

# LAS PERSPECTIVAS CIENTIFICAS desde la Ingeniería y la Arquitectura



**Coordinadores**

Germán Pérez Hernández  
Andrés Rivera Ricárdez

# **LAS PERSPECTIVAS CIENTIFICAS desde la Ingeniería y la Arquitectura**

**C O L E C C I Ó N**

**FEDERICO LÓPEZ DIONISIO**

*Textos para la enseñanza de la arquitectura*

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
*Rector*

**Germán Pérez Hernández**  
*Director de la División Académica de*  
*Ingeniería y Arquitectura*

# **LAS PERSPECTIVAS CIENTIFICAS** **desde la Ingeniería y la Arquitectura**



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Las perspectivas científicas desde la ingeniería y la arquitectura / Coordinadores, Germán Pérez Hernández, Andrés Rivera Ricárdez. -- Primera edición. -- Villahermosa, Centro, Tabasco : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2017.

97 páginas : Ilustraciones. -- (Colección: Federico López Dionisio. Textos para la enseñanza de la arquitectura).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-607-606-463-4

1. Ingeniería – Investigación científica. \ 2. Arquitectura – Investigación científica \ Pérez Hernández, Germán, editor. \ Rivera Ricárdez, Andrés, Editor

L.C. TA160 P47 2018

Primera edición, 2018

D. R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura  
Col. Magisterial, C. P. 86040  
Villahermosa, Centro, Tabasco.  
[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)

ISBN: 978-607-606-463-4

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite a la fuente.

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico Interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, así como por el Consejo Divisional Editorial de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentadas los datos que contiene no implican, de parte de la UJAT, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la UJAT los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la UJAT fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derecho o tarifas.

Apoyo editorial: Calíope Bastar Dorantes  
Dafne Rodríguez González  
Revisión de la edición: Germán Pérez Hernández  
Responsable de la edición: Andrés Rivera Ricárdez  
Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

# ÍNDICE

MONOLITOS MODIFICADOS DE $\text{SiO}_2$ PARA LA PRODUCCIÓN FOTOCATALÍTICA DE HIDRÓGENO POR DESCOMPOSICIÓN DE AGUA	7
INVENTARIO DE EMISIONES DE $\text{CO}_2$ EN LA INDUSTRIA PETROLERA	16
PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES SINTETIZADOS POR CEPAS BACTERIANAS PETROFÍLICAS	23
SIMULACIÓN DEL DUCTO ABSORBEDOR DE UN CONCENTRADOR CANAL PARABÓLICO UTILIZADO PARA EL TOSTADO DE CACAO	34
OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y DEL PROCESO DE MAQUINADO DE ROSCAS PARA TUBERÍAS DE PERFORACIÓN	42
INVERSOR FOTOVOLTAICO CON EL MÉTODO DE FIGURAS DE LISSAJOUS.	49
FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD MEZCLADAS EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO.	58
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN RELACIÓN CON LAS ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS, COMO INDICADORES DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL MÉXICO-CUBA	64
CARTÓN RECICLADO COMO AGREGADO ALTERNATIVO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES	74
PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS RECIBIDOS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	85

## **MONOLITOS MODIFICADOS DE SiO<sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN FOTOCATALITICA DE HIDRÓGENO POR DESCOMPOSICIÓN DE AGUA**

*Ing. Arnold Santiago Segovia Domínguez<sup>1</sup>*

*Dr. Rosendo López González<sup>2</sup>*

*Dra. Mayra A. Álvarez Lemus<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El hidrógeno es considerado un combustible ideal para el futuro. Como combustible puede producirse de forma limpia y de fuentes renovables, además que su ciclo de vida es limpio. Hoy en día el hidrógeno se produce en un 5% por electrolisis de agua y el 95% por el reformado de compuestos de compuestos fósiles. Actualmente la producción renovable de hidrógeno no es tan popular debido a que su costo de producción es alto. Como alternativa, la descomposición fotocatalítica de agua empleando dióxido de titanio ofrece una vía limpia, de bajo costo y ambientalmente amigable. En los sistemas fotocatalíticos, para la obtención de hidrógeno primero divide la molécula de agua en H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> usando fotocatalizadores que responde a regiones específicas de la luz visible, estos deben tener un potencial termodinámico adecuado, sus bandas energéticas deben estar lo suficientemente cerca y deben ser estables a la fotocorrosión. Por estos requerimientos, el número de fotocatalizadores disponibles para el proceso son limitados. El monolito para la presente propuesta será SiO<sub>2</sub>, se abordaran dos estrategias de síntesis, una para formar monolitos y la segunda a través de la formación de un recubrimiento sobre su superficie. El sistema al requerir menos energía y tener más sitios activos hará más eficiente la descomposición de la molécula de agua en hidrógeno.

---

[zendo00@hotmail.com](mailto:zendo00@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[mayra\\_great@hotmail.com](mailto:mayra_great@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## INTRODUCCIÓN

La demanda de energía por la sociedad cada día va en aumento debido al rápido crecimiento de la población, y como consecuencia la emisión de gases tóxicos a la atmosfera se va incrementando. Consecuentemente el reto más importante es identificar un sistema energético alternativo a los combustibles fósiles pero que sea sustentable, virtualmente ilimitado, seguro y limpio. La economía del hidrogeno es uno de los posibles escenarios para vencer esos enormes retos. El hidrógeno reacciona limpiamente con el oxígeno en una reacción altamente exotérmica que da solo como producto de la reacción agua. La energía almacenada en sus enlaces químicos puede ser liberada al quemarse como por ejemplo en una máquina de combustión interna. A parte de emitir cero emisiones como combustible el hidrógeno tiene otras propiedades como lo son el poder ser almacenado y transportado lo cual es un requerimiento inminente para ser usado como sustituto. Sin embargo, para que el hidrógeno pueda ser una opción viable tiene que vencer varios retos de los cuales el más importante es obtenerlo de manera eficiente y en grandes cantidades.

Para lograr la descomposición fotolítica del agua se requieren varios pasos que inician con el aprovechamiento de fotones provenientes de luz visible. Debido a que el agua es transparente a las longitudes de onda del espectro visible la descomposición fotolítica requiere de una estructura que sea capaz de aprovechar la radiación, estas típicamente están en forma de semiconductor. A causa de las propiedades particulares de la estructura electrónica de sus bandas, los semiconductores son capaces de interactuar con fotones cuya energía exceda el umbral correspondiente a la energía de banda prohibida del material, es decir la separación que hay entre la banda de valencia y conducción. Si se cumplen esos requerimientos los electrones en la banda de menor energía pueden promoverse a una de mayor energía dejando tras de sí

un hueco. Para que este par electrón-hueco pueda realizar la división de la molécula de agua debe poseer una energía que exceda el potencial estándar para la descomposición del agua líquida a hidrogeno y oxigeno gaseoso (-1.23 V). El par electrón-hueco excitado es de corta vida lo cual es un impedimento porque deben migrar a la superficie del material. Si los electrones y huecos fotogenerados tienen suficiente energía para reducir los protones y oxidar el agua, respectivamente, se puede realizar la reacción de división [1]. Finalmente, el oxígeno e hidrógeno gaseosos pueden extraerse de la interfase sólido/líquido. Como puede observarse la clave es contar con un material eficiente ya que tiene el rol más importante de la producción de hidrogeno, su estructura y propiedades electrónicas determinaran la eficiencia en cada paso de la fotólisis del agua. Comparado con otros materiales fotoactivos para la producción de hidrógeno el  $\text{TiO}_2$  ha recibido mucha atención desde que fue propuesto por primera vez por Fujishima y Honda. El dióxido de titanio presenta una pequeña cantidad de vacancias de oxígeno, las cuales son compensadas con la presencia de centros de  $\text{Ti}^{3+}$ , el  $\text{TiO}_2$  puro es un semiconductor tipo n y por consecuencias se considera transparente en luz visible; tiene una energía de banda prohibida de 3.2 eV que corresponde a 380 nm (en su fase estructural de anatasa) lo cual limita su habilidad para convertir la luz visible [2-3]. Otro inconveniente del dióxido de titanio puro es su baja eficiencia fotónica, esto ya que las transiciones electrónicas en sus bandas son indirectas esto comparado con semiconductores que tienen transiciones directas entre sus bandas. Aunado a eso la duración del 90 % del par fotogenerado electrón-hueco tiene una vida muy corta ya que se recombinan en menos de 10 ns; esto implica que los portadores de carga a la superficie están limitados. Otro óxido inorgánico que ha atraído mucho interés es dióxido de silicio debido al gran potencial que ha presentado en múltiples aplicaciones como su versatilidad en sus propiedades fisicoquímicas, funcionalización superficial, buena biocompatibilidad y baja citotoxicidad [4-5]. El óxido de silicio al ser modificado con otro óxido inorgánico de baja energía de banda prohibida mejorara su capacidad para

llevar a cabo las transferencias electrónicas inducidas por radiación. El método sol-gel (s-g) ha probado ser excelente en el control de los parámetros de síntesis lográndose controlar propiedades específicas en los nanomateriales. A través del método s-g se logra una modificación de las propiedades fotofísicas, de tal manera, que se necesita una menor energía para llevar a cabo las transiciones electrónicas necesarias en la formación de especies reactivas oxidantes.

#### OBJETIVOS Y METAS

Sintetizar monolitos por el método sol-gel y modificarlos superficialmente con óxidos de metales de transición para ser evaluados en la reacción de foto descomposición de la molécula de agua.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de monolitos ( $\text{SiO}_2$ ) se realizará por la hidrólisis de alcóxidos inorgánicos, dado que el control de fracturas en la preparación de las estructuras sólidas es uno de los parámetros de control se realizarán distintas síntesis para evaluar la efectividad del proceso. De manera resumida, para la síntesis se prepara una solución homogénea de agua desionizada y cantidad requerida de HCl 8N. A continuación, para la preparación del gel se añade la solución anterior gota a gota a un matraz de tres bocas que contiene TEOS (Aldrich > 98%) bajo agitación constante con una temperatura controlada de 24 °C. Una vez empezado el proceso de gelado la mezcla se transfiere a un recipiente que le dará la forma requerida.

La gelificación de los soles preparados de esta manera se produce dentro de uno o dos días. El intervalo de tiempo entre la gelificación y la adición de agua para la lixiviación del ácido es el tiempo de añejamiento/envejecimiento. El tiempo de envejecimiento se varía dentro de un intervalo de 24-72 h para analizar el proceso de fractura. Después de envejecer la muestra de gel se sumerge en 30 ml de agua desionizada (remover alcóxido no reaccione), esta

agua se decanta después de 24 h y se observa su nivel de pH. Una vez más 30 ml de agua desionizada se vierte y el proceso anterior se repite. Las muestras se sumergen en una solución de glucosa durante un periodo determinado, este compuesto sirve como agente estructurante evitando fracturas por efecto de la evaporación de solventes y por cambios de temperatura. El exceso de solución se decanta y las muestras preparadas anteriormente se mantienen a temperatura ambiente. Al final, las muestras se secan a 60°C.

## RESULTADOS

Las estructuras monolíticas, al ser geles másicos pueden moldearse según sea la aplicación, la principal característica que se desea es que sean estructuras sólidas, uniformes y con resistencia al esfuerzo. Para lograr obtener monolitos por el método sol-gel es necesario tener control sobre dos parámetros fundamentales: hidrólisis y condensación, los cuales se ven relacionados con cantidad de alcóxido, catalizador de hidrolisis y pH del medio. A su vez para obtener estructuras libres de fractura se debe controlar el tiempo de gelación y añejamiento, la lixiviación por lavados de las estructuras y finalmente la temperatura de secado para su posterior calcinación.

Para obtener las condiciones óptimas se realizaron diferentes síntesis, en cada una de ellas se obtiene un gel transparente y dependiendo de las condiciones de acides y temperatura cambia el color resultante. Se observó que entre mayor sea la temperatura de secado (70°C) la estructura es más susceptible a fracturarse debido a la evaporación de agua adsorbida bajo una relación aproximada de 5:1 de agua catalizador de hidrólisis; cuando se varía la temperatura (30°C) de síntesis se reduce el material sigue fracturándose aunque se muestra claramente un aumento en el tamaño de los fragmentos obtenidos. Al variar la cantidad del catalizador ácido (HCl) se varía la protonación de ligandos alcóxido con la finalidad de generar una estructura más estable, los monolitos obtenidos sigue presentando fracturas al momento del secado, es importante notar que se obscurece notablemente la muestra

cuando es secada a 50°C por el efecto de la acidez. Al momento, la metodología que ha permitido obtener materiales monolíticos con menor cantidad de fracturas es empleando la relación 4.5/2.5/5.0, la diferencia es el tiempo de lixiviado (12 y 24 h) para reducir el pH y sumergirlos por 5 días en una solución de cloruro de níquel como aditivo químico para evitar que se fracture el gel al momento de secado.

Al ser inestables los monolitos se adiciono N, N-dimetilformamida como aditivo que evita fracturas por evaporación de agua, de esta manera se observa satisfactoriamente una reducción importante en las fracturas de la placa, por lo que se hicieron variaciones en la concentración y cantidad añadida para obtener el mejor resultado como se muestra a continuación.

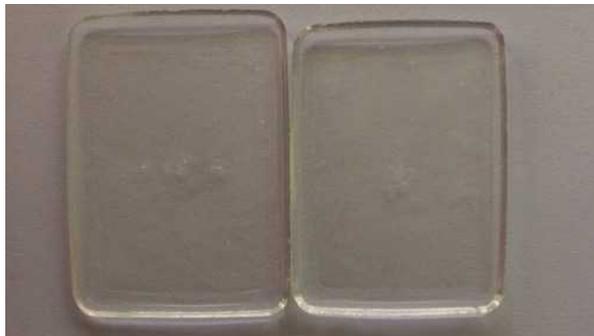


Figura 1. Monolito estabilizado con formamida, (izq.) secado a 60°C, (der.) calcinado a 500°C.

Una vez controlados los parámetros para estabilizar los monolitos se procedió al depósito de una película delgada de dióxido de titanio con la finalidad de aumentar su reactividad bajo luz uv. El proceso de depósito consiste en sumergir el monolito en una solución compuesta de alcóxido de titanio (n-butóxido de titanio), agua desionizada y HCl para mantener el pH cercano a 3, de esta manera se formará una película sobre la superficie del monolito por medio de impregnación. Se hicieron pruebas en la variación de las cantidades de precursor de titanio y agua siendo la relación 1/8 la que dio un recubrimiento uniforme y delgado.



Figura 2. Monolito de  $\text{SiO}_2$  impregnado con una película de  $\text{TiO}_2$

Los materiales fueron analizados por diversas técnicas de caracterización. Al tener una estructura monolítica que tendrá interacción con radiación uv-vis es importante su caracterización espectroscópica, al emplear una esfera de reflectancia difusa es posible analizar la cantidad de luz transmitida por las estructuras monolíticas. El estudio de los monolitos secos a  $60^\circ\text{C}$  tiene una alta transmitancia en la región de los 380 a los 800 nm del espectro con un valor del 90 % del total de luz incidida. Al aumentar la temperatura a  $500^\circ\text{C}$  los monolitos tienden a opacarse un poco lo cual se ve reflejado en el espectro teniendo una disminución progresiva en la transmitancia, de la región 600 a 800 nm transmite un 90 % de la radiación, a partir de los 600 nm la transmitancia disminuye a un 70 % comparando con los materiales secos, aunque la transmitancia disminuye los materiales siguen siendo óptimos para depositarles una película de material semiconductor que beneficie al proceso fotocatalítico.

Al depositar el material semiconductor sobre el monolito hay una clara opacidad en el material, es claro que el exceso de  $\text{TiO}_2$  depositado inhibe la transmitancia de los monolitos, por tal razón es conveniente realizar un análisis por reflectancia difusa y además observar si hay una modificación en las transiciones electrónicas de dióxido de titanio.

Para el análisis de reflectancia difusa se consideraron las dos caras del monolito, sobre una de ellas está depositado directamente el  $\text{TiO}_2$ , al ser tener alta transmitancia el monolito y permitir el paso de la luz por la cara opuesta

también puede ser analizado el  $\text{TiO}_2$  después de haber interactuado con el  $\text{SiO}_2$ . Como se observa en la figura la pendiente correspondiente a la energía de banda prohibida ( $E_g$ ) es la típica del  $\text{TiO}_2$  con una ligera variación que la hace no representativa, los valores de  $E_g$  obtenidos directamente por la cara expuesta al  $\text{TiO}_2$  fueron de 3.48 eV y para la cara opuesta ( $\text{SiO}_2+\text{TiO}_2$ ) fue de 3.54 eV. Estos valores son superiores al valor de  $\text{TiO}_2$  con la fase estructural anatasa que tiene un valor de 3.32 eV, esos resultado indican que los monolitos modificados son principalmente activos en luz uv.

Para las pruebas de fotoproducción de hidrógeno se emplearon en el reactor 100 ml de agua y 100 ml de etanol como molécula de sacrificio, el monolito se colocó de manera que quedara completamente sumergido a mitad del volumen del reactor, posteriormente fue irradiado por la parte de arriba con la lámpara tipo pluma de la marca UPV emitiendo a 254 nm. El fotorreactor está conectado a por una válvula automática al cromatógrafo de gases TCD. El cromatógrafo es capaz de detectar el gas  $\text{H}_2$  generado por el experimento, tal análisis se realiza en intervalos de una hora por un tiempo total de cuatro horas. Los experimentos fueron realizados por triplicado para validar los resultados.

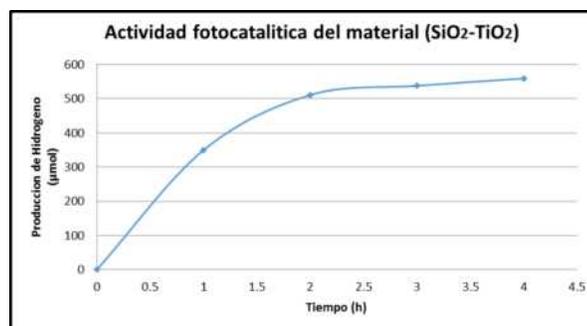


Figura 3. Producción fotocatalítico de hidrógeno.

Como se observa en la figura 3, se logró objetivo principal de proyecto: la obtención de hidrógeno. Típicamente los experimentos para producir hidrógeno en el laboratorio son por un intervalo de 10 horas obteniendo valores aproximados de 800  $\mu\text{moles}$ , en nuestro caso obtuvimos una cantidad de 570

μmoles en 4 horas de reacción indicando que al mismo tiempo (4 h) obtuvimos 44 % más de hidrógeno bajo las mismas condiciones.

## DISCUSIÓN

La obtención de estructuras solidas de gran tamaño (2x3 cm aprox.) resulta difícil cuando son los materiales son secados a temperaturas entre los 30 y 70°C, dos factores son primordiales para el crecimiento y control de fractura de las mismas, primero la relación molar de agua, alcóxido de silicio y acido; el segundo factor un aditivo cuya función es controlar la velocidad de evaporación de agua en la estructura dando estabilidad al monolito. Las estructuras obtenidas tienen una transmitancia mayor al 70% lo que permitirá tener mayor interacción con la luz al ser irradiadas, si bien lo monolitos puros y los monolitos modificados no tiene una disminución en la energía de banda prohibida la sinergia entre dióxido de titanio y dióxido de silicio permitieron la obtención satisfactoria de hidrógeno bajo las condiciones impuestas en el laboratorio.

## CONCLUSIONES

Se logró satisfactoriamente la obtención de monolitos de SiO<sub>2</sub> evitando las fracturas típicas en este tipo de materiales, con ello se abre la posibilidad de hacer variaciones más puntuales en su síntesis para mejorar sus propiedades ópticas. Los resultados de producción de hidrógeno indican la potencial aplicación de este tipo de materiales para la obtención de compuestos energéticos alternativos a los hidrocarburos; con estos resultados se planteará el depósito superficial de distintos metales y películas delgadas en su superficie con la finalidad de incrementar la generación de H<sub>2</sub>.

REFERENCIAS

- [1] A. Fujishima, K. Honda Nature 238 (1972) 37–38.
  
- [2] N. Meng, K.H.M. Leung, D.Y.C. Leung, K. Sumathy, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (2007) 401–425.
  
- [3] V. Preethi, S.Kanmani, Materials Science in Semiconductor Processing 16 (2013) 561–575.
  
- [4] C. Song, Top Catal (2008) 49:1–3.
  
- [5] J. Nowotny, T. Bak, M.K. Nowotny, L.R. Sheppard, International Journal of Hydrogen Energy 32 (2007) 2609 – 2629.

## **INVENTARIO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA INDUSTRIA PETROLERA**

*Est. Karen Bibiana Castro Salinas<sup>1</sup>*

*Dra. Ebelia del Ángel Meraz<sup>2</sup>*

*Dra. Dora María Frías Márquez<sup>3</sup>*

*Dra. Alida Elizabeth Cruz Pérez<sup>4</sup>*

*Dra. Ma. Guadalupe Rivera Ruedas<sup>5</sup>*

### RESUMEN

Se muestra el Inventario de Emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), específicamente debido a la producción de petróleo en el período 2012-2017, para el estado de Tabasco. Los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> se realizaron de acuerdo a las directrices establecidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006). La estimación de C<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se calculó considerando la información publicada por la Secretaria de Energía. Las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la producción de petróleo crudo, fueron disminuyendo cada año, el pozo que registró mayores emisiones fue el Samaria-Luna y con menores emisiones fue el activo Macuspana-Muspac. En comparación con los estados de Veracruz y Chiapas, Tabasco tiene el primer lugar en Emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). La importancia de realizar un inventario de emisiones es conocer y entender su contribución al calentamiento global, para poder gestionar las emisiones de manera responsable, transparente y eficiente para el establecimiento de políticas públicas.

### INTRODUCCIÓN

Un gas de efecto invernadero es aquél gas residente en la atmósfera terrestre que contribuye al efecto invernadero natural [1]. El aumento en la intensidad del efecto invernadero natural se atribuye a la actividad humana que genera

---

[angelmeraz@hotmail.com](mailto:angelmeraz@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[alida.cruz@ujat.mx](mailto:alida.cruz@ujat.mx) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

directa e indirectamente cantidades significativas de estos gases sobrepasando los niveles naturales con los consecuentes cambios en el clima global y la afectación de los ecosistemas [2].

Las emisiones fugitivas de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) procedentes de las actividades de petróleo y gas natural son una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero directo e indirecto en muchos países. Durante el proceso de combustión, la mayor parte del carbono se emite como  $\text{CO}_2$  en forma inmediata. No obstante, una parte del carbono se libera en forma de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) o compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), y todos ellos se oxidan y se convierten en  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, en un proceso que tarda desde unos pocos días hasta aproximadamente 12 años. La concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera, alcanzó en 2015 las 400 partes por millón (ppm) por primera vez en la historia de la humanidad, advirtió la Organización Meteorológica Mundial (OMM. 2015). Todo el carbono liberado se contabiliza como emisiones de  $\text{CO}_2$ , los demás gases que contienen carbono también se estiman pero se declaran por separado [3].

En Tabasco el objetivo fundamental de un inventario de emisiones fugitivas procedentes de la Industria Petrolera en base a los procesos de producción, es organizar la información que permita a las entidades federales, estatales y municipales la planeación de estrategias para el control de emisiones, cumplir con los requerimientos del reporte de emisiones y con las regulaciones que demandan el desarrollo de inventarios de emisiones completos [2]. Tabasco contribuye a nivel federal con emisiones de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), provocando contaminación, comparado con otros estados como son Veracruz y Chiapas donde se generan menores emisiones y por tal motivo menos es su contaminación [4].

La importancia de realizar un inventario de emisiones es porque permite a las empresas, en este caso PEMEX, conocer y entender su contribución al calentamiento global, para poder gestionar sus emisiones de manera responsable, transparente y eficiente [5].

#### OBJETIVOS Y METAS

Estimar las emisiones del CO<sub>2</sub> debido a la producción de petróleo de acuerdo a la Metodología IPCC 2006.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar las emisiones del CO<sub>2</sub> debido a la producción de petróleo se seguirá la metodología que consiste en:

##### 4.1. Recopilación de datos de producción del petróleo.

Para realizar las estimaciones pertinente se procedió a la búsqueda de información de la producción de petróleo crudo en el Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de energía SENER, con esta información se realizó una base de datos.

##### 4.2. Estimación de emisiones de contaminantes de CO<sub>2</sub> de acuerdo al método de referencia IPCC (2006).

Se utilizó el Software recomendado por el IPCC versión 2006, para el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero. Usando la formula  $C=A*B$ ,

Donde: C: Emisión de CO<sub>2</sub> (Gg); A: Cantidad de petróleo crudo (m<sup>3</sup>); B: Factor de conversión (Gg CO<sub>2</sub>)

#### RESULTADOS

La emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de Producción del petróleo en Tabasco se calcularon con el Software oficial del IPCC como se indicó en la Metodología, considerando la información del Sistema de información energética [6], el cual

proporciona la información en una base de datos alimentada por las empresas, comisiones e institutos que forman el sector energético en México, así como por la propia Secretaría de Energía. De ese portal se obtuvo la información estadística de interés para las estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el periodo 2012 al 2017.

Tabasco produce aproximadamente el 16% del petróleo crudo nacional considerando la información de la Secretaría de Energía (SENER). En la Tabla 1, se observa la producción de petróleo producido en miles de barriles diarios (mbd), en los diferentes activos de producción, durante los años 2012 al 2017. Podemos observar que el Samaria-Luna fue el mayor productor de petróleo crudo en el periodo estudiado con rangos de producción de 43.08033-205.0896 ± 55.33 mdb, le sigue en orden de producción el activo Bellota-Jujo con un rango de 32.04058-134.2531 ±38.46 mdb, posteriormente el activo Macuspana-Muspac con un rango de producción de 14.07917-80.93946 ±25.64 mbd, el de menor producción fue el activo Cinco Presidentes con valores en el rango de 27.46783-95.99269±25.76 mbd.

En la Tabla 2, se presentan datos desagregados por campos de producción Con estos datos se pasan las unidades a m<sup>3</sup> y se calcula en el software del IPC 2006 las emisiones que se generan por campo de producción de petróleo crudo en la Región Sur como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 1. Petróleo crudo producido (mbd), en Tabasco por activo de Producción.

Activos de Producción	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cinco Presidentes	95.99269	93.05981	89.12174	87.59437	79.97086	27.46783
Bellota-Jujo	130.3434	134.2531	124.8379	101.6766	90.28283	32.04058
Macuspana-Muspac	76.76156	80.93946	76.98365	59.05178	46.7747	14.07917
Samaria-Luna	205.0896	172.5436	161.4174	145.4381	127.0355	43.08033

Fuente: Sistema de información energética (SIE), Petróleos Mexicanos, producción de petróleo crudo en Tabasco por activo.

[http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=apply Options](http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions)

Tabla 2. Petróleo crudo producido (mdb) por campos en la Región Sur.

Campo de producción	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Samaria	39.570145	45.423212	53.085877	47.606824	34.072524	11.389403
Tizón	18.504505	26.591602	26.846279	26.982328	28.472910	9.9669721
Costero	21.115546	20.599060	19.219423	11.508783	8.4826030	2.6100257
Jujo-Tecominoacán	25.794624	21.981472	17.654796	11.271786	10.502849	3.8986419
Rabasa	14.371196	17.357797	17.565515	18.919356	17.553371	6.8473692
Sen	50.604551	28.973507	13.481402	7.1018045	5.0903271	1.9719384
Caparroso-Pijije-Escuintle	45.226858	26.813228	12.744996	13.825738	12.804142	3.7978502
Teotleco	14.6296624	16.4037812	11.8700416	6.90256435	5.09776263	2.0250916
Otros	278.370188	276.652304	279.892378	249.641645	221.987366	74.1606193
Total	508.187278	480.795965	452.36071	393.760832	344.063857	116.667912

Fuente: Sistema de información energética (SIE), Petróleos Mexicanos, producción de petróleo crudo en Tabasco por campo

<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=PMXB1C03>

## DISCUSIÓN

A continuación se muestran las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) generadas por la producción de petróleo crudo en los activos antes señalados (Figura 1). Se puede apreciar las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) cada año van disminuyendo en el periodo del 2012 al 2017. Los resultados de emisiones de mayor a menor fueron: el activo Samaria-Luna en un rango de 0,0037-0.01761±0.00475 Gg de CO<sub>2</sub>; le sigue en orden de emisiones el activo Bellota-Jujo con un rango de 0.00275-0.01153± 0.0033 Gg de CO<sub>2</sub>, posteriormente el activo Macuspana-Muspac con un rango de emisiones de 0.00121-0.00695±0.0022 Gg de CO<sub>2</sub>, el de menor emisiones fue el activo Cinco Presidentes con valores en el rango de 0.0037-0.01761±0.0048 Gg de CO<sub>2</sub>.

En la Tabla 3 se observa que las emisiones totales por campo fueron disminuyendo debido a la disminución de petróleo crudo producido, el rango fue de 0.01002-0.04363±0.0122 Gg de CO<sub>2</sub>. El comportamiento de las emisiones

por campo es que a mayor producción de petróleo mayor son las emisiones y a menor producción esta disminuyen, siendo el campo Teotleco el que genera menores emisiones de CO<sub>2</sub> y el campo Samaria el mayor generador de emisiones de CO<sub>2</sub>.

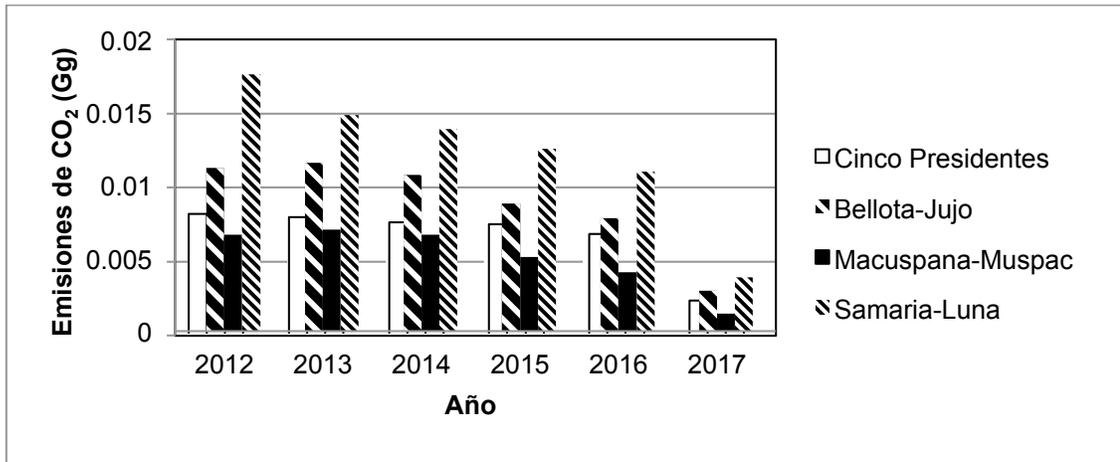


Figura 1. Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas durante la producción del petróleo en los activos de producción, en el periodo 2012-2017

Tabla 3. Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) por campos de producción.

Campo de producción	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Samaria	0.00340	0.00390	0.00456	0.00409	0.00293	0.00098
Tizón	0.00159	0.00228	0.00230	0.00232	0.00244	0.00086
Costero	0.00182	0.00177	0.00165	0.00099	0.00073	0.00022
Jujo-Tecominoacán	0.00221	0.00189	0.00152	0.00097	0.00090	0.00033
Rabasa	0.00123	0.00144	0.00151	0.00162	0.00151	0.00054
Sen	0.00434	0.00249	0.00116	0.00061	0.00044	0.00017
Caparroso-Pijije-Escuintle	0.00388	0.00230	0.00109	0.00119	0.00110	0.00033

## CONCLUSIONES

Se utilizaron para los cálculos el software y los factores de emisión del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 2006. Donde se puede apreciar que las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en el periodo 2012 al 2017 han disminuido debido a los problemas del Sector Energético en México. Comparando con los estados de Veracruz y Chiapas, Tabasco obtiene el primer

lugar en emisiones de CO<sub>2</sub> debido a su a una mayor producción de petróleo crudo. Podemos concluir que a una mayor producción de petróleo crudo se generan más emisiones de CO<sub>2</sub> y viceversa. Esperando que estos resultados puedan apoyar a los inventarios de GEI para el estado de Tabasco y permitan establecer políticas públicas que disminuyan esas emisiones durante la producción de petróleo.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. Garduño, J. Martínez, P. Osnaya, (2014). Cambio climático: una visión desde México, Instituto Nacional de Ecología, pg.**33**. ISBN: 968-817-704-0.

[2] INEGI (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990-2010, Instituto Nacional de Ecología. Disponible: <http://www.inecc.gob.mx> ISBN: 978-607-8246-63-2.

[3] J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim., K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander, (2016), Volumen 2, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

[4] SEMARNAT (2011). Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/fomento/documentos/2014/guia-inventarosgei.pdf>

[5] Sheinbaum P. G., Robles M. G., Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, (2006) Instituto Nacional de Ecología, instituto de ingeniería de la UNAM, Instituto Mexicano del Petróleo, pg.**56**.

[6] SIE (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017). Sistema de Información Energética. Secretaria de Energía, México. Disponible: <http://sie.energia.gob.mx>

## **PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES SINTETIZADOS POR CEPAS BACTERIANAS PETROFÍLICAS**

*M.I. Ana Laura Severo Domínguez<sup>1</sup>*

*Dra. Marcia Eugenia Ojeda Morales<sup>2</sup>*

*M.C. Yolanda Córdova Bautista<sup>3</sup>*

*M.C. Yuridia Evelin Hernández Cardeño<sup>4</sup>*

*M.I. Anabel González Díaz<sup>5</sup>*

### RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el rendimiento de biosurfactante de dos especies de bacteria del género *Azospirillum*, la cepa *A. brasilense* y la *A. lipoferum*, ambas cepas fueron seleccionadas considerando como criterio de elección la disminución de tensión superficial. Para analizar la producción de biosurfactantes se prepararon biorreactores con medio Kim [6], en los cuales fueron introducidas las cepas bacterianas de acuerdo al diseño experimental y en condiciones axénicas, los biorreactores fueron monitoreados durante 8 días, analizando valores de producción de biosurfactante y unidades formadoras de colonia (UFC). Obteniendo como resultados para la cepa *A. brasilense* un crecimiento máximo de  $75 \times 10^6$  UFC/mL y una producción de biotensoactivo de 5.5 g/L, mientras que la *A. lipoferum* obtuvo un crecimiento máximo  $80 \times 10^6$  UFC/mL y una producción de 8.8 g/L. A las 72 horas la producción fue mayor en ambas especies. El conocer este tiempo de máxima producción tiene como principal ventaja disminuir costo referente al tiempo de establecimiento de los reactores para producción del biosurfactante y esto a su vez impacta directamente en la disminución de costos para remediaciones empleando el surfactante producido.

### INTRODUCCIÓN

Los surfactantes, son moléculas anfipáticas que poseen la capacidad de interaccionar con compuestos hidrofóbicos e hidrofílicos a la vez, y por lo

tanto, ubicarse en la interfase de los mismos. Esta afinidad por las interfases es lo que les otorga sus principales características: disminuir la tensión superficial, reducir la tensión interfasial y aumentar la solubilidad [10, 13].

En los últimos trece años se ha descubierto un tipo de surfactante que posee mejores propiedades, su costo es mucho menor y también es más adecuado para su uso en el medio ambiente por su grado de biodegradabilidad, tal es el caso de los surfactantes de origen biológico [18, 7]. Muchos microorganismos son capaces de sintetizar este tipo de compuestos y en ese caso, se los denomina Biosurfactantes [13, 10]. En el sector ambiental los biosurfactantes muestran aplicaciones prometedoras en la biorremediación de suelos y en el tratamiento de aguas residuales para remover compuestos tóxicos y peligrosos [13]. Al respecto en este tema, en 2012 se obtuvo y evaluó un surfactante biológico obtenido a partir del hongo *Aspergillus terreus*, dicho surfactante fue empleado para remediar suelos contaminados con hidrocarburos y al compararse con surfactantes de origen terpénico y orgánico, se observó que la biorremediación del suelo utilizando biosurfactantes resultó mayor en un 28% que los tratamientos con surfactantes que no eran de origen biológico [17]. En 2015, Fuentes y Hernández estudiaron surfactantes de origen biológico, obtenidos de cepas bacterianas hidrocarbonoclastas del género *Azospirillum*, dentro de sus investigaciones fueron seleccionadas dos especies del género considerando como criterio de elección la disminución de tensión superficial. Debido a todo lo anterior en la presente investigación se realizó la evaluación del efecto del tiempo, en el porcentaje de rendimiento de la producción de biosurfactantes proveniente de las dos cepas bacterianas seleccionadas por Fuentes (2015) y Hernández (2015).

## OBJETIVOS Y METAS

Establecer la cinética de producción de biosurfactantes de dos cepas bacterianas del género *Azospirillum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de la producción de biosurfactantes provenientes de *A. brasilense* y *A. lipoferum* en condiciones *in vitro* se llevó a cabo de la siguiente manera: Fase 1: Aislamiento de colonias bacterianas (Técnica de estriado en superficie). Las cepas de *A. brasilense* y *A. lipoferum* se aislaron en condiciones axénicas empleando la técnica de estriado en superficie [8] y como medio de cultivo Rojo Congo [15]. Dicho cultivo posterior a su preparación fue sometido a esterilización en calor húmedo y para ello se empleó un autoclave, el cual se mantuvo durante 20 minutos a 121°C y 1.3 kg/cm<sup>2</sup> [14]. El vaciado del medio de cultivo en placas Petri se realizó en condiciones axénicas y a una temperatura de 35°C, se esperaron alrededor de 15 minutos para que el medio de cultivo solidificara y con ayuda de un asa de platino esterilizada se estrió cada cepa en las cajas petri correspondientes [8]. Las cajas petri estriadas se conservaron en una incubadora biológica a 28°C, hasta la expresión de las especies (Figura 1).

Fase 2: Preparación y establecimiento de las unidades experimentales: El diseño experimental empleado para esta fase fue completamente al azar de tipo unifactorial. El factor consideró 2 niveles (especie de *Azospirillum*): *A. brasilense* (AZPB) y *A. lipoferum* (AZPL) con sus cuatro repeticiones. Siendo las variables independientes: producción de biosurfactante y unidades formadoras de colonias.



Figura 1. Aislado de las bacterias empleando la técnica de estriado en superficie, a) Obtención de bacterias a aislar con asa de platino, b) Bacterias *Azospirillum* estriadas.

Para producir el biosurfactante sintetizado por cada especie se preparó el medio Kim [6], conformado por: extracto de levadura: 0.2g/L, extracto de carne: 5 g/L, glucosa o dextrosa: 2 g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  monobásico: 0.2 g/L,  $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$  dibásico: 0.3 g/L,  $\text{MgSO}_4$ : 0.1 g/L,  $\text{NaSO}_4$ : 0.1 g/L,  $\text{CaCl}_2$ : 0.1g/L,  $\text{FeSO}_4$ : 0.1 g/L), dicho medio productor fue preparado dentro de un biorreactor de vidrio de 500 mL (unidad experimental, figura 2) previamente esterilizado. El sistema contaba con un venteo atmosférico mediante un tubo de vidrio de 4 mm de diámetro para liberar la presión del sistema, así como una toma de muestra con un tubo de las características anteriores acoplado a una venoclisis [4]. Las cepas bacterianas hidrocarbonoclastas AZPB y AZPL aisladas en la fase 1, fueron inoculadas en los biorreactores con medio Kim de acuerdo al diseño experimental (figura 3).

El experimento se mantuvo establecido durante 8 días, ya que Fuentes (2015) y [4] observaron dentro de su investigación que después de este tiempo no hay producción favorable del biosurfactante.

Determinación de pH: Para realizar esta determinación fue extraída una muestra de cada unidad experimental en condiciones axénicas, y dicha muestra fue colocada en vasos de precipitados de 25 mL previamente esterilizado, dentro del cual fue introducido el electrodo del pH-metro digital Hanna modelo HI 9813-6 ST, esta determinación se realizó cada 24 horas (h) durante el tiempo que estuvo establecido el experimento.

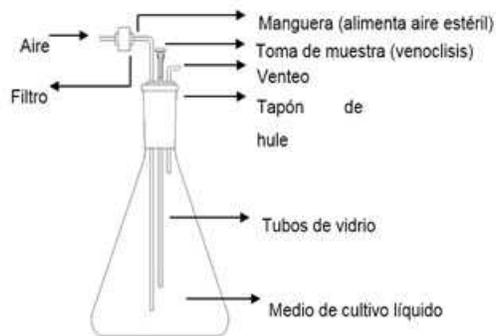


Figura 2. Representación del biorreactor utilizado para la producción de surfactante [4].



Figura 3. Unidades experimentales establecidas para análisis de producción de las cepas bacterianas de *Azospirillum*.

Determinación de temperatura: A cada muestra extraída para la determinación anterior se le realizó la medición de temperatura cada 24 horas, para ello se empleó un termómetro digital marca Avaly.

Conteo de unidades formadoras de colonia (UFC). Durante la producción del biosurfactante se realizó el conteo de células viables (Figura 4) cada 24 horas, por el método de recuento en placas por diluciones en serie [8]. Éste procedimiento permitió conocer el crecimiento microbiano de las UFC/mL desde el inicio hasta el final (8 días). El medio de cultivo selectivo empleado fue rojo congo [15].

Cuantificación de la producción de biosurfactante: La obtención de surfactante se realizó cada 24 horas, una muestra de 50 mL de caldo con biosurfactante se extrajo de cada unidad experimental en condiciones axénicas, dichas muestras pasaron a las siguientes fases:



(a)



(b)



(c)

Figura 4. Método de recuento en placas por diluciones en serie. a) Vaciado del medio en placas Petri, b) Sembrado de las bacterias con ayuda de asa digralsky, c) Expresión de bacterias viables.

Filtrado y centrifugado del caldo: El caldo muestreado de cada unidad experimental se filtró en papel Whatman No. 42 para separar la biomasa, luego fue centrifugada a 2,500 revoluciones por minuto (rpm) durante 30 min para eliminar la biomasa restante.

Lavado con acetona: Los sólidos suspendidos aún existentes en el caldo fueron precipitados, para ello se empleó acetona fría a 4°C en una relación caldo/acetona: 1:1.2 respectivamente [6]. La acetona fue añadida lentamente al caldo [12,1] y se mantuvo en agitación 10 min. Posteriormente la acetona fue eliminada en un rotavapor a 45°C y 30 rpm hasta sequedad [1].

Lavado cloroformo-metanol: la solución cloroformo-metanol se preparó en una relación 2:1. El caldo obtenido del lavado anterior se mezcló en una relación 1:1 con la solución cloroformo-metanol, posteriormente se dejó reposar 30 min y se extrajo la fase más densa (Figura 5). Este lavado se realizó tres veces, y el biosurfactante puro fue extraído en rotavapor a 35°C y 30 rpm hasta sequedad como se observa en la figura 6 [9,1].



Figura 5. Separación de fases, caldo libre de sustancias no tensioactivas.



Figura 6. Obtención del biosurfactante. a) Separación mezcla solvente-biosurfactante, b) Biosurfactante purificado.

Análisis de resultados: El análisis de los datos obtenidos se llevó a cabo mediante el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias TUKEY ( $\alpha = 0.05$ ), utilizando el procedimiento ANOVA del Statical System (System, 2009), con el objetivo de determinar el resultado más significativo sobre las variables de respuesta. Mediante este análisis se seleccionó la especie de *Azospirillum* con mayor producción de biosurfactante.

## RESULTADOS

Los resultados de producción de biosurfactantes por las cepas bacterianas de las células de *A. lipoferum* y *A. brasilense* inoculadas en medio de cultivo Kim, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos durante las primeras 168 h de haber establecido el bioensayo sin embargo, a las 192 h hubo diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento con *A. lipoferum* el que produjo la mayor cantidad de biosurfactante (Figura 7). El mayor crecimiento de población microbiana y la mayor producción de biosurfactante para ambas especies de *Azospirillum*, se obtuvo a las 72 horas de haber establecido el experimento en el medio Kim. En la figura 8 se observa que *A. brasilense* tuvo un crecimiento máximo de  $75 \times 10^6$  UFC/mL y una

producción de biosurfactante de 5.5 g/L, mientras que *A. lipoferum* obtuvo un crecimiento máximo  $80 \times 10^6$  UFC/mL y una producción de 8.8 g/L (Figura 9). Al finalizar el experimento la población microbiana *A. lipoferum* fue de  $33 \times 10^4$  UFC/mL y 2 g/L de producción de biosurfactante, mientras que la población microbiana de *A. brasilense* fue de  $35 \times 10^4$  UFC/mL con una producción de 0.7 g/L.

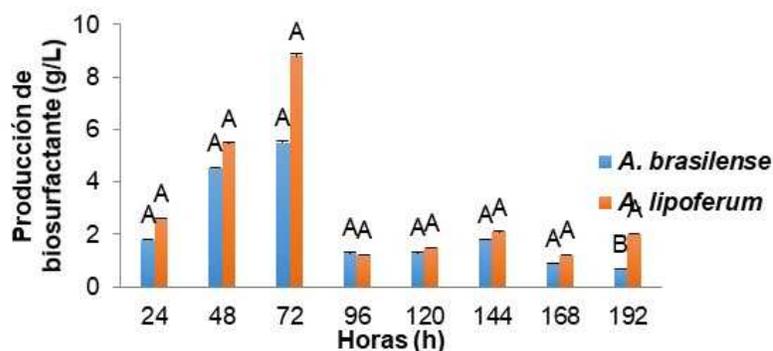


Figura 7. Producción de biotensioactivo por las cepas *A. brasilense* y *A. lipoferum* en medio Kim. Medias de los tratamientos con diferentes letras tienen diferencias estadísticas significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ).

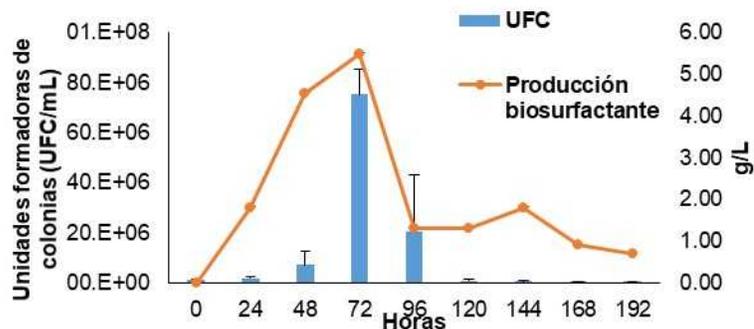


Figura 8. Gráficas comparativas de la cinética de crecimiento de UFC/mL de *Azospirillum brasilense* y producción de biosurfactante.

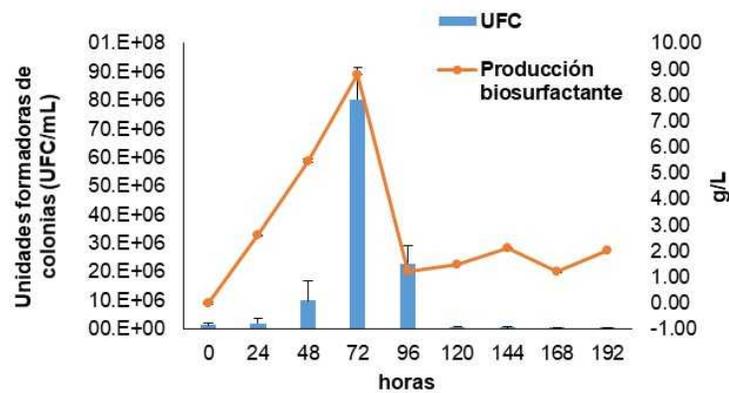


Figura 9. Gráficas comparativas de la cinética de crecimiento de UFC/mL de *Azospirillum lipoferum* y producción de biosurfactante.

## DISCUSIÓN

La capacidad de producción de biosurfactante de *Azospirillum brasilense* puede compararse con la de *Azotobacter chroococcum* estudiada por Thavasi [19], la cual produjo un rendimiento de 4.6 g/L a las 96 h de haber establecido el bioensayo. En el mismo contexto, Pérez et al., (2010), reportaron a la cepa bacteriana fijadora de nitrógeno *Stenotrophomonas* sp con un rendimiento en la producción del biosurfactante de 0.5 g/L en 288 h. Si comparamos estos rendimientos, aunque en tiempos de producción diferentes, encontramos que existe una importante diferencia en las cantidades de biosurfactante producidas, siendo considerablemente mejores los rendimientos de *A. lipoferum* y *A. brasilense*.

La diferencia en la producción y calidad del biosurfactante puede deberse al tiempo de permanencia en el caldo con el medio [6 y 16] y la densidad poblacional, ya que las condiciones de cultivo, tales como fuente de carbono y nitrógeno, elementos traza como el hierro y manganeso [5], temperatura, oxígeno y pH que promueven cambios en la estructura química de la molécula, y consecuentemente, alteran sus características fisicoquímicas [3].

## CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados anteriores se concluye que el tiempo de establecimiento ideal para obtener una máxima producción de biosurfactantes de las cepas *A. brasilense* y *A. lipoferum* son 72 horas, logrando obtener mayor cantidad de biosurfactante con la cepa *A. lipoferum*. Es importante estudiar la producción de biotensoactivo de manera puntual, ya que el presente estudio se demostró que la producción de los biotensoactivos puede variar con respecto al tiempo,

## REFERENCIAS

- [1] Almazán, V., González, J. M., Pérez, J. J., Dieguez, F., Villaverde, M. J., Pérez, G., Joseph, N. & Gan, R. (2000). Purificación e Identificación de la Naturaleza Química de un Tensioactivo Producido por *Pseudomonas aeruginosa* Cepa Ido-330. *Revista biología*, 14(2), 172-177.
- [2] Hernández, C. M. (2015). Bacterias Nativas Fijadoras De Nitrógeno De Vida Libre E Hidrocarbonoclastas Productoras De Biotensoactivos. (Tesis de Licenciatura). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- [3] Fonseca, R., Silva, J., De Franca, P., Cardoso, L. & Sérvulo, F. (2007). Optimizing Carbon/Nitrogen ratio for biosurfactan production by *Bacillus subtilis* strain. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 137(1-12), 471-486.
- [4] Hernández, M., Ojeda, M., Martínez, J. & Córdova, Y. (2011). Optimal parameters for the development of the hydrocarbonoclastic microorganism *Proteus* sp. *Soil Science and Plant Nutrition*, 11(1), 29-43.
- [5] Jiménez, D., Medina, S. & Gracida, J. (2010). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos: una revisión. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(1), 65-84.
- [6] Kim, S. H., Lim, E. J., Lee, S. O., Lee, J. D., & Lee, T. H. (2000). Purification and characterization of biosurfactants from *Nocardia* sp. L-417. *Biotechnology and applied biochemistry*, 31(3), 249-253. doi:10.1042/BA19990111.
- [7] Kokare, C.R, Chopade, B.A., & Mahadik K.R. 2009. Bioemulsifier production from marine *Streptomyces* sp. isolated from west coast of India: bioactive compounds from marine organisms. *Indian Journal of Biotechnology*, 1(1), 49-55.

- [8] Madigan, M., Martinko, M., Stahl, A. & Clark, D. (2012). Brock Biology of microorganisms (13th ed.). España: Pearson Higher education.
- [9] Mulligan, C. N., Mahmoudides, G., & Gibbs, B. F. (1989). The influence of phosphate metabolism on biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Biotechnology*, 12(3), 199-209.
- [10] Ortega, M. (2009). Comportamiento Reológico De Disoluciones Acuósas De Surfactantes Comerciales No Iónicos. (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada, España.
- [11] Pérez, J., Anaya, R., Chang, C., Membrillo, I. & Calva, G. (2010). Production of biosurfactants by free-living bacteria grown in nitrogen-fixing hydrocarbons. *CENIC*, 41, 1-10.
- [12] Pruthi, V., & Cameotra, S. S. (1995). Rapid method for monitoring maximum biosurfactant production obtained by acetone precipitation. *Biotechnology techniques*, 9(4), 271-276.
- [13] Raiger, L.J. & López, N. (2009). Los biosurfactantes y la industria petrolera. *Química Viva*, 3(8), 146-161.
- [14] Ramírez, R. Luna, B. Velázquez, O., Vierna. L., Mejía, A. Tsukuzi, G., Hernández, L. Müggenburg, I. Camacho, A. & Urzúa, M. (2001) Manual de Prácticas de Microbiología General. Facultad de Química UNAM (pp. 309). México, D.F.
- [15] Rodríguez, E. (1982) Improved medium for isolation of *Azospirillum* sp. *Appl. Environ. Microbiol*, 44, 990-991.
- [16] Ron E. and Rosenberg E. (2001). Biosurfactants and oil bioremediation. *Current Opinion in Biotechnology*, 13, 249-252.
- [17] Severo, A. L., Rodríguez, S. C. (2012). Evaluación de un biosurfactante versus surfactante terpénico y orgánico en la biorremediación de suelos contaminados con petróleo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- [18] Sustersick, J. (2004). Síntesis y caracterización de un surfactante tipo gemelo. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- [19] Thavasi R., Jayalakshmi T. y Balasubramanian I. (2010). Biodegradation of crude oil by Nitrogen fixing marine bacteria *Azotobacter chroococcum*. *J Microbiol.*, 11, 1123-1130.

## **SIMULACIÓN DEL DUCTO ABSORBEDOR DE UN CONCENTRADOR CANAL PARABÓLICO UTILIZADO PARA EL TOSTADO DE CACAO**

*Est. Pablo Rene Torres Hernández<sup>1</sup>  
Est. Oscar May García<sup>2</sup>*

### RESUMEN

En este trabajo se realiza la simulación del ducto absorbedor de un Concentrador Solar Canal Parabólico (CSCP) para tostado de cacao. La simulación se realizó utilizando una herramienta de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD por sus siglas en inglés) sobre un diseño de ducto propuesto, donde se analiza el comportamiento de la transferencia de calor y la velocidad del aire en el interior del ducto con el fin de determinar la factibilidad del diseño propuesto. Las condiciones importantes que se tomaron en este diseño fueron: el movimiento rotatorio de 2 rad/s, con cuchillas internas y la temperatura uniforme de 160°C en la parte inferior del ducto. Los resultados obtenidos de la simulación mostraron que la distribución de temperatura no fue uniforme, lo que podría afectar en la homogeneidad del tostado. Estos resultados sugieren que es necesario realizar adecuaciones en el diseño del ducto para obtener una distribución homogénea de la temperatura y como consecuencia un tostado más uniforme.

### INTRODUCCIÓN

La energía solar tiene un gran potencial económico, debido a los recursos inagotables a escala humana, en la que puede utilizarse para la generación de calor, la iluminación de viviendas y para aplicaciones de procesos industriales. Varios países en vías de desarrollo como India, Marruecos, Egipto y México, que cuenta con altos niveles de radiación solar se están moviendo para generar

---

[pablorene120@gmail.com](mailto:pablorene120@gmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[oscarmg1223@gmail.com](mailto:oscarmg1223@gmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

energía eléctrica a través de la concentración solar. Un colector solar, es un dispositivo, que tiene la capacidad de recibir la radiación solar y convertirla en energía térmica. Hay muchos tipos de colectores solares, dentro de los cuales destaca los concentradores de canal parabólico que alcanzan temperaturas de hasta 350 a 400°C. Los CSCP se han estudiado y desarrollado ampliamente tanto analítica y experimentalmente, además de contar con eficiencias térmicas relativamente altas. Dentro de las aplicaciones de los CSCP se encuentran: a) Sistemas de calentamiento de aire para la industria textil, de alimentos, agricultura y calefacción de edificios. b) En los procesos de desalinización, c) en sistemas de refrigeración, d) para calor de procesos industriales como el secado, la esterilización, la cocción, la limpieza y la purificación, etc, y f) Plantas para la generación de energía eléctrica [2].

Uno de estos procesos productivos dentro de la industria alimentaria donde se puede aplicar el uso de CSCP es en el tostado de las semillas de cacao para la elaboración de chocolate. El cacao es uno de los productos más apreciados en el mercado internacional debido a que sus derivados tienen gran demanda y, por lo tanto, alto valor comercial. México es el doceavo productor de cacao y sus estados con mayor producción son: Tabasco y Chiapas (INEGI, 2012). El proceso de transformación de la semilla de cacao, se lleva a cabo de manera tradicional mediante la quema de combustibles fósiles produciendo la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera. El uso del CSCP para el tostado de cacao es una alternativa viable, dado que la temperatura de tostado está dentro del intervalo alcanzado del CCP, la eficiencia es relativamente alta, con estructuras ligeras y de uso fácil para realizar la actividad del tostado.

En este reporte se realizara el análisis térmico de tubo absorbedor para la aplicación del tostado de cacao. El estudio del desarrollo térmico del absorbedor se ha abordado mediante diferentes metodologías. i) Estudios totalmente experimentales [3, 4, 5] ii) Estudios que se basan en aproximaciones teóricas [6] y iii) estudios que se basan en la simulación y métodos numéricos. Para este

caso se analizará el comportamiento del flujo de aire y temperatura en el tubo absorbedor basado en la simulación, empleando Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD por sus siglas en inglés); el software Fluent permite el análisis de sistemas y resuelve las ecuaciones gobernantes de continuidad, momento y energía permitiendo visualizar los perfiles de velocidad y temperatura del fluido.

#### OBJETIVOS Y METAS

Simular el comportamiento del flujo de aire y temperatura en el interior de un ducto contenedor de granos de cacao, para verificar la factibilidad del diseño propuesto para el tostado de cacao.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### Modelo de estudio

El diseño propuesto, en 3D, del contenedor de granos de cacao se muestra en la Figura 1. El material del ducto considerado, fue lámina de acero inoxidable grado 304, este material es adecuado para la industria alimentaria. El diámetro del ducto fue de 10 cm, 60 cm de largo y un espesor de 2 mm. Este ducto está conformado de 4 cuchillas rectas, ubicadas en cada 90° del ducto, compuesta de acero inoxidable 304.

Para realizar el estudio de CFD, se utilizaron los softwares: Gambit y Fluent. En Gambit es un preprocesador que permite dibujar y discretizar (mallado) el modelo de estudio, así como, asignar las condiciones de frontera. El Fluent es el solucionador que a partir del modelo discretizado resuelve las ecuaciones gobernantes de continuidad, momento y energía permitiendo visualizar los perfiles de velocidad y temperatura del fluido.

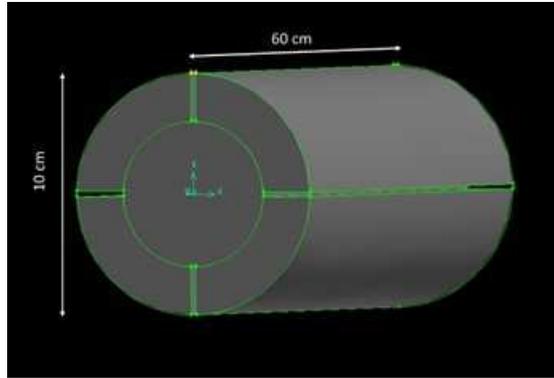


Figura 1. Diseño del ducto en Gambit.

### Discretización del modelo

Para la discretización del modelo de la Figura 1 se consideró como la longitud, la mitad del ducto debido a la uniformidad a lo largo del mismo, especificando la cara final como simetría. Posteriormente, esta condición de frontera mostrará la dinámica de flujo y temperatura dentro del interior del ducto. En la Figura 2 se muestra la discretización o mallado que se realizó con este mismo software. El mallado tiene 322, 223 nodos con una relación de aspecto (altura/longitud) de hasta 4. Después, se asignaron las condiciones de frontera en el exterior del ducto: las aletas se nombraron como pared y el interior del ducto se consideró como fluido, en este caso es aire. Por último, el dibujo mallado se exporta en formato que pueda leer el Fluent, \*.mesh.

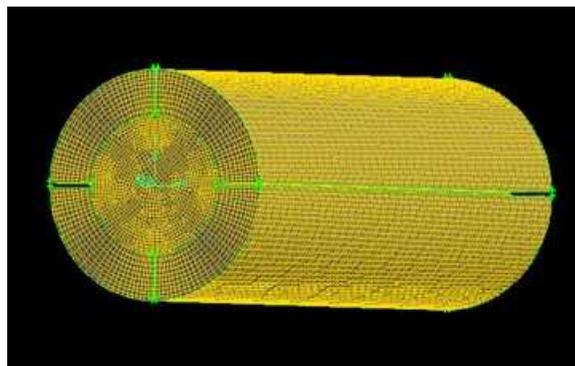


Figura 2. Discretización del ducto en Gambit.

## Simulación

Para el análisis en Fluent se escaló el dibujo a dimensiones reales para luego seleccionar los modelos a utilizar, en este caso se selecciona la ecuación de energía y la condición de flujo laminar. Posteriormente, se colocaron los valores de operación y las condiciones de frontera.

Las propiedades del acero inoxidable para este estudio fueron las siguientes:

una densidad de  $\rho = 8030 \text{ Kg/m}^3$ ,  $C_p = 502.48 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$  y una conductividad térmica de  $k = 16.27 \text{ w / (m}^\circ\text{K)}$ . El ducto se analizó como un sistema cerrado y con movimiento rotacional de 2 rad/s, este movimiento es para aumentar la homogeneidad del tostado de la semilla. Además, se consideró que la irradiancia que se concentra en la parte inferior del ducto permite obtener una temperatura de 160°C, de manera uniforme en toda la parte inferior. Esta temperatura está dentro del intervalo para realizar el tostado de cacao el cual es de 110 a 1160°C (Farah et al., 2012). La temperatura a la que se encuentran las demás fronteras del ducto fueron consideradas a 30°C.

Las ecuaciones que se desarrollan en cada nodo con el software en Fluent son las siguientes:

1) Las ecuaciones de Navier-Stokes unidimensional,

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \partial \rho u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ u \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} u \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right] - \rho g \delta_{i3} \quad (1)$$

Donde:  $p$  es la presión;  $u$  es la viscosidad dinámica del aire;  $g$  es la gravedad;  $\rho$  es la densidad y  $\delta_{ij}$  es el delta de Kronecker.

2) La ecuación de continuidad unidimensional:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$

Donde:  $\rho$  es la densidad del aire y  $u_i$  es la velocidad en la dirección  $\mathbf{i}$ .

3) La ecuación de estado:

$$p = \rho R_u T \quad (3)$$

Donde:  $T$  es la temperatura de aire;  $\rho$  es la densidad y  $R_u$  es la constante del gas.

4) Ecuación de conservación de la energía:

$$\rho \frac{D_i}{Dt} = -p\nabla \cdot v + \nabla \cdot (k\nabla T) + S_i \quad (4)$$

Posteriormente, una vez que se han fijado las propiedades, las condiciones de frontera y se han seleccionado las ecuaciones a resolver, se inicia la solución del modelo asignando un número de interacciones y un valor del residual para la solución del sistema de ecuaciones.

RESULTADOS

Para la solución se propusieron 10000 iteraciones con reportes cada 10 iteraciones, las iteraciones se detienen hasta que las ecuaciones convergen, es decir, se encuentra a solución. Para la solución del problema se introducen los criterios de baja relajación y se define el criterio de convergencia, que para este caso fue de  $1 \times 10^{-2}$ . Este criterio significa que si la solución en el tiempo actual comparada con la solución en el tiempo anterior, tienen una diferencia igual o menor a  $1 \times 10^{-2}$ , entonces se detiene la simulación y se dice que converge.

En la Figura 3 se observa el comportamiento de los residuales hasta su convergencia. Se puede observar que las ecuaciones convergieron a las 650 iteraciones.

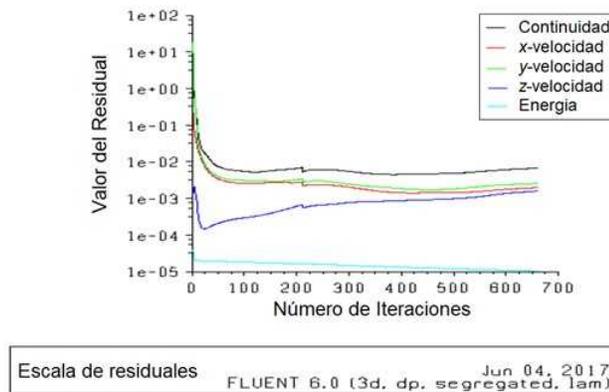


Figura 3. Valores de los residuales de las ecuaciones gobernantes.

En la Figura 4 se puede observar el perfil de temperatura obtenido en el ducto. La temperatura alcanzada en el ducto oscilo entre 124-160°C (397.15 - 433.15

K), donde la temperatura más alta se encontró en la mitad del ducto en la parte inferior. La distribución de la temperatura en el interior del ducto no fue uniforme debido al movimiento rotatorio del ducto y las propiedades del aire. Por otra parte, en la Figura 5 se presenta el comportamiento de la velocidad del aire en el interior del ducto, obteniendo una distribución con velocidades relativamente bajas, siendo la máxima velocidad obtenida de 0.123 m/s.

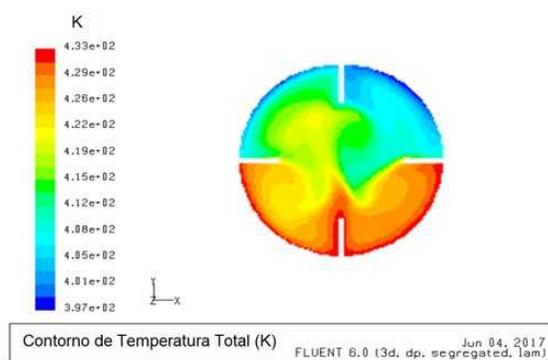


Figura 4. Distribución de la temperatura del aire en el ducto.

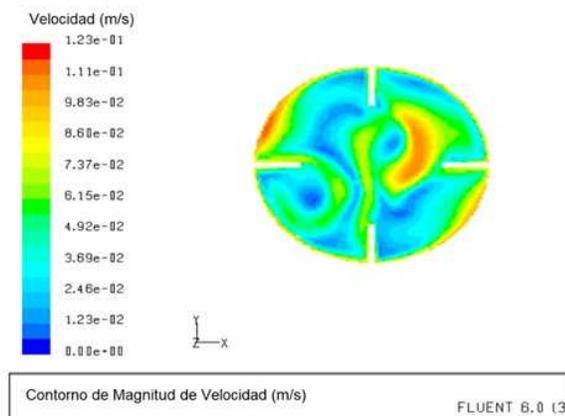


Figura 5. Distribución de la velocidad del aire en el interior del ducto.

## CONCLUSIONES

La temperatura alcanzada en el ducto se encontró en el intervalo de 124 a 160°C (397.15 - 433.15 K), este intervalo se encuentra en el intervalo de temperatura que registra la literatura para el tostado de cacao. Por lo que, los niveles de temperatura son adecuados para este proceso. Sin embargo, se pudo observar que la distribución de temperatura no es uniforme, por lo que podría afectar en la homogeneidad del tostado. Además, que las cuchillas que fueron implementadas en este diseño no permitirían que las semillas de cacao permanezcan en la parte inferior, donde se encuentran las máximas temperaturas. Por lo que, estos resultados indican que es necesario realizar adecuaciones en el diseño del ducto para obtener una distribución homogénea de la temperatura y como consecuencia un tostado más uniforme.

## REFERENCIAS

- [1] Farah, D., Zaibunnisa, A., & Misnawi, A., 2012, Optimization of cocoa beans roasting process using Response Surface Methodology based on concentration of pyrazine and acrylamide, *International Food Research Journal*, 19 (4): 1355-1359.
- [2] Jebasingh, V., & G.M.JoselinHerbert, 2016, A review of solar parabolic trough collector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 1085–1091.
- [3] Tagle, P. D., Agraz, A., & Rivera, C. I., 2016, Study of applications of parabolic trough solar collector technology in Mexican industry, *Energy Procedia*, 91: 661 – 667
- [4] Ullah, F., Khattak, M. K., Khan, M., Hassan, L., & Hasrat, K., 2016, Impact of the dehydration process on guava by using of the parabolic trough solar concentrator, *Pakistan Journal of Food Sciences*, 26 (2): 92-97.
- [5] Liu, J. T., Li, M., Yu, Q. F., & Ling, D. L., 2014, A Novel Parabolic Trough Concentrating Solar Heating for Cut Tobacco Drying System, *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy*, 2014: 1-10.

[6] Ze-Dong Cheng, Ya-LingHe, YuQiu, 2015, A detailed nonuniform thermal model of a parabolic trough solar receiver with two halves and two inactive ends, *Renew Energy*, 74: 139-147.

# **OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y DEL PROCESO DE MAQUINADO DE ROSCAS PARA TUBERÍAS DE PERFORACIÓN**

*Est. Miguel Ángel Torres Figueroa<sup>1</sup>*

*Est. Daniel García Concepción<sup>2</sup>*

*M.C. Julio César Ramírez Hernández<sup>3</sup>*

*Dr. Rubén Vásquez León<sup>4</sup>*

## **RESUMEN**

Dos importantes contribuciones se presentan en este artículo: 1). Un procedimiento para conseguir un diseño original de rosca para tuberías de perforación que supera el estándar API básico y 2). El método de maquinado que permite su manufactura, sea en tornos convencionales o en tornos de control numérico. Ambas propuestas resultan del análisis de la problemática que enfrentan los talleres de maquinado del estado de Tabasco que se dedican al reciclado de tubería de perforación que a su vez impacta en la economía y en la sustentabilidad de la perforación de pozos petroleros: Las tuberías de perforación deben conducir diferentes fluidos a alta presión. Las sartas de perforación se construyen utilizando uniones roscadas que, durante el proceso sufren diferentes modalidades de daño además del desgaste natural. Una mala conexión entre tuberías pone en peligro tanto la integridad de la unión como la seguridad del personal. Una rosca que no acople correctamente puede generar fracturas en la tubería o en las conexiones. Cuando una rosca falla, se detiene el proceso de perforación para sustituir la rosca averiada. Las fallas en las conexiones obligan a costosas maniobras de recuperación de herramientas e incrementan el tiempo muerto de la perforación. Por eso, la problemática abordada en este trabajo, integra conceptos como el buen control de la calidad, proceso de calidad y certificación de las roscas de perforación.

---

[matf\\_1993@hotmail.com](mailto:matf_1993@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[suitci@hotmail.com](mailto:suitci@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de la política ambiental mundial, en la que los países se comprometen a reducir el consumo de hidrocarburos y a invertir en investigación y desarrollo de sistemas que aprovechen otras fuentes de energía, más sustentables, el consumo de gas y petróleo seguirá acompañando a las sociedades humanas por varios años más. Dado que una buena parte de las reservas de hidrocarburo subyacen en Tabasco, la explotación continuará por varias décadas más, y demandará cada vez más procedimientos más limpios y sustentables. Por eso es importante cualquier contribución que mejore la economía y la sustentabilidad de los procesos de explotación. De entre estos, hemos elegido la reconstrucción doméstica de roscas en tuberías para sartas de perforación. Dichas sartas se forman acoplando tuberías mediante uniones roscadas. Se prefieren uniones roscadas por la facilidad que se tiene para revertir el acoplamiento [1]. Por las condiciones de servicio, estas uniones están sometidas a cargas dinámicas. Por esta razón y estas uniones son precargadas. La precarga proviene, generalmente, de un diseño de roscas ligeramente cónicas. La combinación de esfuerzos debidos a esta precarga, a la presión interna y externa, tensión axial y flexión en algunos casos provoca por supuesto, un estado de esfuerzos muy complejo en las roscas [2, 3, 4]. Dicho estado de esfuerzos se intensifica por la concentración de esfuerzos que ocurre en la zona de la unión. Esta puede atribuirse a la mayor rigidez del cople de la unión cuando se compara con la rigidez del tubo pero también a la peculiar geometría de las roscas. Al respecto, hay patentes publicadas que proponen cambios de geometría del cople para promover una mejor distribución del esfuerzo sobre las roscas [5, 6]. De aquí surgió la idea de analizar una serie de patentes para identificar cuáles son las principales tendencias de diseño y, de ser posible, hacer una propuesta al respecto.

Por otro lado, en Tabasco existen talleres que se dedican a la reparación de roscas para tuberías de perforación. Estos talleres disfrutan de certificaciones extendidas por organismos internacionales que los habilitan para dicha

actividad y son el escenario ideal para concretar físicamente cualquier innovación en materia de diseño de roscas.

## OBJETIVOS Y METAS

Analizar las patentes publicadas durante los últimos 50 años a la luz de los estándares de API e identificar la tendencia de diseño para proponer un diseño de rosca innovador, que supere el estándar de API y que sea susceptible de fabricarse, en primera instancia, en los talleres de la localidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo de investigación, en su etapa documental se recurrió a las bases de datos de patentes de la Organización Mundial de la Protección Intelectual (OMPI), de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y del Instituto Mexicano de la Protección Industrial (IMPI). El trabajo de campo se realizó aplicando la técnica de la entrevista a los propietarios y operadores de talleres certificados que realizan el servicio de reconstrucción de rosca para tuberías de perforación que se localizan en el estado de Tabasco y en la zona industrial del municipio de Reforma, Chiapas. Las entrevistas se dirigieron hacia la identificación de la problemática que los mismos enfrentan así, como a la identificación de las normas y estándares que utilizan como referente en su práctica.

El trabajo de desarrollo se realizó utilizando los recursos de cómputo y software de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## RESULTADOS

El principal resultado de este trabajo es una rosca para tubería de perforación que incorpora cualidades que minimizan la concentración de esfuerzos. Además, un protocolo de para su manufactura, programado en CNC que permite su implementación en cualquier torno de control numérico. También,

para los talleres que no tienen equipo computarizado, se elaboró una secuencia de pasos que permiten la manufactura de la rosca en tornos convencionales. En este artículo, los resultados se presentan en las siguientes figuras. Los detalles de manufactura forman parte de una solicitud de patente en trámite y no se divulgan aquí.

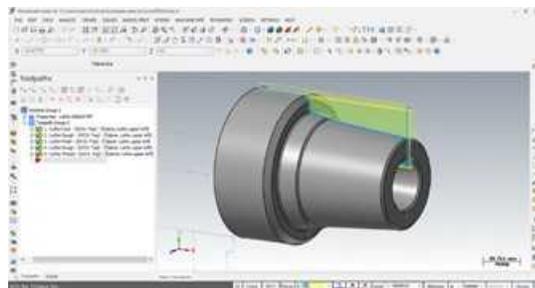


Figura 1. Simulación de la rosca innovada en CNC

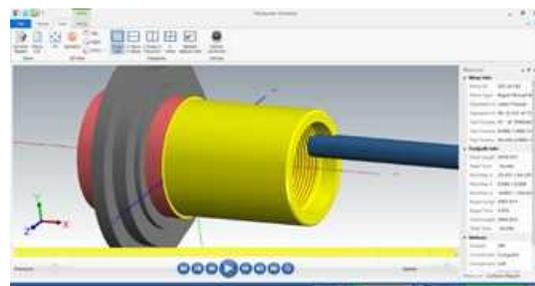


Figura 2. Simulación de la rosca innovada en CNC



Figura 3. Manufactura de la rosca (macho) en torno convencional



Figura 4. Manufactura de la rosca (hembra) en torno convencional.

## DISCUSIÓN

El análisis sistematizado de patentes, ha permitido la innovación sustentada en el conocimiento de las roscas para conexiones de tuberías de perforación, sin incurrir en prácticas de piratería.

Los cambios sutiles en la geometría de la rosca, permiten una notable reducción de la concentración de esfuerzos.

El código de control numérico constituye materia de propiedad intelectual transferible y comercializable.

## CONCLUSIONES

Este trabajo constituye una contribución valiosa para la mejora de los procesos de maquinado de roscas API en tubos de perforación utilizando tornos convencionales y tornos de Control Numérico computarizado en talleres del estado de Tabasco y norte de Chiapas. La contribución principal es el protocolo de mecanizado, mismo que es aplicable a tornos convencionales pero también se implementó para tornos de Control Numérico Computarizado.

A lo largo de este trabajo se encontró información relevante y actual que evidencia la factibilidad de realizar investigación y desarrollo que impacte en actividades relacionadas con la industria local, particularmente en cómo agilizar y resolver problemas de la práctica de la manufactura por torneado, sea con torno convencional o de control numérico computarizado.

La información se traduce en una propuesta que incorpora las tendencias actuales en diseño de roscas para tuberías petroleras. Cabe señalar que dicha propuesta es fácil de maniobrar, sobre todo si se tiene la experiencia adecuada en manejo del torno.

También hay que enfatizar que la propuesta para mejorar el maquinado de roscas API en tubos de perforación que se presenta permite, gracias a la identificación que se hizo de problemas puntuales que ocurren durante la manufactura, reducir tiempos muertos y tiempo en horas-hombre durante el proceso. Además, permite hacer ajustes, de acuerdo a las necesidades y presupuesto de cada persona, para generar ahorros significativos en el consumo de energía, herramental y materiales, ya que la investigación de campo asociada a este proyecto nos permitió detectar y recopilar métodos de ahorro energético que se usan en la práctica cuando se opera con máquinas-herramienta. La decisión respecto a la implementación de la metodología del diagnóstico energético es bastante importante debido a que el usuario deberá asumir el proyecto identificando los puntos clave y en la industria es muy importante el ahorro de energía, horas-hombre y reducción de tiempos muertos de las máquinas-herramienta.

La experiencia adquirida en la fase experimental nos permitió constatar la importancia que tiene conocer las máquinas-herramientas y sus potenciales, conocer a profundidad la pieza a maquinar desde sus dimensiones hasta su geometría final tal como lo indican los planos mecánicos y conocer muy bien los parámetros de la máquina como lo son grados de libertad y límites, para seleccionar correctamente las herramientas de corte a utilizar, así como manipular y seleccionar las velocidades de avance y giro del husillo.

REFERENCIAS

- [1] Bourgoyne AT, Chenevert ME, Millheim K, Young FS Jr. Applied Drilling Engineering. SPE Textbook Series. Vol. 2. Richardson: Society of Petroleum Engineers; 1986. 502 p.
- [2] van Wittenberghe J. Experimental analysis and modelling of the fatigue behaviour of threaded pipe connections. [Dissertation]. Ghent: Ghent University; 2011. 287 p.
- [3] Yamamoto K, Kobayashi K, Maguchi T, Ueno K. Stress Analysis of Premium Threaded Connection "FOX" by Finite Element Method. Kawasaki Steel Giho. 1989;21(3):202-207.
- [4] Galle T, De Waele W, De Baets P, van Wittenberghe J. Influence of Design Features on the Structural Integrity of Threaded Pipe Connections. Sustainable Construction and Design. 2011;2(2):237-245.
- [5] Galle T, van Wittenberghe J, Camelia Julia F, De Waele W, De Baets P. Effect of Load Flank Angle Modifications on the Structural Integrity of Buttress Threaded Connections. Sustainable Construction and Design. 2013;4(1):7p.
- [6] van Wittenberghe J, De Baets P, De Waele W, Galle T, Bui TT, De Roeck G. Design Characteristics that Improve the Fatigue Life of Threaded Pipe Connections. Sustainable Construction and Design. 2011;2(2):334-341.
- [7] Manual de introducción a la perforación SCHLLUMBERGER.
- [8] Programa de entrenamiento. Schlumberger.
- [9] American Petroleum Institute. (2001). API Specification 5D: Specification for Drill Pipe. Washington, D.C.: API Publishing Services.
- [10] American Petroleum Institute. (2001). API Specification 7: Specification for Rotary Drill Stem Elements. Washington, D.C.: API Publishing Services.
- [11] American Petroleum Institute. (2006). API Specification 7-1: Specification for Rotary Drill Stem Elements. Washington, D.C.: API Publishing Services.
- [12] American Petroleum Institute. (2008). API Specification 7-2: Specification for threading and gauging of rotary shouldered thread connections. Washington, D.C.: API Publishing Services

## **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE UN INVERSOR FOTOVOLTAICO CON EL MÉTODO DE FIGURAS DE LISSAJOUS.**

*M.C. Juan Carlos Yris Pastor<sup>1</sup>*

*M. C. Luis Manuel López Manrique<sup>2</sup>*

*M.C. Rufo Palacios Martínez<sup>3</sup>*

*Ing. Javier Vidal Magaña<sup>4</sup>*

### RESUMEN

En el presente trabajo se presenta el cálculo del factor de potencia (F.P.) de un inversor fotovoltaico monofásico conectado a la red eléctrica de CFE (Comisión Federal de Electricidad), utilizando el método de figuras de Lissajous. Con el fin de observar la eficiencia que presenta el inversor en condiciones de alta radiación. Se tomó una muestra de la señal de corriente y voltaje en las salidas del inversor utilizando un osciloscopio digital para posteriormente utilizar la opción de formato XY y calcular el desfaseamiento entre las señales aplicando el método antes mencionado. También se muestra el cálculo realizado de los parámetros eléctricos para complementar los datos obtenidos con el osciloscopio.

### INTRODUCCIÓN

El uso de sistema fotovoltaico en la actualidad es una medida alternativa para la producción de energía. Los inversores fotovoltaicos conectados a la red eléctrica deben cumplir con normas para su adecuada interconexión y un punto de ellos a tratar es el factor de potencia. El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente que indica el aprovechamiento de la energía [1]. En el uso de sistemas fotovoltaicos la

---

[juan\\_yris@yahoo.com.mx](mailto:juan_yris@yahoo.com.mx) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
[lopman20094@hotmail.com](mailto:lopman20094@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

radiación juega un papel muy importante a la hora de generar potencia y esto se ve reflejado en el valor del factor de potencia. El rendimiento de los inversores depende mucho de su factor de potencia y por lo tanto al trabajar con un F.P. menor a 1 su rendimiento disminuye. La disminución del F.P. trae consigo generación de armónicos de voltaje y corriente que distorsionan la señal de salida de los inversores [2]. Por lo tanto, es necesario corregir el factor de potencia con la colocación de bancos de capacitores, cuando el inversor este trabajando por debajo de 0.9 y así evitar fallas prematuras en el equipo.

### OBJETIVOS Y METAS

Determinar el factor de potencia con una alta radiación utilizando el método de figuras de Lissajous.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Materiales y equipo

Las muestras tomadas se realizaron con un osciloscopio marca Tektronix modelo TPS 2014B. Este equipo ofrece un amplio rango de diferentes tipos de medición además cuenta con 4 canales aislados que permiten proteger al equipo ante fallas eléctricas.

#### Metodología

Las puntas de voltaje y de corriente son conectadas en las dos fases a la salida del inversor con el fin de obtener las señales y los datos necesarios para el cálculo del factor de potencia. Una vez tomada la forma de onda de las señales de voltaje y corriente presente se procede a configurar el osciloscopio en formato XY para obtener la figura de Lissajous.

El procedimiento para calcular dicho desfaseamiento consiste en señalar en la figura mostrada en el plano XY el punto más alto en el eje X y el punto donde la señal intersecta el eje Y. Posteriormente se aplica la siguiente fórmula para encontrar el ángulo de desfaseamiento.

$$\text{Sen } \theta = \frac{Y_O}{Y_M} \rightarrow \theta = \text{Sen}^{-1} \left( \frac{Y_O}{Y_M} \right) \quad (1)$$

Donde:

$Y_O$  = Intersección en el eje Y

$Y_M$  = Punto más alto de la señal en el eje X

Finalmente se aplica la formula siguiente para encontrar el factor de potencia presente en ambas fases.

$$F.P. = \cos \theta \quad (2)$$

## RESULTADOS

El inversor fotovoltaico analizado es de la compañía Fronius modelo **IG PLUS V 7.5-1 UNI** como se muestra en la Figura 1. Tiene un F.P. de 1 con potencia de salida nominal que es igual a 7500 W.



Figura 1. Inversor del sistema fotovoltaico.

En la Figura 2 se muestran la forma de onda obtenida con el osciloscopio tomada en ambas líneas.

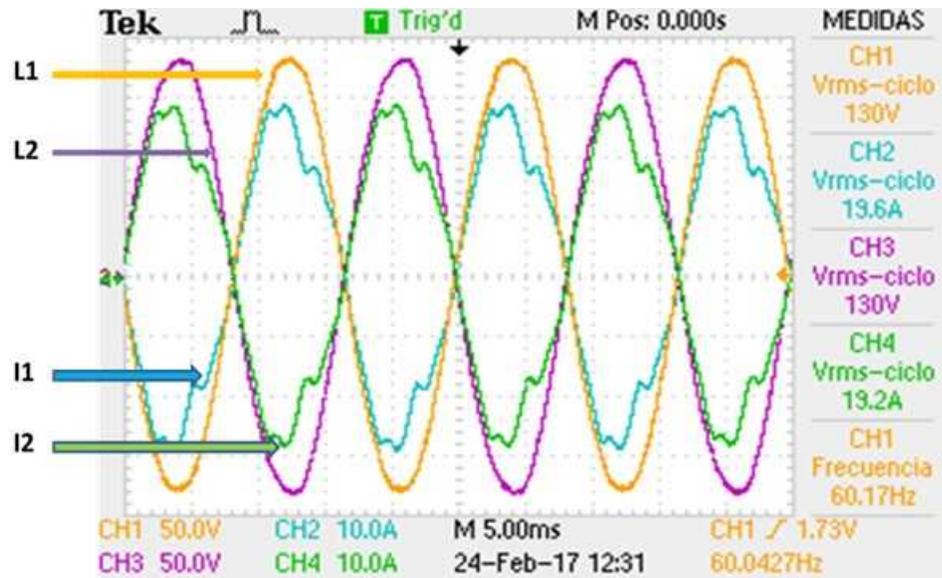


Figura 2. Señales de voltaje y corriente en ambas L1-N y L2-N.

En la Figura 3 se observa la señal de voltaje y corriente en el plano XY en la Línea 1. Aplicando el método de Lissajous se señaló los puntos que se requieren para hacer el respectivo cálculo del factor de potencia. Se puede observar que el valor de  $Y_0$  es de 30 V y para el valor de  $Y_M$  se puede notar que hay 190 V.

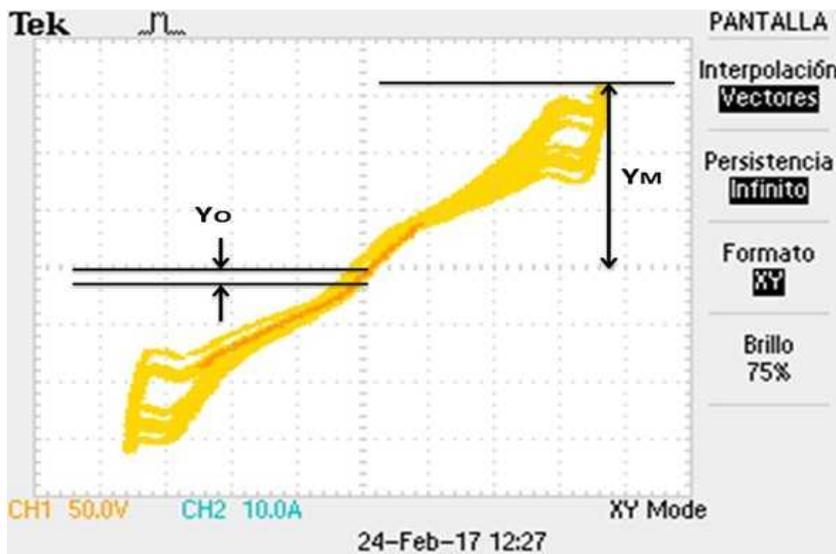


Figura 3. Voltaje y corriente en el plano XY de la Línea 1.

Aplicando la ecuación (1) se obtiene un ángulo de desfase entre las señales.

$$\theta = \text{sen}^{-1} \frac{30 V}{190 V} = 9.08^\circ$$

Una vez encontrado el ángulo se determina el F.P. aplicando la ecuación (2).

$$F.P. = \cos(9.08^\circ) = 0.98$$

En la Figura 4 se muestra la señal en el plano XY obtenida en la Línea 2. Se puede observar la localización de los puntos para calcular el desfase de las señales.

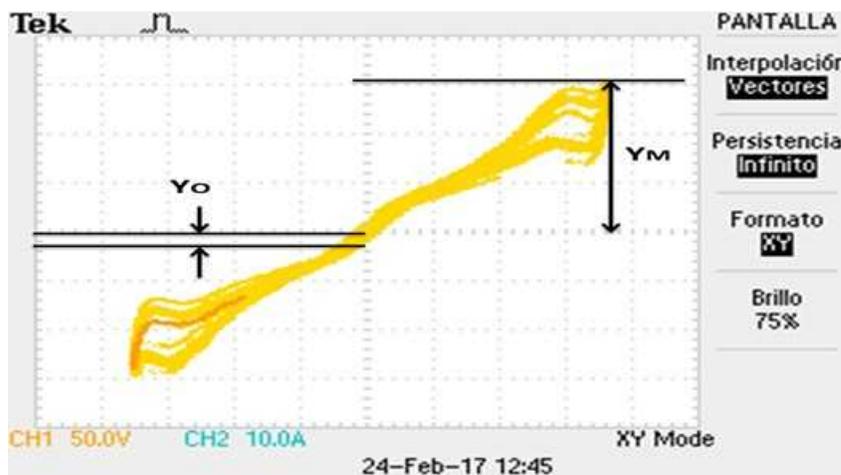


Figura 4. Voltaje y corriente en el plano XY de la Línea 2.

Se aplica la ecuación (1) para encontrar el ángulo de desfase con el método de Lissajous.

$$\theta = \text{sen}^{-1} \frac{20 V}{180 V} = 6.37^\circ$$

Con el dato del ángulo se determina el F.P. presente en la Línea 2, haciendo uso de la ecuación (2).

$$F.P. = \cos(6.37^\circ) = 0.99$$

Con los datos mostrados en la Figura 2 y el ángulo de desfase se realizaron cálculos adicionales de los componentes de potencia presentes en el instante en que fue tomada la medición. Los cálculos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros eléctricos en L1.

<b>Componentes de potencia</b>	
<b>Fase 1 ( L1 )</b>	
<b>∞Factor de potencia (F.P.)</b>	$F.P. = \text{Cos}\theta_1 = \text{Cos}(9.08^\circ) = 0.987$
<b>∞Potencia activa (W)</b>	$P = (V_{RMS}) (I_{RMS}) \text{Cos}\theta_1 = (130 \text{ V}) (19.6 \text{ A}) (\text{Cos}(9.08)) = 2,516.1 \text{ W}$
<b>∞Potencia reactiva (VAR)</b>	$Q = (V_{RMS}) (I_{RMS}) (\text{sen}\theta_1) = (130 \text{ V}) (19.6 \text{ A}) (\text{sen}(9.08)) = 402.1 \text{ VAR}$
<b>∞Potencia aparente (S)</b>	$S = V_{RMS} I_{RMS} = (130 \text{ V}) (19.6 \text{ A}) = 2,548 \text{ VA}$
<b>∞Potencia debida a los armónicos de corriente</b>	$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{(2,548)^2 - (2,516.1)^2 - (397.1)^2} = 62.1 \text{ VA}$

En la Figura 5 se muestra el triángulo de potencia resultante con base en los cálculos realizados de los componentes de potencia.

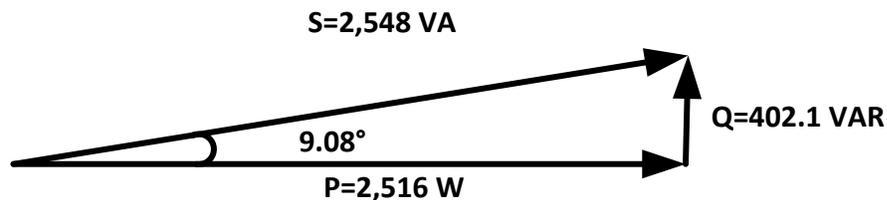


Figura 5. Triángulo de potencia en la Línea 1.

Se realizó el mismo procedimiento para la Línea 2 y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 2. En la Figura 6 se muestra el triángulo de potencias obtenido con esta Tabla.

Tabla 2. Parámetros eléctricos en L2.

Componentes de potencia	
Fase 2 ( L2 )	
∞	<b>Factor de potencia (F.P.)</b> F.P. = $\text{Cos}\theta_2 = \text{Cos}(6.37^\circ) = 0.993$
∞	<b>Potencia activa (W)</b> $P = (V_{RMS}) (I_{RMS}) \text{Cos}\theta_2 = (130 \text{ V}) (19.2 \text{ A}) (\text{Cos}(6.37^\circ)) = 2,480.6 \text{ W}$
∞	<b>Potencia reactiva (VAR)</b> $Q = (V_{RMS}) (I_{RMS}) (\text{sen}\theta_2) = (130 \text{ V}) (19.2 \text{ A}) (\text{sen}(6.37^\circ)) = 276.9 \text{ VAR}$
∞	<b>Potencia aparente (S)</b> $S = V_{RMS} I_{RMS} = (130 \text{ V}) (19.2 \text{ A}) = 2,496 \text{ VA}$
∞	<b>Potencia debida a los armónicos de corriente</b> $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{(2,496)^2 - (2,480.6)^2 - (276.9)^2} = 54.2 \text{ VA}$

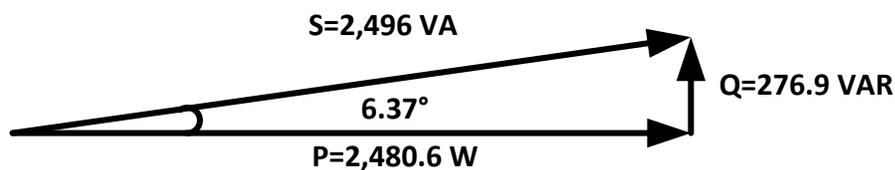


Figura 6. Triángulo de potencias en la Línea 2.

## DISCUSIÓN

La radiación presente en la medición fue de 800 W/m<sup>2</sup>. Se puede observar que mediante el análisis de Lissajous para el cálculo del F.P. ambas líneas

presentan un valor de 0.98 y 0.99 respectivamente. Con base en los datos de componentes de potencia se puede observar las condiciones eléctricas presentes que contribuyen a obtener un F.P. alto, entre ellas la que proporciona un mayor impacto en cuanto al valor del F.P. es la potencia activa y reactiva generada por el inversor. Como se mencionó anteriormente el F.P. es igual a 1 a potencia de salida nominal. Sin embargo la potencia activa total generada es el 66.6% de la potencia nominal y se puede observar que el F.P. se encuentra en valores cercanos a 1. Analizando las ambas líneas por separado se observa que la Línea 1 está produciendo el 67.1% de la potencia total que puede entregar, mientras que la Línea 2 entrega solo el 66.1%. Se puede notar que la Línea 1 entrega más potencia activa que la Línea 2, sin embargo el factor de potencia es mejor en la Línea 2. Esto es debido a que la primera Línea genera más potencia reactiva y por lo tanto el ángulo de desfaseamiento es mayor. Esto se representa gráficamente en el triángulo de potencia de cada Línea, en las cuales se puede observar que mientras mayor sea la potencia reactiva el ángulo de desfaseamiento aumentará.

## **CONCLUSIONES**

Con base en los datos obtenidos se llega a la conclusión que los inversores interconectados a la red eléctrica presentan un F.P. cercano a 1 cuando la radiación presente es alta. Otra forma de ver el comportamiento del F.P. es mediante la cantidad de potencia que este entregando el sistema, debido a que los paneles fotovoltaicos dependen de la radiación para generar potencia y como se pudo observar, cuando la Línea está entregando más del 60% los niveles de F.P. se encuentra dentro de un rango adecuado. Otro factor fundamental en cuanto al comportamiento del F.P. fue la potencia reactiva ya que al alimentar más cargas reactivas su valor aumenta y con ello el F.P.

## REFERENCIAS

- [1] Garza, C., Ramón, S., & Martínez, R. Corrección de factor de potencia con bancos de capacitores distribuidos en la industria maquiladora.
- [2] Martínez, S. (2015). Calidad de energía en sistemas de generación renovable. Recuperado de <https://constructorelectrico.com/calidad-de-energia-en-sistemas-de-generacion-renovable/>
- [3] Ramírez, E. T. (2008). Distorsión Armónica. Programa de Ahorro de Energía AP&C.
- [4] Avendaño, M. (2015). Requerimientos de potencia reactiva para plantas fotovoltaicas. Caso de estudio. Recuperado de <https://constructorelectrico.com/requerimientos-de-potencia-reactiva-para-plantas-fotovoltaicas-caso-de-estudio/>

# **FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD MEZCLADAS EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO.**

*M.I.H. Enrique Campos Campos<sup>1</sup>*

*M.I.H Leobardo Alejandro Quiroga<sup>2</sup>*

*EST. Francisco Velázquez Velázquez<sup>3</sup>*

## **RESUMEN**

Cuando se aplican métodos estadísticos para determinar las lluvias máximas y calcular con ellas los gastos de diseño, con base en métodos hidrológicos, lo común es ajustar funciones de distribución de probabilidad de una sola población a dichas lluvias. En este trabajo se consideró el caso en que las series de lluvias máximas no provienen de un solo fenómeno meteorológico, por lo que se trabajó con modelos de distribución de probabilidad para dos y tres poblaciones. Se recopiló información hidrometeorológica, consistente en lluvias máximas ocurridas en las costas del golfo de México, esta información se utilizó para hacer un análisis de frecuencia con varias distribuciones de probabilidad. Después de este proceso la distribución de probabilidad que mejor se ajustó, fue la Gumbel de dos poblaciones. Lo cual muestra que los datos de la zona en estudio provienen de más de una población y el modelo estadístico brinda la posibilidad de obtener ajustes más precisos en la estimación de las lluvias de diseño.

## **INTRODUCCIÓN**

En zonas costeras expuestas a la acción de los ciclones, por lo general las series de lluvias provienen de dos o más fenómenos hidrológicos. [3] presentan la función de probabilidad de valores extremos tipo I para tres poblaciones (T3PG), y su aplicación en el análisis de frecuencia de gastos máximos anuales. El modelo ha trabajado muy bien en la mayoría de las muestras de gastos

---

[ecc1958@hotmail.com](mailto:ecc1958@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

[alejandro\\_leobardo@hotmail.com](mailto:alejandro_leobardo@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

máximos hasta ahora analizados, Escogieron las muestras de gastos máximos anuales de las estaciones hidrométricas de Santa Cruz y Guamuchil ubicadas en el estado de Sinaloa y Villalba en el estado de Chihuahua, todas en el noroeste de México.

Por otro lado [4], aplicaron la función de probabilidad general de valores extremos para tres poblaciones (TPGVE), en el análisis de frecuencia de caudales máximos anuales. El modelo propuesto resultó ser la mejor opción de ajuste a los datos de muestras provenientes de varias poblaciones. La literatura técnica sobre análisis de caudales máximos anuales para una población es abundante [2]. No así la que se tiene para modelar muestras de caudales máximos anuales cuando estas contienen dos o más poblaciones. El uso de funciones de probabilidad mezcladas, para ajustar muestras provenientes de dos o más poblaciones ha sido propuesto desde tiempo atrás, [1].

En este trabajo, se realizó un análisis de frecuencia, ajustando funciones de distribución de probabilidad, aplicando modelos de; una, dos y tres poblaciones a los datos de lluvia recopilados, en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos, son de utilidad para estimar la tormenta de diseño en cualquier sitio de la zona en estudio, la cual puede ser aplicada por profesionales en hidrología, así como estudiantes y maestros de nivel licenciatura y maestría.

#### OBJETIVOS Y METAS

Recopilar los registros de precipitación en la zona de estudio, obtener las series anuales de lluvias máximas, calcular las estadísticas de las muestras para analizar la homogeneidad de las mismas. Ajustar funciones de distribución de probabilidad a las muestras obtenidas. Seleccionar la función de distribución de probabilidad que mejor se ajuste y permita estimar de manera más precisa la lluvia máxima de diseño.

Del proyecto se obtendrá una tesis a nivel licenciatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló información pluviométrica (Lluvias), en la base de datos de la CONAGUA, para 34 estaciones localizadas en las costas del golfo de México, específicamente en los Estados de Quintana Roo, Veracruz y Tamaulipas, que son regiones expuestas al efecto de ciclones. Por lo que se realizó un análisis de frecuencia considerando distribuciones de probabilidad mezcladas, las cuales consideran el efecto de los ciclones, también se ajustaron funciones de probabilidad univariadas para comparación y determinar cual hace el mejor ajuste. Las distribuciones univariadas consideradas son; la general de valores extremos tipo I (Gumbel) para máximos, ecuación (1), general de valores extremos (GVE) para máximos, ecuación (2). Y las mezcladas; Gumbel para dos poblaciones la cual sigue el modelo, ecuación (3), Gumbel para tres poblaciones que tiene el modelo, ecuación (4). Después de realizar el ajuste a los datos con los cuatro modelos estadísticos, aplicando un método de optimización como el de Hooke and Jeeves, se calculó el error estándar de ajuste (EEA), ecuación (5), en todas las estaciones consideradas, para determinar cual modelo hace mejor ajuste.

$$F(x; \underline{\theta}) = \exp \left[ - \exp \left( - \frac{x - x_0}{\alpha} \right) \right] \quad (1)$$

Donde:  $\alpha_1$  y  $x_0$  son los parámetros de escala y ubicación respectivamente

$$F(x; \underline{\theta}) = \exp \left\{ - \left[ 1 - \frac{(x - x_0)}{\alpha} \beta \right]^{\frac{1}{\beta}} \right\} \quad (2)$$

Donde:  $\underline{\theta}$  es uno de los parámetros de la función,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $x_0$ , son los parámetros de escala, forma y ubicación respectivamente.

$$F(x; \underline{\theta}) = (1 - P)F_1(x; \theta_1) + PF_2(x; \theta_2) \quad (3)$$

P es la proporción de la segunda población en la mezcla.

$$F(x; \underline{\theta}) = P_1 F_1(x; \theta_1) + P_2 F_2(x; \theta_2) + (1 - P_1 - P_2) F_3(x; \theta_3) \quad (4)$$

$P_1$  y  $P_2$  son las proporciones de la primera y segunda población en la mezcla respectivamente.

$$EEA = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)}{(n - m)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Donde:  $x_i$  son los valores históricos de la muestra de datos,  $\hat{x}_i$  son los valores producidos por la función de distribución correspondiente a los periodos de retorno de los valores históricos,  $n$  es el tamaño de la muestra y  $m$  es el número de parámetros de la función de distribución.

## RESULTADOS

Después de aplicar el método de optimización de Hooke and Jeeves, a los cuatro modelos de distribución de probabilidad considerados, ecuaciones de la (1) a la (4), en las 34 estaciones seleccionadas, con más de 20 años de registro cada una. Se obtuvieron los parámetros de ajuste, también se probó la bondad de ajuste de cada distribución ecuación (5), y se dibujaron las curvas de ajuste contra los datos de lluvia, donde se puede apreciar visualmente la aproximación de los modelos en cada estación hidrológica. A manera de ejemplo se muestra la gráfica que corresponde a la estación donde, la Gumbel de dos poblaciones hace el mejor ajuste fig. (1).

## DISCUSIÓN

Con respecto a las 34 estaciones analizadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste, calculando el error estándar de ajuste (EEA), ec. (5). La distribución Gumbel de dos poblaciones, hizo el mejor ajuste en 25 de ellas. La distribución

de Gumbel para una población en seis, la distribución Gumbel de tres poblaciones en dos y la distribución GVE en una estación.

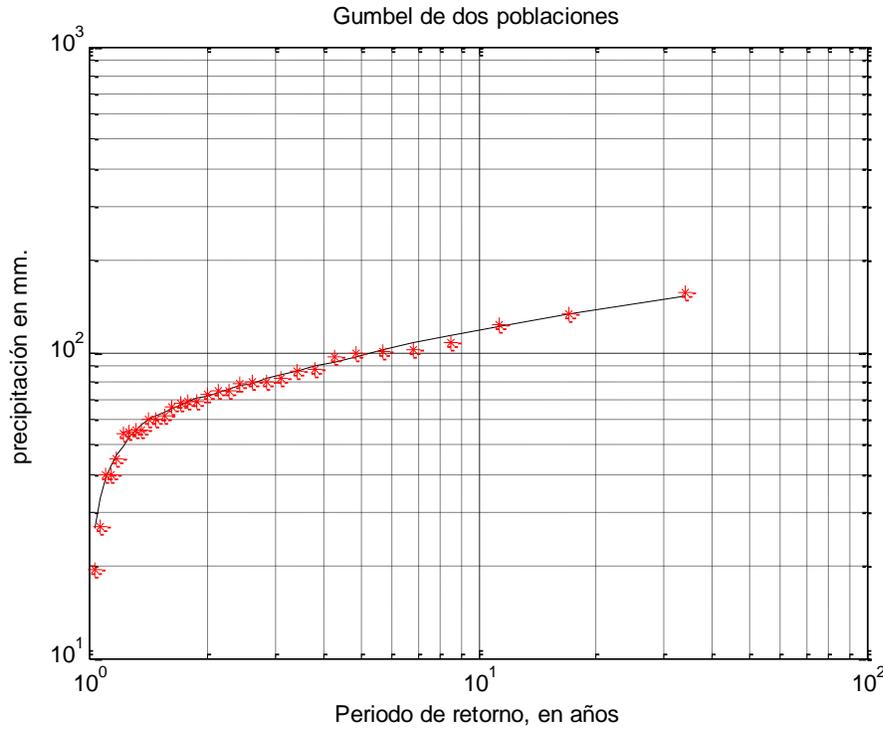


Figura 1: Gráfica de mejor ajuste, en la estación Limones del Estado de Quintana Roo.

Contraste de las distribuciones de mejor ajuste; Gumbel de dos poblaciones contra la distribución Gumbel de una población;

Las seis estaciones donde hace mejor ajuste la Gumbel de una población son las siguientes: I.N.I. arroyo caechet, puerto morelos, solferino, sontecomapan, palo solo, Francisco González Villarreal. Con errores estándar de ajuste; 19.07, 5.07, 17.84, 12.98, 5.82 y 6.07 para cada estación respectivamente. Con diferencias en porcentaje respecto a la Gumbel de dos poblaciones de; 4.46 %, 8.8%, 4.5%, 8.66%, 1.6% y 5% respectivamente. Se observan errores estándar pequeños, y también las diferencias en porcentaje, lo que indica el buen ajuste de ambas funciones en estas estaciones. Lo mismo sucede con las 25 estaciones donde la Gumbel de dos poblaciones hace el mejor ajuste. La

distribución Gumbel de tres poblaciones resultó con menor aproximación, haciendo el mejor ajuste solo en dos estaciones; la presumida y Campeche con errores estándar de 22.87 y 13.9 respectivamente.

## CONCLUSIONES

Cuando puede demostrarse que una muestra de lluvias máximas anuales proviene de dos o más poblaciones, el usar metodologías como la propuesta produce resultados que mejoran los obtenidos por el procedimiento tradicional de considerar que la muestra proviene de una sola población.

El modelo Gumbel de dos poblaciones demostró ser superior a los modelos considerados de una población; así como también al de la distribución Gumbel que considera tres poblaciones.

## REFERENCIAS

- [1] Gumbel, E. J. "Statistics of Extremes", Columbia University Press, 375 págs. New York, EUA. (1958).
- [2] Rao, A. R. y K. H. Hamed, "Flood Frequency Analysis", CRC Press, 350 págs. Boca Ratón, EUA (2000)
- [3] Raynal, J. A. y L. G. García, "Análisis de Frecuencias de Gastos Máximos Anuales Usando la Distribución de Valores Extremos Tipo I para Tres Poblaciones", Información Tecnológica, 15(3), págs 97-104 (2004).
- [4] Raynal, J. A. y L. G. García, "Análisis de caudales máximos anuales usando la distribución GVE para tres poblaciones". Información tecnológica vol.-16 No. 4 2005 p. 69-75.

# **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN RELACIÓN CON LAS ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS, COMO INDICADORES DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL MÉXICO-CUBA**

*Aída López Cervantes<sup>1</sup>*

*Isabel Valdivia Fernández<sup>2</sup>*

*Haydee Pérez Castro<sup>3</sup>*

*Jorge Flores González<sup>4</sup>*

*Ricardo Izquierdo Ramírez<sup>5</sup>*

## RESUMEN

El cambio climático, es un hecho que se registra con mayor magnitud y frecuencia cada día, y sus afectaciones vulneran los asentamientos humanos. Existen dos vertientes en los trabajos de investigación y planteamiento de acciones ante el cambio climático, la primera va en función de la mitigación de los efectos de cambio; y la segunda busca la adaptación. Esta investigación propone diagnosticar y evidenciar las condiciones físico espaciales y estructuras morfológicas edificatorias en dos lugares de climas similares, Tabasco, México y La Habana, Cuba, que permitan delinear mejoras diseñísticas en emplazamientos urbano-arquitectónicos, como estrategia de adaptación al cambio climático. Es antecedida por un estudio de las condiciones microclimáticas del espacio abierto de la Unidad Chontalpa de la UJAT, y se enfocó en la materialidad y disposición del espacio abierto, diagnosticando cada área funcional de los espacios. Con los resultados obtenidos se generaron bases de datos de isotermas para inferir la respuesta entre las condiciones de diseño, así como la relación entre el comportamiento y el concepto diseñístico. De este estudio piloto, se propone la presente metodología.

---

[arqalo@hotmail.com](mailto:arqalo@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[dearqayd@hotmail.com](mailto:dearqayd@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## INTRODUCCIÓN

El Cambio climático se define como una variabilidad en el clima a lo largo de un período. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático lo atribuye indistintamente a factores de orden natural y antropogénico, en tanto que en la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), el cambio climático es una variabilidad a lo largo de un período resultado de las actividades humanas, alterando la variabilidad climática natural por afectaciones en la atmósfera. En cualquier caso, la preocupación actual sobre el cambio climático se deriva de las observaciones e investigaciones que se han realizado y que denotan un incremento global en la temperatura “De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850)” (IPCC, 2007, P.2). Este incremento en la temperatura global, tiene diversas afectaciones, primero la elevación de la temperatura, caracterizada, durante la época posindustrial y en los últimos 50 años, y la elevación del mar que poco a poco va ganado terreno costero.

Desde finales del siglo XX, se han firmado acuerdos entre los países para la atención a los problemas derivados. El IPCC define la adaptación como “iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático” (en Semarnat, Cambio Climático en México). Definen la adaptación al cambio climático como la capacidad de los sistemas humanos y naturales para ajustarse, de manera espontánea u ordenada, a los impactos climáticos adversos [4]. Y se refieren a la mitigación como las acciones para reducir las causas de origen humano que provocan las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) a la atmósfera.

Las alteraciones por el cambio climático pueden producir daños a las poblaciones, estas posibles afectaciones se convierten en una amenaza, definida como “la probabilidad de que ocurra un evento, en un lugar y un

tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños” [4]. Así, la falta de atención a los problemas derivados del cambio climático hace más susceptibles a los países, otorgándoles un alto grado de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad según el IPCC está definida por el grado de susceptibilidad de un sistema, o su incapacidad de afrontar efectos adversos del cambio climático, incluyendo variabilidad climática y eventos extremos [2]. Esta inclusión de la variabilidad climática toma importancia para los objetivos de esta investigación.

La vulnerabilidad ha sido retomada por investigaciones, desde la perspectiva económica y social, y en últimas fechas ha aparecido una perspectiva de investigación sobre vulnerabilidad ambiental. Uno de los aspectos desarrollados para el estudio de la vulnerabilidad, es la toma de decisiones de los indicadores que den cuenta de la misma. Desde la perspectiva de la vulnerabilidad ambiental, esta, ha sido estudiada vinculada a los desastres naturales y a los escases de alimentos, sin embargo, existen otras líneas de investigación que requieren ser atendidas, en las que se ha comenzado a trabajar pero que aún no hay datos suficientes para poder establecer causas y correlaciones. Uno de estos campos se refiere las islas de calor.

Muchos son los indicadores de mitigación y adaptación que se han establecido, pero ningún plan y programa de acción o estrategia es pertinente o correctamente dimensionada si no es precedida por un diagnóstico adecuado. En lo referente a las metodologías de análisis, tampoco existe un consenso universal para poder medir las variables y detectar los indicadores, por lo que hacer referencia a los informes y reportes de los paneles intergubernamentales es una base para considerar adecuado y pertinente el desarrollo de investigaciones con los indicadores especificados en dichos reportes.

## PROBLEMÁTICA

Como afirma Landa [4], las alteraciones por el cambio climático afectarán a los asentamientos humanos, por lo que el sector urbano será vulnerable a las consecuencias y repercusiones. Dicha vulnerabilidad estará definida por factores como la edad de la población, su concentración, el grado de industrialización, los peligros a los que las viviendas están expuestas, la calidad de las infraestructuras, entre otros. El crecimiento poblacional urbano ha acarreado diversidad de problemas en los ámbitos de salud, sociales y alimentarios. Al respecto Magaña y Gay [5] mencionan que la vulnerabilidad de los asentamientos se da principalmente en cuanto al acceso al agua, la comida, las energías para enfriamiento de casas y la conservación de alimentos.

Entre las alteraciones producidas con el crecimiento poblacional, se encuentra el aumento de temperatura del aire, proveniente del calor producido por la concentración de población en áreas urbanas localizadas, este incremento de la temperatura se conoce como islas de calor. Son consideradas como un indicador de la vulnerabilidad, que, sin embargo, una vez diagnosticadas con relación a otros factores sociales y físicos de los asentamientos, podrán conducir a acciones de adaptación o mitigación. Son provocadas por la cada vez mayor utilización de asfalto, concreto y materiales no permeables en la construcción de ciudades; presentan temperaturas considerablemente más altas que las zonas rurales aledañas.

Existen tres tipos, las islas de calor de capa de dosel, las islas de calor superficial y las islas de calor perimetral [6]. Cada una requiere para su estudio de diferentes metodologías en la toma de registros. La isla de calor de capa de dosel se refiere a la temperatura de la atmósfera a la altura media de las edificaciones; la capa de perímetro urbano, se extiende por encima de capa de dosel, con una variabilidad en su espesor entre la noche y el día; la isla de calor de superficie, hace referencia a la temperatura de la superficie urbana. La estructura y composición urbana son determinantes en las islas de calor, la consecuencia de las islas de calor urbano, son el mayor consumo de agua, la

polución del aire, la mayor cantidad de energéticos para enfriamiento y refrigeración, afectaciones a la salud humana y una a mayor cantidad de liberación de GEI.

#### OBJETIVOS Y METAS

El objetivo planteado es determinar la existencia de microclimas que puedan caracterizarse o conducir a la conformación de islas de calor, en correspondencia con los patrones del espacio, morfología, estructura y composición de suelo.

La meta es construir bases de datos en mapas de unidades y catálogos que den cuenta de la vulnerabilidad ambiental, en relación al comportamiento microclimático de lugares específicos.

Al ser esta una metodología propuesta para desarrollarse en dos países con condiciones ambientales similares, se pretende construir bases de datos en mapas de vulnerabilidad y tablas comparativas de los lugares estudiados de Tabasco, México y la Habana, Cuba.

Obtener datos o lecturas de la situación actual de la temperatura de superficie.

Encontrar un coeficiente de relación entre la temperatura y la estructura morfológica.

Establecer la diferencia de temperatura en distintos puntos para dibujar mapas de isotermas superficiales.

#### MATERIALERIALES Y METODOS

La metodología para abordar la investigación se propone de tipo explorativo descriptivo. Se determinarán estudios de caso; para ello se pretende seleccionar los sitios que se incorporarán a esta investigación. Una vez que se han identificado los sitios, se describirán los aspectos bajo una serie de indicadores de vulnerabilidad ambiental en México y en Cuba.

Las etapas planteadas para el presente proyecto, son:

I Etapa, Preliminares del proyecto, correspondiente al planteamiento de antecedentes sobre los componentes y tipologías de los asentamientos en situación de vulnerabilidad e identificación de indicadores a través de levantamientos. En esta etapa se incorporarán las zonas de estudio que se determinen por cada investigador participante.

II Etapa, Investigación de campo, identificación de elementos indicadores de vulnerabilidad ambiental, generadores de variabilidad de temperatura urbana, y levantamiento y registro de los datos morfológicos que devuelvan información para la identificación de islas de calor y de variables con impacto en las mismas.

III Etapa, Organización de los datos y análisis de la información, trabajo de análisis de los datos en cubículo e identificación de patrones o particularidades por zona de estudio, construcción de bases de datos y de los mapas de vulnerabilidad.

IV Etapa, Síntesis de la información, síntesis de la información, en la compilación de los resultados, las bases de datos y mapas de isotermas.

V Etapa, Obtención y divulgación de resultados, difusión y divulgación de resultados a grupos de decisión y gestión, divulgación de estatus y estrategias en diversos grupos sociales, como escuelas, comunidades, instituciones.

#### TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación de tipo transversal, con toma de datos en un solo momento. Podrán analizarse la morfología, estructura, constitución de la zona de estudio y el levantamiento directo de condiciones físico-espaciales. El tipo de investigación es básica, los registros serán de tipo fotográfico, gráfico, sistemas de información geográfica, encuestas y levantamientos. El desarrollo de la investigación por etapas requerirá de bases documentales, acceso a sistemas de información geográfica, programas de manejo de mapas y diseño gráfico,

software estadístico y equipo especializado para levantamiento de información, térmica, ambiental y climatológica.

El indicador genérico conductual serán las islas de calor, teniendo como indicador específico los niveles de temperatura. El método de análisis estará basado en la geometría solar, densidad y tipos de superficie, y se aplicará la categoría de niveles establecida por Fernández [1], quien establece  $<2^{\circ}\text{C}$  es débil;  $2-4^{\circ}\text{C}$  como moderada,  $4-6^{\circ}\text{C}$  es fuerte y  $>6^{\circ}\text{C}$  como muy fuerte. Se partirá de la temperatura media anual, y se comparará con las temperaturas medias por estación, con datos referentes a cada zona de estudio.

## RESULTADOS

Los resultados del estudio piloto en la Unidad Chontalpa (Imagen 1) permitieron obtener datos de:

Zonas abiertas con material no permeable a la sombra.

Zonas abiertas con material no permeable con asoleamiento.

Zona abierta con material permeable con asoleamiento.

Zona abierta con material permeable a la sombra.



Imagen 1. Estudio de campo en la Unidad Chontalpa de la UJAT.

Fuente propia. 2017

De las zonas determinadas, se midieron en total ocho estaciones, que combinaron características de suelo permeable y no permeable, con zonas a la sombra y en asoleamiento (Tabla 1).

Los rangos diferenciales de temperatura fueron mayores en las zonas con asoleamiento (Gráfico 1). Los resultados para todas las estaciones, entraron en la clasificación de fuerte (Tabla 2) de acuerdo a los rangos establecidos por Fernández (1996).

Tabla 1. Condiciones de la estación. -NP= Superficie no permeable, P= superficie permeable, S= sol, Sm= en sombra. Fuente propia. 2017.

Tipo de superficie	Condición de asoleamiento	Nomenclatura de la estación
NP	Sm	A1
NP	S	A2
P	S	B
P	Sm	C1
P	S	C2
NP	Sm	D
NP	S	E
NP	S	F

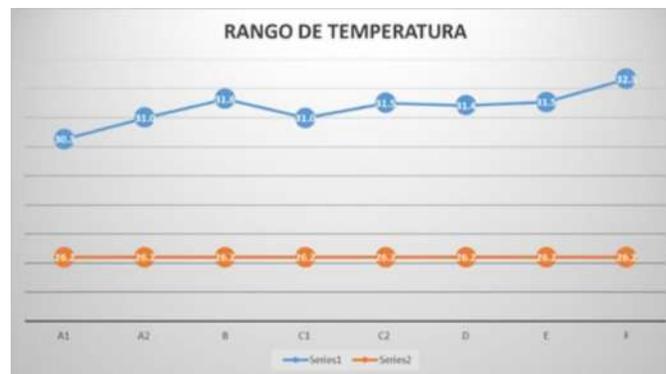


Gráfico 1. Rango diferencial de temperaturas promedio medidas por estación y la temperatura media anual. Fuente propia. 2017

Los resultados esperados del proyecto de comportamiento térmico en relación con las estructuras morfológicas México-Cuba, serán de espacios abiertos y espacios cerrados. De los espacios cerrados se espera determinar la correspondencia térmico ambiental en relación al volumen de aire, color, materialidad, texturas, orientación y análisis de la geometría solar e incidencia solar.

Del espacio abierto se espera determinar la relación entre los flujos de aire, forzados e inducidos, la textura, la permeabilidad del suelo, cubierta vegetal, la morfología, y la orientación del emplazamiento.

Tabla 2. Clasificación de los rangos de temperatura para islas de calor, según Fernández (1996). Fuente propia, 2017.

			PROMEDIO	MEDIA	DIFERENCIA	
NP	Sombra	A1	30.3	26.2	4.1	FUERTE
NP	Sol	A2	31.0	26.2	4.8	FUERTE
P	SOL	B	31.6	26.2	5.4	FUERTE
P	Sombra	C1	31.0	26.2	4.8	FUERTE
P	Sol	C2	31.5	26.2	5.3	FUERTE
NP	SOMBRA	D	31.4	26.2	5.2	FUERTE
NP	SOL	E	31.5	26.2	5.3	FUERTE
NP	SOL	F	32.3	26.2	6.1	MUY FUERTE

## DISCUSIÓN

A pesar de que las mediciones se hicieron simultáneamente, los resultados fueron diferentes para cada estación, ya que estas estuvieron condicionadas por composición material y morfologías diferentes, encontrándose relaciones entre el espacio constituido por material de concreto, bajo la sombra y con asoleamiento. Espacios cuya medición varió significativamente en el transcurso del día por la luz solar directa, y la proyección de sombra. Diferencias significativas en las estaciones en el transcurso del día por la cantidad de horas de asoleamiento a pesar de ser materiales iguales. La zona que se clasificó como muy fuerte, correspondió a la zona de material de asfalto, se ubica en el estacionamiento y que siempre recibe la luz solar directa, resultado esperado por el albedo de los materiales.

Los resultados permiten validar la metodología planteada para determinar las islas de calor como indicadores de vulnerabilidad ambiental.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones, aun de no ser determinantes, sí permiten delinear la caracterización de los puntos a medir considerando que:

Las diferencias entre suelo permeable y no permeable resultaron poco significativas,

Las diferencias entre área sombreado y el área soleada fue significativa.

La cercanía de edificaciones es significativa en los comportamientos del emplazamiento y su entorno.

El intercalado de materiales pétreos y suelos permeables hacen una diferencia significativa que deberá ser considerada en la elección de puntos a evaluar.

Estos resultados previos, permiten acotar la caracterización de las localizaciones a medir para el proyecto de comportamiento térmico en relación con las estructuras morfológicas México-Cuba.

Estudios que habiliten bases de datos para la mitigación y la adaptación al cambio climático según zonas de estudio, podrán funcionar como herramientas de decisión para los gobiernos, referentes a la intervención en zonas urbanas con miras a la adaptación al cambio climático de los asentamientos nuevos y en procesos.

## REFERENCIAS

[1]Fernández, 1996: ISLAS DE CALOR.

En:<http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/96/93>. Revisado 13/01/2017.

[2] Gómez, 2001: Vulnerabilidad y medioambiente. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, CEPAL: Santiago de Chile.

[3] IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC: Ginebra, Suiza

[4] Landa R., Ávila B., Hernández M., 2010: Cambio climático y desarrollo sustentable para América Latina y el Caribe, Conocer para comunicar. PNUD-México, Catedra UNESCO IMTA, FLACSO México: México.

[5] Magaña y Gay, 2012; Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático, y sus impactos, ambiental, social y económicos. Gaceta Social, INE: México

[6] Voogt J., 2008: Islas de calor en zonas urbanas, Ciudades más calientes. En: [actionsbioscience.org](http://actionsbioscience.org). Revisado 13/ene/2017.

## **GARTÓN RECICLADO COMO AGREGADO ALTERNATIVO PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES**

*Haydee Pérez Castro<sup>1</sup>*

*Jorge Flores González<sup>2</sup>*

*Aida López Cervantes<sup>3</sup>*

*Henry Jhonatan De la Cruz Reyes<sup>4</sup>*

*Pedro Montero de la Cruz<sup>5</sup>*

*Edgar Lara Jiménez<sup>6</sup>*

### RESUMEN

La vivienda ha sido considerada como el espacio cuya principal razón de ser será la de ofrecer refugio y descanso. El tipo de vivienda que aborda este trabajo es la vivienda de autoproducción. La autoproducción es aquella modalidad en la que la solución habitacional consiste en el proceso de diseño y construcción de la vivienda bajo el control directo de sus beneficiarios de forma individual o colectiva, el cual puede desarrollarse mediante la contratación de terceros o por medio de procesos de autoconstrucción y que preferentemente incluirá atributos de uso eficiente de los recursos naturales, esto de acuerdo con la Reglas de Operación del Programa de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal para Vivienda 2015. El objetivo de este trabajo consistió en desarrollar un adoquín de tipo modular, elaborada con mortero cemento arena, integrando cartón como elemento agregado, de bajo peso y fácil manejo. Se elaboraron tres proporciones de mezcla y tres especímenes de cada mezcla, que permitieron comparar los pesos. Resultando resistentes al tránsito ligero.

### INTRODUCCIÓN

La autoconstrucción de la vivienda ha sido una práctica muy común desde tiempos remotos, actualmente existen investigaciones dentro de las

---

[dearqayd@hotmail.com](mailto:dearqayd@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[jorgeflores@gmail.com](mailto:jorgeflores@gmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

instituciones de educación superior que plantean la fabricación de materiales reciclados para la autoconstrucción de las edificaciones. La Ley de Vivienda, define a la autoconstrucción como el proceso de construcción o edificación de la vivienda realizada directamente por sus propios usuarios, en forma individual, familiar o colectiva [1]. De la misma manera, las Reglas de Operación del Programa de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal para Vivienda 2015, definen la autoproducción como aquella modalidad en la que la solución habitacional consiste en el proceso de diseño y construcción de la vivienda bajo el control directo de sus beneficiarios de forma individual o colectiva, el cual puede desarrollarse mediante la contratación de terceros o por medio de procesos de autoconstrucción y que preferentemente incluirá atributos de uso eficiente de los recursos naturales.

De acuerdo con Eugene Towle, director de Softec, consultoría e investigación inmobiliaria, el 63 por ciento del millón de viviendas construidas anualmente en México, son de autoconstrucción [2]. Existen organismos e instituciones dedicadas al apoyo de la autoproducción de la vivienda, tales como Hábitat para la Humanidad México y CONAVI, quienes han beneficiado a más de 15,500 familias mexicanas a través de subsidios. Estas acciones han logrado reducir de 20 años a 1, el tiempo para obtener una casa habitable con la autoproducción [3]. CONAVI estimó que para el 2016, destinaría casi 1,000 millones de pesos para subsidios orientados a la autoproducción y producción social de vivienda. Los beneficiarios de estos recursos serán las familias de más bajos recursos. El Programa de Acceso al Financiamiento para Soluciones Habitacionales, bajo la modalidad de autoproducción de vivienda, atiende las necesidades habitacionales de trabajadores no afiliados a los institutos de seguridad social, a través de entidades ejecutoras [4]. Por otro lado, la Sociedad Hipotecaria Federal en su Dirección de Estudios Económicos de la Vivienda, plantea que la demanda de vivienda por tipo de solución y específicamente la de autoproducción, será de 116 110 unidades de vivienda para el año en curso a nivel nacional [5].

Por otro lado, los problemas del medio ambiente se hacen notar con mayor frecuencia en los distintos fenómenos de la naturaleza. La explotación en masa de los distintos recursos naturales ha contribuido a la intensidad e incremento de ellos. Una forma de contribuir es reciclando producto de los residuos emitidos por el hombre. Según Spanevello [6], toda creación de productos con fines sustentables debe cumplir con las siguientes características debe ser energéticamente eficientes, minimizar o preferentemente eliminar la formación de residuos. Por ello nuestra propuesta de trabajo es la fabricación de adoquines aliados con el cartón como agregado alternativo, con el fin demostrar el comportamiento en distintas muestras con diferentes porcentajes de agregados; además de hacer los adoquines con la mayor facilidad posible para que quien desee fabricarlos o incluso perfeccionarlos no tenga ningún problema al llevar a cabo la fabricación.

De acuerdo con los datos anteriores y comprometidos con la búsqueda de alternativas para la vivienda, se pretende contribuir con una propuesta de material de construcción de autoproducción. Teniendo como fin generar adoquines aligerados para uso en piso, de fácil elaboración y transportación. La idea general es proveer a los usuarios de un material que puede manufacturarse sin la necesidad de mano de obra calificada, que su colocación no implique equipo especializado, y sus dimensiones permitan su fácil manipulación.

## OBJETIVOS Y METAS

Generar un adoquín que incluya como material agregado el cartón de segunda mano, con el fin de obtener un producto de autoconstrucción para piso de tránsito ligero y de bajo peso volumétrico.

Las metas para la investigación fueron:

- Elaborar un material para piso con material de reciclaje, de manera que su proceso de fabricación pueda ser realizado por cualquier persona.

- Contribuir con acciones al ambiente, por un lado, reciclando materiales de desecho y por otro permitiendo la infiltración del agua pluvial al subsuelo.
- Hacer una serie de patrones de colocación del adoquín, obteniendo de esta manera, variaciones de diseño para el piso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso general constó de los siguientes pasos. Primeramente, se realizó el diseño geométrico de la forma del adoquín, paralelamente durante esta etapa, fueron considerados los diseños de mezcla cemento-arena-cartón en proporción 1:3:1, 1:2:2, 1:1:3; posteriormente se procedió a su fabricación, contemplando la elaboración de tres especímenes por cada tipo de mezcla, con el propósito de visualizar de la resistencia del material de forma empírica, posteriormente se procedió a la coloración de las piezas empleando cemento pulido y finalmente se diseñaron los patrones de colocación en piso. A continuación, se detalla cada uno de los pasos.

Primeramente, se procedió a diseñar la geometría de la forma teniendo como base tres hexágonos irregulares unidos por sus vértices formando un trébol, ver Figura 1.

Seguidamente, para la fabricación del molde se emplearon duelas de madera de 6cm de ancho; además de clavos de 1", martillo, flexómetro, segueta y un transportador, como apoyo en el trazo de los ángulos (ver Figura 1). A continuación, se realizó al trazado, corte y unión de las piezas; concluida esta etapa se aplicó un sellador de madera, por dentro y fuera, para cubrir las separaciones que quedaron entre las uniones, finalmente se lija para dar una un acabado más liso al interior del molde y evitar dificultades en el desmolde.

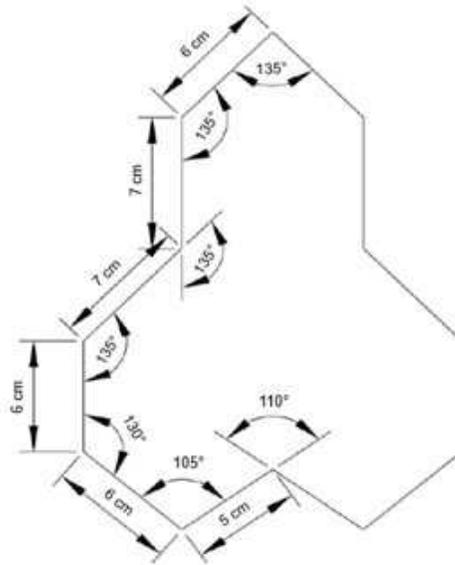


Figura 1. Geometría del adoquín.

El siguiente paso consistió en calcular la cantidad de material por pieza, ver Tabla 1. Para ello se definieron los tipos de mezcla, a partir de los materiales base:

- I. Cemento
- II. Arena
- III. Cartón triturado
- IV. Agua

Se define como: M0 a la mezcla origen cemento-arena.

Tabla 1. Tipos de mezcla y características del espécimen.

Nomenclatura de la Mezcla	Proporción	Materiales	Nomenclatura del Especimen	Porcentaje de Cartón	Cantidad de cartón
M0	1 : 4	cemento: arena			
M1	1 : 3 : 1	cemento: arena : cartón	E1	25%	150 g
			E2	50%	300 g
			E3	75%	450 g
M2	1 : 2 : 2	cemento: arena : cartón	E1	25%	150 g
			E2	50%	300 g
			E3	75%	450 g
M3	1 : 1 : 3	cemento: arena : cartón	E1	25%	150 g
			E2	50%	300 g
			E3	75%	450 g

Volumen por pieza:  $0.0016 \text{ m}^3$ , sumando el 5% de desperdicio en el proceso de elaboración, resulta:

- ∞ Volumen por pieza:  $0.00168 \text{ m}^3$
- ∞ Peso teórico por pieza:  $3.275 \text{ kg}$

Cantidad de materiales a utilizar en la mezcla M0:

- ∞ Cemento:  $0.6384 \text{ kg}$  por pieza
- ∞ Arena:  $1.848 \text{ lts}$  por pieza

El cartón empleado es de segunda mano, para poder incorporarlo a la mezcla fue cortado en tiras de  $0.5 \text{ cm}$  de ancho, se mezcla con agua y se tritura; primero con la mano y luego con la licuadora, ver Figura 2. Para la generación de los especímenes se tomó como mezcla base agregado de cartón,  $250 \text{ g}$  de cartón y un litro de agua, de tal forma que el espécimen E1 integró  $150 \text{ g}$  de cartón y  $1 \text{ lt}$  de agua, el E2  $300 \text{ g}$  de cartón y  $2 \text{ lt}$  de agua y E3  $450 \text{ g}$  de cartón y  $3 \text{ lt}$  de agua.



Figura 2. Proceso de la pasta de cartón.

Para la fabricación del adoquín, ver Figura 3, se procedió a mezclar la arena con el cemento hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se añadió la pasta de cartón con los tres diferentes porcentajes 25%, 50%, 75% en los

diferentes momentos, el agua fue añadida poco a poco de forma necesaria, pues la pasta de cartón ya contenía líquido. Antes y durante la preparación del mortero, se tenían los moldes mojándose en un bote con agua, para que el proceso de desmolde fuese sencillo. Cuando el mortero estuvo terminado se vertió en cada molde, se esperaron aproximadamente 20 minutos y se continuó con el desmolde.



Figura 3. Proceso de fabricación del adoquín.

## RESULTADOS

Después de concluir el proceso de fabricación de los adoquines, se prosiguió con el pesaje de cada uno de los especímenes, observándose las variaciones de ellos, ver Tabla 2. En la Figura 4 se observa la comparativa de sus pesos.

Tabla 2. Peso de los diferentes especímenes.

Nombre del Espécimen	M1	M2	M3
E1	2.76	2.84	1.95
E2	3.00	2.65	1.98
E3	2.86	2.49	1.56

Para establecer datos comparativos, se especifica que el peso del adoquín de mezcla M0 es 3.10 kg.

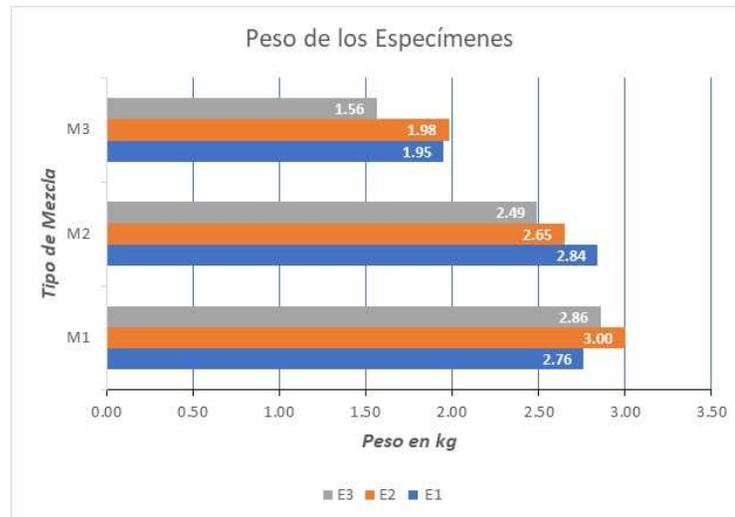


Figura 4. Gráfico de los pesos de cada espécimen por tipo de mezcla.

Tabla 3. Evaluación cualitativa de los especímenes.

Evaluación cualitativa					
Mezcla	Espécimen	Textura	Forma	Color	Rugosidad
M 0	E1	3	3		3
	E2	3	3		3
	E3	3	3		3
M 1	E1	2	3		3
	E2	2	3		3
	E3	2	3		3
M 2	E1	3	3		3
	E2	3	3		3
	E3	3	3		3
M 3	E1	3	3		3
	E2	3	3		3
	E3	3	3		3

Simbología	
4	Excelente
3	Buena
2	Regular
1	Mala

Tabla 4. Tabla de patrones para el acomodo en piso.

Número de Patrón	Colocación Física	Organización teórica	Número de piezas por m <sup>2</sup>
Patrón 1			28 piezas
Patrón 2			28 piezas
Patrón 3			28 piezas
Patrón 4			12 piezas
Patrón 5			16 piezas
Patrón 6			27 piezas
Patrón 7			27 piezas

## DISCUSIÓN

La necesidad de combatir la explotación de materias primas que deterioran el ambiente, conlleva a la sustitución de agregados (arena) en la elaboración de materiales para la autoconstrucción.

Desde otra perspectiva, los resultados permitieron determinar que el cartón contribuyó al aligeramiento del peso de la pieza, lo que deriva en fácil manipulación para la autoconstrucción. La geometría permite que las piezas embonen, implicando el diseño de patrones de fácil construcción.

Además, se mantuvieron sus propiedades de porosidad, lo que le da ventaja sobre la reflectancia emitida por la radiación solar hacia las edificaciones próximas, en cuanto a iluminación y temperaturas de radiación. Así como la infiltración al subsuelo de la lluvia, contribuyendo con esto al mantenimiento del ciclo del agua.

## CONCLUSIONES

Los adoquines pueden ser usados para pisos en casas nuevas y ampliaciones. Este es un material de autoconstrucción que resultó ser ligero, de fácil fabricación. Aún queda mucho camino por recorrer en cuanto a la verificación de sus cualidades con base en la normatividad, pero hasta el momento demuestra ser un material viable para la autoproducción, es económico y manejable. La fabricación puede ser realizada en serie, puede ser almacenado hasta el momento de su ocupación, disminuyendo tiempo y costo en su implementación. Este trabajo contribuye a la construcción sustentable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Congreso de la Unión, «Ley de Vivienda,» Diario Oficial de la Federación, pp. 1-36, 23 junio 2017.
- [2] S. González G. , «De autoconstrucción; 63% de las viviendas que se construyen al año,» *La Jornada*, 20 Junio 2015.
- [3] Realizan Hábitat para la Humanidad México y CONAVI una jornada de construcción México, D.F. a 13 de julio de 2015.  
<http://www.habitatmexico.org/realizan-habitat-para-la-humanidad-mexico-y-conavi-una-jornada-de-construcción>
- [4] BOLETÍN <http://www.habitatmexico.org/realizan-habitat-para-la-humanidad-mexico-y-conavi-una-jornada-de-construccion/>
- [5] Sociedad Hipotecaria Federal, Demanda de Vivienda 2016, febrero 2016  
<http://www.shf.gob.mx/estadisticas/EstudiosVivienda/documents/demanda%202016%20vimpresa.pdf>
- [6] R. A. Spanevello, «Fuentes alternativas de materia prima,» *Educación Química*, pp. 124-131, 2013.

## **PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS RECIBIDOS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA**

*M.A. Abraham Gerardo Pérez Sandoval<sup>1</sup>*

*Dra. María del Carmen Sandoval Caraveo<sup>2</sup>*

*Dra. Débora Domínguez Pérez<sup>3</sup>*

*M.S.I. Alva del Rocío Pulido Téllez<sup>4</sup>*

### RESUMEN

La calidad educativa es un término que ha sido adoptado por las Instituciones de Educación Superior para valorar la eficiencia de los programas educativos, una de las formas de analizar la calidad, es a través de la satisfacción de los estudiantes. El objetivo de esta investigación fue identificar la satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, con relación a factores de calidad educativa tales como: los servicios de apoyo académico, logros personales y autorrealización del estudiante dentro de la universidad. La metodología utilizada fue con enfoque cuantitativo, descriptiva con diseño no experimental transeccional. La confiabilidad del instrumento de investigación se calculó a través del coeficiente Alpha de Cronbach, el cual reportó 0.906 de confianza. El análisis de la estadística descriptiva reportó satisfacción en autorrealización y poca satisfacción en los servicios de apoyo académico y logros personales.

### INTRODUCCIÓN

El interés por el control de la calidad se originó en el mundo empresarial para integrarse posteriormente a otros servicios sociales como la educación. En un principio se estableció el control de calidad del producto y a partir de 1950

---

[sandovalcaraveo29@hotmail.com](mailto:sandovalcaraveo29@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
[arociopulido@hotmail.com](mailto:arociopulido@hotmail.com) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

surge en Japón un nuevo concepto que introduce técnicas preventivas del error centradas en el control de la calidad durante los procesos de producción [1].

De acuerdo con Varela, Prat, Voces y Rial [2], los trabajos de Grönroos en los años de 1978, 1983 y 1984 realizados en Suecia, es donde surge la primera definición sobre el concepto de calidad percibida del servicio, en la cual se considera que el consumidor es la fuente de información principal a la hora de medir la calidad.

Por su parte, Egido [1] expresa que el uso generalizado del término “calidad” se dio en la década de 1960 y el tema de la calidad educativa tuvo sus inicios cuando los países desarrollados otorgaron servicios educativos a toda la población; al obtener este logro, los poderes públicos se ocuparon de usar los recursos y lograr objetivos de manera eficiente.

En este sentido, De Vincenzi [3] afirma que uno de los quehaceres universitarios es el logro de la calidad educativa y es responsabilidad de las universidades, evaluar la calidad en sus procesos y productos, así en los últimos años por razones políticas, económicas y socioculturales se ha llevado a la calidad universitaria más allá del espacio académico. De tal forma que las instituciones de educación superior y los programas académicos de licenciatura son sujetos a procesos de acreditación para valorar sus condiciones de operación y lograr el reconocimiento público de cumplir con determinados estándares de calidad [4].

Diversos autores [5,6,7,8,9] han asociado la calidad educativa con la satisfacción del estudiante y señalan que el grado de satisfacción experimentado por los estudiantes, reflejan la eficiencia en los aspectos que conforman una educación de calidad.

Derivado de lo anterior se dice que “la calidad educativa es aquel proceso que ayuda a desarrollar las potencialidades del estudiante a través de la satisfacción de sus necesidades de crecimiento intelectual y personal” [8:25].

En este trabajo se presentan resultados de una investigación realizada para conocer la satisfacción con relación a elementos de la calidad educativa en

estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

#### OBJETIVOS Y METAS

- Identificar la satisfacción con relación a la calidad de los servicios educativos recibidos en los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Determinar el grado de satisfacción con la calidad educativa en aspectos tales como: los servicios de apoyo académico, logros personales y autorrealización del estudiante dentro de la universidad.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación seleccionada fue descriptiva, no experimental, transversal con un enfoque cuantitativo. Es descriptiva porque se miden las variables de estudio y los resultados puntualizan las tendencias de los sujetos de estudio; no experimental ya que no se manipularon las variables de estudio y se analizó el fenómeno en su ambiente natural; transversal con enfoque cuantitativo en virtud de que los datos se recolectaron en un periodo de tiempo determinado y se analizaron a través de la estadística descriptiva [10].

#### Población y muestra

La población total para el estudio fueron estudiantes de dos Divisiones Académicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. La muestra se calculó a través de un muestreo aleatorio simple y se consideró un error de estimación del 5% con una confiabilidad del 95% [11].

La muestra para cada programa educativo se calculó de manera proporcional. En este trabajo se presentan los resultados del programa educativo de Ingeniería Química, cuya muestra estuvo conformada por 44 estudiantes.

## Instrumento de investigación

El cuestionario se integró con 22 preguntas, es una adaptación propia del instrumento elaborado por Gento y Vivas [11]. En la primera parte, se agregaron tres variables sociodemográficas relacionadas con los estudiantes: edad, género y estado civil; y cuatro variables relacionadas con la institución como: División Académica, programa educativo, promedio de las calificaciones y ciclo escolar que estudian. La segunda parte del cuestionario mide la satisfacción con relación a la calidad educativa a través de tres dimensiones:

*Servicios de apoyo académico.* Es el grado de satisfacción que perciben los estudiantes acerca de los servicios que son indispensables en su estancia en la universidad.

*Logros personales.* Es el grado de satisfacción que perciben los estudiantes de los conocimientos que adquieren y de su desarrollo personal.

*Autorrealización.* Es el grado de satisfacción que perciben los estudiantes sobre la adquisición de conocimientos y de la libertad para realizar actividades académicas.

Las respuestas del cuestionario se diseñaron en una escala Likert de 1 a 4 donde: 1 es totalmente insatisfecho, 2 poco satisfecho, 3 satisfecho y 4 totalmente satisfecho.

La confiabilidad del instrumento se calculó a través del coeficiente Alpha de Cronbach y reportó alta consistencia interna (Tabla 1).

Tabla 1. Confiabilidad del instrumento.

Alfa de Cronbach	Número de elementos
0.906	22

## RESULTADOS

Los resultados de la estadística descriptiva se presentan por dimensiones (Tabla 2, 3, 4).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la dimensión servicios de apoyo académico.

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
El servicio de la biblioteca.	44	1.00	4.00	2.70	0.76
La cantidad de los libros de la biblioteca.	44	1.00	4.00	2.43	0.79
La actualización de los libros de la biblioteca.	44	1.00	4.00	2.30	0.85
La atención de la oficina de Servicios Escolares.	44	1.00	4.00	2.59	0.92
El proceso de admisión e inscripción.	44	1.00	4.00	2.34	0.89
El acceso a computadoras para realizar las tareas.	44	1.00	4.00	1.82	0.90
El acceso a internet.	44	1.00	4.00	1.68	0.83
El servicio de fotocopias.	44	2.00	4.00	2.82	0.62
La higiene de los alimentos de la cafetería.	44	1.00	4.00	2.59	0.66
La variedad de alimentos de la cafetería.	44	1.00	4.00	2.80	0.73
La calidad de los alimentos de la cafetería.	44	1.00	4.00	2.75	0.72

Es posible observar en la tabla 2 que los estudiantes están insatisfechos en lo referente al acceso a las computadoras para hacer tareas y el internet. De manera general el promedio en las respuestas de esta dimensión fue de 2.43 lo que representa poca satisfacción.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la dimensión logros personales.

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Los resultados de las calificaciones.	44	1.00	4.00	2.77	0.57
Los conocimientos adquiridos.	44	1.00	4.00	2.70	0.67
El dominio de técnicas de estudio.	44	1.00	4.00	2.70	0.73
Los valores desarrollados.	44	1.00	4.00	2.86	0.63
El desarrollo integral de mi persona.	44	1.00	4.00	3.09	0.64

La tabla 3 señala poca satisfacción en la dimensión de logros personales debido a que el promedio en las respuestas del cuestionario fue de 2.82.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la dimensión autorrealización.

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Poder hacer lo que verdaderamente quiero y tengo capacidad de hacer.	44	1.00	4.00	2.91	0.68
Saber que cada día voy adquiriendo mayores conocimientos y destrezas.	44	1.00	4.00	3.02	0.63
La libertad que tengo en la universidad.	44	1.00	4.00	3.03	0.61
La autonomía que tengo en la realización de mis trabajos.	44	1.00	4.00	2.99	0.55
El desarrollo de mi creatividad.	44	2.00	4.00	3.08	0.56
Mi futuro profesional.	44	1.00	4.00	3.23	0.60

La tabla 4 muestra satisfacción en la dimensión de autorrealización de los estudiantes al encontrarse un promedio de 3.04 en las respuestas del instrumento de investigación.

## DISCUSIÓN

La satisfacción de los estudiantes es un parámetro para medir la calidad educativa en las Instituciones de Educación Superior. Los resultados de esta investigación señalan que se encontró poca satisfacción en las dimensiones de: servicios de apoyo académico y logros personales, lo que coincide con el

estudio realizado por Sandoval, Surdez, Aguilar y Jasso [12] en estudiantes de economía y por Sandoval, Surdez y Domínguez [13] quienes encontraron poca satisfacción en los servicios de apoyo académico en estudiantes universitarios.

## CONCLUSIONES

El estudio de la calidad de los productos nació en el entorno empresarial para ser adoptada después a servicios importantes como la educación. En lo concerniente a la educación superior, la calidad en los programas educativos es medida a través de la acreditación de los mismos. Una forma de identificar si estos programas cumplen los requisitos de calidad educativa es por medio de la satisfacción de los estudiantes, ya que diversos estudios han demostrado que existe una relación entre satisfacción-calidad. Los resultados de este trabajo dan la pauta para futuras investigaciones en esta población de estudiantes universitarios para determinar las causas que originan poca satisfacción en las dimensiones de servicios de apoyo académico y logros personales.

## REFERENCIAS

- [1] Egido, I. (2005). Reflexiones en torno a la evaluación de la calidad educativa. *Tendencias Pedagógicas*. 10, 18-28.
- [2] Varela, J., Prat, R., Voces, C. y Rial, A. (2006). Una nueva escala para la evaluación de la calidad de los servicios de hostelería. *Psicothema*, 18, (1), 135-142.
- [3] De Vincenzi, A. Evaluación institucional y mejoramiento de la calidad educativa en tres universidad privadas argentinas. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 9, (VI), 76-94.
- [4] Hernández, A. R. (2006). La acreditación y certificación en las instituciones de educación superior. Hacia la conformación de circuitos académicos de

calidad: ¿Exclusión o Integración? Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle, 7 (26), 51-61. Recuperado de <http://ojs.dpi.ulsal.mx/index.php/rci/article/view/240/462>

[5] Pérez, I. y Pereyra, E. (2015). Satisfacción estudiantil: Un indicador de la calidad educativa en el Departamento de Biología Celular, UCV. Revista de Pedagogía, 36 (99), 69-89. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65945575008>

[6] Maldonado, S.E., Guillén, A.M., Carranza, R.E., Ramírez, M.A. (2013). Análisis de la calidad de los servicios recibidos en las instituciones de educación superior. Revista Internacional Administración & Finanzas, 6, (7), 67-79.

[7] Vergara, J. C. y Quesada, V. M. (2011). Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 13 (1), 108-122. Recuperado de <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/274/715>

[8] Bullón, S.R. (2007). La satisfacción estudiantil con la calidad educativa de la universidad. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/620>

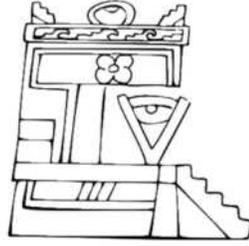
[9] Gento, S. Vivas, M. (septiembre, 2003). El SEUE: un instrumento para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios con su educación. Acción Pedagógica, 12 (2), 16-27.

[10] Hernández R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5a. ed.). México: McGrawHill.

[11] Walpole, R. Myers, R., Myers, S. y Keying, Y. (2007). Probabilidad y Estadística (8ª ed.). México: PEARSON Educación.

[12] Sandoval, M.C., Surdez, E.G., Aguilar, N. y Jasso, P. (2015). Calidad educativa universitaria: la percepción en estudiantes de economía. Coloquio Internacional de Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Análisis Organizacional. Chiapas, México: Red Mexicana de Investigadores en Estudios Organizacionales.

[13] Sandoval, M.C., Surdez, E.G. y Domínguez, D. (2016). Logro personal: factor inherente a la satisfacción estudiantil universitaria. Revista Opción. 32 (13), 704-724.



Difusión y Divulgación  
Científica y Tecnológica

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
Rector

**Raúl Guzmán León**  
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

**Andrés González García**  
Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

**Calíope Bastar Dorantes**  
Jefa del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de editar el 18 de julio de 2018, en la División Académica de Ingeniería y arquitectura, ubicada en el Km. #1, carretera Cunduacán-Jalpa, Colonia la Esmeralda del municipio de Cunduacán, tabasco. El cuidado estuvo a cargo de los coordinadores y del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la UJAT.