mín}}$  de  $2.8^{\circ}\text{C}$ . Para la sección de la sala comedor tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $17.08^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{mín}}$  de  $5.5^{\circ}\text{C}$ . Para la sección del cuarto de juegos tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $13.4^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{mín}}$  de  $4.45^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 6**  $\Delta T$  de las tres secciones del espacio arquitectónico seleccionado en el primer caso de estudio (incorporación de vidrio simple).

Fuente (Elaboración: propia)

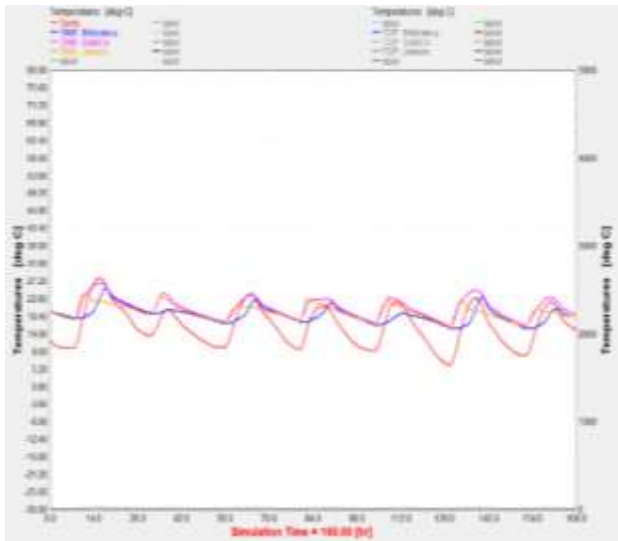
Análogamente la Figura 7 muestra el comportamiento de la temperatura interior de cada sección durante los lapsos de 14h. Como puede verse la temperatura de la biblioteca se mantiene en un rango de 18°C a 26°C, mientras que la sección sala comedor se mantiene en un rango de 22°C a 33.52°C y la sección del cuarto de juegos está en un rango de 18.375°C a 22.75°C.



**Figura 7** Comportamiento de las temperaturas promedio de las tres secciones del espacio arquitectónico seleccionado en el primer caso de estudio (incorporación de vidrio simple)

Fuente (Elaboración: propia)

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la incidencia solar para ambos casos de estudio (vidrio simple y doble), se hace notar que la incidencia solar no debe cambiar porque es el mismo estado transitorio que se analiza y mismas condiciones exteriores para ambos casos, la cual antes mencionados son acordes al clima del estado de Hidalgo. A pesar de que las incidencias son en cada pared de la las secciones mencionadas, se tomaron sólo la máxima y mínima, para mostrar dicha diferencia.

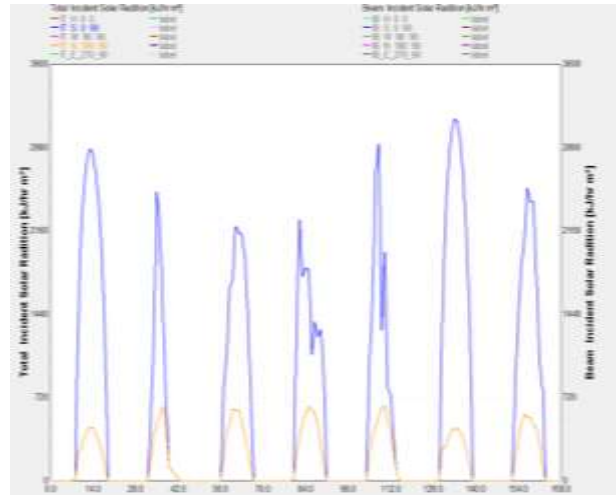


**Figura 8** Incidencia solar en superficie de vidrio simple y doble

Fuente (Elaboración: propia)

Ahora bien, para el siguiente caso se reemplazaron todos los vidrios de las ventanas de las secciones de la vivienda especificada anteriormente. Se colocó un sistema pasivo de doble vidrio y los resultados son los que a continuación se describen.

En la Figura 9 se muestra cómo se estabilizó en cierto porcentaje la temperatura al interior de las secciones, mostrando un decremento en las oscilaciones, haciendo los cambios de temperatura menos bruscos, y creando una medio interior en cada sección más agradable para el usuario. Al igual que en el caso anterior para poder establecer resultados claros se tabularon los datos de la lectura del comportamiento interno de cada sección, enfatizando el delta de temperatura ( $\Delta T$ ) en lapsos de 14 h y obteniendo la temperatura promedio de cada lapso, cabe aclarar que son 12 lapsos ya que la medición se realizó en un periodo de 168h.



**Figura 9** Comportamiento de la temperatura interior para el segundo caso de estudio (incorporación del doble vidrio)

Fuente (Elaboración: propia)

La Tabla 5 muestra los datos de las temperaturas internas de las tres secciones analizadas durante el estado transitorio durante el periodo de 168h.

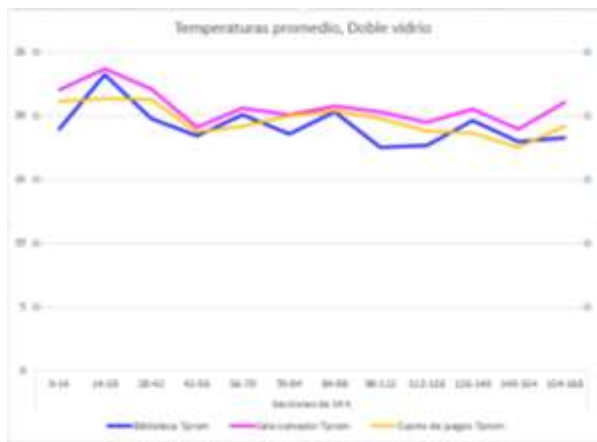
		Vidrio Doble reflectante											
		Secciones de 14h											
Sección	Parámetro	0-14	14-28	28-42	42-56	56-70	70-84	84-98	98-112	112-126	126-140	140-154	154-168
Módulo	Temp	18	20.9	19	17.1	17.8	17.2	18.1	16.2	16.2	15.6	15.5	16
	Temp	20.88	21	20.1	19.8	22.6	20	22.96	18.8	19.2	20.6	20.5	20.3
	DT	2.08	0.1	1.1	2.7	4.8	2.8	4.86	2.6	3	5	5	4.3
Sala	Temp	18	20.6	19.6	17.2	17.2	17.5	18.66	17	16.78	16	16.25	16.75
	Temp	20.08	20.8	20.6	21	20	22.8	22.8	20.08	22.2	20.1	21.8	20.4
	DT	2.08	0.2	1.4	3.8	2.8	5.3	4.14	0.08	5.42	4.1	5.55	4.05
Cuarto de baño	Temp	21.9	20	19	17.1	17.1	17.25	18	17	16.5	16.7	16.8	16
	Temp	24.3	22.7	22.6	20.8	21.8	22.8	22.7	22.6	21.22	21.6	19.2	20.1
	DT	2.4	2.7	3.6	3.7	4.7	5.55	4.7	5.6	4.72	4.9	2.4	2.1

**Tabla 5** Deltas de temperatura, temperaturas promedio, segundo caso de estudio (incorporación del doble vidrio)

Fuente (Elaboración: propia)

Para ejemplificar de mejor manera estos valores, recurrimos a graficar ambos parámetros tanto los deltas de temperatura, como la temperatura promedio en cada intervalo.

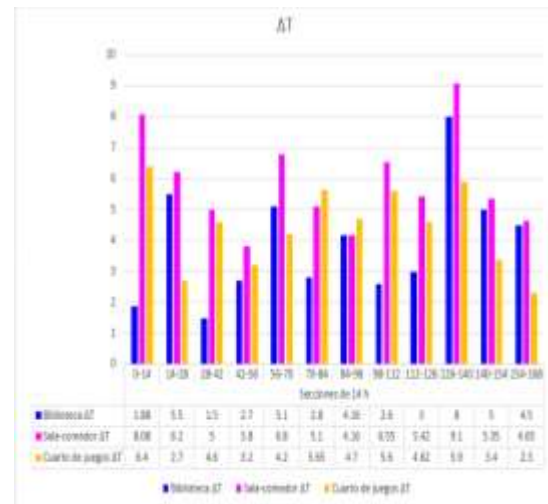
La Figura 10 muestra la magnitud de cada  $\Delta T$ , de cada sección. El  $\Delta T$  muestra la magnitud de las oscilaciones de la temperatura interior de cada sección, para la biblioteca tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $8^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{min}}$  de  $1.5^{\circ}\text{C}$ . Para la sección de la sala comedor tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $9.1^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{min}}$  de  $3.8^{\circ}\text{C}$ . Para la sección del cuarto de juegos tenemos un  $\Delta T_{\text{máx}}$  de  $6.4^{\circ}\text{C}$  y un  $\Delta T_{\text{min}}$  de  $2.3^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 10**  $\Delta T$  de las tres secciones del espacio arquitectónico seleccionado en el segundo caso de estudio (incorporación del doble vidrio)

Fuente (Elaboración: propia)

Análogamente la Figura 11 muestra el comportamiento de la temperatura interior de cada sección durante los lapsos de 14h. Como puede verse la temperatura de la biblioteca se mantiene en un rango de  $17.5^{\circ}\text{C}$  a  $23.25^{\circ}\text{C}$ , mientras que la sección sala comedor se mantiene en un rango de  $18.925^{\circ}\text{C}$  a  $23.7^{\circ}\text{C}$  y la sección del cuarto de juegos está en un rango de  $17.5^{\circ}\text{C}$  a  $21.35^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 11** Comportamiento de las temperaturas promedio de las tres secciones del espacio arquitectónico seleccionado en el segundo caso de estudio (incorporación del doble vidrio).

Fuente (Elaboración: propia)

**Conclusiones**

En este trabajo se propuso incorporar el sistema de doble vidrio a una sección de una vivienda tipo residencial ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo. Los resultados mostrarán que incorporar un dispositivo bioclimático pasivo para ayudar a mejorar el confort térmico dentro de una vivienda de este tipo, resulta factible, ya que con base a los datos obtenidos después de incorporar el sistema de doble vidrio, las oscilaciones en la magnitud de la temperatura durante el estado transitorio, disminuyeron, para demostrar esta disminución a manera de ejemplo tomaremos el caso de la biblioteca, la cual mantenía una magnitud máxima de temperatura de  $15.8^{\circ}\text{C}$  y al haber colocado el sistema pasivo este delta máximo se redujo a  $8^{\circ}\text{C}$ , demostrando que el sistema verdaderamente contribuye a mejorar la estabilidad térmica dentro de una vivienda, o como es nuestro caso, una sección de la vivienda.

Cabe destacar que el simple sistema de doble vidrio no es capaz de llevar la temperatura interior de una vivienda a un estado de confort térmico óptimo, pero su aporte es significativo, y puede mejorar si se apoya de algún otro elemento pasivo.

La inclusión de elementos pasivos a las viviendas de esta región, es relevante para el ahorro energético y el mejoramiento del confort térmico, sin embargo, el sistema de doble vidrio no sólo se limita a la región de Pachuca de Soto, Hidalgo, ya que el sistema puede adaptarse a otros tipos climas, beneficiando a otras regiones del país.

### Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo y las facilidades para la realización de este trabajo.

### Referencias

[1] Torres-Aguilar, C., Serrano-Arellano, J., Macías Melo, E., Aguilar-Castro, K. (2016). Diseño arquitectónico con elementos bioclimáticos para el confort térmico en viviendas de Hidalgo. *Revista de aplicaciones de ingeniería*, 3, 90-97.

[2] Larios Vazquez, A., (2015). Desarrollo y perspectivas de energía renovable en México. *Economía Informa*, 390, 132-135.

[3] Corral, M.G. (2015) La temperatura terrestre está aumentando cada vez más rápido. Retrieved from <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/03/10/54fdf5bde2704ef1508b457c.html>

[4] Xi, Zhang., Zhiwei, Lian. (2015). The bioclimatic design approach to plateau region buildings: Case of the Lhasa. *Procedia Engineering*, 121, 2044-2051.

[5] Rodriguez-Muñoz, N. A., Najera-Trejo, M., Alarcón-Herrera, O., Matin-Dominguez, I. R. (2016). Thermal evaluation of a ventilated building using dynamic simulations. *Energy Procedia*, 91, 963-969.

[6] Solar Energy Laboratory, 2005, University of Wisconsin-Madison, TRNSYS 17 Volume 5 Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild.

## Cuantificación de la incidencia de radiación ultravioleta (UV-A, UV-B) en Durango, México

ESCOBEDO-BRETADO, Jorge†, GONZÁLEZ, Mario, REYNOSO-CUEVAS, Liliana', ALARCÓN-HERRERA, María\*

*Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. - Departamento de Ingeniería sustentable. Calle CIMAV # 110 Ejido Arroyo Seco. CP. 34147. Durango, Dgo. México.*

*'Cátedras CONACYT en Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Calle CIMAV # 110 Ejido Arroyo Seco. Durango, Dgo. 34147*

Recibido 13 de Julio, 2017; Aceptado 15 de Septiembre, 2017

### Resumen

La cuantificación de la luz ultravioleta como fracción de la luz solar recibida a nivel de biósfera es relevante. El objetivo del presente estudio es analizar una serie de mediciones de radiación solar ultravioleta UV-A y UV-B, obtenida de diciembre 2015 a febrero 2017, en la ciudad de Durango, México. Se analizó el comportamiento diario de radiación de los meses de invierno y verano. Se calcularon acumulados de energía diaria y promedio mensual. La energía UV-A acumulada promedio mensual en invierno (diciembre/2015) fue de 905 kJ/m<sup>2</sup>·día y en verano (junio/2016) de 1,732 kJ/m<sup>2</sup>·día. Los valores máximos de energía se presentaron en el mes de julio, (2,077 kJ/m<sup>2</sup>·día) para UV-A y 60 kJ/m<sup>2</sup>·día para UV-B; los valores mínimos se presentaron en noviembre, (255 kJ/m<sup>2</sup>·día para UV-A y 6.5 kJ/m<sup>2</sup>·día para UV-B). Las mediciones analizadas contribuyen al inicio de una base de datos de radiación UV-A y UV-B, la cual es básica para diferentes aplicaciones, así como el análisis de sus efectos, a nivel de receptores, y la determinación del potencial de aplicación en procesos ambientales. Esto permitirá analizar y relacionar causas y efectos en compartimentos ambientales de gran interés a nivel de ecosistemas en el norte de México.

**Radiación solar ultravioleta, UV, análisis UV, Durango, México**

### Abstract

The study of ultraviolet light as a fraction of the sunlight received at the biosphere level is of great importance. The objective of this study is to analyze the series of UV-A and UV-B ultraviolet solar radiation measurements acquired from December 2015 to February 2017 in the city of Durango, Mexico. Daily radiation patterns of the winter and summer months were analyzed. Cumulated daily energy and average monthly were calculated. The monthly accumulated UV-A energy mean in December 2015 was 905 kJ/m<sup>2</sup>·day and in June 2016 was 1,732 kJ/m<sup>2</sup>·day. On the other hand, the maximum energy values occurred in July, with 2,077 kJ/m<sup>2</sup>·day for UV-A and 60 kJ/m<sup>2</sup>·day for UV-B. The minimum values were reported in November, 255 kJ/m<sup>2</sup>·day for UV-A and 6.5 kJ/m<sup>2</sup>·day for UV-B. These data collection and their analysis contributes to beginning of database of UV-A and UV-B radiation data and it is possible to carry out the analysis of its effects, in the receptors as well as to determine its application potential in environmental processes. This will allow to analyze and relate causes and effects in environmental compartments of great interest at the ecosystem level in northern Mexico.

**Ultraviolet solar radiation, UV, UV analysis, Durango, Mexico**

**Citación:** ESCOBEDO-BRETADO, Jorge, GONZÁLEZ, Mario, REYNOSO-CUEVAS, Liliana, ALARCÓN-HERRERA, María. Cuantificación de la incidencia de radiación ultravioleta (UV-A, UV-B) en Durango, México. Revista de Energías Renovables 2017. 1-2:23-30

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: teresa.alarcon@cimav.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La fracción de la radiación solar UV-A y UV-B ha cambiado con respecto a años pasados afectando el desarrollo de plantas, animales y al ser humano (Khogali & Al-Bar, 1992; Llorens et al., 2015). Determinar la intensidad y el comportamiento de la radiación solar ultravioleta permite analizar y relacionar causas y efectos en organismos vivos de gran interés ambiental y económico en el norte de México. A partir de la información de niveles de energía solar, se puede determinar su potencial uso en aplicaciones prácticas (Bilbao & Miguel, 2013). La radiación solar UV se divide usualmente en tres bandas: UV-C (100-280 nm), la cual es absorbida, en parte, por el ozono estratosférico; UV-B (280-315 nm), la cual sólo se absorbe o dispersa parcialmente en la atmósfera y UV-A (315-400) (Barnes et al., 2015; Baroniya, Kataria, Pandey, & Guruprasad, 2014; IARC, 1992), la cual constituye la mayor parte de la radiación UV recibida en la superficie terrestre. Antes de atravesar la atmósfera, las bandas UV-B y UV-A constituyen el 1.33% y 5.90% respectivamente de la radiación extraterrestre (Khogali & Al-Bar, 1992). En la superficie terrestre hay amplias variaciones espaciales y temporales en la irradiancia UV dependiendo de la latitud, elevación solar, y las condiciones atmosféricas locales (Khogali & Al-Bar, 1992) En 2013, Bilbao y Miguel (Bilbao & Miguel, 2013) analizaron una serie de datos de irradiancia solar UV-B, medidos entre 2002 y 2011, en Valladolid, España. Los valores diarios de UV-B siguen el patrón del ángulo de elevación solar. Encontraron que el valor máximo diario se produjo en junio,  $50.29 \text{ kJ/m}^2$ , y el mínimo en diciembre,  $0.88 \text{ kJ/m}^2$ . Tener los niveles de radiación solar ultravioleta permitirá analizar su potencial aplicación en diferentes procesos ambientales, como lo es la desinfección solar de agua (Programa de agua y saneamiento & Fundación SODIS, 2005), por ejemplo.

## Objetivo

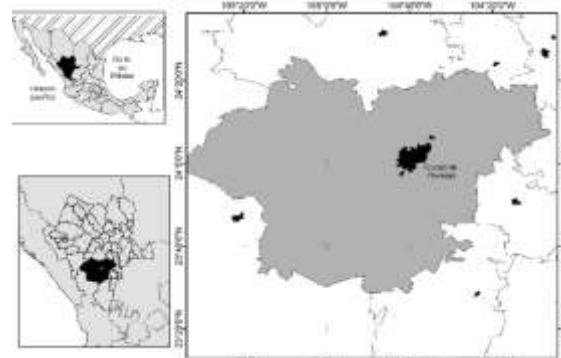
El objetivo es analizar una serie de mediciones de radiación solar ultravioleta UV-A y UV-B, obtenidos de diciembre de 2015 a febrero de 2017, en la ciudad de Durango, México y contribuir a la creación de una base de datos de radiación. Los datos generados en este estudio son la base para muy diversos tipos de aplicaciones, entre ellas los procesos ambientales como la fotocatalisis solar, en la cual es fundamental conocer los niveles de radiación UV. Así como para el desarrollo de formulaciones farmacéuticas que actúen como protección apropiada a la intensidad de la misma, en la región como la propuesta por Cárdenas et. al. (Cardenas, Mosqueda, López, & Gonzales, 2015).

## Materiales y Métodos

Para el análisis de las mediciones se toma en cuenta la localización geográfica, la descripción del equipo de medición, el método matemático de integración de datos y las herramientas computacionales para su procesamiento.

## Localización geográfica

Las mediciones se realizaron en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Durango ( $24^{\circ}01'52''\text{N } 104^{\circ}38'49''\text{O}$ ).



**Figura 1** Ubicación geográfica de la zona de estudio

Fuente: Cortesía de M.C. Karelly Romero

### Descripción del equipo de medición

Para el monitoreo se utilizaron los radiómetros marca Kipp & Zonen UV-S-A-T y UV-S-B-T (Kipp & Zonen, Países Bajos) con rangos espectrales de 315 a 400 nm y 280 a 315 nm respectivamente. La configuración del sistema de medición se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Sistema de muestreo a) radiómetros Kipp & Zonen UV-S-A-T y UV-S-B-T y b) adquisidor de datos Graphtec GL220

*Fuente: Elaboración propia*

La adquisición de datos se realizó en un equipo marca Graphtec, modelo GL220 (Graphtec America Inc., Estados Unidos), también mostrado en la Figura 2. Este equipo permite leer y almacenar los voltajes que generan los radiómetros. Los datos se traducen de volts a  $W/m^2$  de acuerdo a lo indicado por el fabricante en el manual de operación (REF) de la siguiente manera:

$$UVA = V_{med} \times 29.861 \left( \frac{W/m^2}{V} \right) \quad (1)$$

$$UVB = V_{med} \times 2.06 \left( \frac{W/m^2}{V} \right) \quad (2)$$

Donde  $UVA$  es la radiación UV-A en  $W/m^2$ ,  $V_{med}$  es la señal en volts que emiten los radiómetros,  $UVB$  es la radiación UV-B en  $W/m^2$ .

### Método de integración

Para obtener los valores de la energía en  $kJ/m^2 \cdot día$  se realizó una integración utilizando la regla de rectángulos:

$$\int_a^b f(x) dx \cong \sum_{j=0}^{N-1} f(x_j) (x_{j+1} - x_j) \quad (3)$$

Donde  $a$  y  $b$  son los límites inferior y superior de integración respectivamente,  $N$  es el número de datos,  $j$  indica el valor inicial del nuevo cálculo y  $x$  es el valor actual de cálculo.

### Herramientas para procesar datos

El tratamiento de los datos se realizó en Excel (Microsoft Office, Microsoft, Estados Unidos), donde se cambió el formato del archivo generado por el adquisidor de datos a tablas editables. Posteriormente, se filtraron los días que tenían pocos datos para solo tomar en cuenta los días muestreados de manera completa. A continuación, se realizaron operaciones estadísticas básicas como promedios, sumas e integración para obtener los valores de energía tanto para la radiación UV-A y UV-B.



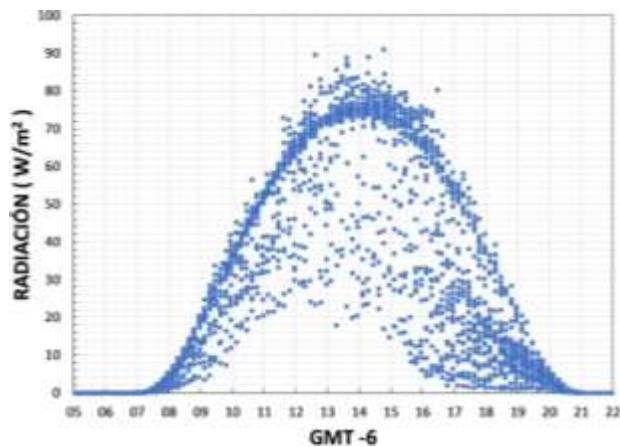
## Resultados y discusión

De acuerdo con los datos colectados, a continuación se presentan algunos resultados de radiación solar UV-A y UV-B que representan lecturas extremas a lo largo del año.

### Comportamiento de la radiación solar UV-A

En el gráfica 1, se presentan los resultados de las mediciones de la radiación solar UV-A en  $W/m^2$  para el mes de julio. La curva definida muestra el comportamiento típico natural de la trayectoria aparente del sol en el cielo para este mes.

Las mediciones que se observan fuera de la curva definida son debidas principalmente a nubosidad. La mayor densidad de puntos que se observan fuera de la trayectoria definida se muestra al atardecer de todos los días del mes. Los primeros datos del día se obtienen alrededor de las 7:10 horas y siguen la trayectoria hasta valores máximos de  $90 W/m^2$ .

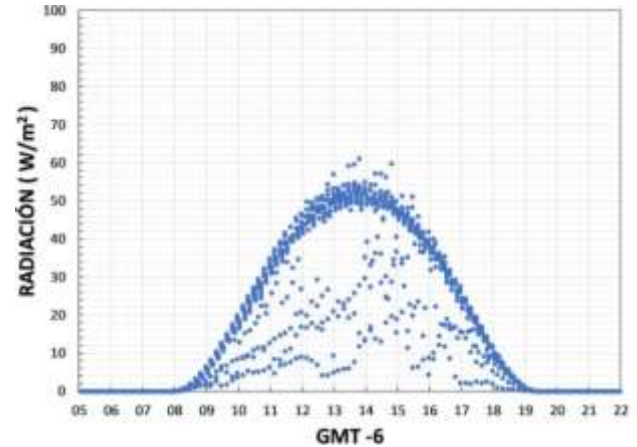


**Gráfico 1** Radiación solar UV-A diaria para el mes de julio de 2016

*Fuente: Elaboración propia.*

Por otra parte, en el gráfico 2 se muestra el comportamiento de la radiación solar UV-A en el mes de noviembre.

Se muestra la trayectoria definida y los datos captados que no siguen esta trayectoria se observan aleatoriamente distribuidos debidos a la nubosidad principalmente.



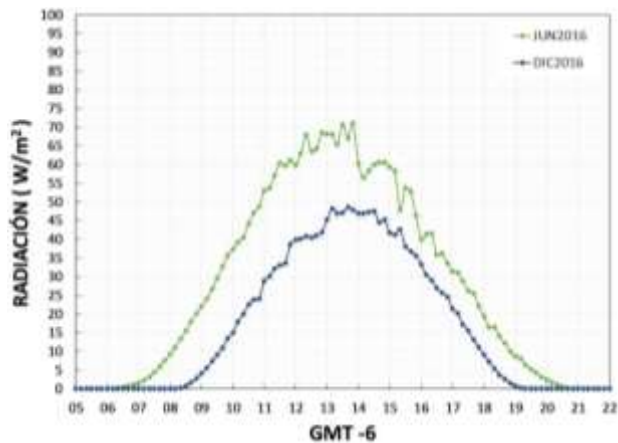
**Gráfico 2** Radiación solar UV-A diaria para el mes de noviembre de 2016

*Fuente: Elaboración propia*

Los primeros datos del día se obtienen alrededor de las 8:10 horas y siguen la trayectoria hasta valores máximos de  $60 W/m^2$ .

### Comportamiento promedio de radiación solar UV-A

De la serie de datos muestreados en 2016 de radiación solar UV-A, se encontró que los comportamientos mínimo y máximo promedio diario se obtuvieron los meses de diciembre y junio respectivamente (Gráfico 3).



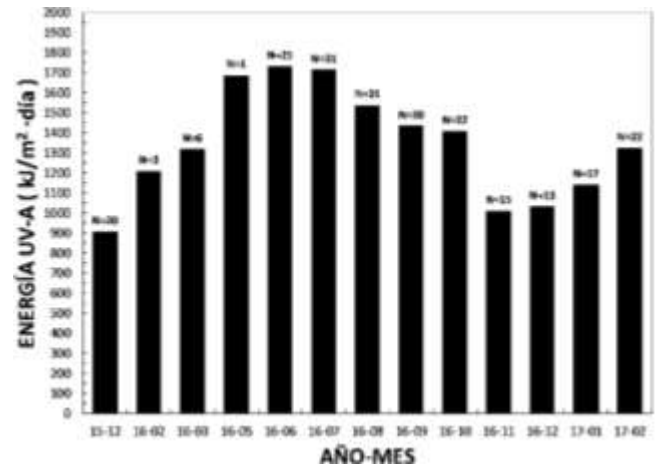
**Gráfico 3** Promedio diario de radiación solar UV-A de junio y diciembre

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico 3, la radiación promedio diaria UV-A, en junio, comienza a las 6:20 horas, llega a tener un valor máximo de  $71 \text{ W/m}^2$  a las 14 horas y termina a las 20:30 horas. En diciembre comienza a las 8:20 horas, llega a tener un valor máximo de  $49 \text{ W/m}^2$  a las 13:50 horas y termina a las 19:10 horas.

### Energía UV-A diaria promedio mensual

En el gráfico 4, se presenta la energía promedio acumulada diaria para cada uno de los meses monitoreados. En diciembre de 2015 se presentó el valor mínimo de energía con  $900 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{día}$ . Por otra parte, en el mes de junio de 2016 se presentó el mayor valor de energía con  $1,725 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{día}$ .



**Gráfico 4** Energía diaria promedio de cada mes para la radiación UV-A. Donde N indica el número de días monitoreados en cada mes

Fuente: Elaboración propia

### Comportamiento de radiación solar UV-B

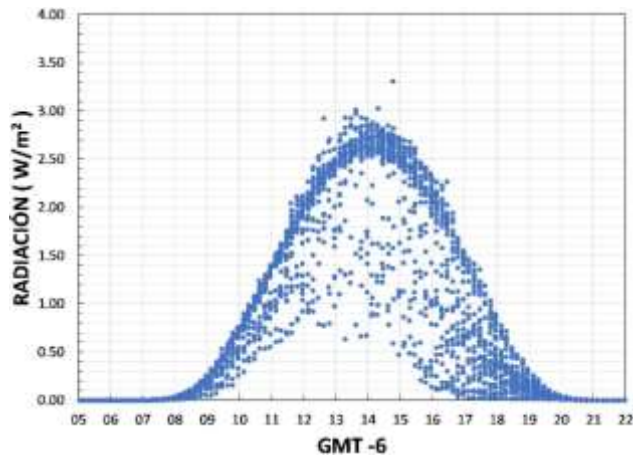
En el gráfico 5 se muestran resultados de las mediciones de la radiación solar UV-B en  $\text{W/m}^2$  para el mes de julio, en la cual se muestra la trayectoria típica de seguimiento solar.

Como se puede observar en el gráfico 6, el comportamiento de la radiación solar UV-B es similar al de la UV-A, como era de esperarse, los valores de UV-B son en promedio 96% más bajos que los obtenidos para UV-A.

La irradiancia UV-B, en julio, comienza a las 7:20 horas, llega a tener un valor máximo de  $3.3 \text{ W/m}^2$  a las 15 horas y termina a las 20:20 horas.

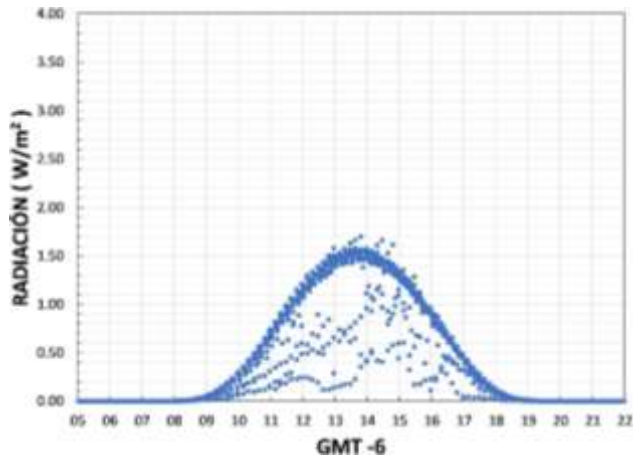
En el gráfico 6 se presenta el comportamiento de la radiación solar UV-B en el mes de noviembre. Como se puede observar, los datos presentan una trayectoria definida, y aquellos que no siguen esta trayectoria, debido principalmente a la presencia de nubes, se distribuyen aleatoriamente.

Los primeros datos del día se obtienen alrededor de las 8:10 horas y siguen esta trayectoria (Gráfico 6) hasta valores máximos de  $1.7 \text{ W/m}^2$ .



**Gráfico 5** Radiación solar UV-B diaria para el mes de julio

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico 6** Radiación solar UV-B diaria para el mes de noviembre

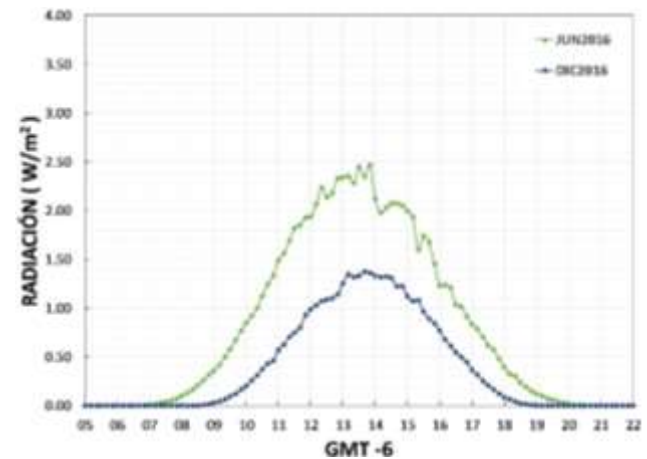
Fuente: Elaboración propia.

### Comportamiento promedio de radiación solar UV-B

El comportamiento promedio diario representativo de la radiación solar UV-B a lo largo del año se muestra en el gráfico 7.

Los valores máximos y mínimos promedio diarios de radiación solar UV-B se registraron en junio y diciembre respectivamente al igual que la radiación UV-A.

La radiación promedio diaria UV-B, en junio, comienza a las 7:10 horas, llega a tener un valor máximo de  $2.5 \text{ W/m}^2$  a las 14 horas y termina a las 20:00 horas. En diciembre la radiación comienza a las 8:50 horas, llega a tener un valor máximo de  $1.4 \text{ W/m}^2$  a las 13:50 horas y termina a las 18:40 horas.

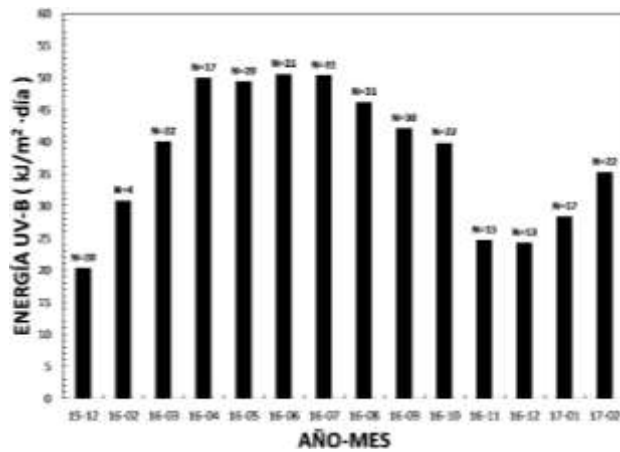


**Gráfico 7** Promedio diario de radiación solar UV-B de junio y diciembre

Fuente: Elaboración propia

### Energía UV-B diaria promedio mensual

En la Gráfica 8 se presenta la energía acumulada diaria para cada uno de los meses monitoreados. Análogo al comportamiento de UV-A, para UV-B, en diciembre de 2015 se presentó el valor mínimo de energía con  $20 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{día}$ . Por otra parte, en el mes de junio de 2016 se presentó el mayor valor de energía con  $51 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{día}$ .



**Gráfico 8** Energía diaria promedio de cada mes para la radiación UV-B. Donde N indica el número de días muestreados en el mes correspondiente

Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto a la energía acumulada diaria para UV-B, se determinó que el valor máximo diario fue de  $51 \text{ kJ/m}^2$  (junio). En diciembre se registró la menor energía acumulada diaria de UV-B ( $20 \text{ kJ/m}^2$ ). En la ciudad de Valladolid, España se han reportado para el verano, niveles de  $50.29 \text{ kJ/m}^2$  (Bilbao & Miguel, 2013). Los cuales son muy similares a los determinados para el mismo mes de junio en el presente estudio. Sin embargo, los valores reportados en diciembre para la misma ciudad por los mismos autores son mucho menores ( $0.88 \text{ kJ/m}^2$ )

## Conclusiones

La potencia de radiación UV, a lo largo del día, durante todo un mes, muestra similitud con una distribución normal de datos, con algunas lecturas dispersas atribuibles a efectos de nubosidad, polvo y/o contaminación.

De acuerdo con los datos recolectados y analizados, la radiación solar UV-A más alta fue de  $90 \text{ W/m}^2$  (en el mes de julio) y el valor más bajo fue de  $60 \text{ W/m}^2$  (noviembre).

En junio, la radiación UV-A promedio se mantiene por encima de  $50 \text{ W/m}^2$  por un periodo mayor a 4 horas. Y en diciembre, el promedio de radiación UV-A se mantiene por encima de  $35 \text{ W/m}^2$  durante un periodo similar.

La radiación solar UV-B más alta se registró en julio con un valor de  $3.3 \text{ W/m}^2$ . La radiación solar UV-B más baja se registró en noviembre con un valor de  $1.7 \text{ W/m}^2$ . En junio, la radiación UV-B se mantiene por encima de  $1.7 \text{ W/m}^2$  durante más de 4 horas. En diciembre, en promedio, la radiación UV-A se mantiene por encima de  $0.8 \text{ W/m}^2$  durante más de 4 horas.

La cuantificación de radiación UV-A y UV-B en la ciudad de Durango, reportada en el presente trabajo, tiene una amplia aplicación, como en el campo de la fotocatalisis, en la desinfección solar (SODIS), así como en el estudio de los impactos en el desarrollo humano, animal y vegetal, solo por mencionar algunos ejemplos.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico recibido por parte del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CeMIE-Sol), a través del proyecto:

P13 “Laboratorios de pruebas para baja y media temperatura, laboratorio para el diseño e integración de sistemas termo solares asistido por computadora” perteneciente a la Convocatoria 2013-02, del Fondo SECTORIAL CONACYT - SENER - SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA.

Para el desarrollo y presentación de éste trabajo.

## Referencias

- Barnes, P. W., Flint, S. D., Ryel, R. J., Tobler, M. A., Barkley, A. E., & Wargent, J. J. (2015). Rediscovering leaf optical properties: New insights into plant acclimation to solar UV radiation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 93, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.015>
- Baroniya, S. S., Kataria, S., Pandey, G. P., & Guruprasad, K. N. (2014). Growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in soybean varieties after exclusion of the UV-B and UV-A/B components of solar radiation. *The Crop Journal*, 2(6), 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.08.002>
- Bilbao, J., & Miguel, A. (2013). Contribution to the study of UV-B solar radiation in Central Spain. *Renewable Energy*, 53(March 2010), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.10.055>
- Cardenas, L., Mosqueda, G., López, C., & Gonzales, A. (2015). Formulación Farmacéutica: Bloqueador Solar Enriquecido Con Un Repelente Natural. *Revista de Tecnología E Innovación*, 2(2), 206–212.
- IARC (1992) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Solar and ultraviolet radiation. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 55: 1–316.
- Khogali, A., & Al-Bar, O. F. (1992). A study of solar ultraviolet radiation at Makkah solar station. *Solar Energy*, 48(2), 79–87.
- Llorens, L., Badenes-Pérez, F. R., Julkunen-Tiitto, R., Zidorn, C., Fereres, A., & Jansen, M. A. K. (2015). The role of UV-B radiation in plant sexual reproduction. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 17(3), 243–254. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.03.001>  
Programa de agua y saneamiento, & Fundación SODIS. (2005). *Desinfección Solar del Agua: Guía de aplicación*. Cochabamba: WSP.

## Identificación de los Residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México

MALDONADO-RIVAS, Pablo Javier†\*, PÉREZ-BALAN, Román Alberto, AKÉ-CANCHE, Baldemar y MEX-ÁLVAREZ, Rafael Manuel de Jesús

*Universidad Autónoma de Campeche*

Recibido 7 de Julio, 2017; Aceptado 5 de Septiembre, 2017

### Resumen

Campeche es privilegiado por su riqueza natural, el 37 por ciento del territorio lo representan áreas naturales protegidas, tanto en selva como en costa, situándolo como el Estado con mayor extensión de protección y conservación de flora y fauna en México. Hoy en día afronta situaciones de deterioro ambiental ocasionadas por el crecimiento poblacional y cambio en patrones productivos, razón por la cual la sociedad necesita enfrentar nuevos retos en el manejo y disposición de los residuos. Este artículo reporta los resultados obtenidos de un estudio de identificación de los residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México. El propósito fue conocer cuáles son y la cantidad que representan los residuos más reciclados mediante la revisión de datos estadísticos e investigación de campo realizada a diversas recicladoras. Actualmente una empresa particular es la encargada de realizar la recolección de los residuos sin segregar y su disposición final en el relleno sanitario. Esta última actividad es la que origina mayor impacto ambiental por contaminación al suelo, subsuelo, agua y aire. Este trabajo aporta datos para contribuir al fortalecimiento de instrumentos de política ambiental, sean éstos económicos o normativos, necesarios para revertir estos efectos.

**Campeche, contaminación, residuo, residuos sólidos urbanos, reciclado**

### Abstract

Campeche is privileged due to its natural wealth, 37 per cent of the territory is filled with protected natural areas, both in jungle and shores, placing it as the State with the greatest territorial extension of conservancy and protection of flora and fauna in Mexico. Campeche struggles with situations of environmental degradation caused by population growth and a switch in productive activities; which is why the society needs to engage in new waste handling and management challenges. This article reports the results obtained through a research study to identify the urban solid waste with the highest recycling capabilities in the city of San Francisco de Campeche. The purpose of this article is to recognize the kind and amount of wastes that represent the most recycled wastes by reviewing statistic data and performing field research to different recycling companies. Currently a private company is the one responsible of the unsegregated waste recollection and its final disposal to the landfill. This activity is the one who creates the greatest environmental impact due to soil, subsoil and water and air contamination. This article provides data to contribute the strengthening of necessary environmental instruments whether they are regulatory or economic to revert back these effects.

**Campeche, contamination, waste, urban solid waste, recycled**

**Citación:** MALDONADO-RIVAS, Pablo Javier, PÉREZ-BALAN, Román Alberto, AKÉ-CANCHE, Baldemar y MEX-ÁLVAREZ, Rafael Manuel de Jesús. Identificación de los Residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México. Revista de Energías Renovables 2017. 1-2:31-41

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [pjmaldon@uacam.mx](mailto:pjmaldon@uacam.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Estado de Campeche limita al norte y nordeste con el estado de Yucatán, al sur con la República de Guatemala y el estado de Tabasco; al este con el estado de Quintana Roo y la República de Belice, y al oeste con el Golfo de México. El 37 por ciento del territorio del estado lo representan áreas naturales protegidas, tanto en selva como en costa, lo que hace de Campeche el estado con la mayor extensión de protección y conservación de flora y fauna en México. San Francisco de Campeche, cabecera municipal, es la ciudad capital y el principal centro urbano de la entidad con una superficie urbana de 68.5 km<sup>2</sup>. (Gobierno del Estado de Campeche, 2015). Cabe resaltar que en 2010 asentaba poco más de 259 mil habitantes y se estima que para el 2030 su población superará los 340 mil habitantes. Hoy en día, el municipio enfrenta problemas de consumo de suelo y biodiversidad, en especial, por los cambios de uso del suelo de rural a urbano. (ONU HABITAT, 2016)

El principal reto que enfrentan las autoridades estatales y municipales en búsqueda de una mejora continua de la ciudad, recae en generar oportunidades que permitan alcanzar los más altos niveles de bienestar y prosperidad urbana; sin embargo, no sólo se trata de crear fuentes de empleo, atraer fuentes de inversión y turismo, sino hacerlo a través de buenas prácticas sustentables que terminen impactando positivamente en el medio ambiente y la ciudadanía. (Bernache Pérez, 2015), (Mejía Brizuela, Orozco Guillen, & Galáan Hernández, 2016)

“En la legislación ambiental de México se establece que los municipios son responsables de realizar una gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU), que contemple una planeación estratégica en la que es indispensable contar con información confiable de la generación y composición de los RSU”. (Castillo González & De Medina Salas, 2014)

Por su parte, la Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligroso del Estado de Campeche, capítulo único “Atribuciones de los Tres Órdenes de Gobierno y Coordinación entre Dependencias” establece:

Artículo 10.- “Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final”. De tal manera, el municipio de San Francisco de Campeche aplica la “Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligroso del Estado de Campeche”. (Poder Legislativo del Estado de Campeche, 2008)

A pesar de los avances logrados en la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) a nivel nacional, en la ciudad de San Francisco de Campeche resulta indispensable impulsar acciones que garanticen el manejo sustentable y máximo aprovechamiento de los RSU, en el contexto de que el manejo impropio de estos constituye una problemática ambiental que obedece a diversas causas, entre las que pueden destacar:

a) elevadas concentraciones de basura por el crecimiento demográfico y del sector comercial, b) cambios en los patrones de consumo, c) recolección mixta de los residuos, d) falta de recursos económicos, destinados a la inversión, infraestructura y equipos que permita la recolección selectiva de residuos así como la creación de centros de acopio de materiales valorizables recolectados, y d) malos hábitos en el manejo de los residuos por parte de la población. (Osorio Hernández, 2017), (Gran Castro Juan Alberto, 2016)

Actualmente, en la ciudad no se realiza una administración adecuada de los RSU, debido a que las autoridades municipales a través de la concesión a una empresa, realizan la recolección mixta de los RSU. (INEGI, 2017)

Realizando un acercamiento en las diferentes dependencias municipales vinculadas con el manejo y control de los RSU, y después de una exhaustiva revisión en el portal web del INEGI, se observa que, hoy en día, se carece de información descriptiva y cuantitativa en lo referente a RSU valorizables recolectados en la ciudad.

En este sentido, se visitaron a diversas recicladoras de la ciudad de San Francisco de Campeche, con el propósito de identificar cuáles son y la cantidad que representan los residuos más reciclados, con la hipótesis que el RSU de mayor reciclaje corresponda al PET.

Se espera que los resultados de esta investigación coadyuven a la reestructuración de las políticas públicas actuales, permitan la viabilidad de alternativas para la valorización de los residuos, fortalezcan los buenos hábitos del reciclaje entre los habitantes y den pauta a la formulación de proyectos de mejora en infraestructura para el tratamiento y aprovechamiento de los RSU, de tal forma que no se comprometa la prosperidad de las generaciones futuras.

El presente trabajo contempla, para una mayor comprensión, cuatro secciones más, en la segunda se describe la situación actual en el manejo de RSU de la ciudad de San Francisco de Campeche, seguido de la metodología empleada para conocer cuáles son y la cantidad de los RSU con mayor reciclaje, el análisis estadístico de los datos generados y finalmente, las conclusiones.

### **Situación actual en el manejo de RSU de la ciudad de San Francisco de Campeche**

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (2003) en su artículo 5, numeral XXIX se puede definir el residuo de la siguiente manera: “Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final”. Este mismo artículo, en sus numerales XXX, XXXI, XXXII y XXXIII, a su vez, los clasifica como: “Residuos de Manejo Especial”, “Residuos Incompatibles”, “Residuos Peligrosos” y “Residuos Sólidos Urbanos”.

Los RSU generados en las viviendas, son resultado de la eliminación de los materiales utilizados en las labores domésticas, en los bienes consumidos y de envases, embalajes o empaques. (Ramos, 2017)



A nivel nacional “se generan diariamente 102,895.00 toneladas de residuos, de los cuales se recolectan 83.93% y se disponen en sitios de disposición final 78.54%, reciclando únicamente el 9.63% de los residuos generados”. (SEMARNAT, 2017).

Según datos obtenidos por el INEGI, “Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015”, la cantidad promedio diaria de RSU recolectados en el Estado corresponde a 710,000 toneladas, considerando que, de esta última, 264,000 toneladas corresponden a la ciudad de San Francisco de Campeche, y que posteriormente, son transportadas al relleno sanitario que se ubica a las afueras de la ciudad. Esta acción impacta en la vida útil de los sitios de disposición final, al no aprovechar aquellos residuos que puedan incorporarse a sistemas productivos. (Del Ángel Sánchez, 2017), (Figueroa, López, Toache, & Romero, 2015)

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (2003) en su artículo 5, numeral XXVI, el reciclado consiste en: “La transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así, su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos”.

En México, del año 1995 al 2011, la actividad del reciclaje registró un aumento de 1261 miles de toneladas de RSU, destacando el papel, cartón, vidrio, metal, plásticos y los textiles. (Romero, López, García, & Juárez, 2015)

“La composición de los RSU en México en el 2012 era de 52.4% de residuos orgánicos (residuos de comida, jardín, etc.); el 34% de residuos potencialmente aprovechables (13.8% desechos de papel y cartón, 10.9% plásticos, 5.9% vidrio y 3.4% metales); y el 13.6% restante se integraba de otros residuos”. (Jiménez Martínez, 2015)

A continuación, se describen cada uno de ellos:

- Papel y cartón: Principalmente periódico, cartón corrugado, papel de oficina y papel mezclado.
- Metales: Aluminio, hojalata, metal diverso.
- Vidrio: Vidrio verde, ambar y blanco. (Vargas, Alvarado, López, & Cisneros, 2015)

En lo referente a los plásticos, el proceso de reciclaje depende de su composición establecida en la NMX-E-232-CNCP-2011. En la Tabla 1 se muestran las resinas y sus principales aplicaciones.

Nombre	Aplicación
Polietilen tereftalato (PET o PETE)	“Se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas”.
Polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE)	“Normalmente se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc. El HDPE tras reciclarse se utiliza para macetas, contenedores de basura y botellas de detergente”.
Policloruro de vinilo (PVC o V)	“Es utilizado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc. El PVC puede ser reciclado como tubos drenaje e irrigación”.
Polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE)	“Se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver. El LDPE puede ser reciclado como bolsas de supermercado nuevamente”.
Polipropileno (PP)	“Se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc. El PP tras el reciclado se utiliza como viguetas de plástico, peldaños para registros de drenaje, cajas de baterías para autos”.
Poliestireno (SS)	“Se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas”.
Otros	“Generalmente indica que es una mezcla de varios plásticos. Algunos de los productos de este tipo de plástico son: botellas de ketchup para exprimir, platos para homas de microondas, etc. Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen”.

**Tabla 1** Clasificación de los tipos de plásticos

Fuente: Chacón-Olivares, M., Pacheco-Rivera, A., Cendejas-López, M. & Ortega-Herrera

### Metodología

La investigación se ha realizado desde la metodología transversal y cuantitativa, dividida en cuatro etapas, tal y como se ilustra en la Figura 1.



**Figura 1** Diseño metodológico

Fuente: *Elaboración Propia*

### Elaboración de Instrumento

El instrumento realizado para la recolección de datos fue el cuestionario. Cabe resaltar, que este estuvo diseñado con la herramienta de Formularios de Google, misma que permitió la recopilación de información de forma fácil y eficiente, ver Anexo 1.

Cabe señalar, que el formulario estuvo integrado por 16 cuestionamientos, de los cuales, 10 fueron cerrados, 3 escalares y 3 abiertos.

Los objetivos de este cuestionario consistieron en:

- a) Conocer el RSU más reciclado en el transcurso de una semana.
- b) Determinar la cantidad del RSU con mayor reciclaje en el transcurso de una semana, e
- c) Identificar la frecuencia de entrega de RSU por los diferentes sectores.

## Identificación de Empresas Recicladoras en la Ciudad

Con el fin de poder identificar a las empresas recicladoras habilitadas en la ciudad, fue necesario llevar a cabo un acercamiento con la “Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Campeche” y con el área administrativa de “Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del H. Ayuntamiento de Campeche”. Así mismo, se hizo una búsqueda en la Sección Amarilla, Diarios y Periódicos de la localidad.

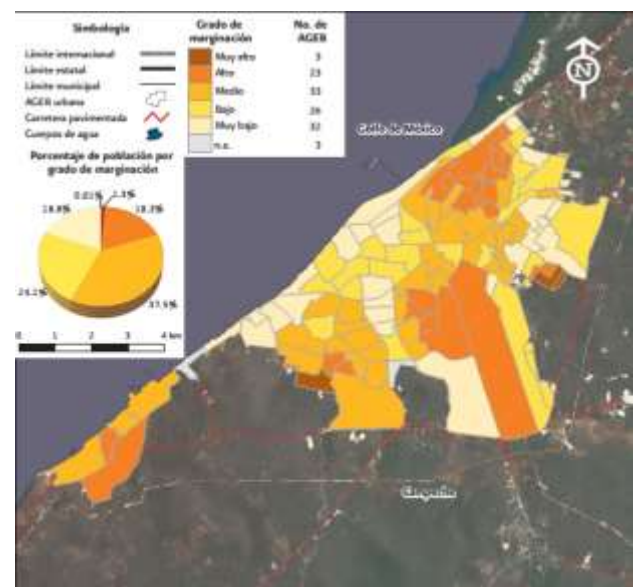
Con la información recolectada se procedió a visitar a las empresas que se dedican a la compra y venta de residuos con la finalidad de solicitar su contribución para participar en el proyecto de investigación, pudiéndose observar, en algunos casos, la presencia de otras a sus alrededores, las cuales fueron contempladas también como objeto de estudio. La Figura 2 muestra la distribución geográfica de cada una de las recicladoras contactadas en la ciudad de Campeche.



**Figura 2** Distribución geográfica de las recicladoras

Fuente: *Elaboración Propia.*

De acuerdo al mapa de marginación urbana de las zonas metropolitanas y ciudades de 100 mil o más habitantes, 2010 del Consejo Nacional de Población (CONAPO), puede observarse en la Figura 3, que 14 de las 15 empresas recicladoras identificadas se encuentran ubicadas en zonas de alto y medio grado de marginación, mientras que sólo una se localiza en área de marginación baja. (Consejo Nacional de Población, 2012)



**Figura 3** Grado de marginación urbana

Fuente: *Consejo Nacional de Población.*

## Implementación del instrumento con las Empresas Recicladoras

De un total de 15 empresas recicladoras, 11 de ellas aceptaron participar, 3 no desearon colaborar y 1 manifestó estar en proceso de clausura.

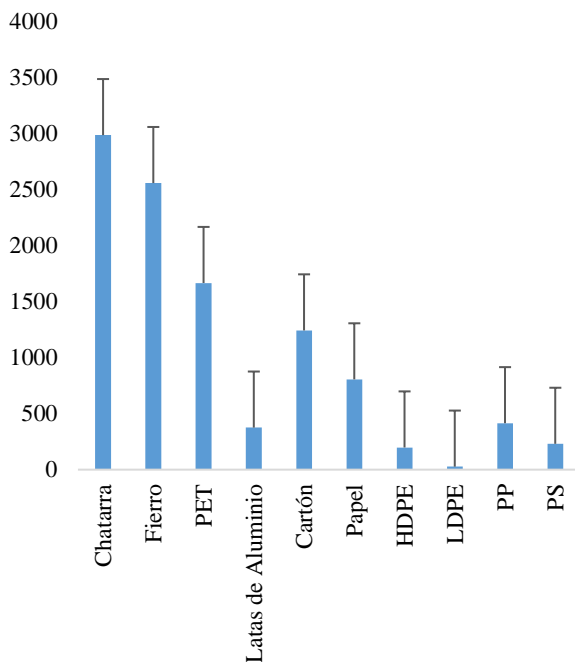
El tiempo de encuesta requerido para cada empresa fue variable, el cual llegó a oscilar de 40 hasta 120 minutos, dependiendo de la apertura del encuestado al dar respuesta de los cuestionamientos de tipo abierto.

**Análisis Estadístico e Interpretación de Datos**

Para el análisis e interpretación de los datos fue necesario exportar las respuestas proporcionadas por las diferentes empresas a una hoja de cálculo para graficarlas. Posteriormente, se empleó el software Minitab 16 para realizar un análisis de varianza de un factor (ANOVA de una vía) y un análisis de regresión lineal simple con los diferentes tipos de RSU reciclados en una semana en el municipio de San Francisco de Campeche.

**Resultados**

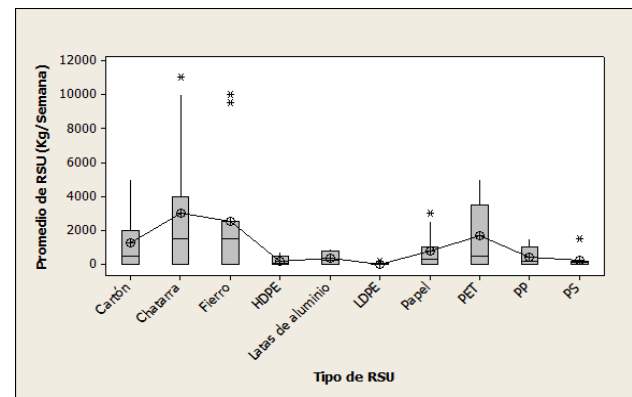
Después de analizar las encuestas aplicadas a las 11 empresas recicladoras, se obtuvo que los promedios de los RSU con mayor reciclaje en una semana corresponden a material chatarra, fierro y Polietilen tereftalato, PET, con 2,981.8, 2554.5, y 1,663.6 Kg, respectivamente, tal y como se ilustra en la Gráfica 1.



**Gráfico 1** Kilogramos promedio de RSU

Fuente: *Elaboración Propia*

Se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA de una vía) donde se observaron diferencias significativas entre la cantidad promedio por semana de los diferentes tipos de RSU recolectados en la ciudad de San Francisco de Campeche con un 95 % de confiabilidad ( $F_{9,109} = 3.10$ ,  $p = 0.03$ ), destacando que la mayor cantidad de RSU con mayor reciclaje corresponde a la chatarra y en mínima cantidad el Polietileno de baja densidad, LDPE, en segunda proporción el fierro y en tercer lugar el Polietilen tereftalato, PET, como se observa en la Gráfica 2.



**Gráfico 2** Gráfica de caja de promedio de RSU

Fuente: *Elaboración Propia*

De igual manera, se efectuó un análisis de regresión lineal simple con los diferentes tipos de RSU que se reciclan en la ciudad de San Francisco de Campeche, donde se observó que la cantidad de chatarra presenta relación directa con la cantidad de fierro, el Polietilen tereftalato, PET, vs Polietileno de alta densidad, HDPE, asimismo, la cantidad de cartón recopilado con la cantidad de papel, esto con el 95 % de confiabilidad, tal y como se muestra en las Gráficas: 3, 4 y 5.

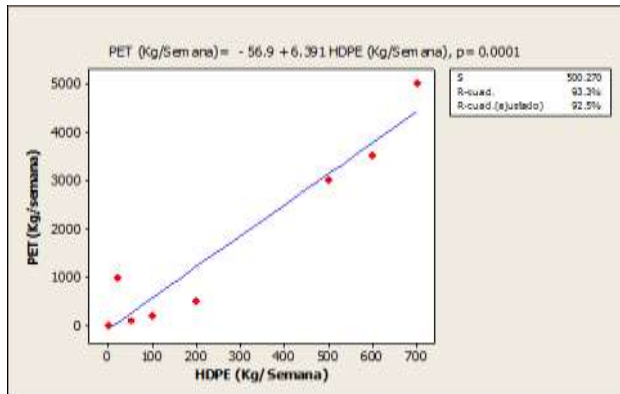


Gráfico 3 Línea Ajustada PET vs HDPE

Fuente: *Elaboración Propia*

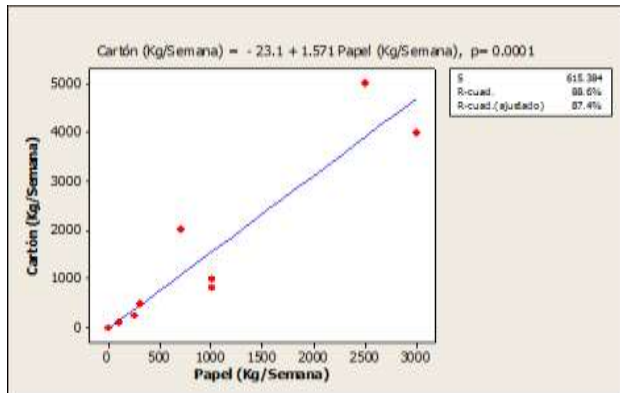


Gráfico 4 Línea Ajustada Cartón vs Papel

Fuente: *Elaboración Propia*

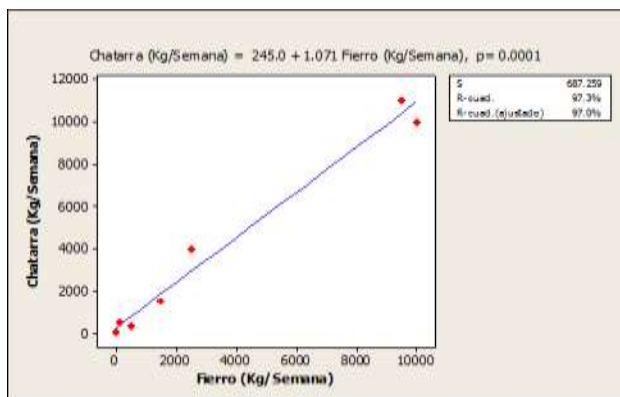


Gráfico 5 Línea Ajustada Chatarra vs Hierro

Fuente: *Elaboración Propia*

De la Gráfica 6 se puede deducir que los recicladores primarios o pepenadores son los que muy frecuentemente realizan la entrega de RSU en las 11 empresas recicladoras, seguidos del sector doméstico y casi nunca la industria y construcción.

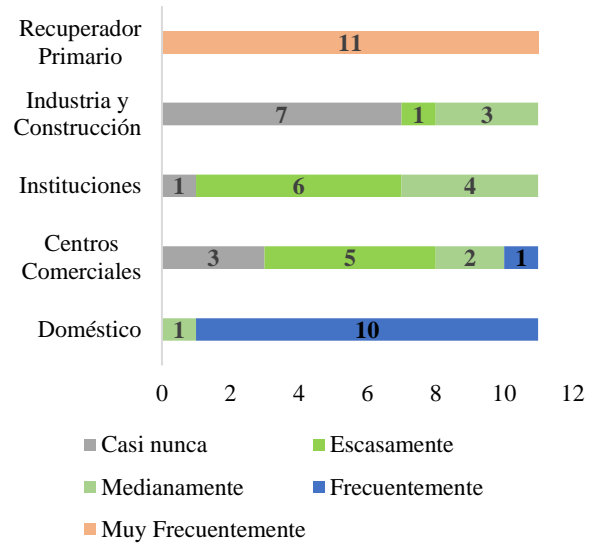


Gráfico 6 Frecuencia de Entrega de RSU por sector

Fuente: *Elaboración Propia*

Por otro lado, de las 11 recicladoras visitadas, 7 de ellas tienen un promedio de antigüedad laboral de 23 años, y 4 con 2.3 años, señalando que en todo el tiempo que llevan operando, no reciben apoyo por parte de las autoridades estatales y municipales, en materia de capacitación sobre el manejo de RSU.

## Anexos

### Anexo 1

Acopio de RSU en las recicladoras de la Ciudad de San Francisco de Campeche

Fecha

Nombre de la empresa

Dirección

Teléfono

**Figura 3** Frecuencia de Entrega de RSU por sector

Fuente: *Elaboración Propia*

## Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche por el apoyo en la realización de esta investigación.

## Conclusiones

Los resultados indican que la chatarra es el RSU con mayor reciclaje, seguido del fierro y el Polietileno tereftalato, PET.

Se descarta la hipótesis inicial, que consideraba al PET como el RSU con mayor reciclaje.

Es necesario efectuar estudios adicionales para definir el comportamiento de entrega de los RSU a las recicladoras en diferentes épocas del año.

Las 11 empresas encargadas de la compra y venta de materias reciclables representan una fuente de ingreso económico para aquellas personas que han hallado de su recolecta un estilo de vida. La cantidad de RSU reciclados se vio incrementada en aquellas empresas ubicadas en zonas de alto grado de marginación.

El acopio informal o pepena a cargo de los recicladores primarios refleja un impacto positivo hacia el medio ambiente, al realizar con mayor frecuencia la entrega de residuos sólidos urbanos valorizables en la ciudad de San Francisco de Campeche.

La cantidad de residuos sólidos urbanos que ingresan a las recicladoras, termina siendo procesada en otros Estados, en virtud de que la ciudad carece de plantas de selección, centros de acopio y estaciones de transferencia. Finalmente, para mejorar la calidad de vida y del medio ambiente de San Francisco de Campeche, es deseable promover nuevas normas, lineamientos e incentivos en el manejo de RSU para facilitar la transición hacia una ciudad sustentable y consolidada.

## Referencias

- Bernache Pérez, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, Marzo-Junio, 72-98.
- Castillo González, E., & De Medina Salas, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 81-90.

Chacón-Olivares, M., Pacheco-Rivera, A., Cendejas-López, M., & Ortega-Herrera, F. (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 63-72.

Consejo Nacional de Población. (2012). *Índice de marginación urbana 2010*. México, D.F.: CONAPO.

Del Ángel Sánchez, M. M. (2017). Propuesta para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en una Institución de Educación Superior. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 860-879.

DOF. (8 de octubre de 2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 25 de julio de 2017, de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_220515.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf).

DOF. (2011). *NMX-E-232-CNCP-2011 "Industria del plástico-Símbolos de identificación de plásticos"*. México: Diario Oficial de la Federación.

Figueroa, B., Lopez, V., Toache, G., & Romero, J. (2015). Identificación y caracterización de los impactos ambientales derivados del manejo de los residuos sólidos urbanos, en la comunidad de Barra Vieja, Guerrero. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 1(1), 101-105.

Gobierno del Estado de Campeche. (2015). *Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021*. Campeche: Secretaría de planeación.

Gran Castro Juan Alberto, B. P. (2016). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Capacidades del Gobierno Municipal y Derechos Ambientales. *Sociedad y Ambiente* 2016, 1(9), 73-101.

INEGI. (20 de 07 de 2017). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/>.

Jiménez Martínez, N. M. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad". *Letras verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 29-56.

Mejía Brizuela, N., Orozco Guillen, E., & Galáan Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 27-41.

ONU HABITAT. (Noviembre de 2016). 2016 Informe Final Municipal. Campeche, Campeche, México. México, México.

Osorio Hernández, C. (25 de 07 de 2017). Manejo ecológico de residuos sólidos en la península de Atasta, Campeche. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Poder Legislativo del Estado de Campeche. (4 de Marzo de 2008). Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos del Estado de Campeche. San Francisco de Campeche, Campeche, México. Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/despliegaedo2.php?edo=4>.

Ramos, J. J. (2017). *Impacto de los residuos de la industria tequilera*. Recuperado el 25 de 07 de 2017, de <http://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/impacto-residuos-industria-tequilera>.

Romero, J., López , V., García, S., & Juárez, A. (2015). El mercado del reciclaje en Guerrero: retos y oportunidades. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*, 15-22.

SEMARNAT. (10 de enero de 2017). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 25 de julio de 2017, de Clasificación, reciclaje y valoración de los RSU: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/clasificacion-reciclaje-y-valoracion-de-los-rsu>.

Vargas , O., Alvarado, E., López , C., & Cisneros, V. (2015). Plan de manejo de residuos sólidos generados en la Universidad Tecnológica de Salamanca. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 83-92.



## Instrucciones para autores

---

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

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

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

---

#### **Resumen**

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### **Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### **Keywords**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman  
y Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo.  
Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para autores

## 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

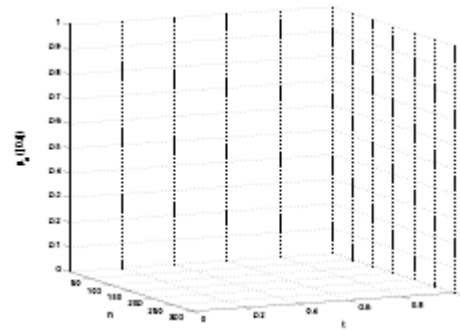
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

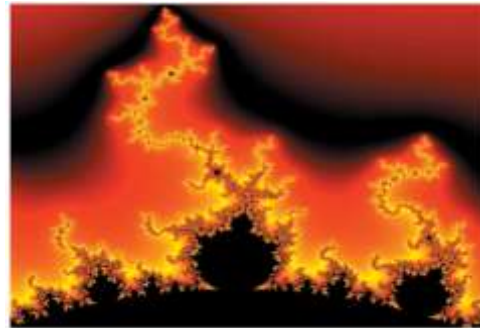
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

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



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


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

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

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

## Instrucciones para autores

---

**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.

### **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

**Formato de Originalidad**



Cusco, Perú a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

**Formato de Autorización**



Cusco, Perú a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a Ecorfan- Perú a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize Ecorfan- Perú to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Energías Renovables

“Generación de energía sustentable, por medio de una celda de combustible microbiana. Caso de estudio: Marismas de Altamira, Tamaulipas y Pueblo Viejo, Veracruz”

**GARCÍA-NAVARRO, Josefina, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, Christopher Rolando**

*Universidad Politécnica de Altamira*

“Análisis térmico para una sección de una vivienda de tipo residencial, con sistema de doble vidrio, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo”

**TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth, SERRANO-ARELLANO, Juan, RODRÍGUEZ-URIBE, Juan Carlos y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan Manuel**

*Instituto Tecnológico Superior de Huichapan*

“Cuantificación de la incidencia de radiación ultravioleta (UV-A, UV-B) en Durango, México”

**ESCOBEDO-BRETADO, Jorge, GONZÁLEZ, Mario, REYNOSO-CUEVAS, Liliana, ALARCÓN-HERRERA, María**

*Centro de Investigación en Materiales Avanzados*

*Centro de Investigación en Materiales Avanzados*

“Identificación de los Residuos sólidos urbanos con mayor reciclaje en la ciudad de San Francisco de Campeche, México”

**MALDONADO-RIVAS, Pablo Javier, PÉREZ-BALAN, Román Alberto, AKÉ-CANCHE, Baldemar y MEX-ÁLVAREZ, Rafael Manuel de Jesús**

*Universidad Autónoma de Campeche*

