

# Desarrollo de una Interfaz Electrónica y Gráfica Mediante Sistema NI LABVIEW en un Biodigestor Anaerobio a Escala Piloto Modelo BT-BG-050/EL

M.C. Osbaldo Hernández Guevara<sup>1</sup>, Sherien Askasi Martínez Méndez<sup>2</sup>,  
Dr. Hector Hugo Cerecedo Núñez<sup>3</sup>, Dr. Anselmo Osorio Mirón<sup>4</sup>, Ing. Hermilo Hernández Román<sup>5</sup>

**Resumen**— Un equipo que no sensa correctamente puede presentar problemas de rendimiento y errores contantes en los procesos, por eso es necesario la implementación de sensores validados en algunos factores mediante una interfaz entre el hombre y el equipo. Se diseñó y desarrolló una interfaz electrónica de un biodigestor anaerobio a escala piloto modelo BT-BG-050/E ubicado en el corredor industrial de la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en Orizaba, Veracruz la cual no contaba anteriormente con una interfaz electrónica de sensado adecuada para su monitoreo de temperatura, también el presente investigación muestra el software y el hardware que se utilizó para llevar a cabo dicha interfaz y a su vez el monitoreo y control.

**Palabras clave**—Biorreactor, Labview, Control, Sensor

## Introducción

La creación de un circuito electrónico no incluye únicamente la medición de corriente o voltaje, sino que involucra también el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionada con la medición de una o varias señales específicas. Es decir, esta creación no se conforma con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina y la comunicación con otros equipos u otros softwares.

Actualmente el digestor anaerobio cuenta con un sensor de temperatura el cual arroja en tiempo real la información del proceso químico sin existir un registro de datos que pueda acumular y mostrar la información, por lo tanto, al llevar a cabo la implementación y la creación de un circuito electrónico conectado a un ordenador y mediante el software labview se realiza la construcción de una interfaz para el control de la temperatura.

Para implementar el sistema de sensores en el digestor, se debe establecer criterios empleando el software labview 2012 como interfaz de comunicación para generar gráficos y ecuaciones de modelamiento a través del sensor de temperatura el cual automáticamente obtiene información del proceso. El sensor debe estar conectado directamente al digestor (en contacto directo con la masa líquida o sólida de la fermentación), en cuyo caso se dice que están “en línea”, si no están conectados directamente al digestor entonces se dice que están “fuera de línea”. En este trabajo se emplea un sensor en línea el cual se utiliza para medir propiedades físicas tales como la temperatura.

## Descripción del Método

Esta metodología tiene como objetivo crear una interfaz de usuario para el control y automatización de la temperatura de un biodigestor, así como su respectivo registro de datos siendo una parte muy importante del proceso ya que de esta depende la velocidad con que se desarrollará.

Para la realización del proyecto se utilizó el software de LabVIEW con su respectiva licencia cedido por parte de la facultad de ciencias químicas de la Universidad Veracruzana y con una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments modelo NI-USB-6008 utilizando el sensor de temperatura modelo RTD-C2-7P de tres hilos.

*Esquema general para el sistema de control de temperatura del bodigestor*

<sup>1</sup> El M.C. Osbaldo Hernández Guevara es estudiante del programa de Doctorado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana en la cd. de Xalapa, Veracruz, México. [osbhernandez@uv.mx](mailto:osbhernandez@uv.mx)

<sup>2</sup> Sherien Askasi Martínez Méndez es estudiante del programa de licenciatura en Ingeniería en Biotecnología de la facultad de ciencias químicas en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [Sheiren\\_95@hotmail.com](mailto:Sheiren_95@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Dr. Hector Hugo Cerecedo Núñez, es académico de la Facultad de Física de la Universidad Veracruzana en la cd. de Xalapa, Veracruz, México. [hcerecedo@uv.mx](mailto:hcerecedo@uv.mx)

<sup>4</sup> El Dr. Anselmo Osorio Mirón, es académico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [anosorio@uv.mx](mailto:anosorio@uv.mx)

<sup>5</sup> El Ing. Hermilo Hernández Román, es estudiante de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [hermilo130595@hotmail.com](mailto:hermilo130595@hotmail.com)

En el esquema que se muestra en la (figura 1) está representado el sistema general de control de temperatura donde cada flecha indica la secuencia que se toma para monitorear los parámetros, como se puede observar la computadora recibe todos los datos que le proporciona la tarjeta y este a su vez que le proporciona el sensor de temperatura.

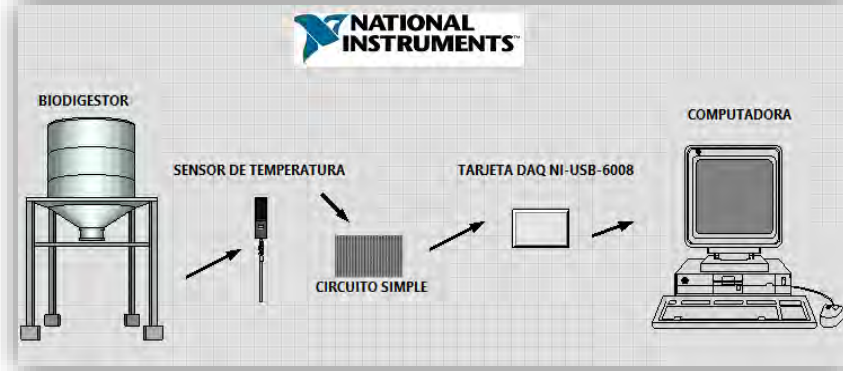


Figura 1. Sistema de control de temperatura del biodigestor.

Para poder realizar una adquisición de datos y poder asegurarse de que el sensor funcionara correctamente se midieron las resistencias en los tres cables del sensor, con la ayuda de un multímetro digital como se muestra en la (figura 2), se realizó un circuito electrónico utilizando una resistencia y un cable adicional tal como se muestra en la (figura 3).



Figura 1. Medición del voltaje del sensor.

El Circuito electrónico con la USB-6008, los cables del sensor y una resistencia de 100 ohms se muestran a continuación.



Figura 3. Conexión en la salida digital USB-6008.

Para poder interpretarlo de mejor manera se muestra el siguiente diagrama de conexión electrónica simple ocupado en este trabajo, se observa en la (figura 4).

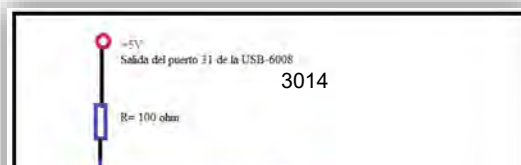


Figura 4. Diagrama de circuito electrónico.

Para poder dar paso a la programación en Labview primero se tuvo que observar cual era el comportamiento de la pendiente del sensor en base a la resistencia y a la temperatura como se trataba de un sensor tipo PT-100 fue fácilmente darse cuenta que su comportamiento iba hacer lineal ya que todos los sensores de este tipo muestran una pendiente lineal en las gráficas como se muestra en la (figura 5).

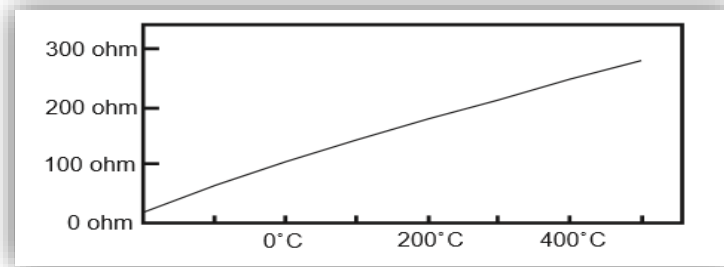


Figura 5. Comportamiento del PT-100 en relación con la resistencia y la temperatura.

Utilizando algunas tablas se encontraron los valores que relacionan la temperatura y la resistencia y se utilizó la fórmula de la pendiente que se muestra a continuación.

$$P = \frac{Y2-Y1}{X2-X1} \quad \text{Ecuación 1}$$

En esta fórmula “X1 y X2” son el rango de temperatura establecido, en nuestro caso se eligió un rango de 0 °C a 50 °C y “Y2 y Y1” son las resistencias de esas temperaturas que corresponden de 100 Ω a 119.40 Ω de acuerdo a tablas.

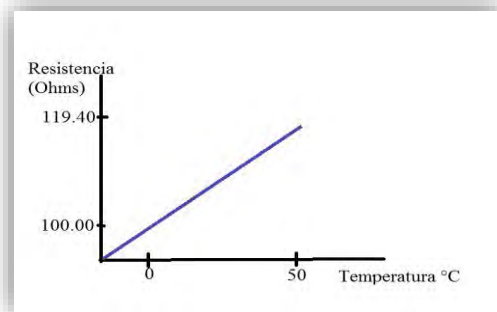


Figura 6. Pendiente de un PT-100 en relación con los valores de la tabla.

Esta pendiente que queda definida por los valores de la tabla (figura 6), quiere decir que se pueden tomar 2 valores de resistencias cuales se requieran ya que en los rangos de temperatura que se van a trabajar la pt-100 tiene un comportamiento lineal lo que quiere decir que es completamente valido utilizar la fórmula.

La fórmula siguiente fue de gran utilidad ya que con ella se logró despejar a la temperatura conociendo los otros valores de resistencia y la pendiente.

$$P = \frac{R}{T} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: P= Es la pendiente (Adimensional), R= Es la resistencia en  $\Omega$ , T= Es la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$

Se despejo a la temperatura y se restó con (-100) ya que este valor se debía restar porque era la resistencia que tenía el sensor a  $0^{\circ}\text{C}$  entonces nuestra formula nos quedaba de la siguiente manera:

$$T = \frac{R-100}{P} \quad \text{Ecuación 3}$$

La siguiente fórmula que corresponde a la ley de ohms se utilizó para ingresarla a la programación en Labview para poder obtener valores de resistencia, así como también los resultados de las sustituciones (ver apartado materiales y métodos), para hacer las primeras pruebas de señal de temperatura.

$$U = \frac{5V}{100\Omega + (100 + Rx)\Omega} \times (100 + Rx)\Omega \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: U=Es la tensión (V), Rx=Es la resistencia ( $\Omega$ )

### Programación de labview

En la figura 7 se muestra el esquema general de la programación en labview

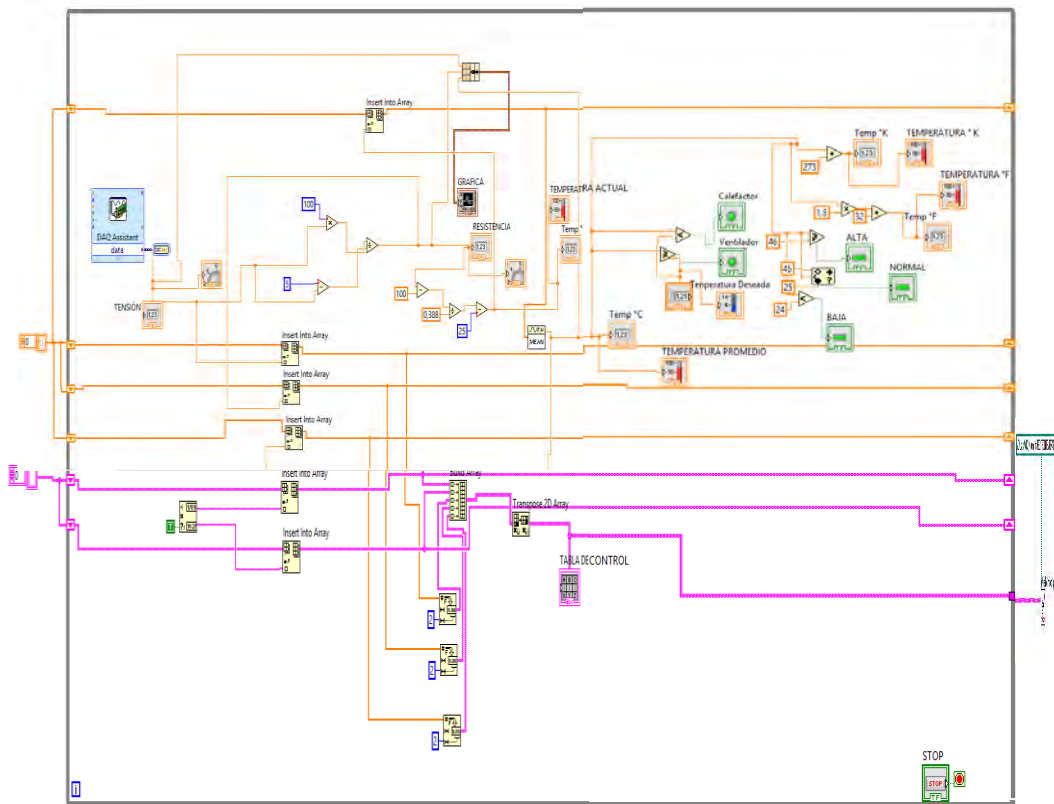


Figura 7. Esquema general de la programación en labview.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados



Para el desarrollo del sistema de control de temperatura se tuvo que adicionar fórmulas que dieran valores de tensión, resistencia y temperatura dado que el valor de tensión automáticamente labview lo daba por la medición de voltaje valor que salía desde la DAQ.

Para determinar el valor de la pendiente se sustituyeron los valores de los rangos de temperatura de 0°C a 50°C con el valor de las resistencias correspondiente de acuerdo al apartado de anexos 1 la sustitución de estos valores quedo de la siguiente manera:

$$P = \frac{119.4 - 100}{50 - 0} = 0.388$$

El valor 0.388 es una constante que posteriormente se utilizó para adicionarlo a la fórmula de la temperatura

Como se dijo en el apartado de materiales y métodos la ecuación 2 ya despejada serviría para que cuando se obtuviera un valor de resistencia este diera el valor exacto de temperatura

$$T = \frac{115.4 - 100}{0.388} = 40$$

Para verificar que este método verdaderamente fuera confiable se comprobó que a tal resistencia involucrada en nuestros cálculos correspondiera la temperatura que nos dio como resultado, en este caso se corroboró que para una resistencia de 115.4 correspondiera una temperatura de 40°C

### Descripción del software

La interfaz de usuario está compuesta por 4 indicadores que asemejan a un instrumento real en este caso a un termómetro de diferentes colores cada uno, el color que los distingue representan a una unidad diferente de temperatura en el caso del termómetro de color rojo representa a la temperatura en grados centígrados, el de color verde representa a la misma temperatura, pero promediada ya que el termómetro de color rojo representa una variación constante de temperatura el termómetro de color azul, representa la temperatura en grados kelvin y por último el de color amarillo representa la temperatura en grados Fahrenheit el mostrar tres diferentes tipos de temperatura es importante ya que la temperatura resultante puede ser comparada sin importar que tipo de termómetro y de que escala se tenga a la mano.

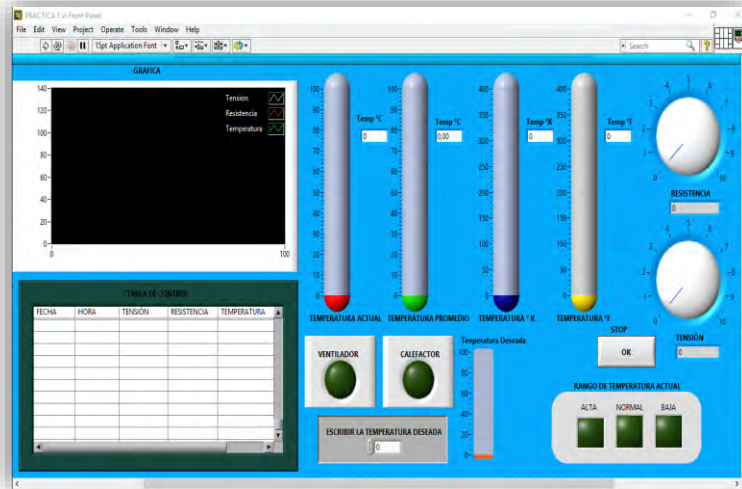


Figura 2. Sistema de control de temperatura de un digester anaerobio.

Las pruebas del sistema de control de temperatura se realizaron tomando en cuenta una cantidad de 2 a 3 litros de agua dentro del biodigestor, el control de temperatura se aprobó de un rango de 30°C a 40°C desde que aumenta hasta que disminuye con el único objetivo de observar el comportamiento del software en la (figura 9) se puede observar la interfaz conectada al equipo encendido.



Figura 9. Validación de resultados.

A continuación, se muestra en la figura 10 cual fue el comportamiento de la temperatura respecto al tiempo

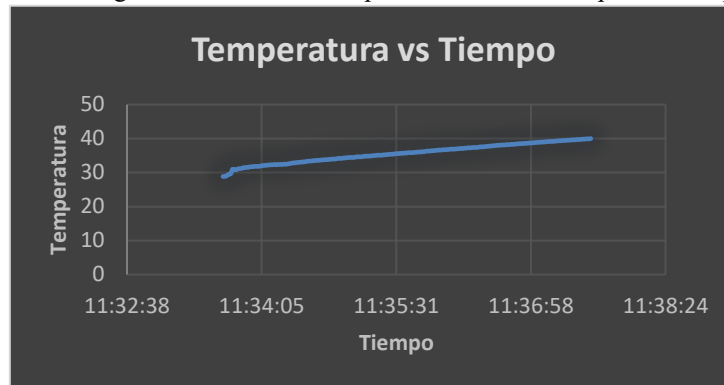


Figura10. Medición de la temperatura en un rango de 22°C a 40°C

#### *Conclusiones*

En este trabajo se elaboró la automatización de control de la temperatura del digestor anaerobio escala piloto de 5 litros de la facultad de ciencias químicas inicialmente no contaba con un sistema de control de temperatura la cual dificultaba la medición de este parámetro, se logró diseñar y construir un sistema totalmente funcional de adquisición, monitoreo y control de datos.

Los resultados obtenidos del control de temperatura no fueron tan dispares en cuanto al patrón de referencia en nuestro caso el termómetro, por consiguiente, nos dio un margen de error no tan exagerado lo que quiere decir que el software es confiable pero también se puede modificar la compensación de modo que nos dé una temperatura igual a cualquier elemento de referencia que se elija sea este de mayor o menor precisión

También se puede concluir que el software de Labview tiene mayor precisión que otros softwares hasta el momento en cuestión a mediciones de temperatura.

#### *Recomendaciones*

Con el desarrollo de la presente interfaz se pretende tener un mejor control de las variables de temperatura, se recomienda desarrollar la interfaz con el sensor de presión debido a que la temperatura tiene una correlación directa con la temperatura.

#### *Referencias bibliográficas*

García , M. P. (2014). *Instrumentación Electrónica* . Madrid España .

Granda, M. M., & Mediavilla B., E. (2015). *Instrumentacion electronica: Transductores y Acondicionadores de señal*. España.

Harper, G. E. (2013). *El ABC del control electronico de las maquinas electricas*. Mexico .

# Desarrollo de una Interfaz Electrónica y Gráfica Mediante Sistema Arduino en un Biodigestor Anaerobio a Escala Piloto Modelo BT-BG-050/EL

M.C. Osbaldo Hernández Guevara<sup>1</sup>, Pedro José Osorio Sánchez<sup>2</sup>,  
Dr. Hector Hugo Cerecedo Núñez<sup>3</sup>, Dr. Anselmo Osorio Mirón<sup>4</sup>, Ing. Alicia Aguirre Cruz<sup>5</sup>

**Resumen— Actualmente la producción de biocombustibles es cada vez más frecuente para la producción de energía, ya que la base de su producción se deriva de los desechos orgánicos al igual que reduce los agentes contaminantes, una manera para poder generar energía proviene de los residuos orgánicos como alimentos, vegetales o desechos de animales y con la ayuda de las nuevas tecnologías que se han venido desarrollando estos procesos se han convertido en una manera más accesible de producir. Puesto que el biodigestor con el que se cuenta no tenía una manera más sencilla de poder manipular y controlar la temperatura se dio a la tarea de poder automatizar con un software.**

**Palabras clave—Biorreactor, Labview, Control, Sensor**

## Introducción

La biodigestión es una alternativa para el proceso de los sólidos orgánicos, en la que se tiene una combinación de procesos aeróbicos y anaeróbicos donde se obtiene biogás que tiene la opción de ser utilizado como combustible. La digestión anaerobia se puede aplicar en residuos orgánicos como lo son alimentos, residuos animales y también vegetales.

La instrumentación electrónica tradicional se encarga del diseño y manejo de los instrumentos electrónicos y eléctricos, sobre todo para la aplicación en mediciones.

Sus funciones básicas son: adquisición, análisis y presentación de datos.

Por otra parte, la rápida adopción de la PC en los últimos 20 años generó una revolución en la instrumentación, medición y automatización de procesos. La instrumentación virtual nace a partir del uso de la PC en la medición de señales tales como temperatura, presión, pH en otros.

El concepto de instrumentación virtual no incluye únicamente la medición de corriente o voltaje sino que involucra también el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionada con la medición de una o varias señales específicas. Es decir, la instrumentación virtual no se conforma con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina y la comunicación con otros equipos u otro software.

En la presente investigación se diseñaron y desarrollaron una interfaz con un sensor enlazados con un sistema Arduino el cual permitirá obtener datos relevantes en línea del comportamiento de la temperatura de un biodigestor modelo BT-BG-050/EL durante una prueba de agua a temperatura de 30°C. El control de las variables mediante automatización permitirá tener un mejor control del proceso aminorando pérdidas económicas de monitoreo o horas-hombre de trabajo.

## Descripción del Método

### *Tarjeta arduino*

La tarjeta arduino consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, compuestos digitales y analógicos de entrada/salida los cuales puede conectarse a placas de expansión que amplían las características de funcionamiento de la placa arduino Figura 1.

<sup>1</sup> El M.C. Osbaldo Hernández Guevara es estudiante del programa de Doctorado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana en la cd. de Xalapa, Veracruz, México. [osbherandez@uv.mx](mailto:osbherandez@uv.mx)

<sup>2</sup> Pedro José Osorio Sánchez es estudiante del programa de licenciatura en Ingeniería en Biotecnología de la facultad de ciencias químicas en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [Sheiren\\_95@hotmail.com](mailto:Sheiren_95@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Dr. Hector Hugo Cerecedo Núñez, es académico de la Facultad de Física de la Universidad Veracruzana en la cd. de Xalapa, Veracruz, México. [hcerecedo@uv.mx](mailto:hcerecedo@uv.mx)

<sup>4</sup> El Dr. Anselmo Osorio Mirón, es académico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [anosorio@uv.mx](mailto:anosorio@uv.mx)

<sup>5</sup> La Ing. Alicia Aguirre Cruz, es estudiante de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en la cd. de Orizaba, Veracruz, México. [Alicia\\_amo@hotmail.com](mailto:Alicia_amo@hotmail.com)



Figura 1. Placa arduino

### Resistencia auxiliar

Esta placa Arduino, capta las señales análogas del sensor de temperatura PT100 mediante una resistencia auxiliar como se muestra en la figura 14 en un circuito anexo que va insertado a la placa arduino y también se conectó al sensor de temperatura . Convierte estas señales en forma de voltaje a una lectura digital y manipulable con una resolución de 10 bits, lo que quiere decir que asignará valores desde 0, hasta 1023.

El programa enlaza la placa Arduino con el software MATLAB. El programa utilizado en Arduino es de código libre y puede ser ocupada y modificado por cualquier persona. En este caso, se ocupó tal y como es, sin hacer modificaciones.

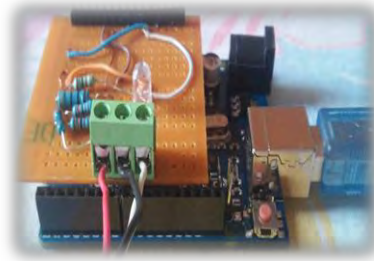


Figura 2 Placa auxiliar

### Enlace de comunicación

El enlace de comunicación se hizo a partir del puerto serial .Se pudo observar el IDE de Arduino con el programa en código fuente para enlazar Arduino con Matlab. El nombre de archivo es adiosrv.pd, y es de uso libre. En la figura 21 que a continuación se muestra el código utilizado para la comunicación Arduino-Matlab.

```
Arduino IDE [Arduino 1.6.10]
File Edit Sketch Tools Help
adiosrv
// Servo motor type (1 servo, 2 motor, 3 general)
#include <Servo.h>
/* define internal for the mega as 1.7V (as as the 328) */
#if defined(_AVR_ATmega1280_) || defined(_AVR_ATmega2560_)
#define INTERNAL_INTERVAL1V
#endif
/* define encoder structure */
typedef struct { int pinA; int pinB; int pos; int del; } Encoder;
volatile Encoder Enc[3] = {{0,0,0,0}, {0,0,0,0}, {0,0,0,0}};
/* create servo object */
Servo servo[70];
void setup() {
  /* Make sure all pins are put in high impedance state and
  that their registers are set as low before doing anything.
  This puts the board in a known (and harmless) state */
  int i;
  for (i=0;i<20;i++) {
    pinMode(i,INPUT);
    digitalWrite(i,0);
  }
  /* initialize serial
  Serial.begin(115200);
}
```

### Figura 3 Comunicación Arduino-Matlab

#### Circuito del sensor de temperatura PT100

El segundo elemento importante del hardware es el circuito que habilita la función del sensor de temperatura PT100. Este circuito trabaja mediante la Ley de Ohm, que predice el comportamiento y la relación de corriente  $I$ , voltaje  $V$  y resistencia  $R$ . Cada magnitud dada en Amperes (A), Volts (V) y Ohms ( $\Omega$ ), respectivamente, según el SI. A continuación, se describe dicha fórmula:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ec. 1}$$

#### Resistencia en el sensor PT100

Con esta ecuación fundamental de esta Ley, se pudo calcular la resistencia en el PT100. Que es fundamental, ya que la temperatura está en función de la resistencia. Mediante una serie de ecuaciones, se encuentra la función de transferencia que nos permitirá conocer la respuesta del sistema a diferentes temperaturas.

En realidad la resistencia está en función de la temperatura, pero para fines prácticos se toma al revés, ya que la resistencia es la magnitud que nos guiará para encontrar la temperatura mediante la Ley de Ohm.

#### Circuito formado para la medición de la resistencia

Conforme la temperatura afecte a la resistencia del PT100, se verá reflejado en el voltaje de éste sensor. Mismo voltaje es enviado al Arduino para compararlo y obtener una lectura para el cálculo de la resistencia real del PT100. Posteriormente, con una función lineal se calcula, mediante el voltaje decodificado por el Arduino, la temperatura que ha actuado sobre el sensor en función de su resistencia. A continuación, se describe el circuito formado para la medición de la resistencia en la figura 22

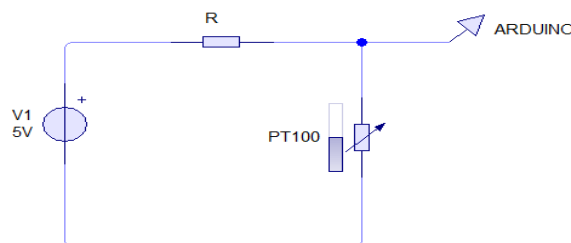


Figura 4 Circuito de medición de resistencia

#### Ecuaciones para la resistencia del PT100

A continuación, se describe cómo se obtuvieron las ecuaciones de cálculo de temperatura y de resistencia en el PT100.

Para encontrar la resistencia en PT100 (ecuación 1):

$$r = \frac{E_r}{I} \quad \text{Ec. 2}$$

Se hará un despeje para encontrar la corriente  $I$ , recordando que la corriente se mantiene constante en un circuito conectado en serie (ecuación 2):

$$I = \frac{E_T}{R+r} \quad \text{Ec. 3}$$

Sustituyendo E2 en E1, obtenemos:

$$r = \frac{E_r}{\frac{E_T}{R+r}} = \frac{E_r(R+r)}{E_T} \quad \text{Ec. 4}$$

Resolviendo la ecuación para  $r$ , obtenemos:

$$r = \frac{R}{\frac{E_T}{E_r} + 1} = \frac{E_r R}{E_T + E_r} \quad \text{Ec. 5}$$

Obtenemos un sistema lineal, en donde la salida es la resistencia, y la entrada es el voltaje en la resistencia del sensor PT100.

Sustituyendo los valores del circuito fabricado, nos queda:

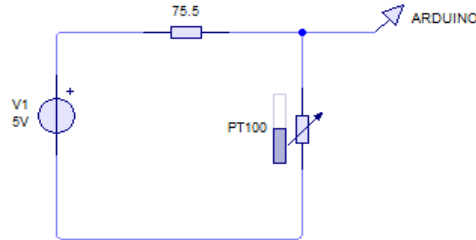
$$r = \frac{(75.5\Omega)E_T}{5V + E_T}$$

Dónde: I: En amperes,  $E_T$ : Tensión total en volts,  $R_T$ : Resistencia total en Ohms, R: Resistencia en serie de Ohms,  $E_T$ : Voltaje en el sensor en volts, r : Resistencia del sensor en Ohm

Comprobando el análisis dimensional

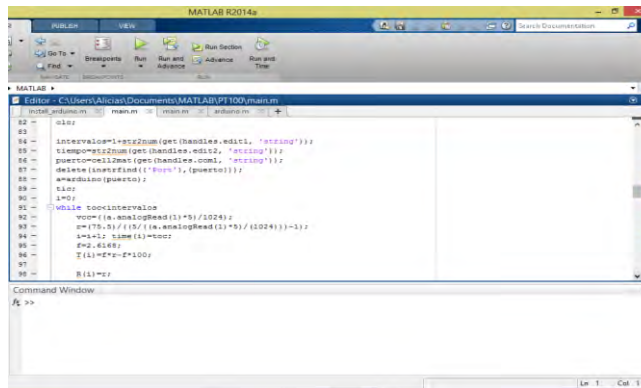
$$\Omega = \frac{\Omega \cdot E}{E + E} = \frac{\Omega \cdot E}{E} = \Omega \text{ Ec. 6}$$

Por lo que en la figura 23 se muestra que nuestra ecuación de resistencia es correcta.



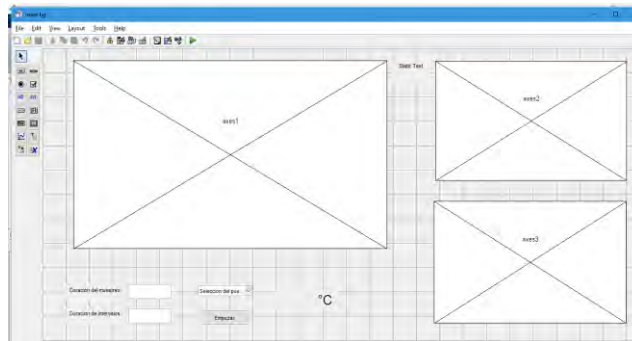
**Figura 1 Resistencia**

En la figura 6 que a continuación se muestra se pueden observar los códigos que se utilizaron para la programación. Para el código de tiempo se utilizó para definir el tiempo en se requiere el intervalo y es el que requiera el usuario. En el código de intervalos se define el número que se desee, se estableció el puerto COM que es en que Arduino reconoce la tarjeta que es conectada al ordenador, se inicializa la instrucción para medir tiempo al igual que se define la variable para graficar, se obtiene la resistencia conforme a la ley de Ohms.



**Figura 2 Código tiempo- resistencia**

Se desarrolló la graficación para poder monitorear el comportamiento de la temperatura con el mismo código que se generó en Matlab. En la figura 7 se observa que mediante la programación para la graficación se puede diseñar de distintas maneras como se ha mostrado anteriormente.



**Figura 7 Diseño de gráficas en Matlab**



## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

La ecuación para obtener la temperatura en función a la resistencia, fue resultado de pruebas tomadas al sensor PT100 a diferentes temperaturas por el fabricante del mismo.

Se obtuvo una ecuación lineal de forma:

$$T = 2.6168r - 2.6168(100)$$

$$T = 2.6168r - 261.68$$

La ecuación cumple la condición de que  $T = 0$ , cuando  $r = 100$ :

$$T = 2.6168 * 100 - 261.68 = 0$$

### Software realizado

En la figura 8 se observan tres diferentes gráficas que se realizaron todas conforme al tiempo la primera muestra la variabilidad de temperatura, la segunda grafica muestra la resistencia y la tercera grafica muestra el voltaje que se obtiene. Se le puede añadir la duración de muestreo que sea necesaria en la producción al igual que la duración de intervalos y muestra la temperatura en tiempo real.

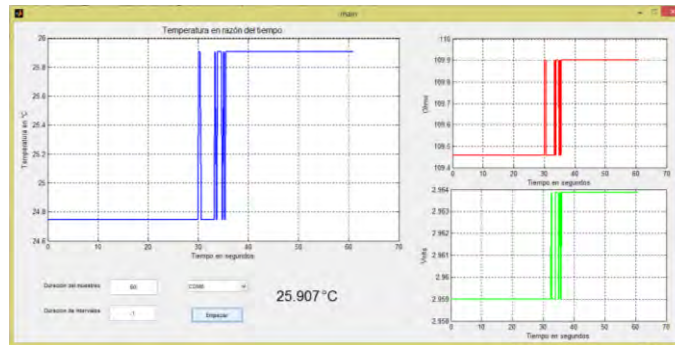
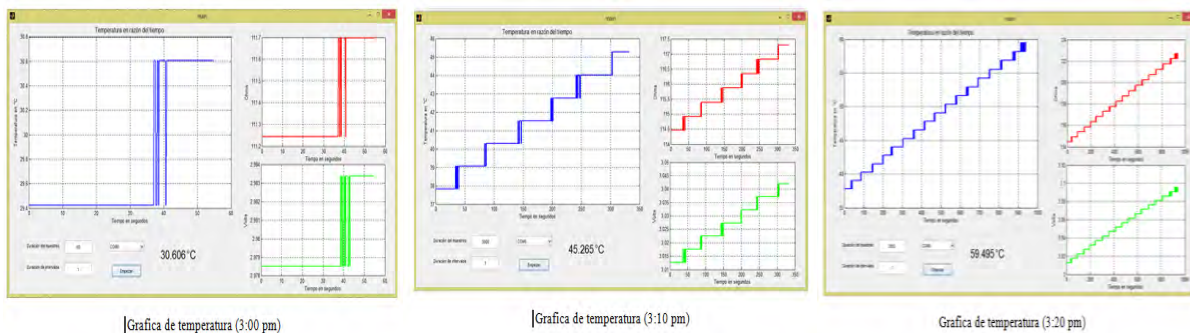


Figura 8 gráficas de temperatura, resistencia y voltaje

### Medición de temperatura

Para obtener las temperaturas se realizaron muestras con dos litros de agua y se ingresó al biodigestor, las muestras de temperatura, resistencia y voltaje se fueron tomando lecturas cada 2 minutos al igual que con un termómetro para observar la variación con el sensor instalado en el biodigestor para poder visualizar el margen de error. se mostraran las 4 principales temperaturas graficadas.

A continuación en la imagen 23 se muestra las mediciones de temperatura que se realizó comenzando con una temperatura de 30° hasta llegar a 59°, observando el aumento de temperatura rápidamente al igual que la resistencia y voltaje se puede ver que están en función de la temperatura, a cómo va aumentando la temperatura también se observa el aumento de volts y resistencia



Gráfica de temperatura (3:00 pm)

Gráfica de temperatura (3:10 pm)

Gráfica de temperatura (3:20 pm)

Figura 9 Medición de temperatura

### *Margen de error*

Como se mencionó anteriormente se tomaron lecturas del sensor del biodigestor y de un termómetro para ver las variaciones que se tenían por cada muestra que se tomaban, se fueron viendo significativamente los grados que vario entre la toma de lecturas del termómetro como la del sensor del biodigestor, así que se realizara el margen de error por cada lectura que se registró mediante una fórmula para así saber que tanto margen de error tiene el software que se realizó que a continuación se presentara.

### *Conclusiones*

Para poder tener un óptimo proceso de biodigestión es necesario obtener un buen sistema de instrumentación de medición para el mejor funcionamiento del biodigestor. Puesto que al tener una instrumentación adecuada, permite tener un sistema de control optimo el cual se podrán tomar decisiones.

En el proceso de biodigestión anaerobia es de gran importancia el monitoreo y control de las distintas variables en el proceso, ya que todas van de la mano y permiten la estabilidad (temperatura, pH, presión) para un mejor y efectivo proceso, por ello en este trabajo se realizó el monitoreo de temperatura de un biodigestor anaerobio a escala piloto modelo BT-BG-050/EL. Inicialmente no contaba con sistema que permitiera estar analizando las temperaturas del proceso de biodigestión.

Los resultados fueron obtenidos mediante las pruebas que se realizaron en el biodigestor desde una temperatura de 30° a 59° con intervalos de tiempo de 2 minutos, las temperaturas fueron graficadas al igual que la resistencia y voltaje. Se encontró que es posible obtener datos mediante el desarrollo de una interfaz de Arduino y poder graficarlos mediante la programación, y así tener un monitoreo más efectivos.

### *Recomendaciones*

Con el desarrollo de la presente interfaz se pretende tener un mejor control de las variables de temperatura, se recomienda desarrollar la interfaz con el sensor de presión debido a que la temperatura tiene una correlación directa con la temperatura.

### *Referencias bibliográficas*

- Aguilar Velazquez, G. (2013). *Control de temperatura y pH aplicado en un biodigestor modulares de estructura flexible con reciclado de lodos a pequeña escala.*
- Bermudez Gomez , C. (2010). *Instrumentacion de un biodigestor de estiércol animal para analizar su comportamiento dinamico.*
- Buioli , I., & Pérez Marín, J. (2013). *Processing un lenguaje al alcance de todos.*
- Enríquez Herrador, R. (2009). *Guía de usuario arduino.*
- Galan Chochuca, p., Proaño Piñeiros, J., Sarmiento Vazquez, J., & Toro Peralta, J. (2010). *Diseño y automatizacion de un biodigestor.*

# EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA CALIDAD SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA DE TRES TIPOS DE PASTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

Ing. Ana Karen Hernández Gutiérrez<sup>1</sup>, Dra. María Dolores Muy Rangel<sup>2</sup>, Dra. Leticia Xóchitl López Martínez<sup>3</sup>,  
MC María Dolores C. Cano Ochoa<sup>4</sup>, MC Manuel Alejandro Uranga Soto<sup>5</sup>, Dr. José Antonio Saucedo Pérez<sup>6</sup>,  
MC Rodrigo de Jesús Rojas Villegas<sup>7</sup>, Dr. Juan Pedro Campos Saucedo<sup>8</sup>

**Resumen**— Se determinó el efecto de la esterilización comercial en la calidad sensorial y microbiológica de frijoles refritos, puercos y combinados. Se envasaron 454 g de producto a 80°C en bolsas termorresistentes y se procesaron térmicamente conforme a los requerimientos de la NOM-130-SSA1-1995 para alimentos de baja acidez. Al producto final se le evaluó la calidad microbiológica mediante la presencia de mesófilos y termófilos (aerobios y anaerobios). Sensorialmente se comparó el frijol esterilizado vs. no esterilizado mediante las pruebas discriminativa dúo-trío y de preferencia. Adicionalmente, se realizó una prueba aceptabilidad general. Se encontró ausencia de los microorganismos en todas las muestras. El tratamiento térmico afectó sensorialmente a los productos, aunque, el 36% de los consumidores mostraron preferencia por las pastas esterilizadas, el 77.8% de estos evaluaron su sabor entre me gusta a me gusta muchísimo; lo que sugiere una buena aceptación por parte del consumidor para ambas pastas de frijol.

**Palabras clave**—Frijol común, Esterilización comercial, Calidad sensorial, aceptabilidad del producto, preferencia del consumidor.

## Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa considerada en la alimentación de la dieta humana, rica en proteínas, hidratos de carbono complejos y minerales (Rocha-Guzmán y col, 2007). México es un centro de origen y domesticación del frijol (Hernández-López, 2013). Aunque este país ha sido uno de los principales productores y consumidores de esta leguminosa, su consumo per cápita se ha reducido 50% en un periodo 1980 a 2014, esto se ha asociado a la migración, el urbanismo, cambios en el poder adquisitivo de la población en general y la incorporación de la mujer a la actividad laboral (FIRA, 2015). Por lo que, se ha dejado poco tiempo para la preparación de alimentos y a su vez ha incrementado el consumo de comidas rápidas, lo que da lugar a un mercado de consumo en crecimiento acelerado para el frijol procesado (Ulloa et al., 2011).

El proceso térmico es uno de los métodos físicos más importantes para la conservación de alimentos, que consiste en someter al producto a una fuente de calor por un tiempo suficiente, antes o después de ser envasado en recipientes de cierre hermético, con el fin de lograr una estabilidad biológica (Sharma et al., 2003). Mientras que, la esterilización comercial es el proceso térmico necesario para reducir los microorganismos presentes hasta el punto de que el alimento se conserve posteriormente a temperatura ambiente (Singh y Heldman, 2009). Los alimentos con pH mayor a 4.6, como el frijol procesado y comercializado a temperatura ambiente, debe de ser esterilizado comercialmente y tener ausencia de microorganismos mesófilos aerobios y anaerobios y termófilos aerobios y anaerobios (NOM-130-SSA1-1995).

Si bien, un tratamiento térmico destruye enzimas y microorganismos, aumentado la vida útil de los alimentos,

<sup>1</sup> Ana Karen Hernández Gutiérrez es estudiante de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. [Anakaren\\_hg@hotmail.com](mailto:Anakaren_hg@hotmail.com)

<sup>2</sup> Dra. María Dolores Muy Rangel es Investigadora del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Coordinación Culiacán, Culiacán Sinaloa, México. [mdmuy@ciad.mx](mailto:mdmuy@ciad.mx)

<sup>3</sup> Dra. Leticia Xóchitl López Martínez es investigadora cátedra CONACYT del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Coordinación Culiacán, Culiacán Sinaloa, México. [lomarleticia@gmail.com](mailto:lomarleticia@gmail.com)

<sup>4</sup> MC María Dolores C. Cano Ochoa es profesora e Investigadora Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. [canochoa@hotmail.com](mailto:canochoa@hotmail.com)

<sup>5</sup> MC Manuel Alejandro Uranga Soto es técnico académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Coordinación Culiacán, Culiacán Sinaloa, México. [ma\\_uranga@hotmail.com](mailto:ma_uranga@hotmail.com)

<sup>6</sup> Dr. José Antonio Saucedo Pérez es Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. [josesaucedo@hotmail.com](mailto:josesaucedo@hotmail.com)

<sup>7</sup> MC Rodrigo de Jesús Rojas Villegas es profesor e investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. [rodrigodejesusrojasvillegas@gmail.com](mailto:rodrigodejesusrojasvillegas@gmail.com)

<sup>8</sup> Dr. Juan Pedro Campos Saucedo es Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. [juanpedrocampos@hotmail.com](mailto:juanpedrocampos@hotmail.com) (autor correspondiente)

también puede ocasionar una alteración del aroma y sabor a tal grado de originar el rechazo del consumidor (Maca et al., 2012). De aquí parte la importancia que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto del mismo, se realicen pruebas sensoriales al grupo al cual va dirigido el alimento (Leyva et al., 2010). El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la esterilización comercial en la calidad sensorial (nivel de preferencia y aceptación) y microbiológica de tres tipos de pastas de frijol: refritos, puercos y combinados.

### Descripción del Método

#### *Condiciones de las pastas de frijol procesadas térmicamente.*

Cada uno de los tres tipos de pastas de frijol común; refritos, puercos y combinados se envasaron en bolsas termorresistentes (454 g de producto a 80°C) y se procesaron térmicamente de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995 para alimentos de baja acidez.

#### *Análisis microbiológico*

Se evaluó la calidad microbiológica de los tres tipos de pastas de frijol esterilizadas comercialmente en base al recuento de microorganismos mesófilos aerobios y anaerobios y termófilos aerobios y anaerobios. Para la determinación de organismos aerobios se inocularon 2 mL de la muestra, diluida y homogeneizada en buffer de fosfatos, en cada uno de cuatro tubos de caldo glucosa púrpura de bromocresol. Para determinar los organismos mesófilos, dos de los tubos inoculados se incubaron durante a 35°C por 96 h. Mientras que para los termófilos los otros dos tubos se incubaron a 55°C por 72 h. Para determinar los organismos anaerobios se inocularon 2 mL de la muestra diluida y homogeneizada en cada uno de cuatro tubos con caldo hígado estratificando con vaspar (vaselina y parafina al 50%). Una vez inoculados, dos de los tubos se incubaron a 35°C durante 96 h para determinar los organismos mesófilos y los otros dos a 55°C durante 72 h para termófilos.

#### *Principios éticos, orden y ubicación del estudio*

A los consumidores participantes se les comunico el objetivo de la investigación, se les brindo información acerca del origen de las pastas y de cómo no representaban ningún riesgo para la salud, se consideró su participación voluntaria, se les informo sobre los métodos y procedimientos a seguir durante la evaluación. La evaluación sensorial se realizó en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Ya que es ahí donde residen los principales consumidores de estos tipos de pastas de frijol común. El orden de las pruebas de evaluación sensorial fue el siguiente: prueba de diferenciación, prueba de preferencia y prueba de aceptación.

#### *Jueces*

Para este estudio se utilizaron jueces adiestrados únicamente para la prueba discriminativa Dúo-trío, y para las pruebas de preferencia y aceptación se utilizaron jueces no adiestrados, de acuerdo a lo reportado por Espinosa (2007).

#### *Preparación de las muestras*

Se utilizaron muestras de pastas de frijol esterilizadas y no esterilizadas (pasteurizadas). Los productos se calentaron a 75-80°C, se colocaron 2 gramos de muestra en un recipiente de plástico desechable de 28 mL de capacidad e identificado con un código de tres dígitos elegido al azar. Se utilizó una cuchara nevera de color blanco para degustar.

#### *Prueba discriminativa Dúo-trío*

Para determinar si existía diferencia perceptible entre una pasta de frijol esterilizada comercialmente y una pasteurizada (como es consumida tradicionalmente), se planteó como  $H_0$ : “No existe diferencia entre las muestras de frijol esterilizado comercialmente y pasteurizado”. A cada juez se le entregó una muestra identificada como referencia o control y dos muestras debidamente codificadas, de las cuales una era igual a la referencia o control. Y se indicó que identificará cuál de las dos muestras codificadas era igual a la referencia. En la Figura 1 se muestra el formato utilizado para esta prueba.

Nombre _____	Fecha _____
Deguste la primera muestra que corresponde al control. Descanse un minuto y deguste las dos muestras numeradas. Señalé cuál de ellas es igual al control encerrándola en un círculo. Enjúguese la boca antes de evaluar cada muestra.	
Control	Muestras
R	943 358

Figura 1. Formato utilizado para la prueba discriminativa Dúo-trío.



*Prueba de preferencia*

El objetivo de esta evaluación fue conocer si el proceso de esterilización comercial afectaba la preferencia de los consumidores a estos tipos de pastas de frijol. Para lo cual, se realizó una prueba de comparación pareada. A cada juez se le entregó dos muestras debidamente codificadas, una de frijol esterilizado y la otra pasteurizado, y se le solicitó que probara ambas muestras e indicara cual le gustaba más. En la Figura 2 se muestra el formato que se utilizó para esta prueba.

Fecha \_\_\_\_\_

Realice sus evaluaciones en silencio. Sea sincero en sus respuestas y no las comente con sus compañeros. A continuación se le darán dos muestras con códigos diferentes, deléitese con el sabor de cada una y conteste la siguiente pregunta.

Indique el **código** de la muestra QUE MÁS LE GUSTÓ \_\_\_\_\_

Figura 2. Formato utilizado para la prueba de preferencia (comparación pareada).

*Prueba de aceptación*

Con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado de las pastas de frijol esterilizadas comercialmente se eligieron como jueces, grupos representativos de consumidores potenciales o habituales del producto. Se utilizó una escala hedónica con siete criterios: me gusta muchísimo, me gusta mucho, me gusta, me es indiferente, no me gusta, me disgusta mucho y me disgusta muchísimo, representados por caritas para facilitar la comprensión de los jueces.

A cada juez se le proporcionó una muestra y se le indicó que una vez degustada, evaluara su nivel de agrado o desagrado con base en la escala hedónica que se muestra en la figura 3.



Figura 3. Escala hedónica utilizada para la prueba aceptación.

*Análisis estadístico*

Los resultados de la prueba discriminativa de diferenciación dúo-trío fue analizada mediante el método de ji cuadrado ( $X^2$ ); mientras que para las pruebas de preferencia y aceptación se utilizó las medias aritméticas.

**Resultados**

*Calidad microbiológica*

En el cuadro 1 se muestran los resultados del análisis microbiológico de los tres tipos de pastas de frijol esterilizados utilizados en este estudio; en el cual se confirmó la ausencia de microorganismos mesófilos aerobios y anaerobios y termófilos aerobios y anaerobios. Lo que indicó que el proceso de esterilización comercial dado a las pastas de frijol fue adecuado y los productos eran seguros y aptos para su consumo.

Microorganismos (UFC/g)	Tipo de pastas de frijol esterilizadas comercialmente		
	Frijol refrito	Frijol puerco	Frijol Combinado
Mesófilos aeróbicos	Negativo	Negativo	Negativo
Mesófilos anaeróbicos	Negativo	Negativo	Negativo

Termófilos aeróbicos	Negativo	Negativo	Negativo
Termófilos anaeróbicos	Negativo	Negativo	Negativo

Cuadro 1. Análisis microbiológico de los tres tipos de pastas de frijol esterilizadas.

*Prueba discriminatoria Dúo-trío*

Con base a la hipótesis establecida se tomó como acierto, cuando el juez no identificó la diferencia entre la muestra y el control. Como se observa en el cuadro 2, el 17, 20 y 24 % de los jueces que evaluaron las pastas de frijol refrito, combinado y puerco, respectivamente, discriminaron correctamente encontrando la muestra que era igual al control. Al comparar los resultados con el método de ji cuadrado ( $X^2$ ) se rechazó  $H_0$ , concluyendo que si existe diferencia significativa entre las muestras.

Tipo de pastas	Aciertos	Falsos	Nº de Jueces	$X^2_{Experimental}$ vs $X^2_{Tabla}$
Frijol Refrito	4	20	24	6.05 > 3.841
Frijol Puerco	5	16	21	10.24 > 3.841
Frijol combinado	5	19	24	9.375 > 3.841

Cuadro 2. Resultados de la prueba de diferenciación dúo-trío.

*Prueba de preferencia*

En el cuadro 3 se presentan los resultados de la prueba de comparación pareada. Se encontró que independientemente del tipo de pasta de frijol, el 36% los jueces expresaron su preferencia por los frijoles esterilizados comercialmente; entre los cuales, los jueces mostraron mayor preferencia por las pastas de frijol refrito y combinado que la de frijol puerco.

Tipo de pastas	Preferencia de pasta de Frijol pasteurizado		Preferencia de pasta de Frijol esterilizado		Total de jueces
	No. de jueces	%	No. de jueces	%	
Refrito	96	60.8	62	39.2	158
Puerco	78	72.2	30	27.8	108
Combinado	63	58.9	44	41.1	107

Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación pareada (preferencia).

*Prueba de aceptación*

En el cuadro 4 se detallan los resultados del nivel de agrado o desagrado de los jueces. Según la escala hedónica de aceptabilidad, el 77.8% de los consumidores clasificaron el sabor de las pastas esterilizadas entre me gusta y me gusta muchísimo, el 12.1% expresó que el sabor le era indiferente; mientras que, solamente el 10% de los consumidores evaluó el sabor entre no me gusta y me disgusta mucho.

Tipo de pastas	Nivel de aceptación (No. de jueces)							Total de jueces
	Me gusta muchísimo	Me gusta mucho	Me gusta	Indiferente	No me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta muchísimo	
Refrito	44	44	63	27	15	3	0	196
Puerco	13	26	58	12	9	2	0	120
Combinado	19	29	42	15	11	3	0	119

Cuadro 4. Resultados de la prueba de nivel de aceptación en las pastas de frijol esterilizadas.

**Conclusiones**

Los resultados demuestran que el tratamiento térmico afectó sensorialmente la calidad de las pastas, ya que los consumidores detectaron la diferencia entre una pasta esterilizada y una pasteurizada, además expresan una mayor preferencia por las pastas pasteurizadas. Sin embargo, dejan en claro que las pastas de frijol esterilizadas fueron



sensorialmente de su agrado. Los resultados de esta investigación dejan un claro panorama de la aceptación del consumidor dentro del mercado regional.

### *Recomendaciones*

Los colaboradores interesados en continuar con esta investigación podrían centrarse en un mercado distinto, con el fin de evaluar la aceptación en otras regiones del país o incluso fuera de del mismo. Esto con la finalidad de emitir una evaluación más amplia.

### **Referencias**

- Espinosa Manfugás, J. "Evaluación sensorial de los alimentos". Editorial Universitaria. La Habana, 2007.
- FIRA. Frijol 2016. *Panorama Agroalimentario* (en línea), consultada por Internet el 30 de septiembre de 2017. Dirección de internet: <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario>
- Hernández López, V. M., Vargas Vázquez, M. L. P., Muruaga Martínez, J. S., Hernández Delgado, S. y Mayek Pérez, N. "Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas". *Revista fitotecnia mexicana*, Vol. 36, No. 2, 2013.
- Leyva Martínez, R. M., Pachón, H., Chaveco Pérez, O., Permuy Abeleira, N., Ferraz Tellez, Y., Caballero Espinosa, N., y García Sánchez, E. "Evaluación sensorial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en dos comunidades cubanas". *agronomía mesoamericana*, Vol. 21, No. 2, 2010.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995. "Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias". Consultada por internet el 29 de Julio de 2016. Dirección de internet: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/130ssa15.html>.
- Maca, M. P., Mejía, D. F. y Osorio, O. "Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del zumo de tamarillo (*Solanum betaceum*)". *Vitae* (en línea), Vol. 19, Supl. 1, 2012, consultada por Internet el 30 de septiembre de 2017. Dirección de internet: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914032>
- Olivas Gastélum, R., Nevárez Moorillón, G. V., y Gastélum Franco, M. G. "Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos". *Tecnociencia Chihuahua*, Vol. 3, 2009.
- Rocha Guzmán, N. E., González Laredo, R. F., Ibarra Pérez, F. J., Nava Berumen, C. A., y Gallegos Infante, J. A. "Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars." *Food Chemistry*, Vol. 100, No. 1, 2007).
- Sharma, S., Mulvaney, S., Rizvi, S. "Ingeniería de Alimentos: Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio". Editorial Limusa, México D.F., pp. 68, 2003.
- Singh, R. & Heldman, D. "Introducción a la ingeniería de los alimentos". Editorial Acribia, Zaragoza, España: pp.279, 2009.
- Ulloa, J. A., Rosas Ulloa, P., Ramírez Ramírez, J. C y Ulloa Rangel, B. E. "El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos". *Revista Fuente*, Vol. 3, No. 8, 2011.

# LOS RIESGOS PSICOSOCIALES EN DOCENTES DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN AGUASCALIENTES, AGS.

Dra. P.H. Myrna Hernández Hernández<sup>1</sup>, Dra. P.H. María Angélica Rodríguez Esquivel<sup>2</sup>, Dra. E. Dora Luz Arriaga Soto<sup>3</sup>, M.A.P. Miriam Ethel Castañuela Ríos<sup>4</sup>, M.C.A. Isabel Álvarez Hernández<sup>5</sup>, Dra. P.H. Martha Elena Valdéz Gutiérrez<sup>6</sup>, Ernesto Daniel Moran Torres<sup>7</sup>

**Resumen**—La presente investigación se enfocó en los riesgos psicosociales a los que están sometidos los docentes que trabajan en instituciones de educación superior de Aguascalientes, Ags. Se trabajó con un grupo experimental de 50 docentes, de distintas carreras, quienes participaron en un programa de intervención que inició con una evaluación diagnóstica para identificar los principales riesgos psicosociales, aplicación de técnicas psicoterapéuticas y finalmente, la evaluación de cierre y el reporte. Los resultados obtenidos arrojaron que el noventa por ciento de los docentes que participaron en el programa fueron capaces de controlar y mitigar los efectos presentados por los riesgo psicosocial. La investigación fue de tipo cuasi-experimental y se caracterizó a su vez por ser transaccional por tratarse de recolección de datos esenciales en un cierto momento y en un tiempo específico, así mismo, de carácter descriptivo, ya que se trató de un estudio dirigido a un grupo experimental.

**Palabras clave**—Factores, Riesgos Psicosociales, Psicoterapias Humanistas.

## Introducción

La presente investigación tiene como propósito identificar y evaluar los Factores de Riesgo Psicosocial y los Riesgos Psicosociales, así como prevenir y mitigar los efectos que tienen sobre los docentes, cuyas consecuencias pueden ser psicosomáticas, psicológicas y conductuales, en instituciones de educación superior en Aguascalientes, Ags. y cómo inciden éstos en su desempeño académico.

En este estudio participaron 50 docentes a quienes se les aplicó una evaluación diagnóstica para determinar las situaciones personales, familiares, laborales y sociales de los participantes, que inciden directamente en sus conductas, comportamientos y desempeño, tanto dentro del aula como en el entorno escolar que los rodea. Dicha evaluación distingue 5 criterios para la toma de acciones: muy alto, alto, medio, bajo y nulo.

Se diseñó una metodología que constan esencialmente de 3 fases: 1. Evaluación Diagnóstica. 2. Programa de Intervención. 3. Evaluación de Cierre y formulación de informe final.

Ignorar los efectos de los riesgos psicosociales en la población docente de nivel superior incrementará los niveles de estrés y a largo plazo, puede llegar a ocasionar enfermedades respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas, endocrinológicas, musculo-esqueléticas, cardiovasculares y mentales, entre otras.

La investigación fue de tipo cuasi-experimental y se caracterizó a su vez de ser transaccional por tratarse de recolección de datos esenciales en un cierto momento y en un tiempo específico. Así mismo, de carácter descriptivo, ya que se trata de un estudio dirigido a un grupo experimental.

## Descripción del Método

### *Revisión de la literatura*

El Diario Oficial de la Federación, también conocido como DOF por sus siglas, es el órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, cuyo objetivo principal es el de publicar en el territorio nacional: leyes, reglamentos, acuerdos, circulares, órdenes y demás actos expedidos por los poderes de la Federación, a fin de que éstos sean observados y aplicados debidamente en sus respectivos ámbitos de competencia y por esta razón, comenzaremos revisando la normatividad relacionada con los Factores de Riesgo Psicosocial y los Riesgos Psicosociales en México.

El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997, textualmente estableció en su artículo 13 las obligaciones que los patrones deben adoptar en los centros de trabajo, de conformidad con lo dispuesto en este reglamento y en las normas aplicables, a fin de prevenir por una parte, accidentes en el uso de maquinaria, equipo, instrumentos y materiales, y por la otra, enfermedades por la exposición a los agentes químicos, físicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales...

En el artículo 14, del mismo reglamento, se estableció: “Será responsabilidad del patrón que se practiquen los exámenes médicos de ingreso, periódicos y especiales a los trabajadores expuestos a los agentes físicos, químicos, biológicos y psicosociales que por sus características, niveles de concentración y tiempo de exposición puedan

alterar su salud, adoptando en su caso, las medidas pertinentes para mantener su integridad física y mental, de acuerdo a las normas correspondientes”.

Siguiendo el mismo orden de ideas, el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de febrero del 2014, el cual entró en vigor el 14 de febrero del 2015, en su Artículo 32 señala: “En el presente Capítulo se establecen las disposiciones generales para la salud en el trabajo que deberán observarse en los rubros siguientes: I. Ruido; II. Vibraciones; III. Iluminación; IV. Radiaciones ionizantes; V. Radiaciones electromagnéticas no ionizantes; VI. Condiciones térmicas elevadas o abatidas; VII. Presiones ambientales anormales; VIII. Agentes químicos; IX. Agentes biológicos; X. Factores de Riesgo Ergonómico, y XI. Factores de Riesgo Psicosocial.

El Artículo 43, del reglamento arriba citado, indica: “Respecto de los Factores de Riesgo Psicosocial del Centro de Trabajo, los patrones deberán: I. Identificar y analizar los puestos de trabajo con riesgo psicosocial por la naturaleza de sus funciones o el tipo de jornada laboral; II. Identificar a los trabajadores que fueron sujetos a acontecimientos traumáticos severos o a actos de violencia laboral, y valorarlos clínicamente; III. Adoptar las medidas preventivas pertinentes para mitigar los Factores de Riesgo Psicosocial; IV. Practicar exámenes o evaluaciones clínicas al personal ocupacionalmente expuesto a Factores de Riesgo Psicosocial, según se requiera; V. Informar a los trabajadores sobre las posibles alteraciones a la salud por la exposición a los Factores de Riesgo Psicosocial, y VI. Llevar los registros sobre las medidas preventivas adoptadas y los resultados de los exámenes o evaluaciones clínicas”.

Del mismo reglamento, el Artículo 55 dice: “Para la promoción de un Entorno Organizacional Favorable y la prevención de la Violencia Laboral, los patrones deberán: I. Definir políticas para la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral; II. Disponer de mecanismos seguros y confidenciales para la recepción de quejas por prácticas opuestas al entorno organizacional favorable y para denunciar actos de violencia laboral; III. Realizar evaluaciones del entorno organizacional favorable, tratándose de centros de trabajo que tengan más de 50 trabajadores; IV. Adoptar las medidas preventivas pertinentes para combatir las prácticas opuestas al entorno organizacional favorable y actos de violencia laboral; V. Difundir entre los trabajadores las políticas para la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral; los resultados de las evaluaciones del entorno organizacional, así como las medidas adoptadas para combatir las prácticas opuestas al entorno organizacional favorable y actos de violencia laboral, y VI. llevar los registros sobre las medidas preventivas adoptadas y los resultados de las evaluaciones del entorno organizacional favorable.

Hoy en día, en la ciudad de Aguascalientes, como en la mayoría de las grandes urbes del mundo, se vive a un ritmo muy acelerado, mismo que se puede observar a simple vista no solo en los hogares, en el tráfico en las horas pico y sobre todo, en los centros de trabajo donde los niveles de exigencia aumentan día con día. Por su parte, muchos docentes de instituciones de educación superior de Aguascalientes, se ven obligados a trabajar más de 8 horas diarias, más de 5 días a la semana y en más de un centro de trabajo y/o institución educativa.

Tal es el impacto de los riesgos psicosociales en la actualidad, que se ha diseñado un proyecto de norma denominada NOM-035-STPS-2016. Factores de Riesgo Psicosocial. Identificación y Prevención, en la que se pretende establecer los elementos para identificar y prevenir los factores de riesgo psicosocial y promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo.

Con respecto a las Medidas Preventivas, el proyecto de norma considera para todos los centros de trabajo, las siguientes: Medidas de prevención y control de los factores de riesgo psicosocial; Medidas de prevención de la violencia laboral; Promoción del entorno organizacional favorable.

Asimismo, establece un Programa de Control, el cual debe implementarse de acuerdo con los resultados de las evaluaciones realizadas, contemplando tres niveles.

Primer nivel.- Las acciones se centran en el plano organizacional e implican actuar sobre la política de prevención de riesgos.

Segundo nivel.- Las acciones se orientan sobre la interrelación de los trabajadores y la organización del trabajo (contempla temas como: manejo de conflictos, trabajo en equipo, orientación a resultados, liderazgo, comunicación asertiva, administración del tiempo de trabajo, entre otros), así como reforzar el apoyo social.

Tercer nivel.- Las acciones se enfocan al plano individual, cuando se comprueba que existen signos de daño a la salud. Se incluyen intervenciones de tipo terapéuticas o clínicas que son realizadas por un médico, psicólogo o psiquiatra según corresponda.

Cabe mencionar que el proyecto de norma, establece una relación directa con la NMX-R-025-SCFI-2015, en Igualdad Laboral y No Discriminación vigente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de octubre del 2015, en los siguientes aspectos:

Aquellos centros de trabajo que cuenten con certificado de cumplimiento de la NMX-R-025-SCFI-2015, darán por esa condición, cumplimiento con las obligaciones y condiciones establecidas en el proyecto NOM-035-STPS-

2016, en los siguientes numerales: 5.1; 5.7; 7.1 y; 7.2; en los diferentes apartados en donde se menciona sobre el ambiente laboral, igualdad laboral, no discriminación y violencia laboral.

Ahora bien, es importante distinguir la diferencia entre Factores de Riesgo Psicosocial y los Riesgos Psicosociales. Cuando se habla de los factores, se está haciendo referencia a las causas y cuando se habla de los riesgos se están señalando las consecuencias.

En el cuerpo del proyecto de la NOM-035-STPS-2016 mencionada anteriormente, se establece que los Factores de Riesgo Psicosocial son aquellos que pueden provocar trastornos de ansiedad, no orgánicos del ciclo sueño-vigilia (ciclo circadiano) y de estrés grave y de adaptación, derivado de la naturaleza de las funciones del puesto de trabajo, el tipo de jornada de trabajo y la exposición a acontecimientos traumáticos severos o a actos de violencia laboral al trabajador, por el trabajo desarrollado. Incluye las condiciones peligrosas e inseguras en el ambiente de trabajo; las cargas de trabajo cuando exceden la capacidad del trabajador; la falta de control sobre el trabajo; las jornadas de trabajo superiores a las previstas en la Ley Federal del Trabajo, rotación de turnos que incluyan turno nocturno y turno nocturno sin periodos de recuperación y descanso; interferencia en la relación trabajo-familia, y el liderazgo negativo y las relaciones negativas en el trabajo.

En el Cuadro 1, se observa la clasificación de los Factores de Riesgo Psicosocial.

Categoría	Dominio	Dimensión
Ambiente de trabajo	Condiciones en el ambiente de trabajo	Condiciones peligrosas e inseguras
		Condiciones deficientes e insalubres
		Trabajos peligrosos
Factores propios de la actividad	Carga de trabajo	Cargas cuantitativas
		Ritmos de trabajo acelerado
		Carga mental
		Cargas psicológicas emocionales
		Cargas de alta responsabilidad
		Cargas contradictorias o inconsistentes
Factores propios de la actividad	Falta de control sobre el trabajo	Falta de control y autonomía sobre el trabajo
		Limitada o nula posibilidad de desarrollo
		Insuficiente participación y manejo del cambio
		Limitada o inexistente capacitación
Organización del tiempo de trabajo	Jornada de trabajo	Jornadas de trabajo extensas
	Interferencia en la relación trabajo-familia	Influencia del trabajo fuera del centro laboral
		Influencia de las responsabilidades familiares
Liderazgo y relaciones en el trabajo	Liderazgo	Escasa claridad de funciones
		Características del liderazgo
	Relaciones en el trabajo	Relaciones sociales en el trabajo
		Deficiente relación con los colaboradores que supervisa
Entorno organizacional	Reconocimiento del desempeño	Escasa o nula retroalimentación del desempeño
		Escaso o nulo reconocimiento y compensación
	Insuficiente sentido de pertenencia e inestabilidad	Limitado sentido de pertenencia
		Inestabilidad laboral
Violencia	Violencia laboral	Malos tratos
		Hostigamiento
		Acoso, acoso psicológico.

Cuadro 1. Clasificación de los Factores de Riesgos Psicosociales..

Los Riesgos Psicosociales son los efectos psicológicos, físicos y sociales negativos que se derivan de deficiencias en el diseño, organización y gestión del trabajo.

Los principales riesgos psicosocial que se identificaron, fueron: estrés laboral, síndrome de Burnout o estar quemado o agotado, conflicto familia – trabajo o doble presencia, inseguridad contractual, violencia laboral y acoso laboral.

En el cuadro 2 se hace referencia a las principales consecuencias producidas en las personas que padecen los riesgos mencionados:

Consecuencias Psicosomáticas (enfermedades):	Consecuencias Psicológicas:	Consecuencias Conductuales:
Musculares Respiratorias Gastrointestinales Dermatológicas Trastornos de sueño Cardiovasculares Diabetes Mellitus tipo 2 Hipertensión arterial	Ansiedad Cambios de humor Preocupación excesiva Sensación de confusión Sentimientos de falta de control emocional sobre uno mismo y sobre las situaciones Baja autoestima Frustración Impotencia Apatía Tristeza Irritabilidad Culpabilidad	Conductas antisociales: Mobbing o trato hostil o vejatorio al que es sometida una persona en el ámbito laboral de forma sistemática, que le provoca problemas psicológicos y profesionales. Agresividad, actos violentos Prepotencia Comer en exceso Abuso en la ingesta de alcohol Tabaquismo Adicciones (Buscar refugio en las drogas) Aislamiento Suicidio

Cuadro 2. Consecuencias de los riesgos psicosociales en las personas.

Dentro del marco del Día Mundial de la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2016 - Estrés en el Trabajo: Un reto colectivo, que se llevó a cabo en la sede de la Organización Internacional del Trabajo, en Ginebra, Suiza, Guy Ryder, Director General de la OIT indicó que: "El estrés laboral afecta a los trabajadores de todas las profesiones, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Puede tener efectos muy nocivos no sólo para la salud de los trabajadores sino también, con demasiada frecuencia, para el bienestar de sus familias".

Asimismo, se mencionó que muchos trabajadores enfrentan una gran presión para cumplir con las exigencias de la vida laboral moderna y están sometidos a los siguientes riesgos psicosociales: el aumento de la competitividad, mayores expectativas sobre el rendimiento, largas jornadas de trabajo, un acelerado ritmo de trabajo determinado por las comunicaciones instantáneas, la falta de límites entre el trabajo y la vida privada, los cambios sustanciales en las relaciones laborales, la exposición de los trabajadores a cambios organizacionales y de reestructuración, menores oportunidades laborales, aumento de trabajo precario, temor a la pérdida del empleo, despidos masivos, menor estabilidad financiera, acarreando graves consecuencias para su salud mental y bienestar.

Se trabajó la siguiente propuesta con el grupo experimental:

Fase 1: Se llevó a cabo una evaluación para diagnosticar el nivel de riesgo al que estaban expuestos los docentes de las instituciones educativas de nivel superior en la ciudad de Aguascalientes. Los resultados obtenidos los ubicaron en alguno de los siguientes niveles de riesgo: muy alto, alto, medio, bajo o nulo.

Los principales riesgos psicosocial que se identificaron, fueron: estrés laboral, síndrome de Burnout o estar quemado o agotado, conflicto familia – trabajo o doble presencia, sobre todo en la población femenina participantes, inseguridad contractual, en aquellos docentes que no cuentan con contratos por tiempo indefinido o base, violencia laboral por parte de los jefes y/o líderes y acoso laboral.

Fase 2: Los docentes evaluados participaron en un Programa de Intervención, cuyo objetivo principal fue proporcionar herramientas terapéuticas que permitieran a los docentes prevenir y mitigar los riesgos psicosociales identificados en las evaluaciones. Tuvo una duración de 48 horas, divididas en 12 sesiones dentro de un periodo de 3 meses. Se utilizaron las siguientes Psicoterapias Humanistas: Programación Neurolingüística, Hipnosis Hericksoniana, Técnicas de Liberación Emocional o EFT, campos energéticos, Gestalt y ThetaHealing.

Fase 3: Los resultados obtenidos con la evaluación de cierre, arrojaron que el noventa por ciento de los docentes de instituciones de educación superior que participaron en el programa de intervención, fueron capaces de prevenir y mitigar los efectos presentados por los riesgo psicosocial a los que estuvieron sometidos, durante sus jornadas de trabajo en o los distintos centros de trabajo donde colaboran.

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

Para este trabajo investigativo, se tomó una muestra con las siguientes características: el cien por ciento de los participantes fueron docentes de instituciones de educación superior de la ciudad de Aguascalientes, de distintas carreras, cuyo rango de edad oscila entre los 26 y los 58 años, 77% eran mujeres y 23% hombres, mismos que realizaron la evaluación diagnóstica.

En relación con el ambiente de trabajo el 100% de los participantes no manifestaron trabajar en condiciones de trabajo peligrosas o inseguras.

En el apartado carga de trabajo, los participantes contestaron lo siguiente:

63% dijeron tener cargas cuantitativas de trabajo; 88% tienen ritmos de trabajo acelerado; 100% carga mental dada la naturaleza del trabajo docente; 55% tienen cargas psicológicas emocionales; 100% tienen cargas de alta responsabilidad.

Con respecto a la falta de control sobre el trabajo el 100% de los docentes sin contrato o base, manifestaron limitada o nula posibilidad de desarrollo; 98% insuficiente participación y manejo del cambio.

En relación con la jornada de trabajo: 67% manifestaron tener jornadas de trabajo extensas lo que impacta de manera directa con el apartado: interferencia en la relación trabajo-familia, ya que 89% reportó trabajar fuera del centro laboral y tomar tiempo dedicado a la familia, para preparar clases, exámenes, hacer investigaciones, entre otras actividades relacionadas con la docencia.

En cuanto al liderazgo el 38% manifestó tener jefes con características de liderazgo negativas para el desarrollo de sus actividades docentes.

En las relaciones en el trabajo 72% indicó deficiente relación con los colaboradores que supervisa.

El 35% de los docentes participantes no cuentan con contratos o bases. Todos ellos indicaron Insuficiente sentido de pertenencia e inestabilidad laboral, dado que un semestre pueden tener asignaturas y al siguiente no.

El 12% de los docentes, algunos de ellos de base, manifestaron violencia laboral, malos tratos y hostigamiento.

### *Conclusiones*

Los resultados han demostrado que:

Con la evaluación diagnóstica, los centros de trabajo -en este caso las instituciones de educación superior de la ciudad de Aguascalientes- obtuvieron una clara visión de cuáles son los factores psicosociales de las instituciones que ocasionan los riesgos psicosociales a los que están sometidos los docentes que colaboran en ellas.

Con el programa de intervención se logró que los docentes participantes, previnieran y mitigaran los riesgos psicosociales a los que están expuestos.

Se hizo latente la necesidad de seguir las normatividades establecidas para identificar, analizar y prevenir los riesgos psicosociales en los centros de trabajo, incluyendo las instituciones de educación superior y por ende, los docentes que trabajan en ellas y que están frente a grupos, en la mayoría de los casos, con más de 40 estudiantes.

Ignorar los efectos de los riesgos psicosociales, en la población docente de nivel superior, incrementará los niveles de estrés y podrían ocasionar enfermedades respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas, endocrinológicas, musculoesqueléticas, cardiovasculares y mentales, entre otras.

La exposición a los riesgos psicosociales provoca efectos negativos tanto en los docentes, como en las organizaciones y a largo plazo también generan un impacto negativo sobre la sociedad en su conjunto, como pérdida de la competitividad, altos costos médicos, desempleo.

Los Riesgos Psicosociales afectan potencialmente a todos los sectores productivos sin excepción alguna y a todos los niveles de las empresas, del sector educativo o no, públicas o privadas.

Por último, una adecuada vigilancia de la salud permite detectar la aparición de síntomas en los trabajadores.

### *Recomendaciones*

Los investigadores interesados en continuar con este trabajo, podrían concentrarse en cualquiera de las directrices mencionadas en el presente documento, puesto que todavía es un campo que requiere mucha investigación sobre todo en América Latina incluyendo México.

Después de su participación en el programa de intervención los participantes mostraron una tendencia más favorable hacia la práctica cotidiana de las técnicas de relajación vistas en las sesiones; mantener una sana alimentación; darse pausas para descansar y fomentar la creación de pensamientos constructivos.

Las organizaciones en general, deben evaluar los riesgos y adoptar medidas preventivas antes de que sus trabajadores caigan enfermos. También es necesario informar y formar a los trabajadores sobre dichos riesgos.

El programa de intervención puede ser aplicado a cualquier sector de la población de educación superior creando un efecto multiplicador.

## **Referencias**



Departamento de Asistencia Técnica para la Prevención de Riesgos Laborales. (2009). Guía de Prevención de Riesgos Psicosociales en el Trabajo. Andalucía, España, UGT.

Instituto Sindical de Ambiente, Trabajo y Salud, ISTAS, 2004. Manual para la evaluación de riesgos psicosociales en el trabajo. Método ISTAS 21 (CoPsoQ). Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. Barcelona, España.

Ley Federal del Trabajo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación de primero de abril de 1970 y sus reformas.

NTP 179: La carga mental del trabajo: definición y evaluación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1986.

NTP 318: El estrés: proceso de generación en el ámbito laboral. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1993.

NTP 349: Prevención del estrés: intervención sobre el individuo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1994.

NTP 438: Prevención del estrés: intervención sobre la organización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1997.

NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1997.

NTP 534: Carga mental de trabajo: factores. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1999.

NTP 705: Síndrome de estar quemado por el trabajo o "burnout" (II): Consecuencias, evaluación y prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España, 2005.

Norma NMX-R-025-SCFI-2015, en Igualdad Laboral y No Discriminación. Diario Oficial de la Federación. 19 de octubre del 2015. México. Tomado de la red mundial el día 22 de marzo del 2017. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5411973&fecha=19/10/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411973&fecha=19/10/2015)

Proyecto NOM-035-STPS-2016. Factores de Riesgo Psicosocial, Identificación y Prevención. 26 de octubre del 2016. México. Tomado de la red mundial el día 5 de febrero del 2017. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016)

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el Trabajo, Diario Oficial de la Federación. 21 de enero de 1997. México.

Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, Diario Oficial de la Federación de 13 de noviembre de 2014. México. Tomado de la red mundial el 30 de enero del 2017. [http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/how-the-ilo-works/ilo-director-general/statements-and-speeches/WCMS\\_475728/lang-es/index.htm](http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/how-the-ilo-works/ilo-director-general/statements-and-speeches/WCMS_475728/lang-es/index.htm)

Día Mundial de la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2016 - Estrés en el Trabajo: Un reto colectivo. Tomado de la red mundial el 28 de enero del 2017. [http://www.ilo.org/safework/WCMS\\_535223/lang-es/index.htm](http://www.ilo.org/safework/WCMS_535223/lang-es/index.htm)

# PERCEPCIÓN DE CONFIANZA EN LAS INSTITUCIONES DE SEGURIDAD DE HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA

Verónica Hernández Hernández MA<sup>1</sup>, MA Laura Lorena Herrera Pacheco<sup>2</sup>, MA Jesús Sáenz Córdova<sup>3</sup>, MA Lorena A López Guzmán<sup>4</sup>, MA Carmen Miriam Lizarraga Silveyra<sup>5</sup>

**Resumen.** El presente trabajo tiene por objeto identificar en el polígono Emiliano Zapata, el nivel de confianza de sus habitantes con las instituciones de Seguridad y Justicia de Hidalgo del Parral Chihuahua. Se efectuó la revisión de la literatura, definiendo el problema y la hipótesis que guían esta investigación, se aplicó el instrumento a 318 sujetos integrado por 7 variables nominales y 63 variables de intervalo, se utilizaron los software de estadística SPSS Y NCSS en una escala de Likert de 1 a 5, los cuáles arrojaron como resultado un Alpha de Cronbach's de 84.37% de confiabilidad y validez y un error estándar de estimación de 3.08%. Arrojo que, las instituciones de seguridad y justicia no tienen un nivel de confianza en el desempeño de sus funciones, así como el seguimiento de los eventos delictivos se encuentran con un nivel de satisfacción por debajo del 55%.

**Palabras claves:** seguridad, confianza.

## Introducción

Parral fue en un tiempo un centro minero muy activo. En 1567, fueron establecidas las minas de plata de Santa Bárbara en territorio de los Indios Conchos. En la época colonial la región de Parral tuvo un gran desarrollo como centro minero, agrícola y ganadero. La historia de su fundación menciona que el alférez real Don Juan Rangel de Biezma encontró plata en el cerro de la prieta. Las leyendas locales cuentan que las vetas de plata de la mina que ahí se construyó eran tan abundantes, que parecía como si brotasen espontáneamente del subsuelo. El nombre de la mina por la cual se fundó la ciudad de Parral lleva el nombre de «La negrita». La mina en realidad se llama la negrita porque en realidad la plata cuando es extraída, naturalmente es negra. Este nombre, según las historias se debe a que el fundador Juan Rangel de Biezma encontró en el cerro donde está la mina una joven india morena muy hermosa de la cual quedó enamorado y en honor a ella bautizó al cerro y a la mina. En 1631 fue hecho un nuevo descubrimiento de plata en el sur de Chihuahua. El nuevo descubrimiento llevo a un gran número de españoles y trabajadores indios llegaran a la zona Tarahumara al norte de Santa Bárbara. De acuerdo al profesor Spicer esto llevo a "esclavismo, de indios no Cristianos...la llegada de nueva gente y el resultante desarrollo de la sociedad Española sin dudas dio lugar a incrementar la presión sobre los habitantes nativos de la región Durante el auge minero de la región en la época colonial, la ciudad de Parral recibió el nombramiento de "Capital del Mundo de la Plata" por el monarca europeo Felipe IV; 2 por esta razón los lugareños y conocedores de la región suelen llamarla "Parral, Capital del Mundo". Aproximadamente en los años treinta del siglo XX la mina La Prieta estaba a cargo de la American Smelting Co. compañía norteamericana a la que se le concesionó la extracción de plata y otros minerales. Por tal motivo la administración, extracción y ganancias mayores eran 3 para esta compañía de tal manera que gran parte del personal era extranjero. Al finalizar el auge minero de la plata, Parral fue casi completamente abandonado en el año de 1930. (Aunque los distritos de los alrededores continúan la minería y la extracción de plata y otros minerales. Hoy en día Parral es una pequeña ciudad dedicada al comercio. El mineral que se extraía era enviado a los E.U. para su procesamiento final a la Compañía Asarco de donde era vendido tanto a México como a E.U. y otros países. Actualmente, Parral es una de las ciudades medias del estado de Chihuahua y constituye un importante centro regional para el comercio entre las regiones sur de Chihuahua y norte de Durango. Urbanísticamente, el desarrollo de la ciudad se ha visto detenido por la falta de agua potable y por su compleja geografía física; su intrincada red de callejuelas y callejones son rasgos distintivos de la ciudad y son estos rasgos los que le hacen preservar aún su aire colonial. Denominación correcta.- El nombre colonial de esta población es San José del Parral. La denominación oficial de la ciudad es Hidalgo del Parral (Hidalgo en honor a Miguel Hidalgo y Costilla y Parral es un conjunto de parras sostenidas con armazón de madera u otro artificio). También se dice que el padre del fundador de esta ciudad, [Juan Rangel de Biezma] nació en la ciudad llamada Parral, en España por lo cual él, en honor a su padre, le dio el mismo nombre que su ciudad natal y también que en la zona existían muchas Parras silvestres. Número de habitantes.- Son 107, 061 habitantes (2010), clave del municipio 032.) La precipitación pluvial media anual es de 480.0 milímetros con un promedio de 70 días de lluvia y una humedad relativa de 40%. Los vientos dominantes provienen del suroeste. Las nevadas son relativamente poco frecuentes cada año. Extensión. Tiene una superficie de 1,750 kilómetros cuadrados,

<sup>1</sup> MA Verónica Hernández Hernández, es profesora de contaduría en el ITP, Parral [vhernandez@itparral.edu.mx](mailto:vhernandez@itparral.edu.mx)

<sup>2</sup> MA Laura Lorena Herrera Pacheco, es profesora de administración en el ITP, Parral [lherrera@itparral.edu.mx](mailto:lherrera@itparral.edu.mx)

<sup>3</sup> MA Jesús Sáenz Córdova, es profesor de contaduría en el ITP, Parral [jsaenz@itparral.edu.mx](mailto:jsaenz@itparral.edu.mx)

<sup>4</sup> MA Lorena A. López Guzmán, es profesora de la UACH, [lluzman@uach.mx](mailto:lluzman@uach.mx)

<sup>5</sup> MA Carmen Miriam Lizarraga Silveyra, es profesora de administración en el ITP, Parral, [mlizarraga@itparral.edu.mx](mailto:mlizarraga@itparral.edu.mx)

que representa el 0.70% de la extensión territorial del Estado. Orografía. Su territorio es accidentado, presentando extensiones planas, con las características de la mesa central y lomeríos continuos y pequeños cerros de poca importancia, entre los que se encuentran los de «San Patricio», «Veta Grande», «El Potrero» y «Boca Grande» y algunos cerros aislados, llamados «El Pulpito», «La Cruz», «La Iguana», «El Sombrero» y otros más. Hidrografía. Pertenece a la vertiente oriental. El Río Parral nace en la Sierra del Astillero, se enfila al noroeste pasando a los municipios de Allende y Camargo, uniéndose en este al Río Florido. El Río Parral es un cauce que la mayoría del tiempo no tiene agua, sus aguas no se pueden aprovechar para la agricultura. el municipio cuenta con muy poca disponibilidad de agua de acuíferos y con la que se cuenta está contaminada por Plomo, Zinc entre otros metales. Principales ecosistemas.- Su vegetación está constituida por pastizales, matorrales, aile, abeto, chaman, ciprés, diferentes encinos, táscate, pináceas y árboles de escaso tamaño. Fauna.- Esta consta de paloma güilota y alas blancas, conejo, liebre, venado, gato montés y coyote. Recursos naturales.- Existe la minería, y sus minerales principales son: plata, plomo, cobre, zinc. Características y uso del suelo.- El uso predominante del suelo es ganadero, agrícola y minero. En la tenencia de la tierra predominan el régimen de propiedad privada con 155,034 hectáreas equivalentes a 73.64%. El régimen ejidal está constituido con 5,517 hectáreas que representan el 2,63%; a usos urbanos corresponden 2,825 que significan el 1.35% del suelo total. (1)

El Programa Nacional para la Prevención Social de la Violencia y la Delincuencia tiene por objeto atender los factores de riesgo y de protección vinculados a la violencia y la delincuencia.

Su implementación es coordinada por la Secretaría de Gobernación e implica el trabajo conjunto de los tres órdenes de gobierno, los diferentes sectores de la sociedad civil, así como la participación de la iniciativa privada y los organismos internacionales. La prevención social es un proceso que demanda acciones de corto, mediano y largo plazos orientadas a lograr, de manera progresiva, cambios socioculturales que permitan la configuración de relaciones libres de violencia y delincuencia.

En ese tenor, el Programa Nacional establece los principios de integralidad, intersectorialidad, transversalidad, territorialidad o focalización, participación, trabajo conjunto, continuidad de las políticas públicas, interdisciplinariedad, diversidad, proximidad, transparencia y rendición de cuentas e incorpora las perspectivas transversales de equidad de género; derechos humanos y cohesión social.

Su fundamento descansa en el enfoque de seguridad ciudadana, el cual privilegia la participación ciudadana en la construcción de ambientes seguros a través de la prevención, además de entender la seguridad como un derecho humano que debe ser garantizado por el Estado pero que a su vez, debe ser coproducido por todos los actores sociales. El enfoque preventivo asumido por el presente Programa plantea tres niveles de intervención: primario, secundario y terciario; y, cinco tipos de prevención, social, situacional, comunitaria, psicosocial y prevención policial orientada a la comunidad. La ENVIPE, estima que en 2015 se denunció el 10.5% del total de los delitos, y para los cuales el Ministerio Público inició Averiguación Previa o Carpeta de Investigación en 59.6% de los casos.

Durante 2015 se inició averiguación previa en el 6.3% del total de los delitos. Lo anterior, representa un 93.7% de delitos donde NO hubo denuncia o NO se inició averiguación previa.

Para el 2015 estas son cifras obtenidas de INEGI en el tema de percepción sobre el desempeño de las autoridades de seguridad pública y justicia.

Percepción de confianza y corrupción en instituciones de seguridad pública

El segmento más grande es el de los desconfiados (30%). Este segmento se distingue por creer que existe corrupción en las instituciones y tener poca o ninguna confianza en ellas.

La mayoría de los individuos en este segmento consideran que hay corrupción en la Policía de Tránsito, Estatal y Federal (86%, 86% y 75% respectivamente).

Asimismo, no confían en las instituciones locales, 70% menciona que la Policía de Tránsito le inspira poca o ninguna confianza. En contraparte, 75% asegura que la marina le inspira mucha o alguna confianza.

Anti policías, este segmento representa al 17% de la población. Su principal característica es que no suelen emitir opiniones sobre su confianza en las instituciones y su percepción de seguridad.

Cuando los individuos de este segmento emiten una opinión suele estar más cargadas hacia la desconfianza y la corrupción en las instituciones policiacas. Por un lado, 95% mencionó no saber si existía corrupción en los Jueces y 83% en la Marina. Por otro lado, 63% considera que sí hay corrupción en la Policía de Tránsito y 59% en la Policía Estatal.

Pro-fuerzas armadas, este segmento contiene al 24% de la población. Se caracteriza por no tener opiniones sobre la percepción de corrupción y la confianza en las instituciones.

En este grupo destaca que, a pesar de no haber emitido ninguna opinión sobre las instituciones, 87% tiene mucha o alguna confianza en el Ejército y 91% mucha o alguna confianza en la Marina. De igual forma, 91% considera que la Marina no puede considerarse corrupta y 81% tienen la misma opinión sobre el Ejército.

Desinformados, en este segmento se agrupa 16% de la población. Los individuos en este grupo no tienen opiniones sobre ninguna institución.

93% comentaron no saber si confían o no en la Marina, así como 97% en la PGR Y 99% en la Policía Federal. De igual forma, 95% no sabe si el Ministerio Público puede calificarse como corrupto y 76% tampoco lo sabe de la Policía Estatal.

Institucionales, este segmento representa al 13 % de la población. Se distingue de los demás por tener confianza en las instituciones y creer que no existe corrupción en ellas.

85% cree que el Ejército no puede calificarse como corrupto, 86% considera lo mismo de la marina y 78% de la Policía Federal. Asimismo, 84% tiene mucha confianza en el Ejército y 75% en la marina. De la población, 58% afirmó tener mucha o alguna confianza en el Ministerio Público y 81% en la Policía Federal. (6)

Por otra parte, en la ENVIPE 2016, la Percepción del Desempeño y Nivel de confianza en autoridades a cargo de la seguridad pública, seguridad nacional, procuración e impartición de justicia. 87% de la población de 18 años y más identifica a la Marina como la autoridad que mayor confianza le inspira con “Mucha o Algo de confianza”, seguido del Ejército con 84.9 por ciento.

Por otro lado, los hombres presentan un mayor nivel de confianza en la Marina, el Ejército y la Policía Federal. Sobre la percepción de corrupción con respecto de las autoridades de seguridad y de justicia, 76.1% de la población de 18 años y más considera que la Policía de Tránsito es corrupta, seguida de la Policía Preventiva Municipal con 66.7 por ciento. Por otra parte, las mujeres tienen una percepción de corrupción ligeramente mayor para el caso de algunas autoridades, tales como los Jueces, la Procuraduría General de la República, la Policía Federal, el Ejército y la Marina. (5)

La ENVIPE estima que 72.4% de la población de 18 años y más considera que vivir en su entidad federativa es inseguro a consecuencia de la delincuencia durante 2016, cifra estadísticamente equivalente a la estimada para 2013 y 2015.

Sin embargo, la sensación de inseguridad en los ámbitos más próximos a las personas se ha incrementado en 2016, llegando a 65.1% y 45.4% de la población de 18 años y más que se siente insegura en su municipio o delegación y en su colonia o localidad, respectivamente. (6)

## Descripción del Método

### *Muestra de encuestas de entrada*

Se efectuó la revisión de la literatura, se definió el problema y la hipótesis que guían esta investigación, así mismo se definió la muestra representativa, se elaboró y aplicó el instrumento de elaboración propia considerando un muestreo aleatorio estratificado, eligiendo a 318 sujetos en el Polígono de la Emiliano Zapata, de la Ciudad de Hidalgo del Parral Chihuahua. El instrumento está integrado por 7 variables nominales y 63 variables de intervalo, se utilizaron los softwares de estadística SPSS Y NCSS en una escala de Likert de 1 a 5, los cuáles arrojaron como resultado un Alpha de Cronbach's de 84.37% de confiabilidad y validez y un error estándar de estimación de 3.08%.

### *Procedimiento*

Se creó un código para tabular cada una de las respuestas del cuestionario de entrada, que permite identificar en la matriz de resultados obtenida en la utilización de los paquetes estadísticos SPSS y NCSS. A continuación, se describen las tablas, gráficos, y una breve explicación de los mismos, así como una consideración valorativa del resultado de la aplicación de los paquetes estadísticos.

### *Análisis multivariable de las encuestas de entrada a través del paquete estadístico NCSS*

**Tabla 1, Medidas típicas y confiabilidad ordenadas por correlación total de las variables de la Percepción de la Seguridad y la Confianza en las Instituciones Públicas.**

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ALFA DE CRONBACH	CORRELACIÓN TOTAL
Oper36c	2.3912	1.1873	0.8369	0.5349
Legis10	2.0284	1.1675	0.8371	0.5250
Vict36e	2.2997	1.1887	0.8373	0.5108
Minis02	2.6057	1.1982	0.8375	0.4979
Vigi36d	2.5047	1.2264	0.8374	0.4954

Local11	2.9085	1.3173	0.8373	0.4827
Justi20	2.5489	1.2685	0.8377	0.4740
Narc36f	1.8833	1.0743	0.8384	0.4713
Canc36a	2.8864	1.4096	0.8375	0.4632
Munic01	2.6562	1.1550	0.8385	0.4451
Jove36b	2.3912	1.2446	0.8383	0.4429
Estat09	2.4038	1.2930	0.8382	0.4381
Asalt19	2.5931	1.2785	0.8384	0.4325
Confi14	2.6435	1.2960	0.8387	0.4142
Dismi17	2.2997	1.2228	0.8389	0.4127
Progr34	3.1672	1.2403	0.8391	0.3967
Call33h	3.2145	1.1327	0.8396	0.3809
Plaz33i	3.2808	1.1584	0.8397	0.3755
Adic36g	2.1483	1.1987	0.8396	0.3741
Rondi12	3.0757	1.1613	0.8401	0.3463
Fisca07	2.4479	1.2709	0.8400	0.3453
Derec05	2.6530	1.3381	0.8400	0.3402
Poli21g	1.0126	1.4755	0.8401	0.3291
Penit03	2.4511	1.3199	0.8404	0.3193
Emb36h	2.0915	1.3101	0.8408	0.3023
Publ21d	1.8423	1.6727	0.8408	0.2991
Semef08	2.7445	1.4737	0.8409	0.2940
Pres21h	2.8612	1.6029	0.8410	0.2910
Solda06	3.4038	1.3268	0.8410	0.2874
Juece04	2.3375	1.2413	0.8412	0.2824
Victi23	3.2871	1.1486	0.8413	0.2771
Come33j	3.1956	1.3870	0.8412	0.2766
Merc33g	3.1104	1.3770	0.8413	0.2757
Pelea15	4.1136	1.3570	0.8416	0.2600
Vive33e	3.2271	1.2549	0.8419	0.2390
Carr33f	2.8801	1.2521	0.8419	0.2383
Reco33c	2.3817	1.5800	0.8423	0.2313
Gene21b	1.2303	1.5953	0.8426	0.2209
Auto33d	2.7287	1.5392	0.8426	0.2183
Trab33a	2.7382	1.6258	0.8429	0.2105
Quedo31	0.3312	0.8572	0.8425	0.2073
Frecu13	3.3533	1.1030	0.8426	0.1979
Juzg21a	1.3186	1.6543	0.8433	0.1916
Sede21e	1.0757	1.5813	0.8432	0.1910

Fede21f	1.0189	1.4840	0.8434	0.1742
Algun32	1.5773	0.6447	0.8432	0.1491
Veces25	0.3091	0.8600	0.8433	0.1349
Estu33b	1.7350	1.5849	0.8451	0.1075
Ciud18c	0.5174	0.5371	0.8436	0.1004
Auto27	0.3502	0.6800	0.8436	0.0981
Prese29	0.2145	0.6399	0.8437	0.0876
Colo18b	0.5426	0.5700	0.8437	0.0847
Lista26	0.8801	2.1134	0.8480	0.0769
Casa18a	0.4290	0.4957	0.8438	0.0726
Huma21c	0.9716	1.4870	0.8456	0.0702
Corp18d	0.4227	0.5258	0.8438	0.0650
Resul30	0.6025	1.5157	0.8461	0.0489
Extor24	1.6467	0.5803	0.8440	0.0455
Probl37	3.4732	2.3459	0.8508	0.0258
Resol22	1.1735	0.6148	0.8445	0.0017
Denun28	0.4669	1.4872	0.8471	0.0044
Parie16	1.7161	0.5170	0.8451	0.1044
Real35	1.4732	0.6033	0.8456	0.1420
PROMEDIO				0.2672
DESVIACIÓN				0.1517
COMÚN				0.4189
MENOS COMÚN				0.1155
Cronbach's Alpha			0.843712	

Fuente: elaboración propia

Fue dividida en cuatro partes para la cual se calculó la media y la desviación estándar de la correlación total de tal manera que se separan las variables más comunes (media más desviación), y lo menos común que son las variables que se encuentra debajo de (la media menos desviación).

**Tabla 2, Lo más común en Percepción de la Seguridad y la Confianza en las Instituciones Públicas.**

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE	CORRELACIÓN TOTAL
Oper36c	2.3912	1.1873	0.8369	0.5349
Legis10	2.0284	1.1675	0.8371	0.5250
Vict36e	2.2997	1.1887	0.8373	0.5108
Minis02	2.6057	1.1982	0.8375	0.4979
Vigi36d	2.5047	1.2264	0.8374	0.4954
Local11	2.9085	1.3173	0.8373	0.4827
Justi20	2.5489	1.2685	0.8377	0.4740
Narc36f	1.8833	1.0743	0.8384	0.4713



Canc36a	2.8864	1.4096	0.8375	0.4632
Munic01	2.6562	1.1550	0.8385	0.4451
Jove36b	2.3912	1.2446	0.8383	0.4429
Estat09	2.4038	1.2930	0.8382	0.4381
Asalt19	2.5931	1.2785	0.8384	0.4325
Confi14	2.6435	1.2960	0.8387	0.4142

Fuente: elaboración propia

**Se describen las interrogantes de la tabla anterior que corresponden a cada variable:**

El avance de la acción que se ha realizado en este año en su colonia para mejorar la seguridad en lo que se refiere a operativos contra la delincuencia, en esta variable existe un 53% de avance en relación al año que transcurre. También consideran que los diputados tienen un 52% de avance de aceptación en el trabajo realizado en la asamblea legislativa. Otra variable que tiene un 51% de avance son las acciones que se han realizado en este año en la colonia para mejorar la seguridad en lo que se refiere en atención a víctimas de la violencia. Sin embargo, el nivel de satisfacción con el desempeño de la policía ministerial apenas alcanza un 49%. Algo similar se presenta con el nivel de satisfacción para mejorar la seguridad en lo que se refiere a mayor Patrullaje y vigilancia Policiaca en su colonia con un 49%. El desempeño de la Presidencia Municipal alcanza un nivel de satisfacción de 48%. La variable de confianza de que el sistema de justicia procese y castigue al responsable del delito tiene un nivel de satisfacción de 47%. El combate al narcotráfico en el polígono apenas tiene un 47% de avance. La construcción y mantenimiento que se ha realizado en este año en su colonia para mejorar la seguridad alcanza un 46% de avance. El nivel de satisfacción con el desempeño de la policía municipal también está por abajo del 50%, alcanzando un avance del 44%. Se aprecia que las acciones que se han realizado en este año en su colonia para mejorar la seguridad en lo que se refiere atención a los Jóvenes para disminuir el Pandillerismo y Delincuencia Juvenil es baja con un 44% de avance en la percepción de mejorar la seguridad y confianza. La policía estatal apenas logra tener un 43% de satisfacción con su desempeño. Existe un 43% de confianza al ser víctima de un robo o asalto, de que la Policía capture al culpable, por último la confianza en la policía arroja un 41% de avance.

**Comentarios Finales**

Se puede concluir que 168 habitantes del polígono del Emiliano Zapata señalan que no existe avance de los operativos contra la delincuencia 53% del total de la muestra.

En relación a la satisfacción del desempeño del poder legislativo (diputados) 165 habitantes del polígono del Emiliano Zapata manifiestan su rechazo 52% del total de la muestra.

Por otra parte, la atención a víctimas de la violencia según los resultados obtenidos, 162 habitantes del polígono del Emiliano Zapata señalan que no existe seguimiento, 51% del total de la muestra.

155 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 49% del total de la muestra no están satisfechos con el desempeño de la policía ministerial.

En el rubro de patrullaje y vigilancia 155 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 49% del total de la muestra indican que no existe avance en esta acción.

140 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 44% del total de la muestra están satisfechos con el desempeño de la presidencia municipal.

Son 149 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 47% del total de la muestra los que están desconfiados con el procesamiento y castigo de los delincuentes.

En el avance para combatir el narcotráfico 149 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 47% del total de la muestra indican que existe poco o nada de avance.

En construcción y mantenimiento de parques 146 habitantes del polígono del Emiliano Zapata 46% del total de la muestra manifiestan que existe avance en este rubro.

La satisfacción de desempeño de la policía municipal es el más elevado con 140 habitantes del polígono de la Emiliano Zapata 44% del total de la muestra.

En atención a programas para disminuir el pandillerismo y delincuencia juvenil manifiestan 140 habitantes del polígono de la Emiliano Zapata 44% del total de la muestra, estar satisfechos.

La policía estatal tiene un nivel de satisfacción del 43%, son 136 habitantes del polígono del Emiliano Zapata, los que así lo consideran.

Al ser víctimas de robo o asalto la confianza en la policía representa un 43%, 136 habitantes del polígono de la Emiliano Zapata que así lo manifiestan.

Por último, el nivel de confianza en la seguridad pública es un 41%, son 130 habitantes del polígono del Emiliano Zapata los que así lo manifiestan.

Los habitantes del Polígono de la Emiliano Zapata concuerdan con los resultados de la ENVIPE 2016, donde a excepción de la marina y el ejército (instituciones no evaluadas en esta investigación) acredita el nivel de confianza y seguridad, y no así, todas las demás instituciones de seguridad y de justicia federal, estatal y municipal. También cabe señalar que existe poco o nulo avance en lo que se refiere a operativos contra la delincuencia, y en atención a víctimas de la violencia, señalan que debe de existir mayor cantidad de rondines, patrullaje y vigilancia; para ello manifiestan que debe aumentar el mantenimiento y construcción de parques y canchas deportivas para disminuir el pandillerismo y delincuencia juvenil. Por otra parte indican que los diputados no están haciendo lo necesario en la promulgación de iniciativas de ley para mejorar la seguridad en su ciudad, colonia y casa. Señalan también que las corporaciones de policía ministerial, policía municipal y policía estatal requieren mejorar su servicio y atención ante contingencias que ocurren y por ende alcanzar un nivel de desempeño que satisfaga las necesidades de sus ciudadanos que están ávidos de tener paz y seguridad en su casa, colonia y ciudad. Y cuando han sido víctimas de algún delito prefieren no denunciar por no confiar en que capturen al culpable, se le juzgue y sancione de acuerdo a la ley.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FEDERACIÓN, D. O. (30 de ABRIL de 2014). [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343081&fecha=30/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343081&fecha=30/04/2014). (S. D. GOBERNACIÓN, Productor, & DOF) Recuperado el 23 de NOVIEMBRE de 2016, de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343081&fecha=30/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343081&fecha=30/04/2014)
2. GOBERNACIÓN, S. D. (27 de SEPTIEMBRE de 2016). [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_09\\_04.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_09_04.pdf). (INEGI) Recuperado el 25 de NOVIEMBRE de 2016, de [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_09\\_04.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_09_04.pdf)
3. INEGI. (27 de SEPTIEMBRE de 2016). ENVIPE-INEGI 2016. (INEGI, Editor) Recuperado el 12 de DICIEMBRE de 2016, de [www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_09\\_04.p](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_09_04.p)
4. LAREDO, B. D. (19 de OCTUBRE de 2015). [http://www.buendiaylaredo.com/encuestaspublicas\\_detalle.php?idpublicacion=346](http://www.buendiaylaredo.com/encuestaspublicas_detalle.php?idpublicacion=346). (e. e. ENCUESTAS Públicas, Editor) Recuperado el 15 de NOVIEMBRE de 2016, de [http://www.buendiaylaredo.com/encuestaspublicas\\_detalle.php?idpublicacion=346](http://www.buendiaylaredo.com/encuestaspublicas_detalle.php?idpublicacion=346)
5. MÉXICO, N. (13 de DICIEMBRE de 2016). <http://www.nuestro-mexico.com/Chihuahua/27/02/2017>. (N. MÉXICO, Editor) Recuperado el 20 de DICIEMBRE de 2016, de <http://www.nuestro-mexico.com/Chihuahua/27/02/2017>
6. MILLA, F. (29 de ENERO de 2016). <http://elpuntero.com.mx/n/10147/por-no-confiar-en-autoridad-e-influencias-de-su-agresor-las-mujeres-de-clase-med>. (E. PUNTERO, Editor) Recuperado el 12 de DICIEMBRE de 2016, de <http://elpuntero.com.mx/n/10147/por-no-confiar-en-autoridad-e-influencias-de-su-agresor-las-mujeres-de-clase-med>
7. Mitofsky. (13 de Diciembre de 2016). <http://mucd.org.mx/recursos/Contenidos/EncuestaMitofskysobrePercepcindeInseguridadCiudadanaenMxico/documentos2/XVIMUCDConsultaMitofskydiciembre2016.pdf>. (MITOFSKY) Recuperado el 30 de OCTUBRE de 2016, de <http://mucd.org.mx/recursos/Contenidos/EncuestaMitofskysobrePercepcindeInseguridadCiudadanaenMxico/documentos2/XVIMUCDConsultaMitofskydiciembre2016.pdf>
8. PUEBLA, U. D. (29 de SEPTIEMBRE de 2015). <http://www.udlap.mx/cesij/resumenejecutivo.aspx>. (U. D. PUEBLA, Editor, & CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE IMPUNIDAD Y JUSTICIA) Recuperado el 30 de SEPTIEMBRE de 2016, de <http://www.udlap.mx/cesij/resumenejecutivo.aspx>
9. UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS, P. (16 de FEBRERO de 2016). (CESIJ, Editor) Recuperado el 30 de NOVIEMBRE de 2016, de [http://www.udlap.mx/igimex/assets/files/igimex2016\\_ESP.pdf](http://www.udlap.mx/igimex/assets/files/igimex2016_ESP.pdf): [http://www.udlap.mx/igimex/assets/files/igimex2016\\_ESP.pdf](http://www.udlap.mx/igimex/assets/files/igimex2016_ESP.pdf)

# Programación y modernización de código para el procesador Xeon Phi KNL

Dr. Mario Hernández Hernández <sup>1</sup>, Dr. José Luis Hernández Hernández <sup>2</sup>,  
Dr. Israel Herrera Miranda <sup>3</sup> y Dr. Severino Feliciano Morales <sup>4</sup>

**Resumen**— El procesador Intel Xeon Phi Knights Landing (KNL) ofrece rendimiento de un acelerador que es apropiado para las aplicaciones de Cómputo de Alto Rendimiento más exigentes, proporciona enorme paralelismo y vectorización. Este trabajo se enfoca en proporcionar, mediante un enfoque sistémico de optimización, mecanismos y estrategias que permitan simplificar la programación y modernización de código, reduciendo esfuerzos operacionales y de programación a través de una base de desarrollo y reutilización de código.

La modernización de código es una forma de escribir código escalable que utiliza paralelismo multicapa para aprovechar al máximo las capacidades modernas de rendimiento del hardware. Se destacan tres niveles de paralelismo: i) Paralelismo vectorial dentro del núcleo (SIMD); ii) Paralelismo de hilos; iii) Un lugar para un gran cálculo de problemas.

Nuestra intención es proporcionar principalmente, una serie de directrices que permitan aprovechar esta arquitectura, reduciendo al máximo la curva de aprendizaje al migrar códigos a la arquitectura KNL.

**Palabras clave**—Xeon Phi KNL, Modernización de código, Intel Knights Landing.

## Introducción

La programación y modernización del código es una gran iniciativa que promueve Intel para ayudar a los desarrolladores, y que estos aprovechen al máximo las capacidades modernas de rendimiento del hardware a través del uso de herramientas adecuadas. Podemos afirmar, que la modernización de código es importante, porque busca hacer las cosas más rápido. La modernización de código se refiere realmente a la paralelización y las optimizaciones a través del paralelismo. La paralelización toma un código de serie, un código que sólo ejecuta una instrucción tras otra, y trata de romper esas instrucciones para que puedan ejecutarse en núcleos diferentes o múltiples. (Jeffers J. R., 2015)

Como seres humanos, diariamente estamos tratando con cosa en paralelo, no importa cuál es el dispositivo en el que se está ejecutando. Echando un vistazo a los teléfonos celulares de hoy en día, los teléfonos celulares son computadoras multinúcleo, incluso su enrutador inalámbrico tiene una CPU multinúcleo. La modernización de código es algo que realmente necesita hacerse ahora, ya que se expanden para hacer el paralelismo más accesible para prácticamente todo el mundo. Todos los procesadores ahora son paralelos. Todos ellos tienen múltiples núcleos, ya sea que vayan a una computadora portátil (PC), una tableta o un teléfono.

Así que para hacer uso de esa energía, en realidad es necesario saber cómo hacer la programación paralela hasta cierto punto, o al menos activar la programación paralela que está disponible en las aplicaciones. Y eso es lo que creemos que la modernización del código implica, llevar ese conocimiento al desarrollador común para mostrar más fácil para ellos, lo fácil que es, lo que las herramientas son y que están disponibles para hacer.

Este trabajo se ha preparado para ayudar a los desarrolladores de aplicaciones a crear, modernizar y afinar código paralelo para correr con el máximo rendimiento en los últimos procesadores de Intel, incluyendo Intel Xeon e Intel Xeon Phi (de primera y segunda generación). Además de aprender estrategias y técnicas de programación paralela, así como optimización del rendimiento en aplicaciones computacionales en la arquitectura Intel, en base a un estudio de un caso real. (Mario, 2016)

Las computadoras de alto desempeño modernas, están construidas con una combinación de recursos, incluyendo: i) procesadores multinúcleo (multi-core processors) y procesadores de muchos núcleos (many core processors); ii) grandes caches (large caches); iii) memoria de alta velocidad (high speed memory); iv) estructura de comunicaciones entre procesadores de alto ancho de banda; v) apoyo para las capacidades de E/S de alta velocidad.

<sup>1</sup> Dr. Mario Hernández Hernández es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, México, [mhernandezh@uagro.mx](mailto:mhernandezh@uagro.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Dr. José Luis Hernández Hernández es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, México [joseluis.hernandez4@um.es](mailto:joseluis.hernandez4@um.es)

<sup>3</sup> Dr. Israel Herrera Miranda es director y profesor del Centro de Investigación y Posgrados en Estudios Socioterritoriales (CIPES) de la Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero, México, [israel\\_hm@hotmail.com](mailto:israel_hm@hotmail.com)

<sup>4</sup> Dr. Severino Feliciano Morales es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, México, [sevefelici72@gmail.com](mailto:sevefelici72@gmail.com)

Por lo tanto, las aplicaciones de alto rendimiento deben diseñarse para aprovechar al máximo esta riqueza de recursos de estas arquitecturas heterogéneas (Jeffers J. a., 2013)

Reafirmando, la modernización de código es una forma de escribir código escalable que utiliza paralelismo multicapa para aprovechar al máximo las capacidades modernas de rendimiento del hardware. Identificamos tres niveles de paralelismo: Primer nivel. Paralelismo vectorial dentro del núcleo, también conocido como SIMD; Segundo nivel. Paralelismo de hilos y se caracteriza por un número de hilos cooperantes, secuencias de instrucciones síncronas de un único proceso; Tercer nivel. Un lugar para un gran cálculo de problemas.

Ya sea que se vuelva a diseñar y/o afinar aplicaciones existentes para obtener el máximo rendimiento, o bien diseñar nuevas aplicaciones para máquinas existentes o futuras, es fundamental tener en cuenta la interacción entre los modelos de programación y el uso eficiente de estos recursos. Es importante tener en cuenta esto cuando hablamos de Modernización del Código. Cuando se trata de rendimiento, el código es importante!

Este trabajo se organiza en 3 apartados generales: el primero de ellos denominado Descripción del método, en donde se incluye una breve descripción de KNL, Migración de software de la plataforma Intel Xeon Phi, KNC, a KNL y Modernización de código; un segundo apartado sobre Comentarios finales en el que se presenta la evaluación experimental; y finalmente para terminar, se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

### Descripción del Método

#### *Arquitectura de Intel Xeon Phi Knights Landing.*

El nuevo procesador Intel Xeon Phi (Knights Landing) fue lanzado oficialmente a finales de junio de 2016 (Sodani A. , 2015) y ahora podemos presentar y discutir en detalle cómo desarrollar, optimizar y modernizar el código utilizando todo el espectro de sus características y capacidades, tanto si se está programando en C/C++, Python o Fortran. Las aplicaciones van desde el cálculo general de alto rendimiento, la simulación numérica hasta la inteligencia artificial. (Sodani A. a.-S.-C., 2016)

Cada procesador KNL puede tener hasta 72 núcleos (288 hilos) a <1,4 GHz, memoria DDR4 de 96GB que utiliza seis DIMMs de 16GB a 2400MHz y un MCDRAM de 16 GB con aproximadamente 5x de ancho de banda de memoria de la memoria DDR4. Los núcleos del procesador estarán interconectados en una red de malla 2D con dos núcleos por *tile* (36 *tiles* en total), con una caché L2 de 1 MB compartida entre dos núcleos en un *tile*, con dos unidades de procesamiento vectorial de 512 bits por núcleo y con múltiples Soporte de dominio NUMA por socket. Ver figura 1.

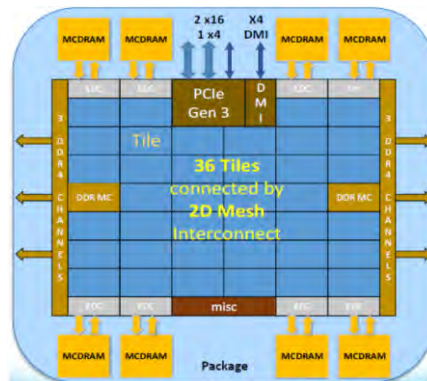


Figura 1. Descripción general de Knights Landing (Fuente: Intel).

Como un procesador, KNL no tiene necesidad de un host para soportarlo. Puede arrancar el sistema operativo completo por sí mismo. Para las aplicaciones que estaban limitadas por la sobrecarga de transferencia de datos en KNC, todo el procesamiento de datos puede ser completado en el propio nodo KNL, sin preocuparse por mover los datos de un PCIe a otro bus entre el host y el acelerador. La versión de coprocesador de KNL ofrece un paradigma de descarga similar al KNC, pero ahora con una ventaja adicional de un mejor paralelismo y un mayor rendimiento de un solo hilo. Sin embargo, es importante que las aplicaciones usen tantos núcleos como sea posible en paralelo de manera efectiva y también explorar y utilizar las capacidades de vectorización mejoradas para lograr ganancias de rendimiento significativas.

#### *Algoritmo Stencil 3D de difusión acústica (7-puntos)*

Los patrones de cómputo Stencil comprenden una amplia familia de aplicaciones utilizados para resolver

problemas científicos y de ingeniería. Estas aplicaciones se basan en *kernels* iterativos, que operan a través de una estructura de datos N-dimensional que cambia con el tiempo. El diseño eficiente de este tipo de aplicaciones ha demostrado ser una tarea difícil, siendo un problema ampliamente estudiado por la industria y la academia. En este trabajo experimentamos con una aplicación cuyo patrón de cómputo se centra en un *kernel stencil* de difusión acústica (de 7 puntos), para mostrar paso a paso el proceso de modernización del código (paralelización, vectorización y la escalabilidad del código) a la arquitectura KNL.

El Algoritmo 1 muestra la implementación 3D-FD del *kernel* del modelo de la ecuación de difusión acústica (7-puntos). Se implementa como un triple bucle anidado atravesando el dominio computacional completo para actualizar cada punto del *grid*. Utilizamos tres matrices tridimensionales en el bucle del cómputo principal ( $w_{n+1}$ ,  $w_{n-1}$  y  $w_n$ ), pues es de segundo orden en el tiempo (para los instantes  $t - 1$ ,  $t$  y  $t + 1$ ). La Figura 2 muestra gráficamente el método *multigrid* empleado para implementar dicho cálculo *Stencil*.

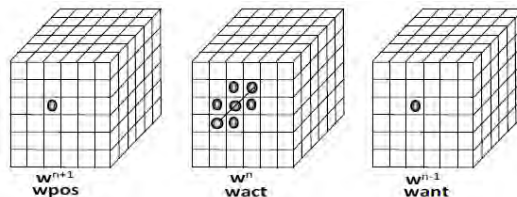
Hemos considerado como variables el coeficiente de absorción del medio (en este caso el aire dentro de la sala ( $m$ )), la velocidad del sonido ( $c$ ) y la discretización de tiempo ( $dt$ ), además de la ecuación de la constante dentro de la sala ( $\beta_0$ ).

```

1: for t = 0; t ≤ IterCount; t ++ do
2:   for z = 0; z ≤ depth; z ++ do
3:     for y = 0; y ≤ height; y ++ do
4:       for x = 0; x ≤ width; x ++ do
5:          $w_{n+1}[x, y, z] = [w_{n-1}(x, y, z) * (1 - \beta_0) +$ 
6:            $\beta_{0_x} * (w_n(x + 1, y, z) + w_n(x - 1, y, z)) +$ 
7:            $\beta_{0_y} * (w_n(x, y + 1, z) + w_n(x, y - 1, z)) +$ 
8:            $\beta_{0_z} * (w_n(x, y, z + 1) + w_n(x, y, z - 1)) -$ 
9:            $2 * dt * c * m * w_n(x, y, z) +$ 
10:           $2 * dt * P_n(x, y, z)] / (1 + \beta_0);$ 
11:       end for
12:     end for
13:   end for
14:    $tmp = w_{n-1}; w_{n-1} = w_n; w_n = w_{n+1}; w_{n+1} = tmp;$ 
15: end for

```

**Algoritmo 1. Pseudocódigo secuencial para el cálculo de la propagación de la difusión de energía acústica de 7-puntos**



**Figura 2. Patrón Stencil para 3D-FD del modelo de la ecuación de difusión acústica**

*Migración de software de la primera generación de la plataforma Intel Xeon Phi, KNC, a la segunda generación, KNL*

En esta sección se centrará en la plataforma de auto-arranque. Se describen algunos de los modelos de programa para aplicaciones KNC y como portarlas y optimizarlas para la plataforma KNL de auto-arranque. Puntualizamos que las optimizaciones que mejoran la vectorización o la eficiencia del SIMD, si se trabajan adecuadamente, pueden ser bastante fructíferas en KNL. KNL AVX-512ISA cuenta con un registro de mayor tamaño, un mayor número de registros y enmascaramiento, así como otras características importantes. El compilador puede utilizarse por ejemplo, cuando se tiene necesidad de generar código AVX-512 para KNL de autoarranque. Las optimizaciones que mejoren la eficiencia paralela, también beneficiarán a KNL. Como KNL tiene más núcleos, los beneficios de KNL, obviamente, serán mayores. Si la carga de trabajo es sensible al ancho de banda de la memoria, el MCDRAM de KNL, puede ser una excelente solución. Si la aplicación puede encajar en 16 gigabytes, encajará completamente en MCDRAM y realizará una mejora de 4X sobre el DDR convencional. Si la carga de trabajo es mayor de 16 gigabytes, se puede explotar la función de caché MCDRAM de KNL. (Rosales, 2016)

Hablando de la arquitectura del conjunto de instrucciones, los binarios existentes para KNC, se pueden ejecutar en



KNL sin problema, pero para obtener el mejor rendimiento, se sugiere aprovechar el AVX-512. Si ha utilizado compiladores Intel y bibliotecas de rendimiento para KNC, se debe volver a compilar para KNL. Un ejemplo es la alineación de datos, ya que los datos alineados eran críticos para el rendimiento en KNC, KNL tolera datos desalineados bastante bien. Así también si se escribió porciones clave de código en ensamblador o intrínsecos para KNC, se tendrá que escribir para KNL. Aunque ambas plataformas tiene un ISA de 512 bits, el ISA es diferente. Recordamos que las aplicaciones KNC se implementaron como nativas, simétricas o descargas. Para las aplicaciones nativas, con una simple recompilación en KNL y se ejecutarán muy bien. En el modelo simétrico, se ejecutan tanto en el anfitrión como en el coprocesador KNC. Después de una recompilación para KNL, esto debería funcionar bastante bien. En el modelo de descarga, parte del programa se ejecuta en el host y otra parte se ejecuta en el coprocesador. Este código se portará muy fácilmente a KNL, pero no es el tema del presente trabajo.

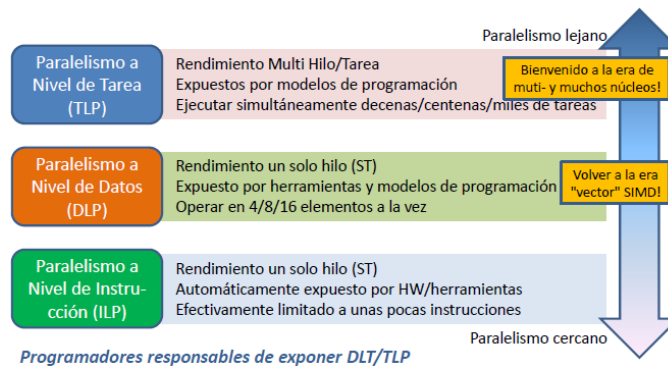
*Modernización de código.*

La creación de versiones paralelas de software puede permitir a las aplicaciones ejecutar un conjunto de datos determinado en menos tiempo, o ejecutar conjuntos de datos a gran escala en que sean prohibitivos con software no optimizado. El éxito de la paralelización se cuantifica típicamente midiendo la aceleración de la versión paralela con respecto a la versión serial. Sin embargo, además de esta comparación, también es útil comparar esa aceleración con relación al límite superior de la aceleración potencial. Esa cuestión se puede abordar con la Ley de Amdahl.

Un buen diseño de código tiene en cuenta como se mencionó anteriormente, varios niveles de paralelismo.

- El primer nivel de paralelismo es el *paralelismo de Vector* (dentro de un núcleo) donde se realizan instrucciones computacionales idénticas en grandes trozos de datos. Ambas partes escalares y paralelas de código se beneficiarán del uso eficiente de la computación vectorial.
- Un segundo nivel de paralelismo llamado *paralelismo de hilos*, se caracteriza por una serie de hilos cooperantes de un único proceso, comunicándose a través de memoria compartida y cooperando colectivamente en una tarea dada.
- El tercer nivel es cuando se han desarrollado muchos códigos en el estilo de procesos de cooperación independientes, comunicándose entre sí a través de algún sistema de paso de mensajes. Esto se denomina *paralelismo de rango de memoria distribuida*, así nombrado como cada proceso se da un número de rango único.

El código de desarrollo que utiliza los tres niveles de paralelismo de manera eficaz, eficiente y con alto rendimiento es óptimo para la modernización del código. En la figura 3 se puede observar los tres tipos de paralelismo que son soportados por el hardware de Intel.



**Figura 3. Tres niveles de paralelismo soportado por el hardware de Intel.**

Los datos deben organizarse en cache forma amigable, si esto no es así, se sufrirá de rendimiento, cuando la aplicación requiera datos que no están en cache. El acceso más rápido a la memoria se produce cuando los datos necesarios ya están en caché. Las transferencias de datos desde y hacia la memoria caché se encuentran en líneas de memoria caché y, como tal, si la siguiente pieza de datos no está dentro de la línea caché actual o está dispersa entre varias líneas caché, la aplicación puede tener una eficacia de caché insuficiente o baja.

Las funciones matemáticas de división son caras. Si se utilizan muchas operaciones de división y raíz cuadrada dentro del código de tiempo de ejecución, el rendimiento resultante se puede degradar debido a las unidades funcionales limitadas dentro del hardware.



No existe una técnica de "una receta, una solución". Mucho depende del problema que se resuelva y de los requisitos a largo plazo para el código, pero un buen desarrollador prestará atención a todos los niveles de optimización, tanto para las necesidades de hoy como para el futuro.

Intel ha construido una suite completa de herramientas para ayudar en la modernización de código - compiladores, librerías, depuradores, analizadores de rendimiento, herramientas de optimización paralelas y mucho más.

#### *Modernización de código mediante un enfoque sistémico*

Con el propósito de mejorar el rendimiento de las aplicaciones, hemos seguido varias etapas de optimización, bajo un enfoque sistémico para la modernización de código, destacando que cada etapa mejora iterativamente el rendimiento. Pero recomendamos que antes de iniciar el proceso de optimización, se debe considerar si la aplicación debe ser reestructurada (a continuación daremos un serie de directrices) para lograr el máximo rendimiento. Siguiendo este enfoque sistémico a través de cinco etapas generales de optimización, una aplicación puede lograr el máximo rendimiento posible en la arquitectura Intel. Este enfoque pretende ayudar al desarrollador a lograr el mejor rendimiento de la aplicación en el menor tiempo posible y con menor esfuerzo de programación, permitiendo al programa maximizar el uso de todos los recursos de hardware paralelo en el entorno de ejecución. (Juan M Cebrián, 2017)

Las etapas son con las que experimentamos en este trabajo son:

- *Aprovechar las herramientas de optimización y librerías:* Intel proporciona una suite de herramientas como: i) Intel VTune Amplifier para identificar hotspots; ii) Intel Advisor XE para identificar oportunidades de vectorización y enhebrado; iii) compiladores Intel para generar código óptimo; iv) librerías optimizadas como Intel Math Kernel Library (MKL), Intel TBB, y OPenMP
- *Optimización serial, escalar:* Optimización de expresiones aritméticas, Reducción de precisión de las operaciones aritméticas, Uso del calificador *const*, Uso de *registros* y utilizar las funciones apropiadas
- *Vectorización:* Utilizar las funciones SIMD junto con las optimizaciones de diseño de datos. Aplicar estructuras de datos alineadas en caché y convertir matrices de estructuras a estructuras de matrices.
- *Paralelización de hilo:* Ajustar el perfil de hilos y afinar los hilos a los núcleos.
- *Escalar la aplicación de multinúcleo a muchos núcleos (Memoria distribuida rango de paralelismo):* Escalar es especialmente importante para aplicaciones altamente paralelas (minimizar el cambio y maximizar el rendimiento)

#### **Comentarios Finales**

La modernización del código para nuestro patrón *stencil* 3D de 7 puntos, lo llevamos a cabo de la siguiente manera:

**Etapas 1.** Seleccionamos un entorno de desarrollo de optimización adecuado con buenas herramientas de compilación, optimización, librerías, herramientas de depuración para determinar exactamente lo que el código está haciendo en tiempo de ejecución.

**Etapas 2.** Agotadas las soluciones de optimización disponibles, iniciamos el proceso de optimización en el código fuente de la aplicación. Optimizamos expresiones aritméticas reorganizando las operaciones del cálculo *stencil*. Así mismo, hemos compilado con las directivas adecuadas para tener una precisión baja en nuestras operaciones en coma flotante. Usamos el calificador *const* en todas aquellas variables locales que no cambian de valor en el código. Hemos utilizado el calificador *register* para aquellas variables que se usan con mucha frecuencia en la ejecución de un bucle. Las matrices de datos para nuestro *Stencil* las hemos declarado como una matriz lineal de tamaño *ancho\*alto\*profundidad* (*width, height, depth* en nuestro código). Evitamos los cálculos repetitivos, utilizando resultados previamente calculados.

**Etapas 3.** De cara a la mejor paralelización de nuestros códigos ha sido muy adecuado añadir el modificador *collapse(2)* a dicho *pragma*. Dicho modificador combina (*colapsa*) los dos bucles más externos de nuestro *kernel* en un mismo bucle y entonces se paraleliza, con lo que aumenta el número de unidades de trabajo que se pueden repartir por cada hilo produciéndose un mejor balanceo de la carga entre los hilos. En cuanto a la vectorización, hay varias estrategias para vectorizar un código para las arquitecturas Intel. En nuestro caso, proponemos el uso de la capacidad de autovectorización que tiene el compilador de Intel al que le podamos añadir algunas de las directivas SIMD específicas. Conseguimos vectorizar el código y obtener un buen rendimiento en el mismo:

- Evitando dependencias.
- Mejorando la vectorización. Manejando adecuadamente la asignación de memoria y su uso (alineación

de datos, *padding*). El *padding* es una técnica interesante que utilizamos para asegurarnos que el primer elemento de cada fila está alineado en la dirección deseada (64 bytes).

**Etapa 4.** Evaluamos dos características fundamentales en la paralelización de nuestro código. En primer lugar, la planificación de la carga de trabajo asignada a cada uno de los hilos ejecutados; esto es, cómo distribuir las diferentes iteraciones del bucle del cálculo del *kernel* Stencil entre los hilos del Xeon Phi KNL. En segundo lugar comprobamos la afinidad para ver cómo asignar los diversos hilos lógicos a los núcleos físicos de la arquitectura. Las políticas de planificación evaluadas fueron: *static*, *dynamic* y *guided*. Los tres tipos de afinidad evaluados fueron: *compact*, *scatter* y *balanced*.

**Etapa 5.** Realizamos un estudio de una de las técnicas más utilizadas en arquitecturas con jerarquías de cache multinivel. Esta técnica es conocida como *blocking* o *tiling*. Promueve la reutilización de datos en los niveles más altos de la jerarquía de memoria con el objetivo de evitar costosos accesos a memoria.

### Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo hemos presentado un conjunto de directrices para mejorar el rendimiento de las aplicaciones basadas en patrones *Stencil* 3-D para la arquitectura Intel Xeon Phi (KNL). La programabilidad y modernización de código en arquitecturas masivamente paralelas puede ser un desafío para los desarrolladores sin experiencia, pero las directrices propuestas facilitarán la portabilidad de cualquier aplicación basada en Stencil a estas arquitecturas. Hemos utilizado el lenguaje C/C++ con extensiones OpenMP para codificar el *kernel* de los Stencil evaluado y los resultados experimentales obtenidos nos llevan a las siguientes conclusiones:

- La portabilidad del código Stencil 3D para su ejecución en una arquitectura Intel Xeon Phi KNL es inmediata.
- Ha sido muy adecuado añadir el modificador *collapse(2)* al *pragma* utilizado para paralelizar el triple bucle anidado que recorre los datos de entrada (*#pragma omp parallel for*).
- El mayor beneficio obtenido en la ejecución de nuestro código se logra por medio de facilitar que el compilador vectorice adecuadamente el código.

Concluir diciendo que las aplicaciones del mundo real con base en cálculos Stencil pueden beneficiarse enormemente de la modernización de código (las optimizaciones propuestas), ya que no sólo proporcionan resultados más rápidos, sino que también mejoran la precisión al permitir simulaciones más detalladas de los diferentes fenómenos.

### Referencias

- Jeffers, J. a. (2013). *Intel Xeon Phi coprocessor high-performance programming*. Newnes.
- Jeffers, J. R. (2014). Characterization and Auto-tuning of 3DFD. In J. R. Jeffers, *High Performance Parallelism Pearls, Multicore and Many-core Programming Approaches* (pp. 377-396).
- Jeffers, J. R. (2015). *High Performance Parallelism Pearls: Multicore and Many-core Programming Approaches*. Boston, MA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Juan M Cebrián, J. M. (2017). Code modernization strategies to 3-D Stencil-based applications on Intel Xeon Phi: KNC and KNL. (Pergamon, Ed.) *Computers & Mathematics with Applications*.
- Mario, H. H. (2016). *Programación eficiente de Intel Xeon Phi: Caso de estudio con patrones stencil*. (G. Publishing, Ed.)
- Rahman, R. (2013). *Intel Xeon Phi Coprocessor Architecture and Tools: The Guide for Application Developers*. Berkely, CA, USA: Apress.
- Rosales, C. a.-I. (2016). A comparative study of application performance and scalability on the intel knights landing processor. En Springer (Ed.), *International Conference on High Performance Computing* (págs. 307 - 318). Springer.
- Sodani, A. (August de 2015). Knights landing (KNL): 2nd Generation Intel® Xeon Phi processor. En IEEE (Ed.), *Hot Chips 27 Symposium (HCS)* (págs. 1-124). IEEE.
- Sodani, A. a.-S.-C. (2016). Knights landing: Second-generation intel xeon phi product. (IEEE, Ed.) *Ieee micro*, 36(2), 34 - 46.
- Wang, E. a. (2014). *High-Performance Computing on the Intel Xeon Phi*. Springer.

### Notas Biográficas

El **Dr. Mario Hernández Hernández** es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero; Guerrero, México. Es Doctor en Informática por la Universidad de Murcia, España. Ha publicado varios artículos y ponencias.

El **Dr. José Luis Hernández Hernández** es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero; Guerrero, México. Es Doctor en Informática por la Universidad de Murcia, España. Ha publicado varios artículos y ponencias.

El **Dr. Israel Herrera Miranda** es director y profesor del Centro de Investigación y Posgrados en Estudios Socioterritoriales (CIPES) de la Universidad Autónoma de Guerrero; Guerrero, México. Doctor en Métodos y Técnicas Actuales en Comunicación y Documentación por la Universidad de Murcia, España. Ha publicado varios artículos y ponencias.

La **Dr. Severino Feliciano Morales** es docente de la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero; Guerrero, México. Es Doctor en Informática por la Universidad de Murcia, España. Ha publicado varios artículos y ponencias.

# SEGUIMIENTO DE TRAYECTORIA DE UN CUADRICÓPTERO POR MEDIO DE TRES DISTINTOS ALGORITMOS DE CONTROL: COMPARACIÓN DEL PID CLÁSICO, DIFUSO TAKAGI-SUGENO Y NO LINEAL POR TÉCNICAS DE LYAPUNOV

Ing. Héctor Manuel Hernández Jaime<sup>1</sup>, Dr. Jaime Jalomo Cuevas<sup>2</sup>,  
Ing. José Valentín Aguirre Chávez<sup>3</sup>

**Resumen**— Este artículo presenta dos importantes técnicas de control para regular los ángulos de *pitch*, *roll* y *yaw* de un cuadricóptero. Una de ellas basada en el modelo no lineal del sistema y la otra en un modelo difuso del tipo Takagi-Sugeno. Estos esquemas de control propuestos, son comparados contra el control PID clásico para mostrar las diferencias que existen en el funcionamiento del regulador al realizar seguimiento de trayectoria. La condición de estabilidad se ha resuelto a través del diseño por técnicas de Lyapunov para el modelo no lineal, mientras que para el difuso se realiza una aproximación lineal en tres regiones de operación y se aplican las desigualdades lineales matriciales para garantizar la misma. En las gráficas de resultados se pueden observar las diferencias entre estos controladores resaltando las ventajas de implementar un control no lineal o difuso que otorgan mayor estabilidad y menor consumo de energía.

**Palabras clave**—cuadricóptero, modelo no lineal, control difuso, estabilidad de Lyapunov, control PID.

## Introducción

Los vehículos aéreos no tripulados UAV (por sus siglas en inglés) se han vuelto muy populares en casi todo el mundo. El cuadricóptero entre estos es de los más conocidos debido a la extensa diversidad de aplicaciones donde se les ha empleado ofreciendo las ventajas de aterrizaje y despegue vertical, lo cual permite el acceso a lugares de difícil acceso y peligrosos. Una de las dificultades que se presenta al momento de intentar realizar aportaciones sobre el diseño de controles aplicados al cuadricóptero radica en el modelo matemático ya que es un sistema subactuado con alto acoplamiento dinámico, formado por ecuaciones diferenciales no lineales en un sistema de cuatro rotores con cuatro entradas y seis salidas que representan los seis grados de libertad, 6 DOF (por sus siglas en inglés).

Los primeros trabajos que se realizaron acerca del modelo dinámico fueron por Mistler et al [1], quienes mostraron una ecuación dinámica no lineal en base a las leyes de Newton sobre la estructura de espacio de estados aplicando linealización y desacoplamiento con un control por retroalimentación. Moktary [2] diseñó con aproximación no lineal y utilizando los ángulos de Euler con retroalimentación de las señales de la altura obtener la regulación de la orientación. Años más tarde Altug et al [3] con la ayuda del método Newton-Euler presentó un modelo matemático y aplicó retroalimentación, linealización y un esquema de control *backstepping* con lo cual logró un buen funcionamiento. En trabajos más recientes Jurado et al [4] desarrolló un control difuso no lineal con propósitos de seguimiento de trayectoria, utilizando las propiedades del modelo difuso del tipo Takagi-Sugeno para calcular controladores locales lineales [5] logrando con ello estabilidad local y por consecuente la estabilidad global. Becerra et al [6] estudio el desempeño del PID comparado con el regulador difuso tipo Mandani obteniendo como variables de salida los ángulos *pitch*, *roll* y *yaw* así como la altura.

## Descripción del Método

### Modelo dinámico

El modelo dinámico que describe la posición y orientación de un vehículo aéreo no tripulado puede ser obtenido utilizando el método Newton-Euler [1]. En este trabajo se considera un cuadricóptero en configuración signo más (+), el cual cuenta con cuatro rotores, dos de ellos girando conforme a las manecillas del reloj y dos en sentido opuesto. El conjunto de ecuaciones que describen la posición y orientación de un vehículo aéreo no tripulado se obtienen suponiendo que este es un cuerpo rígido de seis grados de libertad y además pueden ser separadas en ecuaciones cinemáticas y dinámicas referenciadas como en la figura 1 a un sistema fijo al cuadricóptero (B) en su centro de masas respecto a otro sistema de referencia inercial fijo a tierra (E) sobre el cual se obtendrá la posición absoluta y la orientación del cuerpo

<sup>1</sup> Ing. Héctor Manuel Hernández Jaime es estudiante de la Maestría en Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, México [ing.hector1991@outlook.com](mailto:ing.hector1991@outlook.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. Jaime Jalomo Cuevas es Profesor de la Maestría en Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, México [jjalomo3@yahoo.com.mx](mailto:jjalomo3@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> El Ing. José Valentín Aguirre Chávez es estudiante de la Maestría en Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, México [valentin\\_zapotlan@hotmail.com](mailto:valentin_zapotlan@hotmail.com)

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix} = V^E, \quad \begin{pmatrix} \dot{\psi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi} \end{pmatrix} = T(\psi \theta \phi) \omega^B, \quad (1)$$

donde  $V^E$  representa la velocidad lineal respecto al sistema de referencia inercial fijo a tierra y  $\omega^B = (p \ q \ r)^T$  la velocidad angular respecto al sistema de referencia adjunto al cuadricóptero, y para obtener la velocidad respecto al sistema de referencia adjunto al cuadricóptero es necesario introducir la matriz de rotación que viene dada por las rotaciones sucesivas de los ángulos Tait-Bryan.

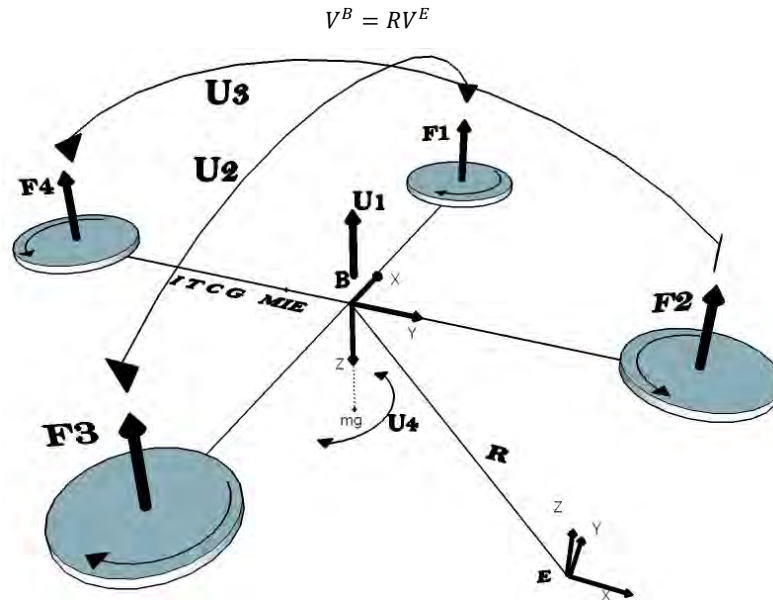


Figura 1. Esquema general del cuadricóptero.

$$R = \begin{pmatrix} 0 & \sin \phi / \cos \theta & \cos \phi / \cos \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 1 & \sin \phi \tan \theta & \cos \phi \tan \theta \end{pmatrix}, \quad T(\psi \theta \phi) = \begin{pmatrix} 0 & \sin \phi / \cos \theta & \cos \phi / \cos \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 1 & \sin \phi \tan \theta & \cos \phi \tan \theta \end{pmatrix}$$

Las fuerzas y torques externos aplicados al cuadricóptero esto es; el peso mismo, las fuerzas aerodinámicas, el empuje y torque de los cuatro rotores, pueden ser expresados de la siguiente forma:

$$F = \begin{pmatrix} A_x + (\cos \psi \cos \phi \sin \theta + \sin \psi \sin \phi) U_1 \\ A_y + (\cos \phi \sin \psi \sin \theta - \cos \psi \sin \phi) U_1 \\ A_z - mg + (\cos \theta \cos \phi) U_1 \end{pmatrix}, \quad \tau = \begin{pmatrix} A_p + U_2 l \\ A_q + U_3 l \\ A_r + U_4 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

donde  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  es la fuerza de gravedad,  $l$  es la distancia que existe del centro de masa del cuadricóptero a cada uno de los rotores,  $A_x, A_y, A_z$  y  $A_p, A_q, A_r$  corresponden a las fuerzas y pares aerodinámicos que actúan sobre el cuadricóptero y son calculados a partir de los coeficientes aerodinámicos  $C_i, i = x, y, z, p, q, r$  prosiguiendo a introducir la densidad del aire  $\rho_{\text{aire}}$  y la velocidad con respecto a este  $W$  como  $A_i = \frac{1}{2} \rho_{\text{aire}} C_i W^2 [1]$ . Si se supone que la velocidad de los motores eléctricos es controlada entonces se pueden considerar a  $U_1, U_2, U_3$  y  $U_4$  como entradas de control.

*Ecuaciones matemáticas.*

Con las consideraciones mencionadas y utilizando las ecuaciones (1) y (2) es posible definir un vector de estados:

$$X = [x \ y \ z \ \psi \ \theta \ \phi \ u \ v \ w \ p \ q \ r]$$

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \\ q \sin \phi \sec \theta + r \cos \phi \sec \theta \\ q \cos \theta - r \sin \theta \\ p + q \sin \phi \tan \theta + r \cos \phi \tan \theta \\ \frac{A_x}{m} + (\cos \psi \sin \theta \cos \phi + \sin \psi \sin \phi) \frac{1}{m} U_1 \\ \frac{A_y}{m} + (\sin \psi \sin \theta \cos \phi - \cos \psi \sin \phi) \frac{1}{m} U_1 \\ \frac{A_z}{m} - g + (\cos \theta \cos \phi) \frac{1}{m} U_1 \\ \frac{A_p}{I_x} + qr \left( \frac{I_y - I_z}{I_x} \right) + \frac{l}{I_x} U_2 - \frac{J_r \Omega q}{I_x} \\ \frac{A_q}{I_y} + pr \left( \frac{I_z - I_x}{I_y} \right) + \frac{l}{I_y} U_3 + \frac{J_r \Omega r}{I_y} \\ \frac{A_r}{I_z} + pq \left( \frac{I_x - I_y}{I_z} \right) + \frac{1}{I_z} U_4 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Lo cual es un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales donde  $J_r$  es el momento de inercia rotacional del rotor alrededor de su eje y  $\Omega$  es la velocidad angular total de los rotores.

*Análisis de la estabilidad de Lyapunov.*

A continuación es mostrado el método del diseño por técnicas de Lyapunov aplicado al modelo matemático para finalmente obtener las ganancias necesarias que se utilizan para la regulación del sistema. Iniciamos declarando  $X_{msv}$  como el conjunto de las variables que son medibles por los sensores, y los errores de acuerdo a la ecuación 4.

$$\begin{aligned} X_{msv} &= [\psi, p, \theta, q, \phi, r] \\ X_{ref} &= [\psi_{ref}, p_{ref}, \theta_{ref}, q_{ref}, \phi_{ref}, r_{ref}] \\ e &= X_{msv} - X_{ref} \end{aligned} \quad (4)$$

El objetivo del control es lograr que el error se aproxime a cero por lo que proponer una función candidata de Lyapunov como se muestra en la ecuación 5.

$$V = \frac{1}{2} (e^2 \psi + e^2 p + e^2 \theta + e^2 q + e^2 \phi + e^2 r) \quad (5)$$

Si derivamos con respecto al tiempo a la función candidata y sustituimos las dinámicas de los errores obtenemos:

$$\dot{V} = (e\psi \dot{e}\psi + ep \dot{e}p + e\theta \dot{e}\theta + eq \dot{e}q + e\phi \dot{e}\phi + er \dot{e}r) \quad (6)$$

Llevando a cabo la sustitución de los valores correspondientes a las dinámicas de las velocidades lineales de acuerdo la ecuación 2 y considerando la simétrica de la estructura del cuadricóptero se simplifica la función significativamente puesto que los momentos de inercia  $I_x$  e  $I_y$  tendrán el mismo valor.

$$\dot{V} = e\psi \dot{e}\psi + \frac{e_p}{I_z} u_4 + e\theta \dot{e}\theta + \frac{eq l}{I_y} u_3 + e\phi \dot{e}\phi + \frac{er l}{I_x} u_2 \quad (7)$$

Ya es posible definir las entradas de control

$$u_2 = \frac{I_x}{l} (-k_1 er - k_2 e\phi), \quad u_3 = \frac{I_y}{l} (-k_3 eq - k_4 e\theta), \quad u_4 = I_z (-k_5 ep - k_6 e\psi) \quad (8)$$

Estas ganancias se reemplazan en la derivada de la función de Lyapunov.

$$\dot{V} = -(k_5 e^2 p + (k_6 - 1) e\psi ep + k_3 e^2 q + (k_4 - 1) e\theta e\theta + k_1 e^2 r + (k_2 - 1) e\phi er) \quad (9)$$

Lo siguiente es representar la ecuación (9) en forma matricial para obtener los eigenvalores

$$\begin{aligned} s1 &= \frac{1}{2} k_5 + \frac{1}{2} \sqrt{k_5^2 - 4k_6} > 0, & s2 &= \frac{1}{2} k_5 - \frac{1}{2} \sqrt{k_5^2 - 4k_6} > 0 \\ s3 &= \frac{1}{2} k_3 + \frac{1}{2} \sqrt{k_3^2 - 4k_4} > 0, & s4 &= \frac{1}{2} k_3 - \frac{1}{2} \sqrt{k_3^2 - 4k_4} > 0 \\ s5 &= \frac{1}{2} k_1 + \frac{1}{2} \sqrt{k_1^2 - 4k_2} > 0, & s6 &= \frac{1}{2} k_1 - \frac{1}{2} \sqrt{k_1^2 - 4k_2} > 0 \end{aligned} \quad (10)$$

*Modelo difuso Takagi-Sugeno.*

Para poder linealizar el modelo no lineal obtenido en (3) se propone tomar en cuenta la región cercana al punto de equilibrio donde los ángulos de  $\theta$  y  $\phi$  se aproximan a cero lo cual representa que el cuadricóptero se mantiene estable

al sustentarse en el aire. La variable premisa a utilizar será el ángulo de guiñada ( $\psi$ ) a quien le corresponde la posición cuarta del vector de estados (3) por lo tanto será representada como  $z_1(t) = x_4(t)$ .

<b>Regla 1 del sistema:</b>	<b>Regla 2 del sistema:</b>	<b>Regla 3 del sistema:</b>
<b>IF</b> $x_4(t)$ es Negativo	<b>IF</b> $x_4(t)$ es Cero	<b>IF</b> $x_4(t)$ es Positivo
<b>THEN</b> $\dot{X}(t) = A_1x(t) + B_1U(t)$	<b>THEN</b> $\dot{X}(t) = A_2X(t) + B_2U(t)$	<b>THEN</b> $\dot{X}(t) = A_3x(t) + B_3U(t)$

( 11)

Los valores para la variable lingüística de entrada  $\psi$  son de -20, 0 y 20 respectivamente para formar los conjuntos difusos y obtener tres matrices para  $A$  y  $B$  respectivamente, las cuales serán representadas como  $A_1, A_2, A_3$  y  $B_1, B_2, B_3$ . Estas matrices son del sistema total y vienen dadas de la matriz jacobiana del modelo tomando en cuenta tanto la cinemática como la dinámica del mismo [5]. Para resolver los cálculos se toman en cuenta los parámetros  $m = 1.3Kg, I_x = I_y = 0.0159Kgm^2, I_z = 0.0297Kgm^2, l = 0.2m, U_0 = 12.753Kgm/s^2$ . Donde  $U_0$  es el valor de la fuerza de empuje necesaria para mantener al cuadricóptero en sustentación el cual se obtiene del producto de la masa por la gravedad. Para obtener el controlador difuso es importante destacar que se deben cumplir las condiciones de controlabilidad de cada subsistema lineal respecto al número de reglas establecidas. Entonces las matrices de ganancia  $K_i$  se obtienen empleando la técnica de retroalimentación de estados, de tal manera que  $A_i + B_iK_i$  tiene un conjunto de eigenvalores y que por asignación de polos se seleccionan en un lugar específico y deseado del cuadrante negativo. Las reglas de control se definen como:

<b>Regla 1 del controlador:</b>	<b>Regla 2 del controlador:</b>	<b>Regla 3 del controlador:</b>
<b>IF</b> $x_4(t)$ es Negativo	<b>IF</b> $x_4(t)$ es Cero	<b>IF</b> $x_4(t)$ es Positivo
<b>THEN</b> $U(t) = K_1X(t)$	<b>THEN</b> $U(t) = K_2X(t)$	<b>THEN</b> $U(t) = K_3X(t)$

( 12)

El controlador difuso en forma compacta y general está representado por:

$$U(t) = U_0 + \sum_{i=1}^r h_i(z(t))K_iX(t) \quad (13)$$

### Resultados de simulación

Se pretende visualizar los resultados al introducir señales de referencia que sean variables en el tiempo tanto para la posición ( $x$  y  $z$ ) como para la orientación ( $\psi$ ) utilizando cada uno de los tres algoritmos de control, con los siguientes parámetros  $m = 1.3 Kg, I_x = I_y = 0.0159 Kg m^2, I_z = 0.0297 Kg m^2, l = 0.26 m, A_x = A_y = A_z = A_p = A_q = A_r = 0$ .

$$x_{ref} = 2 \cos\left(\frac{t}{2}\right), y_{ref} = 2 \sen\left(\frac{t}{2}\right), z_{ref} = 1m, \psi_{ref} = 0.8^\circ$$

Como primer caso se muestran los resultados de la posición angular para el seguimiento de la trayectoria utilizando los tres esquemas de control.

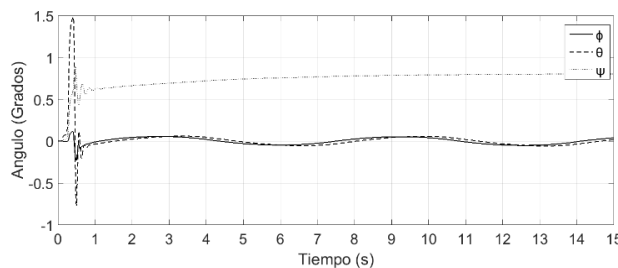


Figura 2. Posición angular del cuadricóptero con el algoritmo de control PID

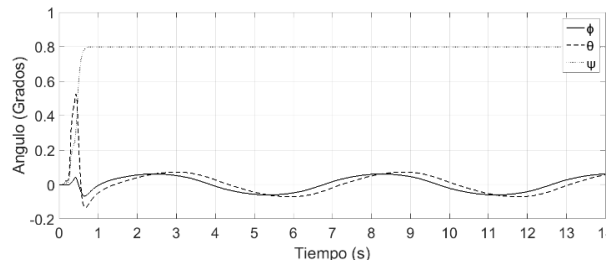


Figura 3. Posición angular del cuadricóptero con técnicas de Lyapunov



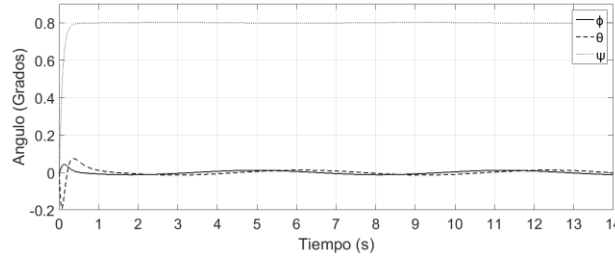


Figura 4. Posición angular del cuadricóptero con el control difuso Takagi-Sugeno

Como segundo caso se muestra la respuesta de los ángulos deseados de  $\theta$  y  $\phi$  utilizando los tres esquemas de control.

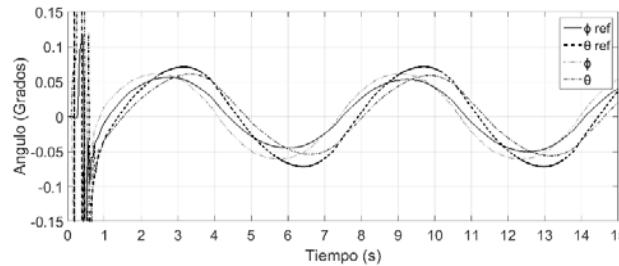


Figura 5. Ángulos de  $\theta$  y  $\phi$  deseados con el algoritmo de control PID

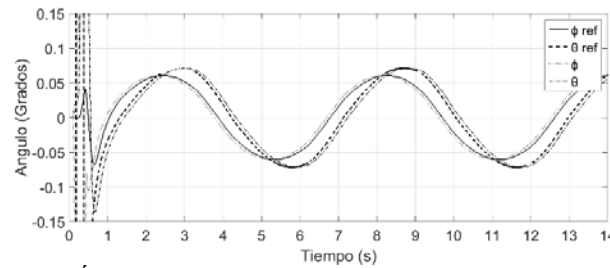


Figura 6. Ángulos de  $\theta$  y  $\phi$  deseados con técnicas de Lyapunov

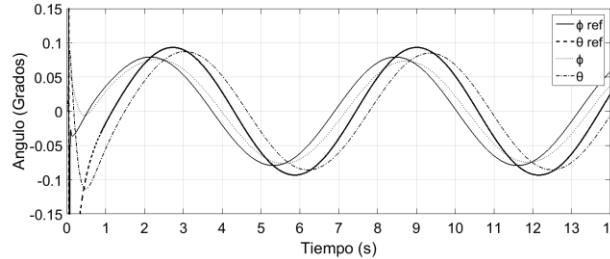


Figura 7. Ángulos de  $\theta$  y  $\phi$  deseados con el control difuso Takagi-Sugeno

Como último caso se muestra la respuesta de los ángulos deseados de  $\theta$  y  $\phi$  utilizando los tres esquemas de control

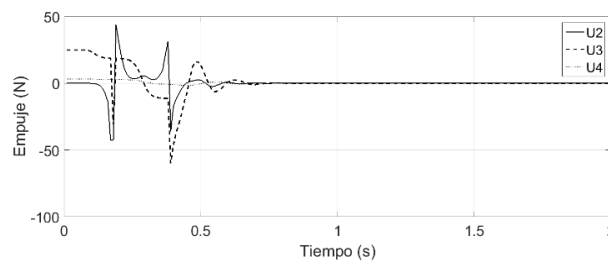


Figura 8. Comportamiento de las entradas de control con el algoritmo de control PID

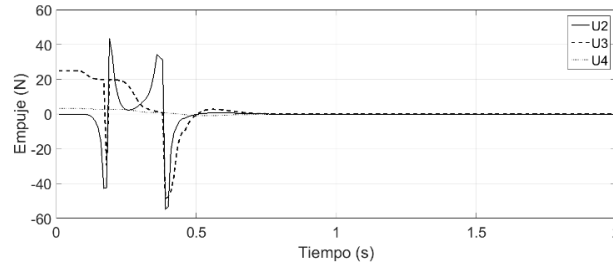


Figura 9. Comportamiento de las entradas de control con técnicas de Lyapunov

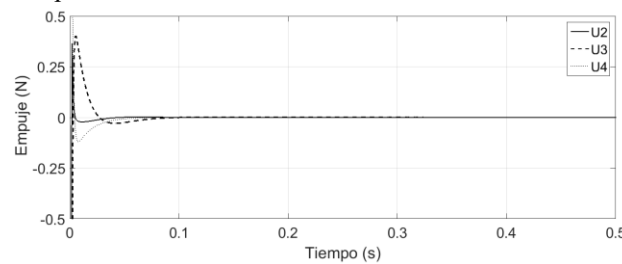


Figura 10. Comportamiento de las entradas de control difuso Takagi-Sugeno

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estudió el comportamiento de tres diferentes controles aplicados al modelo de un cuadricóptero, se trata del PID clásico el cual fue ajustado heurísticamente, la estructura de control difusa del tipo Takagi-Sugeno para lo cual se determinó una aproximación lineal donde el sistema es estable y finalmente un diseño de control no lineal por medio de las técnicas de Lyapunov. Los resultados de la investigación incluyen el análisis de la respuesta de la posición y orientación del cuadricóptero respecto al tiempo así como el comportamiento de las entradas de control empleando cada uno de estos tres controles para mostrar un caso comparativo entre ellos en el seguimiento de trayectoria.

#### Conclusiones

Los resultados demuestran que al implementar controladores de vuelo más complejos respecto al clásico algoritmo PID para el seguimiento de trayectorias se obtienen ventajas de exactitud, velocidad de respuesta y de ahorro de energía mostrado con la magnitud de las respuestas de las entradas de control. Es importante resaltar la capacidad que demuestra tener el controlador PID con la poca complejidad que se necesita para el diseño y ajuste de sus parámetros.

#### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar esta investigación podrían enfocarse en realizar pruebas de campo bajo las condiciones que en este trabajo se presentan. Es probable que existan diferencias sobresalientes entre condiciones ideales con respecto a las de tiempo real de lo cual podrían surgir estudios comparativos interesantes.

### Referencias

- V. Mistler, A. Benallegue, y N.K. M'Sirdi. "Exact linearization and noninteracting control of a 4 rotors helicopter via dynamic feedback," In Proc. 10th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication. 2001, pp. 586-593.
- A. Mokhtari and A. Benallegue. "Dynamic feedback controller of Euler angles and wind parameters estimation for a quadrotor unmanned aerial vehicle," IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation. New Orleans, LA, April 2004, pp. 2359-2366.
- E. Altug, J.P. Ostrowski, y Mahony. "Control of a quadrotor helicopter using visual feedback," In Proc. 2002 IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation., Washington, DC, Mayo 2002, pp. 72-77.
- F. Jurado, A Publications, A.I Conference paper. "Stabilization of a Quadrotor via Takagi-Sugeno Fuzzy Control," In Proc. of the The 12Th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics WMSCI 2008, pp. 168-173, Orlando, FL, Junio 2008.
- K. Tanaka, H.O. Wang. "Fuzzy control System Design and Analysis," John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- E. N. Sanchez, H. M. Becerra, C. M Velez. "Combining fuzzy, PID and regulation control for an autonomous mini-helicopter," Ciencias de la información, Vol 177, No. 10, pp. 1999-2022, Mayo 2007.

# Aproximación para la evaluación del índice de la capacidad de proceso Ppk en un dispositivo térmico de revalorización de calor solar

Dra A. M. Hdz-Jasso<sup>1</sup>, MICA. C.V. Valdéz - Morales <sup>2</sup>,  
MICA Y. R. Galindo-Luna <sup>3</sup> y R. J. Romero <sup>4</sup>

**Resumen**— En el presente estudio se evalúa la capacidad de un proceso, basado en la metodología de control estadístico de proceso, para evaluar el índice de la habilidad de un proceso (Process Capability Index) y derivada la capacidad potencial (Process Performance Capability) que depende de las especificaciones del proceso. En el caso de un proceso de recuperación de calor con colectores solares, la temperatura del ambiente es variable, por lo que al intentar ser evaluada como una variable de distribución normal no supone una evaluación de habilidad. Se puede evaluar la habilidad de un dispositivo para colección de calor solar con esta primera aproximación a la evaluación de la habilidad de proceso. En un primer escenario se muestra un análisis de los datos y se interpreta el valor del índice de habilidad del proceso y en un segundo escenario, se analiza la variación con respecto a un valor de tendencia.

**Palabras clave**—proporcione cuatro o cinco palabras que servirán para identificar el tema de su artículo, separadas por comas.

## Introducción

En la literatura se ha resaltado la importancia de la aplicación de la metodología CEP. Esta metodología ha permitido en los distintos ámbitos de manufactura y servicios realizar mejoras de la calidad a las variables críticas de los procesos, sin embargo, en el área de aire acondicionado aún no ha sido utilizada.

El área de oportunidad que aborda este artículo se basa en un artículo previo, donde se presentaron las ventajas de esta metodología en procesos térmicos [1]. En el artículo citado, se analizaron componentes que forman parte de un proceso térmico, con las siguientes características:

Son los componentes que contienen el fluido de trabajo con absorbente.

Se determinó la variabilidad de un parámetro crítico para el proceso: la temperatura.

Se seleccionó el puerto (parámetro) con menor variabilidad para dar mayor certidumbre a los resultados arrojados por la metodología CEP.

Se analizó la habilidad de cumplimiento de las especificaciones seleccionadas para un ingreso de energía al ciclo termodinámico analizado.

Con base a ese análisis se ha determinado, que la variable temperatura, no presenta en sí, un comportamiento normal o gaussiano, debido a que existe una gran transferencia de los alrededores a los componentes de un ciclo termodinámico aún con aislante térmico.

Lo anterior se explica de forma sencilla, por la relación másica que existe entre el equipo y la variación de la temperatura que se presenta en el laboratorio donde se realiza la experimentación. Aún con aislante térmico, y los controles automáticos, las variaciones corresponden a lo especificado por el proveedor, +/- 1 °C. Lo cual está dentro de los parámetros aceptables para la evaluación de los equipos de transferencia de calor. Sin embargo, al analizar el comportamiento de la temperatura, con las herramientas de control estadístico de proceso, las evaluaciones anteriores han concluido que no se encuentra la variable temperatura dentro de una habilidad estadística. El objeto de estudio de este proyecto es considerar que la variable temperatura no es una variable con distribución normal

<sup>1</sup> La Dra Ana Maria Hernández Jasso es Profesora de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, así como de la Escuela de Técnicos Laboratoristas, ambos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, [ana.hernandez@uaem.mx](mailto:ana.hernandez@uaem.mx)

<sup>2</sup> La Maestra en Ingeniería Carmen Valeria Valdez Morales es Ingeniero Químico de profesión, tiene una maestría en Ingeniería y Ciencias Aplicadas y actualmente desarrolla investigaciones en el área de tecnología química para optar por el grado de Doctor en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, que otorga el Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos [carmen.valdez@uaem.mx](mailto:carmen.valdez@uaem.mx)

<sup>3</sup> La Maestra en Ingeniería Yuridiana Rocío Galido Luna es Ingeniero Químico por parte del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Morelos, concluyó la maestría en Ingeniería y Ciencias Aplicadas y actualmente está en el último periodo del Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, del Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos [yuridiana.galindo@uaem.mx](mailto:yuridiana.galindo@uaem.mx)

<sup>4</sup> El Dr. Rosenberg Javier Romero Domínguez, es egresado de la carrera de Ingeniería Química de la BUAP, realizó estudios de posgrado en Energía Solar y de Doctorado en Ingeniería Energética en la Universidad Nacional Autónoma de México, realiza estudios de sustentabilidad energética y ciclos termodinámicos desde 1994, **autor de correspondencia** [rosenberg@uaem.mx](mailto:rosenberg@uaem.mx)

durante un proceso dinámico a lo largo del día.

### Descripción del Método

El equipo en que se realiza el ciclo de transferencia de calor, a partir de calor solar, ya sea para proveer de aire acondicionado solar o para revalorización (aumento de temperatura de la fuente de calor) se basa en un ciclo termodinámico de cinco operaciones unitarias incluyendo el intercambio de calor. Las operaciones unitarias en ciclo son: condensación, evaporación, absorción, intercambio de calor y desorción, en ese orden.

Dependiendo del objetivo: aire acondicionado o revalorización, la presión en el condensador puede ser alta relativa, o baja relativa. La literatura respecto a este comportamiento llama a estos equipos “bombas de calor tipo I y II” respectivamente.

El control estadístico en los ciclos termodinámicos

Desafortunadamente, a diferencia de las dimensiones de tamaño físico en un producto, la temperatura no es constante aún proviniendo del mismo equipo. Esto ocurre, por el efecto de los alrededores o sumidero de aire en el que están expuestos los componentes del ciclo. En la figura 1, se muestra un prototipo de laboratorio de este ciclo, con capacidad de 15 kW (3 kW en cada operación unitaria).



Figura 1. Prototipo de laboratorio para análisis de variaciones térmicas en un ciclo de absorción – UAEM.

El ciclo ha sido analizado termodinámicamente y reportado en varias publicaciones de los autores [2 -5] y en todas esas publicaciones se define el estado estable termodinámico, como la condición experimental en que las variaciones de las temperaturas en los componentes no varían en promedio más de lo que indican los instrumentos de medición por al menos 20 minutos.

En los análisis realizados con el primer componente se ha notado una dependencia del ambiente, con respecto al valor medio, debido a que la condensación, sea en baja o alta presión relativa, ocurre por medio de un intercambio de calor con una torre de enfriamiento que se encuentra expuesta al ambiente, y en consecuencia a las variaciones del clima. Al inicio del día y al final del día, la temperatura no es la misma, la nubosidad / claridad del día afecta la temperatura del aire, con la que se realiza el intercambio de calor, por lo que el sumidero natural (ambiente) tiene variación de la potencia de energía térmica en forma dinámica (cada día de operación es ligeramente diferente al anterior).

El ciclo que inicia con el condensado de vapor de agua, en el ciclo, permite definir la presión y estabilidad del ciclo. En la figura 2 se puede observar una representación del ciclo termodinámico en relación a sus temperaturas y presiones para el tipo II.

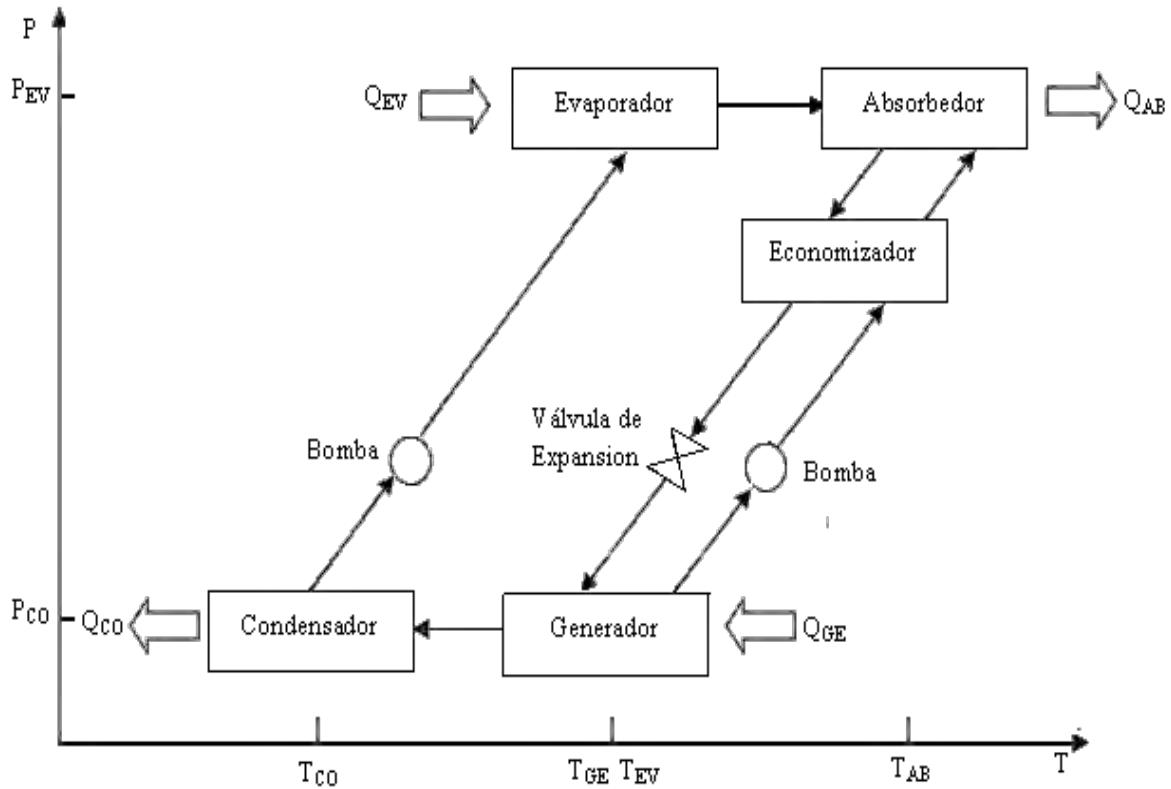


Figura 2. Diagrama esquemático de operación de bomba de calor tipo II.

*Control Estadístico de Proceso*

El uso de la técnica CEP ha sido descrita también por varios autores, en el libro “Control Estadístico de la Calidad” se resalta la relevancia de esta área en el análisis de datos y apoyo para la toma de decisiones sobre un proceso o población. También relaciona mediante una definición la calidad, la variabilidad de un proceso de la siguiente forma: “la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad”. Es decir, en cuanto menor sea la variabilidad de las características de calidad de un proceso, mayor será la calidad del producto o servicio analizado [6].

La distribución normal sea la distribución más importante tanto en la teoría como en la aplicación de la estadística. Si “x” es una variable aleatoria normal, entonces la distribución de probabilidad de “x” se define como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{eq.1}$$

Lo anterior corresponde a una probabilidad, en el caso de la medición de temperatura, suponemos que la distribución ocurre por una probabilidad asociada a todas las variaciones inherentes al parámetro, pero no considera la variación dinámica de la temperatura del ambiente, que también posee una distribución tipo campana a lo largo del día.

Lo anterior considera que para una temperatura

$$T(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} + \Delta T(x) \tag{eq.2}$$

donde  $\Delta T(x)$  es una variación no considerada en la distribución y obedece al comportamiento del ciclo en que se encuentra la variable.

En la publicación previa [1] se analizó la posibilidad de utilizar el “teorema del límite central” para determinar si es posible establecer con ésta técnica una reorganización de los datos para encontrar el sentido de normalidad en los datos.

En esta aproximación, se considera que  $\Delta T(x)$  es en realidad un desplazamiento y no es constante a lo largo de la evaluación de la temperatura representativa de la operación unitaria de condensación.

### Experimentación

Con el objetivo de probar la hipótesis que existe una variación en la temperatura, y cuestionando el principio de la técnica del Control Estadístico de Proceso, consideramos evaluar en condiciones controladas a la variable temperatura durante un periodo de estado estable, con variaciones menores a 1 °C, obteniendo los datos que se reportan en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de estado estable de condensador para aproximación de PPK

23. 831	23. 812	23. 837	23. 827	23. 861	23. 863	23. 894	23. 913	23. 877	23. 884	23. 877	23. 893	23. 887	23. 89	23. 884
23. 87	23. 87	23. 87	23. 88	23. 874	23. 88	23. 87	23. 861	23. 864	23. 864	23. 874	23. 857	23. 867	23. 87	23. 86
23. 841	23. 836	23. 835	23. 811	23. 82	23. 832	23. 848	23. 882	23. 874	23. 87	23. 912	23. 882	23. 895	23. 873	23. 879
23. 886	23. 899	23. 892	23. 873	23. 889	23. 876	23. 876	23. 869	23. 879	23. 889	23. 856	23. 879	23. 859	23. 859	23. 86
23. 866	23. 847	23. 841	23. 834	23. 812	23. 859	23. 847	23. 797	23. 841	23. 846	23. 865	23. 908	23. 914	23. 911	23. 914
23. 904	23. 901	23. 888	23. 885	23. 894	23. 891	23. 898	23. 871	23. 881	23. 881	23. 881	23. 871	23. 878	23. 885	23. 868
23. 878	23. 868	23. 885	23. 875	23. 874	23. 856	23. 856	23. 828	23. 833	23. 816	23. 829	23. 822	23. 819	23. 824	23. 846
23. 85	23. 865	23. 851	23. 885	23. 888	23. 862	23. 881	23. 898	23. 913	23. 913	23. 89	23. 897	23. 9	23. 87	23. 87
23. 9	23. 883	23. 88	23. 88	23. 89	23. 88									

Los datos obtenidos por instrumentos calibrados, con desviación máxima de 0.5 °C, han sido adquiridos con un sistema automático de registro cada 5 segundos, se han filtrado y promediado solo los datos que corresponden a 20 minutos de estado estable. El valor promedio ha sido computado de 23.86 °C, sin embargo este valor no indica el proceso transitorio propio del sistema. El lector podrá comprobar que al inicio del estado estable, la temperatura es menor que al final del mismo, sin embargo, en las publicaciones, el valor reportado es el valor promedio más la incertidumbre, que para este caso sería 23.86 +/- 0.5 °C, cumpliendo con los estándares de los journals en el área térmica.



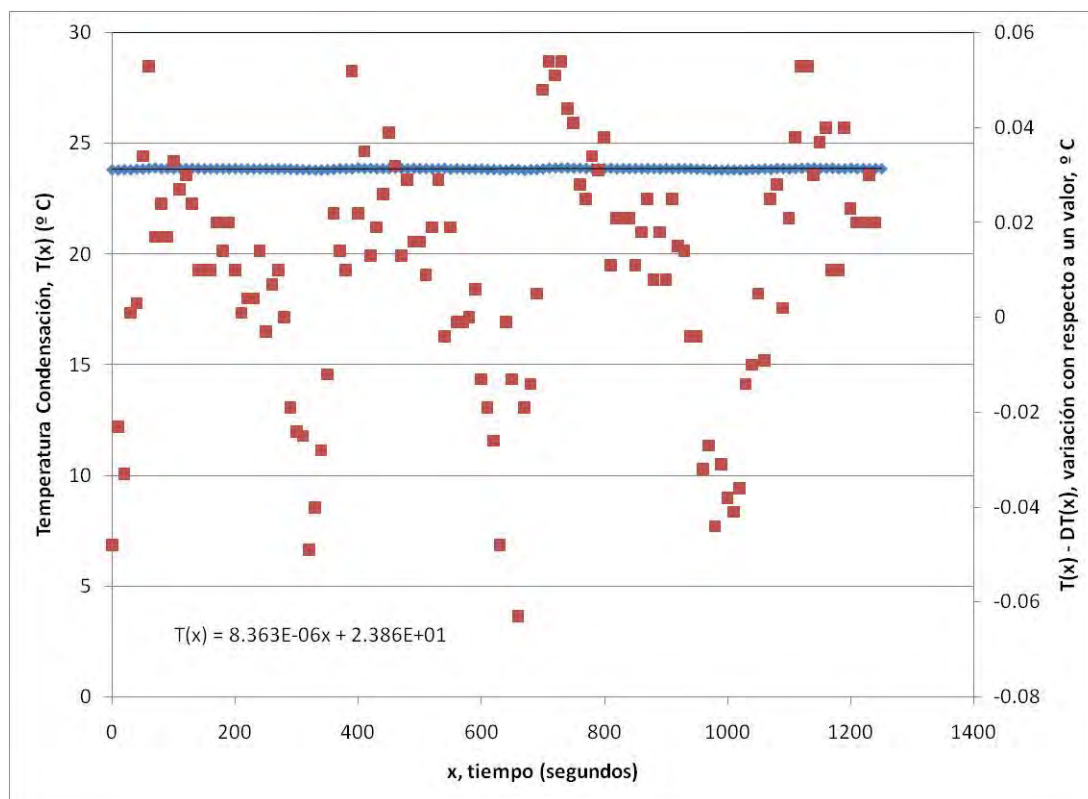


Figura 2. Valores de la temperatura de condensación y valores de la variación considerando un efecto transitorio de la variable, para un experimento bajo estado estable.

### Comentarios Finales

Una vez analizados los datos del condensador, se puede concluir que en su formato de adquisición obtiene una habilidad de 0.7753, que indica que no cumple con las especificaciones fijas para determinar un valor constante y que corresponde a una distribución normal.

Cuando se analiza la variación, usando la ecuación 2 propuesta, la aproximación, indica que el potencial de habilidad del proceso cambia de 0.77 a 1.15, con los mismos valores, lo cual indicaría que se si existe habilidad en el proceso, a pesar de tratarse de un parámetro variable.

En una próxima publicación se abundará sobre la matemática que implica esta evaluación.

### Referencias

- 1 A. M. Hernández Jasso et al., (2015), Análisis mediante CEP del comportamiento de los componentes con absorbente en un ciclo de revalorización de energía térmica, Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad, Tuxpan, Veracruz, México, 27 al 29 de mayo, 2015, pp 1275 - 1280
- 2 CV Valdez-Morales, RJ Romero, J Ibarra-Bahena (2017), Predicted and experimental COP for heat transformer based on effectiveness process, Experimental Thermal and Fluid Science 88, 490-503
- 3 RJ. Romero and S. Silva-Sotelo (2017). Energy Evaluation of the Use of an Absorption Heat Pump in Water Distillation Process, Distillation - Innovative Applications and Modeling, Dr. Marisa Mendes (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/67094
- 4 RJ Romero, A Rodríguez-Martínez, (2008), Optimal water purification using low grade waste heat in an absorption heat transformer, Desalination 220 (1-3), 506-513
- 5 I Pilatowsky, RJ Romero, CA Isaza, et. al , (2007), Simulation of an air conditioning absorption refrigeration system in a co-generation process combining a proton exchange membrane fuel cell, International Journal of Hydrogen Energy 32 (15), 3174-3182
- 6 AM Hdz-Jasso, MR Contreras-Valenzuela, A Rodríguez-Martínez, et al, (2015) ,Experimental heat transformer monitoring based on linear modelling and statistical control process, Applied Thermal Engineering 75, 1271-1286

### Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto CEMIE-SOL-P09 y a la red temática del CONACYT “sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad”

# EFFECTO DE LA ADICIÓN DEL POLVO DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA* L.) EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES EN PAN

Hernández-Jiménez Ytzany<sup>1</sup>, Dr. Espinosa-Solís Vicente<sup>2</sup>,  
Dra. Sanchez-Mundo María de la Luz<sup>3</sup>, MC. Anaya-Tacuba José Daniel<sup>4</sup>  
y Dra. Hernández-Nava Rocio Guadalupe<sup>5</sup>

**Resumen**— La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), es una planta con múltiples beneficios a la salud, en México se utiliza tradicionalmente para preparar bebidas refrescantes, así como mermeladas, jaleas, licores, etc. En el presente trabajo se formuló un pan adicionado con polvo de jamaica (PJ) (2g, 4g, 6g, y 8g) se evaluó la calidad nutricional, composición química proximal, física, sensorial y digestibilidad del almidón. En el pan control y los elaborados con diferentes concentraciones de PJ, se observó que el contenido de proteína no se vio afectado significativamente con la adición del PJ, el contenido de humedad varió de 13.63 a 17.85, mientras que el contenido de cenizas disminuyó significativamente en los panes formulados con mayor cantidad de PJ, el pan con 8g de PJ presentó menor luminosidad y valores más altos de  $a^*$  y  $b^*$ . El contenido de ADRD disminuyó significativamente y el ADLD aumento con forme el incremento de PJ.

**Palabras clave**— Pan, Jamaica, Evaluación sensorial, Digestibilidad de almidón.

## Introducción

Por sus características fisicoquímicas, la jamaica se clasifica como altamente acida y con bajo contenido de azúcares. Los cálices deshidratados y molidos tienen un contenido de proteína cruda de 8.6%, extracto etéreo de 2.9%, fibra cruda de 9.8% y cenizas de 6.8% (Babalola *et al.*, 2001). La alta incidencia de las enfermedades crónico degenerativas, está relacionada directamente con la alimentación, por esta razón es importante desarrollar alimentos que ayuden a contrarrestar el efecto negativo que tienen algunos alimentos en la salud. El pan es consumido habitualmente por todo tipo de personas, además puede ser elaborado fácilmente con cualquier tipo de ingrediente.

## Métodología

Para la elaboración del PJ se utilizó la flor de jamaica, variedad Tecoanapa, calentandola hasta ebullición y se sometió a un proceso de deshidratación a 55°C durante 24 horas, se pulverizó, tamizó. Se prepararon cinco tipos de pan con diferentes concentraciones de PJ, (Tabla 1) la harina de trigo fue sustituida con diferentes porcentajes según la concentración del pan.

**Tabla 1.** Formulación del pan control y adicionado con polvo de jamaica

Ingrediente	Control	2g polvo de jamaica	4g polvo de jamaica	6g polvo de jamaica	8g polvo de jamaica
Harina de trigo	250g	248g	246g	244g	242g
Azúcar	15g	15g	15g	15g	15g
Sal	5g	5g	5g	5g	5g
Levadura	7.5g	7.5g	7.5g	7.5g	7.5g
Manteca vegetal	25g	25g	25g	25g	25g
Agua	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml

## Resultados

Una vez obtenidos los panes se realizó el análisis químico proximal de las diferentes formulaciones mediante los métodos establecidos por la AACC (2000). La evaluación del color se llevó a cabo por colorimetría de triestímulo

<sup>1</sup> Hernández-Jiménez Ytzany es alumna de la Licenciatura Químico Farmacéutico Biologo de la Escuela Superior de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Guerrero.

<sup>2</sup>El Dr. Espinosa-Solís es Profesor Investigador en la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>3</sup>El M.C. Anaya-Tacuba José Daniel es Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Guerrero.

<sup>4</sup>La Dra. Sánchez-Mundo María de la Luz es Profesora nvestigadora del Instituto Tecnológico Superior de las Choapas.

<sup>5</sup>La Dra. Hernández-Nava Rocio Guadalupe es Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Guerrero. rocio\_uanc@hotmail.com (autora de correspondencia).

utilizando el colorímetro Minolta CR- 10 y se registraron tres parámetros: L, a y b. La evaluación sensorial se realizó utilizando una escala hedónica de 5 puntos, en el cual se asignó con el número 1 al menos agradable, y con 5 al más agradable. Las digestión del almidón de los panes fueron analizados utilizando la prueba de Englyst et al. (1992) con algunas modificaciones. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete Minitab 17. Se realizó un análisis de varianza de una vía y comparación de medias por Tukey  $\alpha=0.05$ .

La humedad encontrada en el pan control y los adicionados con PJ en diferentes proporciones vario significativamente de 13.63% a 17.85% debido a que la naturaleza de la masa y las condiciones de horneado pueden influenciar la pérdida de humedad en los panes, con respecto al contenido proteico de los panes no se vio afectado significativamente por la adición de PJ, este comportamiento podría deberse al contenido proteico de la flor de jamaica (Lara-Cortez *et al.*, 2013). La luminosidad de los panes disminuyo significativamente con la incorporación de PJ, encontrándose luminosidad de 46.28 en el pan control y de 20.31 en el pan con 20 gramos de jamaica, generalmente cuando existe la incorporación de algún ingrediente alterno a la formulación tradicional de pan la luminosidad se ve afectada negativamente. El pan con 20 g de PJ presentó valores de a\* mayor a todas las formulaciones 6.00 y valor de b\* menor a todas las formulaciones (8.17) lo que indica que es un pan de tonos rojos y tendencia a tonos azules (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición química proximal de pan control y pan adicionado con diferentes proporciones de PJ.

Tipo de pan	Proteína	Humedad	Cenizas	L	a*	b*
Pan control	11.36 ± 0.78 <sup>a</sup>	14.72 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.01 <sup>a</sup>	46.28 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.03 <sup>a</sup>	14.32 ± 0.27 <sup>a</sup>
Pan 5% PJ	11.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	17.73 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.91 ± 0.10 <sup>a</sup>	31.56 ± 1.04 <sup>b</sup>	3.68 ± 0.29 <sup>b</sup>	12.74 ± 0.60 <sup>a,b</sup>
Pan 10% PJ	12.08 ± 0.17 <sup>a</sup>	13.63 ± 0.20 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.03 <sup>b</sup>	31.52 ± 0.76 <sup>b</sup>	4.20 ± 0.29 <sup>b</sup>	11.04 ± 0.40 <sup>b</sup>
Pan 15% PJ	12.25 ± 0.66 <sup>a</sup>	17.85 ± 0.68 <sup>b</sup>	1.63 ± 0.13 <sup>b</sup>	23.76 ± 0.24 <sup>c</sup>	4.57 ± 0.28 <sup>b</sup>	9.30 ± 1.01 <sup>c</sup>
Pan 20% PJ	11.98 ± 0.17 <sup>a</sup>	15.85 ± 0.54 <sup>c</sup>	1.42 ± 0.04 <sup>c</sup>	20.31 ± 1.00 <sup>d</sup>	6.00 ± 0.76 <sup>c</sup>	8.17 ± 1.11 <sup>c</sup>

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p <0.05)

En las pruebas físicas evaluadas en los panes (Tabla 3), se encontró que existe diferencia significativa en el ancho de los panes elaborados con las diferentes formulaciones. Por otro lado, los productos con jamaica, tuvieron la menor altura. Al aumentar el porcentaje de sustitución, aumenta significativamente el peso de las muestras, sobre todo cuando se adiciono 8 gramos de polvo de jamaica, Mohammed y colaboradores (2012) desarrollaron panes de trigo con diferentes sustituciones de harina de garbanzo y encontraron que, a mayor sustitución de harina de garbanzo por harina de trigo, el peso final de los panes aumentó, coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio. El menor peso y la mayor altura encontrados en la muestra control es evidencia de espacios de aire visibles en la miga, lo cual, puede ser generado por el aumento de la cantidad de azúcares fermentables a partir del almidón, debido a la alta actividad de alfa amilasas en la harina de trigo (Lorenz & Coulter, 1991).

La densidad aparente de la miga es una de las características más importantes de un pan, porque ofrece una medida cuantitativa del proceso de panificación. Además, este parámetro es muy importante para los consumidores, debido a que se relaciona con la percepción de un producto ligero (Hathorn *et al.* 2008). Al comparar la densidad aparente de las muestras, el producto con jamaica tuvo los menores valores, mientras que la mayor densidad aparente se encontró en el pan control, este mismo comportamiento se observó en un estudio donde se elaboraron panes con diferentes adiciones de almidón de mandioca y camote en los cuales los valores de densidad aparente disminuyeron con el aumento de la adición de los almidones en las formulaciones (Nindjin *et al.*, 2011).

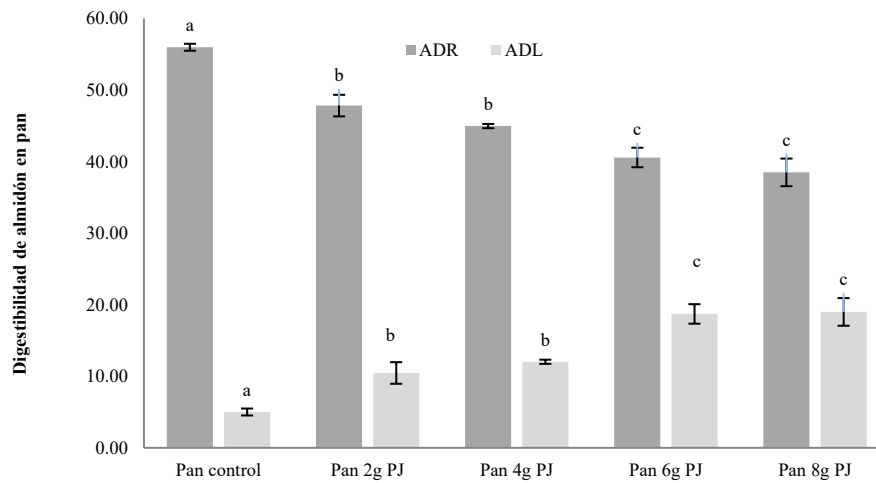
**Tabla 3.** Peso, ancho, alto y densidad aparente de pan control y pan adicionado con diferentes proporciones de polvo de jamaica.

Tipo de pan	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Densidad aparente (g/ml)
Pan control	394.00 ± 3.61 <sup>a</sup>	8.40 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.15 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>a</sup>
Pan 2g PJ	390.83 ± 2.36 <sup>a</sup>	8.63 ± 0.03 <sup>c</sup>	6.79 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.32 ± 0.01 <sup>a</sup>
Pan 4g PJ	407.17 ± 3.33 <sup>b</sup>	8.86 ± 0.06 <sup>b</sup>	6.42 ± 0.08 <sup>c</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>b</sup>
Pan 6g PJ	414.00 ± 4.00 <sup>b</sup>	9.11 ± 0.03 <sup>d</sup>	6.10 ± 0.10 <sup>d</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>c</sup>
Pan 8g PJ	427.33 ± 3.06 <sup>c</sup>	9.19 ± 0.04 <sup>d</sup>	5.68 ± 0.17 <sup>c</sup>	0.24 ± 0.02 <sup>c</sup>

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p <0.05)

La fracción de almidón más predominante en los panes fue la del almidón de rápida digestión que varió de 55.99 g/100g a 38.50g/100g. Este patrón coincide con lo reportado en alimentos en los cuales el almidón está altamente gelatinizado y su estructura es muy porosa, lo que resulta en una rápida degradación del almidón en el intestino delgado, provocando una rápida respuesta glucémica. El contenido de almidón de rápida digestión disminuyó conforme aumento la cantidad de polvo de jamaica en los panes. En panes adicionados con semilla de linaza se encontró el mismo comportamiento que a mayor contenido de semillas en el pan el contenido de almidón de rápida digestión disminuyó y la fracción de almidón de lenta digestión aumentó. El contenido de almidón de lenta digestión se elevó significativamente la proporción de polvo de jamaica aumento en la formulación de los panes de 5.01 g/100g en el pan control a 19.00 g/100g en el pan con mayor concentración de jamaica, el ADL es absorbido lentamente en el intestino delgado y provoca un aumento gradual en la glucosa postprandial y nivel de insulina (Jenkins *et al.*, 1978).El aumento del ADL en los panes adicionados a mayores contenidos de harina de Jamaica puede deberse a la presencia de polifenoles los cuales pudieron haber inhibido la actividad enzimática de las enzimas alfa amilasa y amiloglucosidasa empleadas en la técnica de Englyst. Diversos estudios han demostrado este tipo de efecto atribuido a los polifenoles de las muestras (Figura 1).

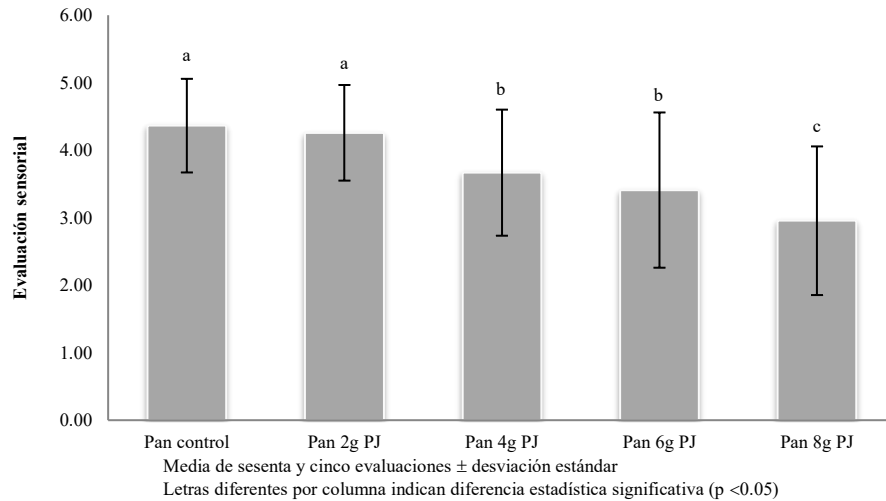


Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ )

**Figura 1.** Contenido de almidón de rápida digestión (ADRD) y almidón de lenta digestión (ADLD) en pan control y pan adicionado con diferentes proporciones de polvo de jamaica.

Los resultados de la evaluación sensorial, mostraron que el pan control y el elaborado con 2 gramos de jamaica tuvieron la mayor calificación de aceptabilidad por los consumidores. Aunque un valor de aceptación ligeramente menor se encontró en los panes adicionados con 4 y 6 gramos de polvo de jamaica. El pan adicionado con 8 gramos de jamaica mostró la menor calificación, sin embargo, la aceptación de los jueces fue buena.



**Figura 2.** Evaluación sensorial de pan control y pan adicionado con diferentes concentraciones de polvo de jamaica.

### Conclusión

La adición de PJ en los panes no provocó la pérdida de la cantidad de proteína. Los panes control y 5 gramos presentaron la mayor aceptabilidad por los panelistas, seguido de aquellos panes conteniendo 10 y 15 gramos. El contenido de almidón de rápida digestión disminuyó en los panes adicionados con diferentes proporciones de PJ, mientras que las muestras con 15 y 20 gramos de jamaica presentaron valores más altos de almidón de lenta digestión. El PJ resulta una buena alternativa para enriquecer el contenido de fibra de algunos alimentos.

### Referencias bibliográficas

1. AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. 10th Edition the Association. USA. 2000
2. Babaloba, S., Babaloba, A., & Aworh, O. Compositional attributes of the calyces of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *The Journal of Food Technology in Africa*, 6, p.133-134. 2001
3. Englyst, H., Kingman, S., & Cummings, J. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, p. 33-50. 1992
4. Jenkins D.J.A, Wolever T.M.S., Leeds A.R., Gassull M.A., Haisman P., Dilawari J., Goff D.V., Metz G.L., Alberti K.M. Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. *British Medical Journal* 1 p 1392-1394. 1978
5. Lara-Cortés E.; Osorio-Díaz P.; Jiménez-Aparicio A. & Bautista-Baños S. Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. 63 No.3, p. 197-208. 2013
6. Lorenz, K., & Coutler, L. Quinoa flour in baked products. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 41; p. 213. 1991
7. Nindjin, C., Amani, G.N. & Sindic, M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. *Carbohydrate Polymers* 86; pp. 1637-1645. 2011

# VALORIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NANOMATERIALES: UN ESTUDIO DE CASO

María Isabel Hernández López L.A.<sup>1</sup>, M.C. Alicia Prieto Uscanga<sup>2</sup>,  
M.C. Margarita Prieto Uscanga<sup>3</sup> y Dr. Carlos Velasco Santos<sup>4</sup>

**Resumen**— Los materiales grafénicos han despertado interés tanto de la comunidad científica como en diversos sectores industriales debido a sus múltiples aplicaciones. En el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ) investigadores de la línea de Materiales y Nanotecnología han desarrollado nuevos procesos para la generación de nanomateriales, los cuales están en un nivel de laboratorio, con el propósito de acercar estos desarrollos al mercado se lleva a cabo esta investigación para la valorización y comercialización de nanomateriales. A partir de un estudio documental sobre modelos de comercialización y transferencia de tecnología, del estado actual de la nanotecnología en México, una vigilancia tecnológica por medio del análisis de patentes y de entrevistas con los investigadores, se ha concretado una metodología a seguir, de cuya aplicación se ha logrado identificar el producto a comercializar y una ruta de valorización, para las próximas etapas de esta investigación.

**Palabras clave**—Nanotecnología, Nanomateriales, Valorización y Comercialización.

## Introducción

La nanotecnología es una tecnología que trabaja procesos sobre tamaños de un nanómetro en la fabricación de materiales, estructuras, dispositivos y sistemas funcionales a escala de 0.1 a 100 nanómetros, así como la aplicación de nuevos conceptos y propiedades: físicas, químicas, biológicas, mecánicas, eléctricas permitiendo el desarrollo de nuevos materiales denominados nanomateriales, es decir componentes y sistemas más pequeños, más ligeros, más rápidos, más fuertes, más duraderos, más reactivos, mejores conductores eléctricos y con mejores presentaciones, ofreciendo mejores respuesta a problemas o necesidades de la sociedad. La nanotecnología, es considerada la tecnología del siglo XXI, por su impacto en el desarrollo tecnológico en la electrónica, energía, salud, manufactura, materiales y herramientas, y entrenamiento, así como en el crecimiento económico de los países.

Desde el 2001 México incursiona en el estudio de la nanotecnología, tanto en el sector educativo como empresarial, teniendo a la fecha aplicación en prácticamente todos los sectores industriales, aunque en porcentajes aún no muy significativos. En este documento se reporta un estudio de caso para la valorización y comercialización de nanomateriales desarrollados en el Instituto Tecnológico de Querétaro, presentando una ruta para acercarlos al mercado.

## Marco Teórico

El desarrollo de innovaciones tecnológicas en nanotecnología y nanomateriales ha derivado en un buen número de solicitud de patentes (ver figura 1), de productos y de procesos de obtención y aplicación de los nanomateriales; estos estudios se han enfocado en resaltar sus propiedades, entre las que destacan: el transporte electrónico, flexibilidad, impermeabilidad, su transparencia, su conductividad eléctrica, conductividad térmica, resistencia mecánica, capacidad aislante, propiedades ópticas, propiedades magnética, entre otras para la formación de nuevos materiales.

<sup>1</sup> L.A. María Isabel Hernández López, estudiante de Maestría en Ingeniería en la Línea de Sistemas de Gestión Empresarial e Innovación en el Instituto Tecnológico de Querétaro. [isah11@hotmail.com](mailto:isah11@hotmail.com) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> M.C. Alicia Prieto Uscanga, Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Querétaro [aprieto@mail.itq.edu.mx](mailto:aprieto@mail.itq.edu.mx)

<sup>3</sup> M.C. Margarita Prieto Uscanga, Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Querétaro [mprieto@mail.itq.edu.mx](mailto:mprieto@mail.itq.edu.mx)

<sup>4</sup> Dr. Carlos Velasco Santos, Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Querétaro [cvelasco@mail.itq.edu.mx](mailto:cvelasco@mail.itq.edu.mx)



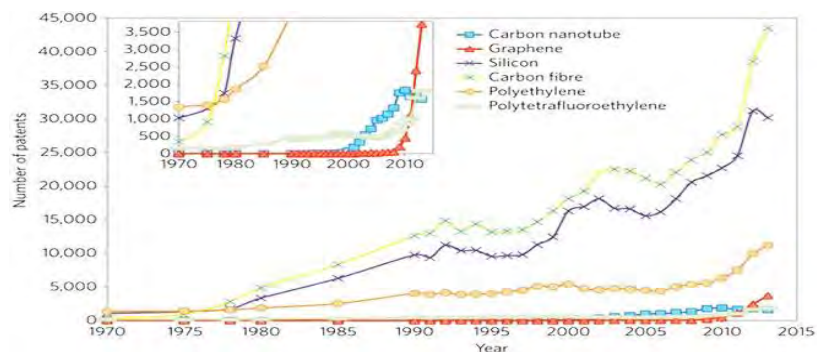


Figura 1. Número de solicitudes de patentes y patentes concedidas para diferentes productos a nivel mundial.  
Fuente: Zurutuza, Marinelli, 2014.

Los nanomateriales se obtienen principalmente de nanotubos de carbono, grafeno, fluoreno, fibra de carbono, nanocelulosa, silicio, polietileno. Sus principales aplicaciones son en: dispositivos electrónicos avanzados (procesadores de próxima generación), pantallas táctiles flexibles, generación y almacenamiento de energía, fabricación de nuevos materiales compuestos con alta resistencia, sensores para diagnosticar enfermedades, aplicaciones clínicas y medioambientales, disipadores térmicos, para generar aviones más rápidos y motores con mejores condiciones de eficiencia y protección de la sustentabilidad ambiental, tratamientos antibacterianos, recubrimientos, sistemas de defensa (dispositivos electrónicos, sistemas de protección masiva, dispositivos optrónicos) (Ministerio de Defensa de España, 2013).

Hasta la fecha, se han desarrollado diferentes métodos y procesos para sintetizar los nanomateriales y se han clasificado como: de arriba-abajo o de abajo-arriba dependiendo del procedimiento y de la materia prima de partida, sin embargo, el despliegue de fabricación industrial y uso comercial no ha cubierto las necesidades de diversas industrias, principalmente por carecer de procedimientos económicos, confiables e industrialmente escalables que permitan su producción en masa.

Estados Unidos, la Unión Europea y Asia dominan el desarrollo de la nanotecnología en el mercado internacional, gracias a la incorporación de líneas de investigación de esta tecnología en sus políticas y estrategias de desarrollo e innovación, considerándola una alternativa para su crecimiento económico y su competitividad global. Estos países aportan anualmente 52% de la inversión total mundial (en ellos el 51% corresponde a los gobiernos, el 43% a empresas y el 6% a capital de riesgo) en investigaciones en el sector de la nanotecnología, el 86%, se aplica al desarrollo de nanomateriales, por su factibilidad de aplicación en diversos productos de los diferentes sectores industriales sin modificar significativamente procesos y equipos y el 14% a nanoherramientas y nanodispositivos (CIMAV, 2008).

En América Latina los países con mayores avances en el desarrollo de la nanotecnología son: Brasil, Argentina y México. En el 2001, México inicia el impulso a la nanotecnología (ver figura 2); a la fecha algunos esfuerzos concretos en este sentido se ubican en el clúster de nanotecnología en Monterrey, el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (Nanotech) en Chihuahua, el Laboratorio Nacional en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN) en San Luis Potosí. Para fortalecer estas acciones en 2014 se construye el Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos (LMMG) por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), ubicado en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, con el objetivo es desarrollar técnicas para la elaboración de diferentes materiales de grafeno y elaborar materiales para propósitos específicos, ya que cada posible aplicación requiere de un tipo de grafeno en particular (Guerrero, 2015).

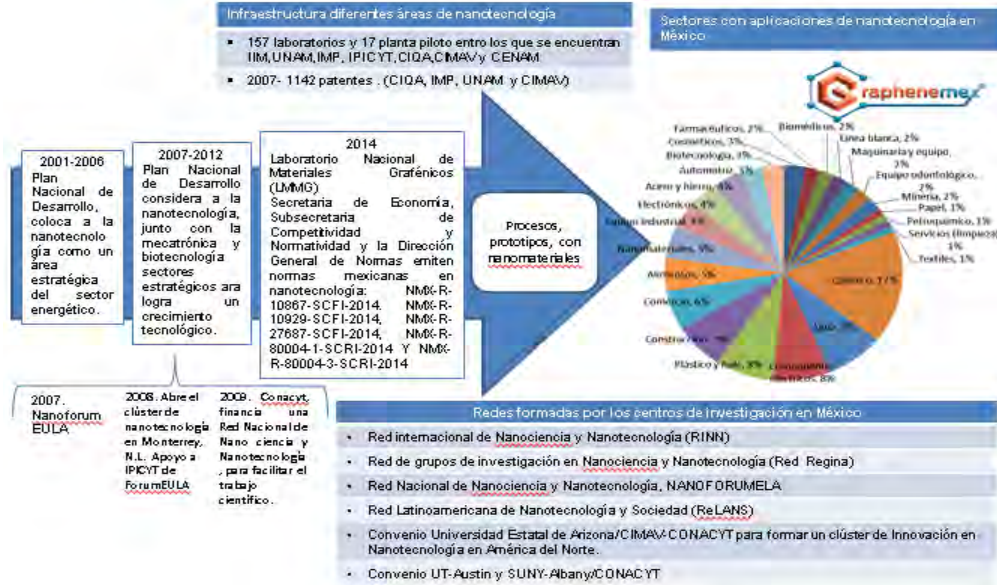


Figura 2. Evolución de la nanotecnología en México.

Entre los sectores o ramas económicas en México que venden productos que son manufacturados a partir de nanotecnología o que utilizan nanotecnología en sus operaciones se encuentran: el químico, agua, componentes eléctricos, plástico y hule, construcción, alimentos, nanomateriales, equipo industrial, electrónicos, hierro y acero, automotriz, biotecnología, cosméticos, farmacéuticos, biomédicos, línea blanca, maquinaria y equipo, minería, papel, petroquímico, servicios (limpieza), textiles y comercio. Así mismo, en el 2016 surge la primer startup mexicana: Graphenemex, pionera en México y Latinoamérica dedicada a la producción, desarrollo de aplicaciones e innovación del grafeno.

Después del Premio Nobel de Física, otorgado en el 2010 a los investigadores Andre Geim y Konstantin Novoselov por sus trabajos en grafeno, ha incrementado las publicaciones y patentes, siendo importante el apoyo gubernamental para el desarrollo de la nanotecnología (ver figura 3).

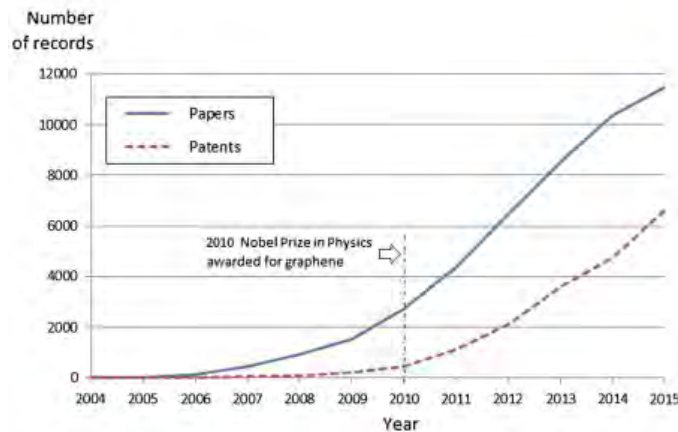


Figura 3. Publicaciones y patentes del grafeno. Fuente: Shapira, et al, 2016.

El 90% de las publicaciones de investigaciones de grafeno, se ha registrado en los últimos 4 años, llegando a 11500 y en el patentamiento se han presentado más de 4700 solicitudes de patentes en todo el mundo en 2015, destacando el crecimiento de China, gracias a su modelo de trabajo.

La empresa con mayor número de patentes es Samsung con 407, seguida de IBM con 143. En Japón las principales compañías con patentes son Toshiba, Sony, Sekisui Chemical, Fujitsu, Hitachi y NEC, empresas especializadas en I + D: Semiconductor Energy Laboratory Co. Ltd, en laboratorios el Instituto Nacional de Ciencia de Materiales, (Shapira, et al, 2016).

Las patentes son un activo valiosos para las organizaciones, su explotación permite recuperar los montos destinados a los procesos de investigación y desarrollo, además de que siempre existe la posibilidad de licenciarlas, esto dentro de un marco de transferencia de tecnología la cual es definida como el conjunto de acciones orientadas a facilitar el rendimiento comercial en el mercado de las capacidades investigadoras y los resultados de investigación de las actividades de I+D que realizan las universidades, institutos, centros de investigación y empresas.

Como marco para llevar a cabo acciones para transferir tecnología y conocimiento de los centros de generación del conocimiento, públicos o privados, a los centros de aplicación, se emplean los modelos de comercialización y transferencia de tecnología. Existen diferentes propuestas al respecto, tal es el caso del modelo lineal, el modelo dinámico, el modelo de la triple hélice y el modelo catch up; en estos modelos se contemplan etapas y actores que participan en este proceso, siendo base para el desarrollo de nuevos modelos o metodologías, como: modelo Vijay Jolly, modelo del TecNM, modelo de Eficacia Contingente y el The Transfer Institute. En la tabla 1 se comparan estos modelos a partir de características varias.

Tabla 1. Características de Modelos de Comercialización y Transferencia de Tecnología.

Características	Modelo lineal	Modelo Dinámico	Modelo Triple Hélice	Modelo Catch Up	Modelo TecNM	Modelo Vijay Jolly	Modelo Eficacia Contingente	The Transfer Institute
Herramientas de apoyo	x	x	x	x	√	x	x	√
Propiedad Intelectual	√	√	x	√	√	x	√	√
Vinculación entre los involucrados	x	√	√	x	√	√	x	√
Flexibilidad en el proceso	x	x	√	x	x	x	√	√

### Descripción del Método

La metodología empleada contempla dos momentos:

- Una investigación documental y descriptiva de los diferentes modelos para la valorización, comercialización y transferencia de tecnología y conocimiento, así como del estado del arte de la nanotecnología en México y a nivel internacional.
- Una investigación de campo, por medio de un estudio de Caso en el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), para la valorización y comercialización del proceso de obtención de un nanomaterial, desarrollado por investigadores de la Línea de Materiales y Nanotecnología de la Maestría en Ingeniería.

Para el desarrollo del caso de estudio del ITQ, se determinó la utilización del Lienzo de transferencia de tecnología y conocimiento propuesto por The Transfer Institute, el cual tiene como objetivo analizar y visualizar los procesos necesarios para valorizar, comercializar y transferir al mercado y a la sociedad los activos basados en ciencia, tecnología e innovación disponibles en una organización. Esta herramienta contempla tres fases, cada una con tres

etapas, así como impulsores internos y externos que condicionan el proceso de transferencia de tecnología y conocimiento.

En este estudio de caso se consideraron las dos primeras, los objetivos de estas fases y etapas se presentan a continuación.

Fase 1. Valorización. El objetivo es generar propuestas de valor y oportunidades de negocio para el mercado y la sociedad, a partir de los resultados de investigación científica y desarrollo tecnológico y de las competencias relacionadas existentes en la organización. Las etapas son:

- a) Identificación de tecnología. Identificar los resultados de investigación científica y desarrollo tecnológico, así como las competencias relacionadas existentes en la organización, que puedan proporcionar oportunidades de transferencia de tecnología y conocimiento.
- b) Evaluación de tecnología. Analizar las posibilidades de explotación comercial de las oportunidades identificadas y, en consecuencia, las posibilidades de transferirlas, de llegar al mercado o de obtener retornos económicos y sociales.
- c) Protección de tecnología. Asegurar la protección, frente a terceros, de la tecnología, conocimiento y el resto de activos intangibles de valor de la organización, así como crear derechos de propiedad industrial e intelectual que permitan crear ventajas competitivas y diferenciación en el mercado.

Fase 2. Comercialización. Desarrollar oportunidades de negocio generadas para lograr el interés del mercado y la sociedad, hacerlas visibles ante el público objetivo, interactuar y conectar con los socios potenciales para que las hagan realidad. Las etapas son:

- a) Maduración y validación de tecnología. Avanzar en el desarrollo y preparación de la tecnología, conocimiento e incluso propuestas de valor para acercarlas a los requisitos y necesidades del mercado, y con ello agregarles el valor necesario para facilitar su posterior transferencia.
- b) Localización de socios tecnológicos. Iniciar conversaciones con potenciales socios del mercado adecuados a través de la interacción con el mercado, la promoción comercial o las acciones similares.
- c) Validación. Validar el interés del mercado en las propuestas y oportunidades de transferencia diseñadas, antes de dedicar recursos significativos técnicos, humanos y económicos, así como obtener retroalimentación que permita reorientar la estrategia

## Comentarios Finales

### *Resumen de resultados*

#### Fase 1. Valorización.

- a) Identificación de tecnología. A través diferentes herramientas, entre ellas: entrevistas con los investigadores de la Línea de Materiales y Nanotecnología del ITQ, notificación de invenciones y el TRL, se ha logrado identificar que la tecnología del Estudio de Caso es: Un proceso de obtención de un nanomaterial, el cual se ubica en el nivel 4 en la escala de madurez TRL.
- b) Evaluación de tecnología. Con ayuda de la herramienta evaluación express de la tecnología (desarrollado por The Transfer Institute) se llevó a cabo un primer acercamiento a una evaluación comercial y técnica para llegar a determinar una ruta de valorización, (ver figura 4), y a través de la vigilancia tecnológica permitió conocer las patentes, competidores, normativa, entorno interno y externo, así como sus aplicaciones en la industria.
- c) Protección de tecnología. Se inicia el trámite de protección de la invención del proceso de obtención de un nanomaterial.

La ruta de valorización a seguir en la investigación (figura 4), es una ruta directa para lograr la maduración del proceso de obtención de nanomateriales, la cual implica realizar pruebas en campo y escalamiento de la tecnología.

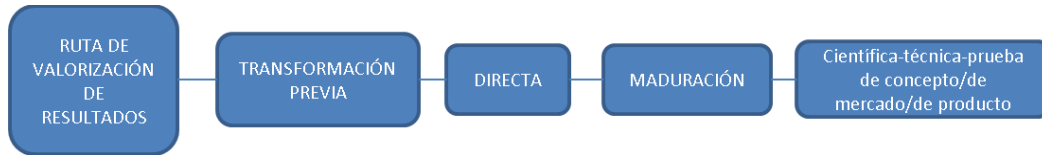


Figura 4. Ruta para la valorización de resultados de la tecnología para el estudio de caso del ITQ.

### *Conclusiones*

La aplicación de una metodología de comercialización y transferencia de tecnología contribuye a orientar los esfuerzos de investigadores y equipo de apoyo para monetizar los resultados de los procesos de investigación y desarrollo, dejando en claro que el transitar entre la generación y aplicación de una nueva tecnología, demanda esfuerzos, información y recursos, así como la integración de diversas funciones y procesos.

Desarrollar actividades científicas y tecnológicas que permitan generar mejores soluciones para las necesidades de la sociedad y detectar áreas de oportunidad para capitalizar la tecnología, demanda una vinculación de los centros de investigación con empresas y gobierno, donde se dé el trabajo colaborativo que permita impulsar la nanotecnología y establecerla en programas oficiales de investigación que ayuden a mejorar la competitividad y desarrollo económico en el país.

### *Recomendaciones*

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere continuar con el estudio de viabilidad técnica y comercial de la tecnología, así como trabajar en la segunda fase para identificar un sector en el que podría incursionar la tecnología de nanomateriales desarrollada por investigadores de la Línea de Materiales y Nanotecnología del ITQ., ya que tiene campo para su aplicación.

### **Referencias**

- Cimav (Centro de Investigación en Materiales Avanzados). (2008). Diagnóstico y perspectiva de la nanotecnología en México. México. En: <<http://nanotech.cimav.edu.mx/data/files/documentos/Diagnostico%20y%20Prospectiva%20Nanotecnologia%20Mexico.pdf>> [Accesado el Septiembre de 2017]
- Guerrero, Ana Luisa, (2015). Tiene México el Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos. [www.conacytprensa.mx](http://www.conacytprensa.mx).
- Metodología "lienzo de transferencia", The Transfer Institute: [www.thetransferinstitute.com/lienzo](http://www.thetransferinstitute.com/lienzo)
- Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología. OVTT (2017). [http://www.ovtt.org/guia\\_practica](http://www.ovtt.org/guia_practica).
- OMPI. Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual en 2015. La innovación revolucionaria y el crecimiento económico.
- Shapira, P., Gök, A., & Salehi Yazdi, F. (septiembre 2016). Graphene Research and Enterprise: Mapping Innovation and Business Growth in a Strategic Emerging Technology. *Journal of Nanoparticle Research.*, Vol. 18. 1-24.
- Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica. (Julio 2013). Propiedades y aplicaciones del grafeno. Ministerio de Defensa. España.
- Zurutuza Amaia; Marinelli Claudio. (Octubre, 2014) Challenges and opportunities in graphene commercialization. *Nature nanotechnology.* Vol. 9. 730-734.



# Portal de innovación para la evolución de sistemas tecnológicos basados en TRIZ y coautoría de soluciones

Prof. Alejandro de Jesús Hernández López<sup>1</sup>, M. en C. Guillermo Flores Téllez<sup>2</sup>  
Dr. Jaime Gárnica González<sup>3</sup>, Natalia Zúñiga Martínez<sup>4</sup>

**Resumen.-** En el presente estudio se muestra una alternativa innovadora en la resolución de conflictos, a través de medios tecnológicos, se engloban diferentes campos de intervención basada en el vínculo creativo de un conjunto de personas, con diversas maneras de concebir el mundo. Esta sucesión conlleva a un análisis y una exposición de diferentes soluciones de problemas para alcanzar una resolución de manera óptima, este proceso es denominado coautoría, el cual genera un progreso en el aprovechamiento del capital humano. En sinergia con la metodología TRIZ y las Tecnologías de la Información y Comunicaciones se logra un despliegue global, el cual brinda métodos y soluciones a situaciones adversas actuales en una medida exponencial, para la participación de la inteligencia colectiva y los resultados de la innovación abierta presentados en foros y talleres de innovación, para su defensa y exposición pública.

*Palabras clave.- TRIZ, coautoría, TIC'S, innovación abierta, sistemas tecnológicos.*

## Introducción

Uno de los aspectos recurrentes en la vida del ser humano son las dificultades con las que se enfrenta, en algunos casos, el hombre no tiene las herramientas necesarias para generar soluciones efectivas a un conflicto. También existen diversos campos y sistemas tecnológicos los cuales se ven afectados por la forma de solucionar un conflicto o un conjunto de conflictos, este proceso es denominado por Altshuller (2006), como inercia psicológica, describe como un objeto o proceso mantiene su modus operandi puesto que las personas que lo llevan a cabo se aferran a los procesos antiguos y se niega a probar otros establecidos en tiempos modernos. En el presente texto se plantea una innovadora y creativa idea apoyado de la metodología TRIZ, la cual asiste al capital humano a desarrollar sus fortalezas y subsanar sus debilidades, para romper la inercia psicológica, como a su vez estimular la creatividad de los individuos (Hernández, A. J., Martínez, F., Millán, E. A. Flores, T., Flores, G., Gárnica, J. y Córdova, E. 2016), este proceso permite alcanzar los objetivos que se plantean al resolver un conflicto. Tras el análisis de diferentes referencias documentales examinadas, se encuentran una gran cantidad de aspectos y variables a considerar o mejorar en un sistema tecnológico, tomando la metodología TRIZ se toman 40 soluciones a implementar para que exista una mejora eficiente (Flores, Gárnica y Millán 2016). Un aspecto importante apreciado en la presente investigación es la generación del conocimiento y el rápido aprendizaje, dado que en tiempos modernos se adquiere de una cátedra, en libros o internet, a partir de esta perspectiva hay un exceso de información, que posteriormente llega a generar un vacío en el conocimiento y captación de las ideas centrales, mientras que con el enfoque de la coautoría se logra un efecto deseado en el proceso de aprendizaje y creación de nuevos y originales proyectos, es por ello que este es el método más eficiente para adquirir y transmitir conocimiento (Berdonosov & Sluchaninov, 2006). El portal de innovación para la evolución de sistemas tecnológicos basados en TRIZ y coautoría de soluciones es una alternativa innovadora para solución de problemas, los medios tecnológicos asisten un vínculo creativo de innovación abierta, la coautoría de propuestas y soluciones involucran un proceso integral y multidisciplinar de inteligencia colectiva en el aprovechamiento del capital humano en sinergia con la metodología TRIZ y las TIC'S.

<sup>1</sup> Prof. Alejandro de Jesús Hernández López, miembro del programa de captación de talento, innovación y transferencia de tecnología CASDT® Scholarship to researchers Students y estudiante de la Licenciatura en la Escuela Libre de Psicología. Teléfono. [alblackherlo@hotmail.com](mailto:alblackherlo@hotmail.com) (Autor correspondiente).

<sup>2</sup> M. en C. Guillermo Flores Téllez, es asesor en innovación del Centro de Adiestramiento sistemático para el desarrollo de tecnologías de CASDT® y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial del Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca. [gft17@yahoo.com](mailto:gft17@yahoo.com)

<sup>3</sup> Dr. Jaime Gárnica González. Profesor investigador del Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial perteneciente al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. [jgarnicag@gmail.com](mailto:jgarnicag@gmail.com)

<sup>4</sup> Natalia Zúñiga Martínez, miembro del programa de captación de talento, innovación y transferencia de tecnología CASDT® Scholarship to researchers Students. [nazu\\_cowco@hotmail.com](mailto:nazu_cowco@hotmail.com)



### Descripción de la problemática

En la actualidad se presenta una carencia de cultura de innovación y una baja producción de innovación creativa dado que en las escuelas se enseñan temas que abarcan multiplicidad de conceptos, procesos y referencias, estas pueden llegar a ser redundantes, cuando la prioridad estaría en enseñar principios base para una mejor comprensión de conceptos, además el modo de enseñanza se limita a una impartición de cátedra, en donde el catedrático expone un discurso con los temas marcados en su programa, sin tomar en cuenta el desarrollo de la personalidad del educado, al mismo tiempo dejan a un lado el proceso creativo y de inventiva del estudiante, enseñándole a repetir procesos sin cuestionamiento alguno, lo cual limita así su crecimiento y espontaneidad al momento de enfrentarse a un problema (Berdonosov & Sluchaninov, 2006). Otro aspecto es que actualmente hay una actualización en la información de manera vertiginosa en diversos campos del conocimiento y esto hace que los especialistas queden rezagados ante todas esas actualizaciones lo cual genera en los profesionistas lagunas en su conocimiento. Es por esta saturación de la información que los procesos en cuanto a la enseñanza-aprendizaje quedan vacíos y en algunos casos obsoletos, por tanto, se pueden complementar con diversas herramientas como lo es la coautoría de soluciones mediante la aplicación de portales electrónicos, para aprovechar las tecnologías actuales de acceso rápido a la información y manejo de datos.

### Portal de innovación basada en TRIZ y coautoría de soluciones

Para poder romper la inercia psicológica presentada por las personas al momento de resolver un problema, en primera instancia se debe estimular la imaginación creativa, para esto partimos en dos conceptos imaginación y creatividad. El primer concepto como lo define Gawain (1995) es la capacidad de crear una idea, una imagen mental o una sensación de algo sea esta real o ficticia. Mientras que la creatividad es el proceso en el cual el ser humano puede crear o innovar en algo (Real Academia Española 2017), otro concepto sobre la creatividad es un estado permanente de descubrimiento, una manera diferente en el proceso de pensamiento, hablando de manera estética y cultural, cambia una estructura definida para la realización de algo por múltiples variables propias (Flores, Garnica y Niccolas, 2016). Por tanto, la imaginación creativa el proceso donde el ser humano puede crear, innovar o inventar una serie de conocimientos, objetos, soluciones e innovaciones tangibles o intangibles. Para la estimulación de este proceso y con base a los estudios realizados por Berdonosov, Sluchaninov (2006) se plantea un método dividido en dos fases el cual se muestra en la tabla 1.

Fases que estimulan la imaginación creativa para una coautoría de soluciones		
Acciones	Primera fase	Segunda fase
<b>¿Qué se hace?</b>	Se examina un sistema tecnológico, se toma en cuenta sus conexiones espaciales sistema, subsistema supra sistemas y conexiones con otros sistemas. En el que se toma en cuenta el presente del sistema, el pasado y el futuro al que se quiere llegar.	Se genera una lista de problemas específicos y las personas las cuales lleven un proceso más avanzado tomarán varios conflictos que son reales y complejos. Descripción de circunstancias negativas, propiedades, cualidades de un objeto o proceso que debe ser cambiado.
<b>Pasos por llevar a cabo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar un objeto.</li> <li>2. Formación de equipos de diferentes profesiones y diferentes niveles educativos.</li> <li>3. El primer equipo genera una lluvia de ideas para mejorar el objeto y cambiar el sistema del mismo.</li> <li>4. Brindar ideas fantásticas u objetivas sobre la modificación del sistema tecnológico.</li> <li>5. En caso de haber dado ideas fantasiosas generar capas de realidad.</li> <li>6. Dar nuevas ideas con el nuevo material trabajar brindado por el punto anterior.</li> <li>7. Analizar como el cambio del sistema inicial afectará a los sistemas y superestructuras.</li> <li>8. Se brinda la información obtenida al segundo grupo.</li> <li>9. Se examina las ideas expuestas en el curso de la tormenta, evalúa su originalidad, rentabilidad y conveniencia práctica.</li> <li>10. Se realiza un análisis de las propuestas y se tiene una resolución de problemas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis sistemático. Obtención de una tarea a partir de una descripción de la situación; su especificación paso a paso con la ayuda del análisis de causa y consecuencia hasta la detección de la causa original que es la zona de operaciones.</li> <li>2. Una expresión del resultado final ideal para los elementos en la zona de operaciones.</li> <li>3. Elaboración de las contradicciones que interfieren con el logro de la decisión ideal. Especificar las contradicciones y analizar la estructura.</li> <li>4. Resolución de las contradicciones por medio de las leyes y herramientas técnicas de desarrollo de sistemas de TRIZ.</li> </ol>
<b>Métodos de apoyo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método bola de nieve: se dan una serie de ideas o conceptos fantasiosos o reales uno tras otro.</li> <li>• Método del pez de oro: se estipula una situación real y se quitan placas de realidad hasta llegar a una situación fantasiosa.</li> <li>• Método de objetos focales: se utiliza para la innovación de objetos, su función es suprimir la inercia psicológica conectada al objeto de investigación y establecer sus conexiones asociativas con diversos objetos aleatorios o casuales.</li> </ul>	Metodología TRIZ: Ayuda a organizar el pensamiento del participante en la búsqueda de una solución óptima y creativa. Además, hace que el proceso sea más decidido, productivo y promueva un nivel inventivo más elevado de una idea.

Tabla 1. Fases para estimular la imaginación creativa. Elaboración propia con base a Berdonosov & Sluchaninov, 2006.

### **Primera fase de estimulación para una inteligencia creativa**

En esta primera fase se examina un sistema tecnológico, en el cual se toma en cuenta sus conexiones espaciales con sus subsistemas y supersistemas, también sus conexiones con otros sistemas tecnológicos y si existe una alteración en uno de estos niveles en la interacción. Además, se toma el presente del sistema, el pasado y el futuro al que se quiere llegar para una mejora en el objeto, posteriormente se toma para con él llegar a realizar una lluvia de ideas en donde se procura realizar un efecto bola de nieve, en esta lluvia de ideas se ofrecen una serie de opiniones para cambiar el sistema; como a su vez revelar cómo el cambio del sistema inicial afectará a los sistemas y superestructuras vecinos en los que está incluido. Es posible comenzar el trabajo con cualquier idea por más fantástica que suene. Los cambios en el sub- y los supersistemas se van a hacer gradualmente para combinar el sistema (fantástico) cambiado con las capas consecutivas de la realidad. Así, la combinación de la idea inicial con cada nueva capa de realidad da muchas situaciones fantásticas. Las cuales generan una avalancha de situaciones fantásticas y estas se acumula así, como una bola de nieve, de ahí el nombre del método. Otro método por utilizar o como un complemento para el anterior es el de pez de oro en donde se estipula una situación real y posteriormente se le van a remover placas de realidad para llegar a un evento de fantasía.

También el método de objetos focales se utiliza para la innovación de objetos, su función es suprimir la inercia psicológica conectada al objeto de investigación y establecer sus conexiones asociativas con diversos objetos aleatorios o casuales. En este método lo primero que se plantea es elegir un objeto para mejorar, indicar el propósito de su perfección, elegir palabras (objetos) al azar con la ayuda de un libro, un diccionario o cualquier otra fuente, seleccionar atributos (propiedades) de los objetos elegidos en el azar, transferir los atributos (propiedades) asignados al objeto de la investigación, escribir las ideas recibidas de la combinación de objeto de investigación con atributos de objetos secundarios, analizar las combinaciones recibidas y elegir las más adecuadas. Es conveniente para resolver los datos obtenidos apoyarse con una tabla.

Una vez que se tiene el problema formulado en el esquema general se procede a generar dos equipos el primero desarrolla la lluvia de ideas, el cual puede estar integrado de 4 a 15 elementos. Se recomienda invitar a personas de diferentes profesiones y diferentes niveles educativos para una tormenta. Además, no es deseable incluir en un mismo grupo a personas cuya presencia puede hasta cierto punto avergonzar a otros. El primer grupo está dirigido a la promoción de ideas para la solución del problema. El grupo debe incluir personas inclinadas a la abstracción, los cuales generan ideas novedosas y fantásticas y, por lo tanto, son llamadas "generadoras de ideas". El segundo grupo examina las ideas expuestas en el curso de la tormenta, evalúa su originalidad, rentabilidad y conveniencia práctica. El segundo grupo se llama "expertos de ideas" e incluye a personas con mentalidad analítica y crítica.

### **Segunda etapa de estimulación para una inteligencia creativa**

En esta etapa se genera una lista de problemas específicos y las personas las cuales lleven un proceso más avanzado tomarán varios conflictos de la lista las cuales son reales y complejas también hay una descripción de ciertas circunstancias negativas, propiedades, cualidades de un objeto o proceso que debe ser cambiado. No hay una comprensión clara de lo que hay que buscar, y la respuesta es impredecible. La descripción del problema en esta etapa se ha convertido en una tarea, se determinan los datos iniciales y los resultados de la solución. Los datos iniciales, a menudo contradictorios y poco fiables, deben ser interpretados y estimados críticamente. Si es necesario, se deben completar los datos. Desde ese momento las personas se integran en la creación, comienzan a pensar y a buscar la decisión muy activamente. Su estudio de temas especiales se hace más profundo y más decidido. Esta etapa de formación requiere la solución de la teoría de las tareas inventivas TRIZ que ayuda a organizar el pensamiento en la búsqueda de una solución óptima y creativa. Además, hace que el proceso sea más decidido, productivo y promueva un nivel inventivo más elevado de una idea. También para tener un mejor proceso se utilizan los siguientes pasos recomendados por Altshuller (2006):

1. Análisis sistemático. Obtención de una tarea a partir de una descripción de la situación; su especificación paso a paso con la ayuda del análisis de causa y consecuencia hasta la detección de la causa original que es la zona de operaciones.
2. Una expresión del resultado final ideal para los elementos en la zona de operaciones.
3. Elaboración de las contradicciones que interfieren con el logro de la decisión ideal. Especificar las contradicciones y analizar la estructura.
4. Resolución de las contradicciones por medio de las leyes y herramientas técnicas de desarrollo de sistemas de TRIZ.

Otras de las herramientas que pueden utilizar los participantes son las ofrecidas en la metodología TRIZ como se muestra en la tabla 2.

Nombre de la herramienta TRIZ	¿Qué es?
40 principios de inventiva	Sugerencias genéricas para eliminar contradicciones técnicas en un sistema tecnológico.
Tendencia de evolución de los sistemas tecnológicos	Un sistema tecnológico está en constante cambio, este no se mantiene estático.
Matriz de contradicciones de Altshuller	Consta de 39 características las cuales estipulan que mientras una cualidad mejora otra empeora, lo que busca es eliminar las contradicciones técnicas y físicas, mediante 40 principios de mejora.
Análisis del campo-sustancia	Ve la interacción entre sustancia y campo donde se presenta un problema de inventiva.
Patrones de la evolución	Los sistemas técnicos evolucionan siguiendo patrones predecibles. TRIZ en la evolución de sistemas busca soluciones posibles a problemas tecnológicos basada en predicciones de cómo evolucionan los sistemas tecnológicos.
ARIZ (algoritmo para resolver un problema de invención)	Transformación lógica de la situación inicial del problema en soluciones conceptuales para ese problema.

Tabla 2. Herramientas de metodología TRIZ para la resolución de problemas. (Hernández, Martínez, Millán, Flores, T, Flores, G., Garnica, y Córdova, 2016)

### El empleo de las TIC'S para asistir al sistema de coautoría y TRIZ

Las TIC'S son innovaciones en microelectrónica, computación (hardware y software), telecomunicaciones y optoelectrónica que permiten el procesamiento y acumulación de enormes cantidades de información, además de una rápida distribución de la información a través de redes de comunicación. La vinculación de estos dispositivos electrónicos permite que se comuniquen entre sí, lo cual crea sistemas de información en red basados en un protocolo en común (Romaní, 2009). Estas permiten al ser humano comunicarse entre sí en donde quiera que se encuentre y es por este motivo que se realizó una página web en donde se puede acceder desde cualquier dispositivo (pc, dispositivos móviles, laptop) aquí se encuentra un acumulado de información para fomentar la cultura de innovación, además para enriquecer los conceptos sobre temas determinados y de interés. Este mismo portal brinda un perfil de investigador con base a una serie de preguntas realizada por la misma página. Estos perfiles son: generador, conceptualizador, optimizador e implementador. Se describen a continuación en la tabla 3.

Perfil	Descripción
Generador	Encuentra problemas y hechos, su pensamiento generativo implica acumular información a través de experimentar directamente, formular preguntas, notar nuevos problemas y oportunidades y ver situaciones desde diferentes perspectivas
Conceptualizador	Define problemas y encuentra ideas, pone nuevas opiniones juntas, descubre nuevas visiones que ayudan a definir los problemas y en crear modelos teóricos para explicar las cosas;
Optimizador	evalúa ideas y planificar la acción, convierte las ideas y alternativas abstractas en soluciones y planes prácticos, testea las ideas más que probarlas
Implementador	gana aceptación e implanta ideas, enfatiza el aprendizaje a través de la experimentación directa más que a partir del pensamiento abstracto.

Tabla 3. Definición de los perfiles de innovación creativa. Elaboración propia con base a Jiménez, J.E., 2007.

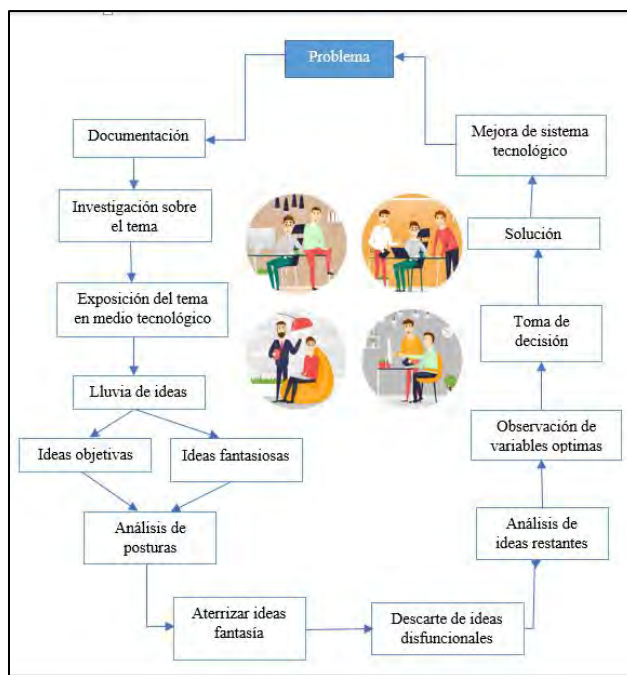
Acorde con Jiménez, J.E. (2007), da como resultado el hacer de las cosas, estos rasgos son perfiles de innovación creativa, los cuales ayudan al participante a orientarse y dependiendo del mismo se le brinda un equipo como en la fase 1 de estimulación para la inteligencia creativa o para que la página web brinde la información necesaria que la persona necesite y posteriormente pueda desarrollar de manera óptima su idea o llegue a tener una mejora en la resolución de un problema. Este sistema empleado por las tecnologías de la información y la comunicación asiste al sistema de coautoría y TRIZ puesto que por medio de esta página web se toma una inteligencia colectiva de los que interactúan con esta, dado que se retroalimenta de los participantes y los operadores otorga un enfoque de innovación abierta que focaliza un paradigma de gestión de la innovación, que consiste en el uso de las capacidades innovadoras existentes en el entorno de las instituciones y no sólo en su interior. Con la innovación abierta se aprovechan mejor los propios recursos. En lugar de dedicar a desarrollar internamente todas las tecnologías necesarias para una innovación, se utilizan los recursos externos optimizando los procesos (Cynertia Consulting, 2009). Otra forma de producir este recurso mediante las TIC'S en la página web, es a través de la exposición del tema de interés por los miembros de la comunidad en donde otros participantes pueden dar su opinión y punto de vista sobre el tema expuesto o proyecto de innovación creativa, en el cual se brinda un panorama diferente de abordaje, puntos de

referencia de investigación o aprovechamiento de recursos. En la figura 1, se muestra la evolución de este sistema tecnológico en la adquisición de conocimiento por medio de una página web, coautoría y TRIZ:



**Figura 1. Principio de evolución de los sistemas tecnológicos. Página web de asistencia al sistema de coautoría y TRIZ. Elaboración propia con base a (Flores, Garnica, Millán y Sánchez, 2015) y (Cortes, Flores, Medina, Garnica y Millán, 2016).**

El proceso anterior se muestra la figura 2, donde explica el proceso para llevar a cabo una resolución óptima en un problema o al innovar un sistema tecnológico por medio de las TIC'S y la coautoría en resolución de problemas mediante TRIZ:



**Figura 2. Resolución de un problema en donde se utiliza página web, coautoría y TRIZ. (Elaboración propia 2017).**

### Comentarios finales

En el estudio presentado se planteó un portal de innovación para evolucionar los sistemas tecnológicos, basado en un modelo de la coautoría de soluciones en conjunto con la metodología TRIZ y con ello generar una mejora en la resolución de conflictos, optimizar tiempo, capital humano, estimular la creatividad y colaboración de diversos elementos del sistema involucrado; esta innovadora idea de resolución de problemas es sustentado en el proceso generado por la coautoría, la innovación abierta, resultados obtenidos en investigaciones realizada y la práctica de

métodos creativos de implementación, mediante la metodología TRIZ. Esta alternativa, muestra una forma de resolución de problemas en un efecto bola de nieve en donde una lluvia de ideas al azar, centradas y originales puede fomentar una solución objetiva y sustentada. Al momento de realizar esta propuesta se encontró exigua información y poca documentación y antecedentes sobre esta línea de investigación, además de pocos casos de aplicación documentados e información concreta sobre el tema investigado. Los investigadores interesados en continuar la investigación pueden concentrarse en la mejora de este proceso mediante medios tecnológicos más específicos o incluir una amplia gama de oficios y profesiones para temas diversos.

## Referencias

- Altshuller, G. (2006). And suddenly the inventor Appeared, TRIZ, the Theory of inventive problem solving. (2nd ed.), Worcester. MA: published by Technical Innovation Center, Inc
- Berdonosov, V., Sluchaninov, N. (Septiembre, 2006) TRIZ as the way to overcome the information crisis in training. 1er. Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Puebla, Puebla, México.
- Bounds, A. (2016). El efecto bola de nieve. México : Océano.
- Castillo, J. A. (2010). Ergonomía. Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas . Colombia : Universidad del Rosario
- Coronado, M. , Oropeza, R. y Rico, E. (2005). Triz, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. México. D.F: Panorama.Oliveira
- Cortes, J.C., Flores, G., Medina, J., Garnica, J. y Millán, E. A. (Septiembre, 2016). Sistema de integración, monitoreo y control para admisiones en instituciones de enseñanza: un caso de aplicación de TRIZ en el diseño de software. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad. Tuxpan, Veracruz, México. ISSN: 2169-6152. Vol. 6.
- Cynertia Consulting . (2009). Innovación abierta: Aprovechando los recursos externos mediante la colaboración. Valencia: Ágora.
- E., Almeida L., Ferrándiz C., Ferrando M., Sainz M., Prieto M. (2009). Tests de pensamiento creativo de Torrance (TTCT): elementos para la validez de constructo en. *Psicothema*, 562-567.
- Flores, G., Garnica, J. y Millán, E. A. (Mayo, 2015). Modelo de innovación asistido por TRIZ, como una alternativa de desarrollo y fortalecimiento de empresas emergentes en México. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad. Tuxpan, Veracruz, México. ISBN: 2169-6152.Vol.3
- Flores, G., Garnica, J. y Millán, E. A. (noviembre, 2014). TRIZ como elemento de integración de planes de negocios, en la creación de nuevos productos y servicios. Caso: productores de la sierra norte del estado de Puebla. IX Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica y Desarrollo de Productos.1-15. México, DF.
- Flores, G., Garnica, J. y Millán, E. A. (Noviembre, 2015). TRIZ como una alternativa de estabilización y progreso de empresas emergentes en México: un modelo de innovación orientado al desarrollo de productos. X Congreso de Innovación y Desarrollo de Productos. 1-15. Monterrey, NL. México.
- Flores, G., Garnica, J. y Niccolas, H. (Noviembre, 2016). Estudio cronológico de TRIZ en Instituciones de Educación Superior: innovación como elemento clave para elevar la competitividad. X Congreso Internacional de Investigación en Competitividad, RIICO 2016. Puerto Vallarta, Jalisco, México
- Flores, G., Garnica, J., Córdova, E. y Millán, E. A. (Septiembre, 2016). Empleo de la metodología TRIZ en el aprovechamiento de jardines de justicia spicigera schlechtendal, como alternativa de fortalecimiento de modos de vida sostenibles. 1er Congreso Argentino de TRIZ. Creatividad e Innovación aplicadas al desarrollo de nuevos Productos y Procesos. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco. Buenos Aires, Argentina.
- Flores, G., Garnica, J., Millán, E. A. y Sánchez, S. (Noviembre, 2015). Enseñanza asistida por computadora en el sistema de instrucción de las disciplinas de Artes Marciales, un caso de aplicación de TRIZ como propuesta de innovación tecnológica en deportes de contacto. X Congreso de Innovación y Desarrollo de Productos. Monterrey, NL. México.
- Gawain, S. (1995). Visualización creativa. Nascav España: Eleven.
- Hernández, A., Martínez, F., Millán, E., Flores, T, Flores, G., Garnica, J. y Córdova, E. (Septiembre, 2016). Cultivos biointensivos y huertos familiares como terapia de apoyo para minimizar el estrés: empleo de la creatividad como recurso en la preservación de la salud. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad. Tuxpan, Veracruz, México. ISSN: 2169-6152. Vol. 6.
- Jiménez, J.E. (2007). Adaptación y baremación del test de pensamiento creativo de Torrance: expresión figurada. Educación Primaria y Secundaria. Canarias : Producciones Gráficas S.L.
- Oropeza, R. (2010). TRIZ, La metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática. Monterrey, NL.
- Oropeza, R. (Octubre, 2011). Niños y Jóvenes Creativos en un Tris, con TRIZ. VI Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Querétaro, México.
- Real Academia Española. (Septiembre de 2017). RAE. Obtenido de <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=creatividad>
- Romani, J. C. (2009). El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC. *zer*, 295-318 .



# IDENTIFICACION DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA: CASO INSTITUTO MEXICANO DE PROFESIONALES EN EMPAQUE Y EMBALAJE (IMPEE)

Ing. Christopher Yair Hernandez Luna<sup>1</sup>, Lic. Carmen Beatriz Hernández Carvajal<sup>2</sup>,  
Lic. David Roberto Esquivel Becerril<sup>3</sup> y M. en I. Juan Jose Hurtado Moreno<sup>4</sup>.

**Resumen.** El empleo de buenas prácticas de manufactura dentro de las organizaciones, impacta en forma directa los resultados de las mismas, tendiendo a ser positivos o negativos, según sea la ejecución. La identificación de estas mejores prácticas nos debe apoyar en la obtención de una ventaja competitiva dentro del mercado. Bajo el concepto de tener vicios y malos hábitos en la repetición de las actividades dentro de las organizaciones, se propone la observación de los métodos utilizados y un análisis crítico para la evaluación de las practicas realizadas, obteniendo como resultado dos posibles escenarios, las actividades se realizan de manera correcta, contemplando veracidad en los resultados, ajuste a normas nacionales o internacionales, adecuado uso de equipos y/o herramientas, etc. O en caso contrario análisis de tiempos improductivos, prácticas mal realizadas y situaciones que mermen calidad al resultado de la operación.

**Palabras clave**—Buenas prácticas, productividad, procesos, identificación, productividad.

## Introducción

El Instituto Mexicano de profesionales en empaque y embalaje (IMPEE), es un organismo líder a nivel nacional en educación, publicación y desarrollo tecnológico, teniendo como principales productos y servicios: Programas de educación continua, publicación de libros técnicos y artículos de divulgación, asesorías en temas relacionados con empaque y embalaje, pruebas de laboratorio y venta de equipo de laboratorio.( <http://www.impee.mx/nosotros>, consultado en Septiembre 2017).

Las pruebas en laboratorio están determinadas por un manual elaborado en la empresa, el cual contiene los materiales, procesos e información necesaria para realizar las pruebas solicitadas por los clientes. El objetivo de nuestro estudio se basara en identificar si la práctica y ejecución de estas pruebas se realizan bajo los lineamientos indicados, o en dado caso, existen áreas de oportunidad para dichas prácticas, con el fin de afinar los resultados, que son base para el diseño de productos que se ocupan habitualmente por todos nosotros.

## Descripción del Método

### *Mejores prácticas de manufactura*

Sobre mejores prácticas de manufactura Timenes, Boer y Frick (2005) mencionan que las mejores compañías, desarrollan las mejores prácticas, en el mercado tan competitivo actualmente las empresas requieren tener gran coherencia entre los objetivos y sus implementaciones. Muchos esfuerzos se centran en buscar las mejores prácticas para su crecimiento.

La definición de mejores prácticas se remonta a los principios del siglo XX, con Taylor, en un ejemplo citando a los albañiles en la construcción, los cuales deben de ir al mismo ritmo levantando los muros a la vez, sin ir uno más rápido que otro, ya que su trabajo está relacionado entre sí, y con ello Taylor demuestra la importancia de trabajar en un proyecto de forma cohesiva nos menciona (Bosfield, 2014)

Como todos los textos utilizados de referencia nos mencionan, las mejores prácticas no son catalogadas dentro de un grupo específico, se pueden aplicar de forma metodológica para actividades administrativas como operativas, siendo el más común en la segunda, por la cantidad de técnicas desarrolladas por las áreas de ingeniería, aquí podríamos mencionar temas como: Seis sigma, Cinco S's, Benchmarking, Lean Manufacturing, Kaizen, entre otras,

<sup>1</sup> Ing. Christopher Yair Hernandez Luna. Estudiante de maestría en Administracion IPN-UPIICSA, CDMX, yairhernandez@live.com.mx

<sup>2</sup> Lic. Carmen Beatriz Hernández Carvajal. Estudiante de maestría en Administracion IPN-UPIICSA, CDMX, carmenhdzcarvajal@gmail.com

<sup>3</sup> Lic. David Roberto Esquivel Becerril. Estudiante de maestría en Administracion IPN-UPIICSA, CDMX, dav1dkw@hotmail.com

<sup>4</sup> M. en I. Juan Jose Hurtado Moreno. Profesor investigador SEPI-UPIICSA, CDMX, hurtadoupicisa@yahoo.com



y también modificaciones más empíricas, las denominadas acciones de mejora continua, que se adaptan a las situaciones que se van presentando día con día.

Las mejores prácticas tienen como objetivo eficiente los procedimientos para impactar en los costos, disminuyéndolos, o en otros casos aumentar la cantidad producida, calidad del producto o servicio, etc.

El tema de mejores prácticas, puede desarrollarse en diversos campos, ya sean productos alimenticios, sector farmacéutico, industria metal-mecánica, procesos administrativos entre otros. El objetivo es reconocer la mejor forma para desempeñar las actividades que se realicen.

Ponce de León y Rodríguez (1992) en su artículo nos brindan 10 puntos para conocer la garantía de un sistema de BPM por sus siglas en inglés Best Practices Manufacturing, que a continuación mencionare brevemente.

1. Todos los procesos son claros, definidos y revisados.
2. Se validan los procesos de manufactura y cambios significativos.
3. Se debe de disponer de todas las facilidades o comodidades requeridas.
  - a. Personal calificado
  - b. Instalaciones y espacio convenientes
  - c. Equipo adecuado
  - d. Materiales, envases, etc.
  - e. Procedimientos e instrucciones aprobados
  - f. Almacenamiento y transporte adecuados.
4. Las instrucciones de los procedimientos deben de ser claras y no estar en lenguaje ambiguo.
5. Los operarios son entrenados para realizar los procedimientos correctamente.
6. Se realizan registros durante la manufactura, ya sea manualmente o con instrumentos, lo que demuestra que todas las etapas requeridas por los procedimientos definidos son tenidos en cuenta y que la cantidad y calidad del producto correspondan a lo esperado. Cualquier desviación es registrada e investigada.
7. Los registros de manufactura y distribución que facilitan la historia completa del lote que debe ser investigado, son conservados en una forma comprensible y accesible.
8. La distribución no debe acarrear ningún riesgo para localidad
9. Se dispondrá de un sistema para retirar del mercado, cualquier lote de producto, de venta o suministro, cuando sea necesario.
10. Se examinaran las quejas de los productos vendidas, se investigaran las causas de los defectos de calidad y se tomaran las medidas adecuadas, con respecto a los productos defectuosos, para prevenir que vuelva a ocurrir.

Con estos puntos mencionados se podría estar garantizando la calidad de los productos que es uno de los objetivos principales que persiguen las buenas prácticas de manufactura. Como se menciona antes están son aplicables para cualquier tipo de proceso.

#### *Empaque y embalaje.*

Dentro de los procesos productivos que se realizan en las organizaciones, encontramos el que se ocupa de empaque y embalar los productos fabricados, este resulta ser de vital importancia por todo lo que conlleva, debe de ofrecer protección durante el transporte y almacenaje de los productos e incluso hoy en día se facilita que estos mismos medios de empaque sirvan como presentación para la venta. Diversos productos son empleados para tales fines como el cartón, diversos plásticos, latas, vidrio entre otros.

Demuner y Verdatel (2014) mencionan la importancia de este proceso clasificando al proceso dentro de ciertas funciones, Contingente, representación, información, servicio, seguridad alimentaria, conservación y protección. Estas características son analizadas dependiendo del producto que se desee empaque o embalar, ya que cada caso deberá ser dotado con funciones de mayor importancia, según el tipo y fin que se requiera.

Dentro de su libro, Ospina Arias (2015) resalta la evolución que han sufrido los empaques, de ser una palabra asociada con la protección del producto a nuestros días donde se vuelve en un decisor para realizar una compra por parte de los clientes. De ahí la importancia de un correcto análisis en la elección de cada empaque.

#### *Pruebas en materiales.*

Las pruebas realizadas dentro del IMPEE, tienen como finalidad conocer los alcances de los materiales empleados en el empaque de los productos, con esta información se pueden determinar datos vitales para almacenamiento y transporte como lo son el número de cajas que se deben estibar, las condiciones ambientales de los almacenes, los requerimientos específicos para transportes, las cargas máximas entre otros datos útiles para las organizaciones productivas.

### *Mantenimiento.*

El tema de mantenimiento debe ser clave dentro de todas las organizaciones expone Tavares (1999) sobre el tema como un punto crucial dentro de la producción, los costos de mantener son menores a los costos generados por paros de máquinas o fallas en equipos, los cuales pueden incurrir en temas de salud de trabajo para quienes lo manejan o multas por incumplimientos de contrato. De ahí recalcar el tema indispensable para una empresa como el IMPEE, donde los resultados que se obtienen en su laboratorio de pruebas, son base para proyectos de sus clientes.

Por su parte Grajales y Pinzón (2006) engloban al mantenimiento en tres aspectos fundamentales, confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, como los ejes de su definición de mantenimiento y argumentando que la producción es igual a producción más mantenimiento, bajo el enfoque de poder garantizar la correcta operación dentro de las empresas y con ello obtener ganancias en la elaboración de productos o servicios.

### *Productividad.*

Debemos mencionar el tema de productividad en el sentido de lograr hacer las operaciones de manera correcta bajos métodos pre establecidos, sobre la temática menciona Deming (1989) una lista de 14 puntos donde engloba las temas que las organizaciones deben cuidar para ser más productivos. Tales como crear constancia en el propósito de mejorar el producto o servicio, Adoptar nuevas filosofías, dejar de depender de las inspecciones para la calidad, mejorar constantemente el sistema de producción, implantar liderazgo, derribar barreras entre departamentos, eliminación de metas en mano de obra, implantar programa de educación y auto mejora, poner a trabajar a todos los elementos de una organización entre otros.

La productividad hoy en día determina la existencia o cierre de las empresas, las herramientas con las que contamos hoy en día son distintas a las existentes hace 15 años, por lo que la mentalidad y forma de operar también deben evolucionar para poder permanecer en el mercado. El flujo de información hoy se da en tiempo real, las herramientas tecnológicas han venido a renovar los campos laborales, y prescindir de estas nuevas herramientas sería fatídico para las nuevas organizaciones.

### *Método.*

La temática para la elaboración del presente documento se realizó de la siguiente manera. Fuimos canalizados con la dirección de operaciones para hacer un listado de las pruebas que se realizan con mayor frecuencia dentro de la empresa, para poder reproducirlas y realizar el análisis de su ejecución. Seleccionando 16 pruebas dentro de las más de 150 que se pueden realizar en la empresa, pruebas como: Coeficiente de fricción, Elongación de películas, Fuerza por sello, Absorción de humedad, Resistencia en doblez, Carga máxima en flauta de cartón, Fuerza de torque, Determinación de humedad, Retención de carga, Envases flexibles en cambio de presión, Esfuerzos residuales por polariscopio, Obtención de calibres en recubrimientos internos para latas, entre otras.

Una vez realizadas las pruebas en el laboratorio (Figura 1), se obtuvo una serie de observaciones durante su ejecución, cada una de las pruebas se realiza en base al manual desarrollado por la empresa, este manual indica el nombre de la prueba, los recursos necesarios para su ejecución y el método a utilizar. En la tabla 1 mostramos las observaciones realizadas durante estas pruebas



Figura 1. Laboratorio de pruebas IMPEE

Punto crítico	Descripción
Corte de muestras	Dentro de las pruebas realizadas a probetas de cartón, se debe tener conocimiento sobre la orientación de las flautas, punto no especificado en el manual.
Cantidad de muestras	El número de muestras a realizar pruebas no está especificado dentro del manual.
Obtención de resultados	En algunas pruebas, el resultado no se obtiene de forma definitiva por una máquina, es determinado por la persona que realiza la prueba al observar una regleta o alguna pantalla digital en incremento.
Ajuste de muestras	El ajuste de las muestras en las máquinas para realizar las pruebas debe de ser inspeccionado para no alterar el resultado de las mismas, un ajuste excesivo podría afectar las condiciones físicas del material, alterando la veracidad de los resultados.
Elementos móviles	Los elementos que sujetan las probetas durante las pruebas que requieren movimiento, en ocasiones alteran los resultados de carga, al oponer una resistencia por el uso que ha tenido.
Interpretación de resultados.	La obtención de un número que exprese el resultado de la prueba debe ser interpretada por quien la ejecuta, requiriendo conocimiento empírico por parte de esta persona.

Tabla 1. Puntos críticos encontrados en la ejecución de pruebas.

### Comentarios Finales

#### *Resumen de resultados*

El manual elaborado por el IMPEE, para la ejecución de pruebas de laboratorio, es un elemento con información importante para el trabajo realizado, después de hacer revisiones dentro de las Normas Oficiales Mexicanas, tanto la maquinaria empleada como el método, fueron siempre apegados a los requerimientos.

Es importante mencionar que la estadística juega un papel importante en las labores realizadas por el instituto para determinar el número de pruebas a realizar, sin embargo, los clientes también llegan a realizar requerimientos específicos para sus productos, como analizar lotes completos de producción para asegurar un 100% la confiabilidad de los resultados.

Dentro del análisis realizado destacamos dos importantes áreas de oportunidad dentro de las pruebas que se realizan. La primera está enfocada en unos de los aspectos importantes para la productividad, la información, muchos de los resultados o conceptos necesario para la elaboración de las pruebas están a cargo de quien las ejecuta, sin embargo, al plasmar esta información como un apartado nuevo dentro de su manual, podríamos asegurar, que todas y cada una de las pruebas se realicen de la misma forma, y se interpreten de manera correcta, esto en el supuesto de poder capacitar a una persona nueva o por alguna contingencia que se pueda presentar a los que actualmente laboran.

La segunda área de oportunidad detectada está relacionada con el aspecto del mantenimiento, sería necesario realizar un programa de mantenimiento a las maquinas del laboratorio para determinar las condiciones en que se encuentran, dispositivos mecánicos y electrónicos, aunque en algunos casos la viabilidad referida a costos se inclina por cambios de equipo en lugar de mantenerlos, muchos dispositivos fabricados especialmente para las pruebas presentan deterioro que puede afectar los resultados esperados, tornillos, cajas, laminas, tensores, se propone establecer un tiempo de vida y remplazar para mantener los resultados sin variabilidad

#### *Conclusiones*

A pesar de estas áreas encontradas, es importante resaltar que los resultados que se obtenían durante las pruebas eran homogéneos y con altos índices de confiabilidad, la experiencia que tiene el IMPEE, en el ramo de empaque y embalaje, es sobresaliente. Nuestro objetivo es aportar para que esta confianza se mantenga como hasta ahora.

La productividad dentro del IMPEE debe ser un tema de atención pronta, sus políticas e innovación en la elaboración de maquinaria, la ha colocado como una de las mejores empresas a nivel nacional, por lo que su cartera de clientes va en incremento, con la mejora continua que aquí concluimos, estamos también promoviendo que este indicador siga en incremento y se puedan atender con el mismo nivel de calidad a una mayor cantidad de clientes.

#### *Recomendaciones*

Consideramos que podría ser interesante como tema de investigación la implementación de estas áreas de oportunidad y un nuevo análisis, para tratar de encontrar si existe mejora y en que magnitud.

## Referencias

- Bosfield, R. (2014). Feasibility of an Open Source Repository for Increasing the Usage of Best Practices in the Architecture-Engineering-Construction Industry. Arizona.
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos.
- Demuner Carreón, M. D., & Verdalet Guzmán, I. (2004). Envases, empaques y embalajes alimentarios.
- Grajales, D. H. M., Sánchez, Y. O., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 1(30).
- Instituto Mexicano de Profesionales en empaque y Embalaje <http://www.impee.mx/nosotros> consultada en Septiembre 2017
- Ospina Arias, J. C. (2015). Fundamentos de Envases y Embalajes.
- Ponce de Leon, L., & Rodriguez Hernandez, A. (1992). Buenas practicas de manufactura vigentes y su relacion con la garantia de la calidad. *Revista colombiana de ciencias Quimico-Farmacéuticas*, 63-67.
- Tavares, L. A. (1999). Administración moderna de mantenimiento. Novo Polo Publicacoes.
- Timenes Laugen, B., Acur And Harry Boer, N., & Frick, J. (2005). Best manufacturing practices. What do the best-performing companies do? *International Journal of Operations & Production Management*, 25(2), 131-150.

## Notas Biográficas

El **Ing. Christopher Yair Hernandez Luna** es Egresado y titulado de la Licenciatura de Ingeniería Industrial cursada en UPIICSA (Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas) periodo 2005-2009. Gerente de producción (Vitrocanceles) 2009-2015 Empresa dedicada al ramo de la construcción, se coordinaba la elaboración de productos en planta. Maestría en Administración (UPIICSA) 2016 - Actual. Estudiante de posgrado en la SEPI-UPIICSA

El **M. en I. Juan Jose Hurtado Moreno** Ingresó a UPIICSA en 1987. Egresado de la Facultad de Química de la UNAM 1970-1974, como Ingeniero Químico metalúrgico, Maestro en Ingeniería Metal Mecánica por FES CUAUTITLAN UNAM, Diplomado en Educación por CISE UNAM, Diplomado en Metalurgia IPN Fundador del Laboratorio de Automatización y Robótica de la UPIICSA, que es el primer programa a nivel mundial que diseñó y puso en marcha la enseñanza de la robótica a nivel licenciatura, Acreditó al laboratorio de Control de calidad de UPIICSA ante el SINALP, hoy EMA (Entidad Mexicana de Acreditación), Fundador de la revista REPORTE FINAL de UPIICSA, hoy extinta. Ha sido jefe de la carrera de Ingeniería industrial de 1990 a 1997, ha ocupado diversos cargos académicos administrativos, el último, Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social. Ha dirigido 30 tesis de grado en UPIICSA (graduados todos), 2 en el Instituto Tecnológico de Tantoyuca, Veracruz, y 5 en la Universidad Popular Autónoma de Puebla. Evaluador por CACEI para licenciatura con más de 50 programas evaluados, y ha sido Director de 18 Proyectos de Investigación avalados por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN. Actualmente es también miembro del HCTC de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Profesor Investigador de SEPI UPIICSA

# TRANSITORIOS CUÁNTICOS DE ONDAS PLANAS REFLEJADAS EN UN POTENCIAL DELTA DE DIRAC

Dr. Alberto Hernández Maldonado<sup>1</sup>, Dr. Roberto Romo Martínez<sup>2</sup> y Dr. Jorge A. Villavicencio Aguilar<sup>2</sup>.

**Resumen**— Con base en un modelo de obturador cuántico, se obtiene una expresión analítica para la función de onda electrónica reflejada por un potencial delta de Dirac. Dicha solución dinámica permite estudiar la evolución de la densidad de probabilidad electrónica en la región de reflexión para distintos valores del tiempo. Se encuentra que en las etapas tempranas de tunelaje, la densidad de probabilidad reflejada exhibe un fuerte fenómeno de interferencia cuántica en la vecindad del potencial dispersor. Se muestra cómo en el régimen asintótico de tiempos grandes, la interferencia cuántica de la solución dinámica da origen a la función de onda estacionaria reflejada.

**Palabras clave**—transitorios cuánticos, potencial delta, obturador de Moshinsky.

## Introducción

Un modelo útil para estudiar los fenómenos transitorios en la mecánica cuántica, ha sido el llamado *obturador de Moshinsky* (1952). Este modelo se basa en la solución de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo en una dimensión, con la condición inicial de una onda plana confinada a la región  $x < 0$ , mediante un obturador cuántico situado en la posición  $x = 0$ . Si al tiempo  $t = 0$  se remueve instantáneamente el obturador, el comportamiento de la densidad de probabilidad para  $t > 0$  es análogo al obtenido en la difracción de Fresnel de la luz por un semiplano (Born y Wolf, 1959), motivo por el cual Moshinsky llamó a dicho fenómeno *difracción en el tiempo*. Dicho modelo ha resultado ser una herramienta útil para estudiar fenómenos físicos reales en otros contextos, entre los que podemos mencionar por ejemplo la *difracción de neutrones* (Gerasimov y Kazarnovskii, 1967; Gähler, *et al.*, 1981; Felber, *et al.* 1996), entre muchos otros fenómenos que involucran efectos transitorios (del Campo A, *et al.*, 2009). La verificación experimental de la difracción en el tiempo (Szriftgiser, *et al.*, 1996) han motivado estudios de fenómenos de *interferencia cuántica*, (Hils *et al.*, 1998), así como la extensión de la condición inicial del obturador de Moshinsky (Hernández A, 2010). Un avance crucial para la exploración de los fenómenos transitorios en estructuras cuánticas unidimensionales, ha sido la extensión del modelo de obturador a situaciones que involucran potenciales. Dicha extensión fue realizada por García-Calderón y Rubio (1997) y es válida para potenciales arbitrarios de alcance finito. Este formalismo ha permitido estudiar mediante un enfoque puramente dinámico, el tunelaje y sus escalas de tiempo relevantes en diversos sistemas que involucran regiones clásicamente prohibidas (García-Calderón y Rubio, 1997; Romo y Villavicencio, 1999; Villavicencio y Romo, 2000; Romo y Villavicencio, 2001; García-Calderón y Villavicencio, 2001; Romo, *et al.*, 2002).

En el presente trabajo, con base en el modelo de obturador cuántico, se obtiene una fórmula analítica para la función de onda electrónica dependiente del tiempo, en la región de reflexión de un potencial delta de Dirac. Dicha solución exacta es utilizada para explorar los aspectos dinámicos de la función de onda reflejada, desde el régimen transitorio hasta el régimen estacionario. Una de las ventajas que ofrece el potencial delta de Dirac, es que permite el manejo analítico de las soluciones dinámicas de la ecuación de Schrödinger, y con ello, la derivación de expresiones analíticas para el análisis de los fenómenos transitorios. Además, la física de este sistema es, en buena medida, extensiva a sistemas con perfiles de potencial más complicados.

<sup>1</sup> El Dr. Alberto Hernández Maldonado es Profesor de la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, México. [hernandez.alberto@uabc.edu.mx](mailto:hernandez.alberto@uabc.edu.mx) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> El Dr. Roberto Romo Martínez es profesor en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, México. [romo@uabc.edu.mx](mailto:romo@uabc.edu.mx).

<sup>2</sup> El Dr. Jorge A. Villavicencio Aguilar es profesor en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, México. [villavics@uabc.edu.mx](mailto:villavics@uabc.edu.mx).

### Formalismo

En esta sección se presenta la solución analítica de la ecuación de Schrödinger para una onda plana que incide en un potencial delta de Dirac, usando el modelo de obturador de Moshinsky. Nuestro objetivo es obtener la función de onda reflejada por el potencial, en términos de las funciones de Moshinsky.

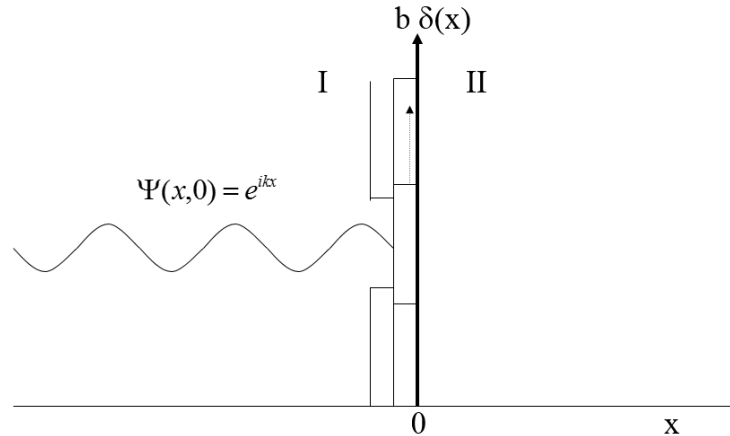


Fig. 1. Onda plana incidente en un obturador de Moshinsky y un potencial delta de Dirac de intensidad  $b$ .

La ecuación de Schrödinger para un potencial delta de Dirac es:

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial x^2} + b\delta(x)\Psi(x,t) = i\hbar \frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t}, \quad (1)$$

en donde  $b\delta(x)$  representa el potencial delta de Dirac de intensidad  $b$ . Para resolver esta ecuación aplicamos las condiciones iniciales del obturador de Moshinsky dadas por,

$$\Psi(x,0) = \begin{cases} e^{ikx}, & x \leq 0; \\ 0, & x > 0. \end{cases} \quad (2)$$

La ecuación (1) puede ser resuelta por diferentes métodos, ya sea por medio de la transformada de Laplace (Hernández y García-Calderón, 2003), o mediante el método de propagadores (Elberfeld y Kleber, 1988). En cualquier caso, la solución de la ecuación (1) para la región  $x < 0$ , sujeta a las condiciones iniciales dadas por la ecuación (2), resulta,

$$\Psi^{(-)}(x,t) = r(k)[M(-x, -i\beta, t) - M(-x, k, t)] + M(x, k, t); \quad x < 0. \quad (3)$$

Las funciones  $M$ 's que aparecen la ecuación (3), son las llamadas funciones de Moshinsky (1952), y están definidas como,

$$M(x, q, t) = \frac{1}{2} e^{i(qx - \hbar q^2 t / 2m)} \operatorname{erfc} \left[ \frac{x - \hbar q t / m}{\sqrt{2i\hbar t / m}} \right], \quad (4)$$

donde  $q = k$ ;  $q = -i\beta$ . La función  $\operatorname{erfc}$  es la función de error complementaria. El parámetro  $\beta$  está dado por,  $\beta = mb/\hbar^2$ ,  $m$  corresponde a la masa de las partículas incidentes y  $\hbar$  es la constante de Planck. En la ecuación (1) el factor  $r(k)$  está dado por,



$$r(k) = \frac{i\beta}{k+i\beta} \tag{5}$$

La ecuación (3) corresponde a la función de onda de las partículas que se reflejan en el potencial delta de Dirac y como podemos ver, es una función que depende del tiempo  $t$ , estos, es una solución dinámica.

### Función de onda estacionaria

Para efectos de comparación con el estudio dinámico de la densidad de probabilidad en la región  $x < 0$ , veamos la solución estacionaria para el potencial delta. La solución para la situación estacionaria es:

$$\psi^{(-)}(x) = e^{ikx} + r_e(k)e^{-ikx}; \quad x < 0, \tag{5}$$

donde,

$$r_e(k) = -\frac{i\beta}{k+i\beta} \tag{6}$$

La densidad de probabilidad en la región  $x < 0$  es,

$$|\psi^{(-)}(x)|^2 = 1 + |r_e(k)|^2 - 2\text{Re}[r_e(k)e^{-2ikx}]. \tag{7}$$

### Dinámica de la densidad de probabilidad en la región $x < 0$

A continuación, se estudia el comportamiento de la densidad de probabilidad como función de la posición  $x$ , en el régimen transitorio para distintos valores del tiempo,  $t$ . En los ejemplos mostrados a continuación, utilizamos los siguientes parámetros: energía de incidencia  $E = 0.08 \text{ eV}$ , masa  $m = 0.067m_e$ , donde  $m_e = 5677 \cdot 10^{-8} \text{ eV} \cdot \text{ps}^2 / \text{Å}^2$  es la masa del electrón, en tanto que  $\hbar = 6.58 \cdot 10^{-4} \text{ eV} \cdot \text{ps}$ .

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la densidad de probabilidad como función de la posición, calculada a partir de la ecuación (3). Además de los parámetros antes mencionados, para este caso, se eligió un valor de la intensidad del potencial delta  $b = 3 \text{ eV} \cdot \text{Å}$ , y un valor del tiempo fijo  $t = 0.2 \text{ ps}$ . Podemos ver que cerca de la región de interacción ( $x=0$ ), la densidad de probabilidad exhibe un notable fenómeno de interferencia, el cual se manifiesta por un patrón oscilatorio de gran amplitud. Esta interferencia es producida por las ondas incidentes y reflejadas por el potencial en estas tempranas etapas del tunelaje. También, observamos que la amplitud de dichas oscilaciones disminuye conforme  $|x|$  crece, y que la densidad de probabilidad oscila entonces alrededor del valor de 1.

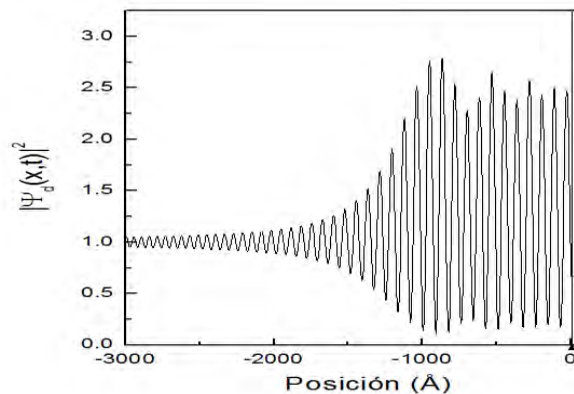


Fig. 2. Densidad de probabilidad como función de la posición, a un tiempo  $t$  fijo, para una onda plana que interactúa con un potencial delta de Dirac. Se observa la interferencia de la onda entrante y reflejada. Ver parámetros en el texto.

La figura 3 muestra la interferencia de la densidad de probabilidad de una onda plana incidente en el potencial delta, y la onda reflejada en el mismo, para el caso dinámico (línea continua) y estacionario (línea punteada), cuyas densidades de probabilidad resultantes, están dadas por las ecuaciones (3) y (7), respectivamente. Para este caso, los parámetros son los mismos que los de la figura 2, pero con  $b = 0.03 \text{ eV-Å}$ , y con  $t = 0.08 \text{ ps}$  para el caso dinámico. Se puede ver cómo para las posiciones cercanas al potencial, situado en  $x = 0$ , la interferencia dinámica coincide con la estacionaria, mientras que para la región mayor a  $-400 \text{ Å}$ , las densidades de probabilidad del caso dinámico y estacionario tienen diferentes valores.

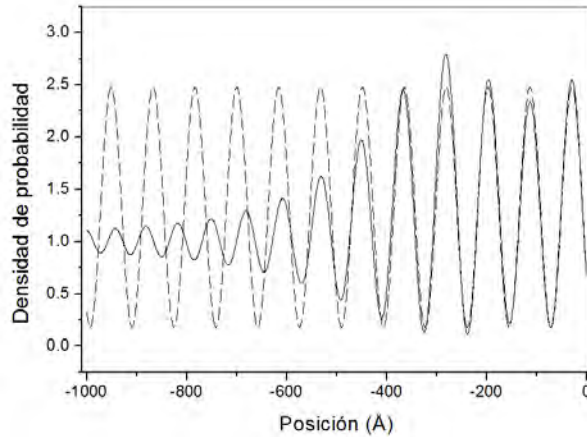


Fig. 3. Interferencia de la densidad de probabilidad de una onda plana incidente en el potencial delta de Dirac, y la onda reflejada en dicho potencial, para el caso dinámico (línea continua) a un tiempo  $t = 0.08 \text{ ps}$ , y caso estacionario (línea punteada). Ver parámetros restantes en el texto.

Se encuentra que, a tiempos mayores, las densidades de probabilidad dinámica y estacionaria presentan una mayor similitud que la mostrada en la figura 3. Lo anterior se ilustra en la Figura 4, para la cual se usaron los mismos parámetros que en la Figura 2, con excepción del tiempo, el cual corresponde para este caso a  $t = 0.02 \text{ ps}$ . Se puede observar que las densidades de probabilidad del caso dinámico y son muy similares.

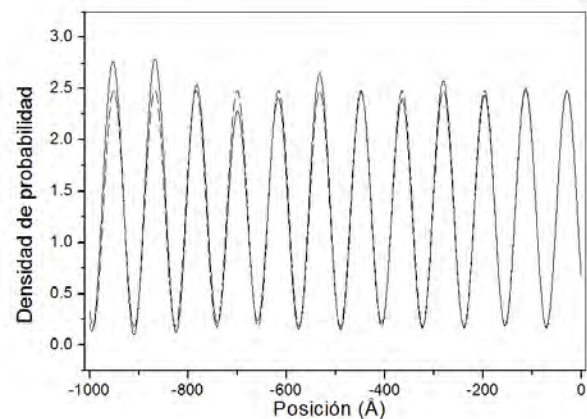


Fig. 4. Interferencia de la densidad de probabilidad de las ondas reflejadas en un potencial delta, para el caso dinámico a un tiempo  $t = 0.02 \text{ ps}$  (línea continua) y estacionario (línea punteada). Ver parámetros restantes en el texto.

## Conclusiones.

Con base en soluciones analíticas de la ecuación de Schrödinger, se analiza el comportamiento dependiente del tiempo de las ondas cuánticas reflejadas por un potencial delta de Dirac. Se muestra que, en el régimen de tiempos cortos, la densidad de probabilidad reflejada como función de la posición, exhibe un patrón oscilatorio de gran amplitud en la vecindad de la región de interacción ( $x=0$ ). Dichas oscilaciones se deben a la interferencia cuántica de las ondas incidentes, con aquellas que son reflejadas por el potencial. Se demuestra cómo en el régimen de tiempos largos, la interferencia cuántica de la función de onda dinámica da lugar a un patrón oscilatorio que coincide con el de la función de onda estacionaria.

## Referencias

- Born, M. E. Wolf "Principles of optics". Pergamon Press, Inc. Sixty edition. New York, 808 pp, 1959.
- del Campo A., García-Calderón G. y Muga J.G. "Quantum transients" Phys. Rep. No. 476, 2009.
- Elberfeld, W. y M. Kleber. "Time-dependent tunneling through thin barriers: A simple analytical solution". Am. J. Phys. Vol. 56: 154-159, 1988.
- Felber, J., R. Gähler, C. Raush y R. Golub. "Matter waves at a vibrating surface: Transition from quantum-mechanical to classical behavior". Phys. Rev. A, Vol. 53: 319-328, 1996.
- Gerasimov, A. S. y M. V. Kazarnovskii. "Possibility of observing nonstationary quantum-mechanical effects by means of ultracold neutrons". Sov. Phys. JETP, Vol. 44, 1976.
- Gähler R., A. G. Klein y A. Zeilinger. "Neutron optical tests of nonlinear wave mechanics". Phys. Rev. A, Vol. 23, 1981.
- García-Calderón, G. y A. Rubio. "Transient effects and delay time in the dynamics of resonant tunneling". Phys Rev. A, Vol. 56: 3361-3370, 1997.
- García-Calderón, G. y J. Villavicencio. "Time dependence of the probability density in the transient regimen for tunneling". Phys. Rev. A Vol. 64: 012107(1-6), 2001.
- Hils, T., J. Felber, R. Gähler, W. Gläaser, R. Golub, K. Habicht, y P. Wille. "Matter-wave optics in the time domain: Results of a cold-neutron experiment". Phys. Rev. A, Vol. 58: 4784-4790, 1998.
- Hernández, A. "Delay time in a single barrier for a movable quantum shutter" Phys. Rev. A, Vol. 81, No. 054101, 2010.
- Hernández, A y G. García-Calderón. "Quantum shutter transient solutions and the delay time for the potential". Phys. Rev. A Vol. No. 68: 014104, 2003.
- Moshinsky, M. "Diffraction in time". Phys. Rev. Vol. 88, No. 1, 1952.
- Romo, R. y J. Villavicencio. "Dynamical description of the buildup process in resonant tunneling: evidence of exponential and nonexponential contributions". Phys. Rev. B Vol. 60: R2142-R2145, 1999.
- Romo, R. y J. Villavicencio. "Role of the buildup oscillations on the speed of resonant tunneling diodes". Appl. Phys. Lett. Vol. 78: 1769-1771, 2001.
- Romo, R., J. Villavicencio y G. García-Calderón. "Transient tunneling effects of resonance doublets in triple barrier systems". Phys. Rev. B Vol. 66, No. 033108, 2002.
- Szriftgiser, P., D. Guérey-Odelin, M. Arndt, y J. Dablibard. "Atomic wave diffraction and interference using temporal slits". Phys. Rev. Lett. Vol. 77, 1996.
- Villavicencio, J. y R. Romo. "Dynamical analysis of the buildup process near resonance". Appl. Phys. Lett. Vol. 77, 379-381, 2000.

# Simulación termodinámica de la central eléctrica de Ciclo Combinado en Tula, Hidalgo

Dr. Emilio Hernández Martínez<sup>1</sup>, Camacho Olvera Luis Felipe<sup>2</sup>, M.C. Miriam Siqueiros Hernández<sup>3</sup>, Dr. Armando Pérez Sánchez<sup>4</sup>.

**Resumen** – La presente investigación es un análisis termodinámico de la central eléctrica que opera en Tula, Hidalgo. La Central está integrada por dos paquetes de ciclo combinado denominados planta norte y planta sur, generando una potencia neta de 482 MW. La evaluación se realizó siguiendo los modelos matemáticos de los dispositivos termodinámicos que conforman a dicha central, para la producción de potencia neta y la eficiencia térmica. El objetivo principal es desarrollar una simulación del ciclo combinado en el software Aspen HYSYS y la investigación realizada por la Universidad Nacional Autónoma de México, desarrollando las curvas de operación y la identificación de las áreas de oportunidad que den como resultado un aumento en la producción de potencia neta y la eficiencia térmica. La investigación sentará las bases de las futuras investigaciones del cuerpo académico de Ingeniería Mecánica en el análisis, modelado y optimización de las centrales eléctricas de ciclo combinado.

**Palabras clave:** Centrales eléctricas, Ciclos Combinados, Planta Tula, HYSYS, Turbina de Gas y Turbina de Vapor

## Introducción

Los ciclos combinados son centrales de generación de energía eléctrica es decir transforman la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos denominados: El Ciclo de Brayton (Turbinas de Gas) y El Ciclo Rankine (Turbina de Vapor). El funcionamiento dentro de una central de ciclo combinado es algo más complejo que el de las centrales convencionales. En primer lugar, se quema gas natural en una cámara de combustión y se hace pasar por una turbina de gas conectada a un generador. Los gases calientes que salen de la turbina de gas se aprovechan en un recuperador de calor, para evaporar el agua de alimentación de la turbina de vapor. Este vapor se hace pasar por una segunda turbina conectada a otro generador, de forma que ambos generan energía eléctrica, como se muestra en la figura 1 a) y b).

<sup>1</sup> El Dr. Emilio Hernández Martínez es profesor de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [emilio.hernandez.martinez@uabc.edu.mx](mailto:emilio.hernandez.martinez@uabc.edu.mx). (autor correspondiente).

<sup>2</sup> Camacho Olvera Luis Felipe es alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [felipe.camacho@uabc.edu.mx](mailto:felipe.camacho@uabc.edu.mx).

<sup>3</sup> La M.C. Miriam Siqueiros Hernández es Ingeniero Mecánico, cuenta con una maestría en materiales compuestos en la industria aeroespacial, actualmente estudia el Doctorado en el Instituto de Ingeniería campus Mexicali, además es profesora de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [miriam.siqueiros@uabc.edu.mx](mailto:miriam.siqueiros@uabc.edu.mx).

<sup>4</sup> El Dr. Armando Pérez Sánchez es maestro de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California de la carrera de Ingeniería Mecánica y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. [armando.perez.sanchez@uabc.edu.mx](mailto:armando.perez.sanchez@uabc.edu.mx).

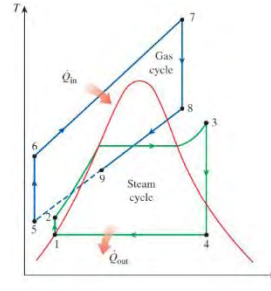


Figura 1: a) Central Termoeléctrica Ciclo Combinado [1]

b) Diagrama T-s Ciclo Combinado [2]

El Ciclo Brayton consiste en un ciclo termodinámico que en su forma más sencilla, cuenta con una etapa de compresión isoentrópica, una etapa de calentamiento isobárico, una etapa expansión isoentrópica y finalmente una etapa de rechazo de calor isobárico de un fluido de trabajo compresible, mostrado en la figura 2 a) [3], [4].

Mientras que el Ciclo Rankine consiste en un ciclo termodinámico con una etapa de compresión isoentrópica, una etapa de calentamiento isobárica, una etapa de expansión isoentrópica y finalmente una etapa de rechazo de calor isobárica, que tiene como objetivo la conversión de calor en trabajo, mostrado en la figura 2 b) [5], [6].

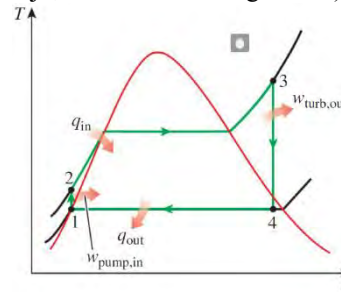
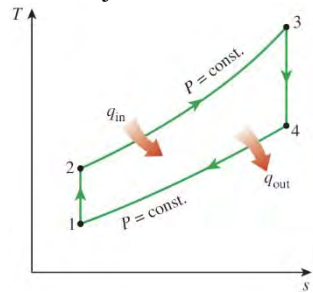


Figura 2: a) Diagrama T-s Ciclo Brayton [2]

b) Diagrama T-s Ciclo Rankine [2]

En la actualidad se están construyendo numerosas centrales termoeléctricas de las cuales operan con el ciclo combinado, que se caracterizan principalmente por utilizar gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una turbina de gas. Las centrales termoeléctricas de ciclo combinado presentan algunas ventajas como son [7]:

- ❖ Flexibilidad: La central puede operar a plena carga o cargas parciales, hasta un mínimo de aproximadamente el 45 % de la potencia máxima.
- ❖ Eficiencia elevada: El ciclo combinado proporciona mayor eficiencia por un margen más amplio de potencias.
- ❖ Sus emisiones son más bajas que en las centrales térmicas convencionales.
- ❖ Costo de inversión más bajo por MW instalado.
- ❖ Periodos de construcción cortos.
- ❖ Menor superficie por MW instalado si lo comparamos con las centrales convencionales, reduciendo el impacto visual.
- ❖ Bajo consumo de agua de enfriamiento.
- ❖ Ahorro energético en consumo de combustible.

El presente trabajo tiene como objetivo el evaluar con base a los modelos termodinámicos que conforman a dicha central termoeléctrica, desarrollando una simulación de ciclo combinado en un software especializado de ingeniería denominado Aspen HYSYS, para así poder calcular la eficiencia térmica, como también una potencia neta generada de dicha central, identificar las curvas de operación y las áreas de oportunidad de mejoras. La investigación sentará las bases de las futuras investigaciones del cuerpo académico de Ingeniería Mecánica en el análisis, modelado y optimización de las centrales eléctricas de ciclo combinado.

### Antecedentes

El Ciclo Brayton fue propuesto por primera vez por George Brayton para desarrollar un motor reciprocante que quemaba aceite que construyo en 1870. Hoy en día se usa en turbinas de gas donde los procesos, tanto de compresión como de expansión, suceden en maquinaria rotatoria. Las Turbinas de gas comúnmente operan en ciclo abierto. El aire fresco en condiciones ambientales se introduce dentro del compresor donde la temperatura y presión aumentan. El aire que está en alta presión continúa hasta la cámara de combustión, donde se quema a una presión constante. Esos gases que se encuentran a alta temperatura sufren un proceso de expansión dentro de una turbina hasta obtener la presión atmosférica, los gases del escape de dicha turbina se expulsan fuera del ciclo, por este fundamento se considera un ciclo abierto.

El Ciclo Rankine fue propuesto por William John Macquorn Rankine en el Manual of the Steam Engine en 1859, al desarrollar analíticamente el ciclo termodinámico de las transformaciones del vapor en las máquinas térmicas, dicho ciclo se encuentra dispuesto por una bomba que se conecta a una caldera, que en conjunto está conectada a una turbina y a un condensador. El agua que ingresa como líquido saturado a la bomba se le adiciona trabajo para así elevar la presión hasta la que trabaja la caldera. El agua que ingresa a la caldera se eleva su temperatura hasta conseguir un vapor sobrecalentado, dicho vapor entra a la turbina donde se expande de manera isentropica y genera un trabajo. Durante la expansión del vapor dentro de la turbina, la temperatura y presión disminuyen hasta el valor en el que trabaja el condensador. Por último el vapor se condensa hasta convertirlo en líquido saturado para así mandarlo de nuevo a la bomba.

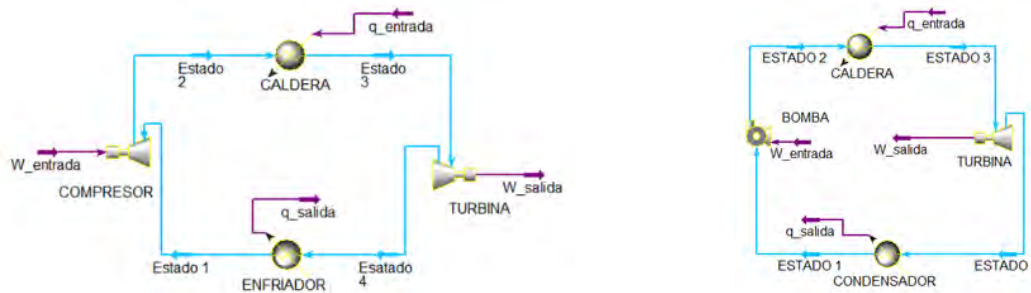


Figura 3: a) Diagrama HYSYS Ciclo Brayton

b) Diagrama HYSYS Ciclo Rankine

Un ciclo combinado hace referencia a un sistema que trabaja en conjunto con una turbina de gas y una de vapor. Su modo de operación consiste en que la caldera de recuperación de calor (Heat Recovery Steam Generators o HRSG) de la cogeneración con turbina de gas, cumpla al mismo tiempo la función de la caldera en un ciclo de vapor, es decir, que la salida de vapor de dicho intercambiador de calor ingresa a las turbinas de condensado y contrapresión. La forma como se acoplan ambos sistemas está esquematizada en la figura 1.6, y como se puede apreciar la generación de energía eléctrica es mucho mayor, ya que cada turbina aporta una parte. También hay que indicar que este sistema combinado es posible, ya que los ciclos simples trabajan en distintos rangos de temperatura y permiten operar al generador de vapor.

El progreso comercial de los sistemas de ciclo combinado se ha desarrollado en paralelo con el desarrollo de turbinas de gas. Actualmente estamos en la tercera generación de tecnología de sistemas de ciclo combinado y estamos en el punto de lanzamiento de la cuarta generación. La primera turbina de gas instalada en una empresa eléctrica en los Estados Unidos se aplicó en un ciclo combinado. Se trata de una turbina de gas de 3.5 MW que utilizó la energía del gas de escape para calentar el agua de alimentación para una unidad de vapor convencional de 35 MW. Este sistema entró en servicio en junio de 1949, y un sistema similar se añadió a esta estación en 1952. Los economizadores de recuperación de calor aplicados en estos sistemas utilizados en tubos desnudos, como era típico de los intercambiadores de calor en los sistemas de ciclo combinado instalados antes de 1959.

La mayoría de los sistemas de generación de energía de ciclo combinado instalados durante los años 50 y principios de los 60 incluían calderas convencionales. Estos sistemas eran básicamente adaptaciones de plantas de vapor convencionales con el gas de escape de la turbina de gas sirviendo como gases de combustión para la caldera. La eficiencia de este tipo de ciclo combinado fue aproximadamente 5 a 6 % mayor que la de una planta de vapor



convencional similar. Estos sistemas podrían utilizar económicamente tubos desnudos en la caldera debido a la alta diferencia de temperatura media entre los productos de combustión y el agua - vapor. El re potenciamiento de plantas de generación de vapor con generadores de turbina de gas y HRSG sigue siendo atractivo en muchas aplicaciones de hoy, como lo demuestra la instalación reciente de Colorado Public Service en Fort St. Vrain, que fue colocada en

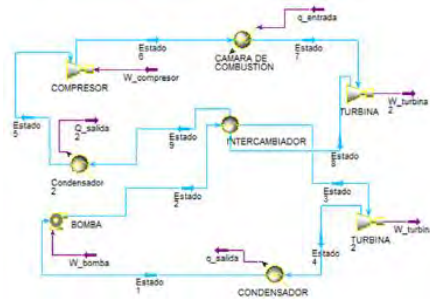


Figura 4: Diagrama HYSYS Ciclo Combinado

operación comercial en 1999.

En este artículo se llevará a cabo una investigación en la que se estudiará el proceso de la central termoeléctrica de Tula Hidalgo, Francisco Pérez Ríos, ésta se encuentra ubicada en el Valle de Mezquital a 83 km. Al noroeste de la Ciudad de México, sobre la carretera Federal Jorobas-Tula, y a 8 km al sur de la Ciudad de Tula, Hidalgo., Sobre una superficie de 70.7 hectáreas a una altura de 2100 m sobre el nivel del mar. La Central forma parte de la Gerencia Regional de Producción Central y es una de las principales fuentes de generación de energía eléctrica del país y forma parte del Sistema Interconectado Nacional. La Central está integrada por distintas unidades de turbinas de Gas U1, U2, U4 y U5 tienen como equipo principal un turbogenerador y un recuperador de calor (HRSG), los cuales se complementan con las turbinas de vapor U3y U6, así como con una serie de equipos y sistemas auxiliares requeridos para la realización del proceso de generación de energía eléctrica [8].

Como método de analizar se estudiará el paquete sur, el cual está constituido por dos turbinas de gas (U4, U5) marca Westinghouse (con sus respectivas calderas de recuperación marca Foster Wheeler) con una capacidad de 69 MW cada una y una turbina de vapor (U6) marca Hitachi con capacidad de 100 MW. Tula cuenta con un tipo de termoeléctrica de vapor, este tipo de centrales tienen una eficiencia de generación eléctrica de 47%. El Factor de planta de estas centrales es de 60%, y se utilizan para satisfacer la demanda eléctrica base que requiere el país. Los tamaños nominales principales para este tipo de planta son: 450, 250, 100, 80, 60 y 50 MW (Tesis UNAM). Esta planta se está considerando que tiene una vida útil de 25 años (por sus arranques y paros constantes) y el costo de kW instalado aproximado está entre los 600 y 750 dólares [8].

### Metodología de Análisis

Para el análisis termodinámico del ciclo de potencia se han aplicado a cada dispositivo termodinámico individual de la planta los siguientes fundamentos: Principios de conservación de la masa, Principio de la conservación de la energía (Primera ley de la termodinámica), Cambios de energía cinética y potencial son despreciables, Determinación de las propiedades termodinámicas del fluido de trabajo en cada estado y El segundo principio de la termodinámica.

Ciclo Brayton

$$\dot{q}_e = m(h_3 - h_2)$$

$$\dot{q}_s = m(h_4 - h_1)$$

$$\dot{w}_T = m(h_3 - h_4)$$

$$\dot{w}_C = m(h_2 - h_1)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_T - \dot{w}_C = \dot{q}_e - \dot{q}_s$$

$$\dot{w}_{electrica} = \eta_G \dot{w}_{neta}$$

$$\eta_{t,Brayton} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

Ciclo Rankine

$$\dot{q}_e = m(h_3 - h_2)$$

$$\dot{q}_s = m(h_4 - h_1)$$

$$\dot{w}_T = m(h_3 - h_4)$$

$$\dot{w}_B = m(h_1 - h_2)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_T - \dot{w}_b = \dot{q}_e - \dot{q}_s$$

$$\eta_{t,Rankine} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

Ciclo Combinado

$$\dot{q}_e = m(h_7 - h_6)$$

$$\dot{q}_s = m[(h_9 - h_5) + (h_1 - h_4)]$$

$$\dot{w}_{T_1} = m(h_8 - h_7)$$

$$\dot{w}_{T_2} = m(h_4 - h_3)$$

$$\dot{w}_C = m(h_6 - h_5)$$

$$\dot{w}_B = m(h_2 - h_1)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_{T_1} + \dot{w}_{T_2} - \dot{w}_C - \dot{w}_b = \dot{q}_e - \dot{q}_s$$

$$\eta_{t,Combinado} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

### Simulación termodinámica

Aspen HYSYS es la solución de modelado de procesos líder del mercado que proporciona grandes beneficios económicos a lo largo del ciclo de vida de la ingeniería de procesos. Trae la potencia de la simulación de procesos y la optimización a su escritorio, y ofrece una combinación única de la tecnología de modelado y facilidad de uso. Aspen HYSYS permite a las empresas e instituciones educativas traer nuevas plantas y diseños al mercado más rápido y optimizar la producción para mayores márgenes de utilidad. El software Aspen HYSYS es una herramienta informática que nos va a permitir diseño de planta y optimización, análisis de margen en toda la planta para aumentar la rentabilidad, estudios de seguridad y operatividad, modelado de equipos y análisis económicos y optimización de la eficiencia energética mediante la ayuda de las diferentes herramientas con las que cuenta. En la actualidad todo el ingeniero debe de estar capacitados para poder diseñar y proponer mejoras en los sistemas de producción de energía mediante las competencias profesionales en el ámbito de paquetes computacionales adquiridos durante su formación [9]. Es importante destacar que: *“Se tiene que tener en cuenta que Aspen HYSYS simula y el Ingeniero diseña”*

### Análisis de resultados

Para la simulación de planta se respetaron las condiciones de cada dispositivo termodinámico como son: Turbinas, Compresores, Bombas, Intercambiadores, Calderas, Cámara de Combustión, Condensadores, etc., basados en el proyecto de investigación del el Dr. Gabriel León de los Santos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se tomó en cuenta los cambios en la eficiencia de cada dispositivo termodinámico debido al desgaste inherente al uso diario de la central eléctrica. Se efectuó la simulación en el software Aspen HYSYS, una vez obtenida la simulación se generaron tablas de resultados para así poder comprobar los resultados obtenidos.

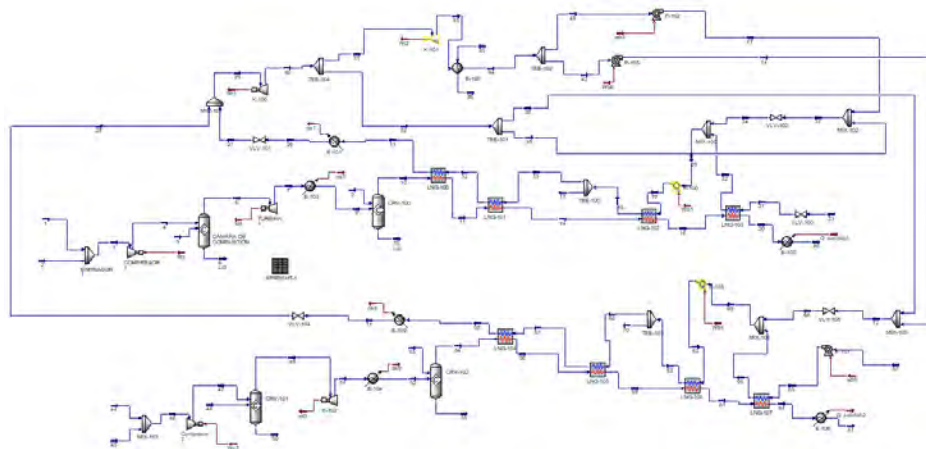


Figura 5: Diagrama HYSYS Ciclo Combinado Planta Tula, Hidalgo

En las siguientes tablas se muestra los resultados de la potencia neta, el flujo de calor de entrada y la eficiencia del ciclo obtenidos en la simulación, y los valores investigados de la central termoeléctrica de Tula, Hidalgo. La Tabla 1 muestra los resultados del ciclo Brayton, mientras que la Tabla 2 muestra los resultados del ciclo Rankine y por último la Tabla 3 presenta los resultados del ciclo Combinado. Se puede obtener una variación de resultados de no mayor al 6% aproximadamente, por lo que esta simulación se considera una muy aproximación a los valores reales.

	Simulación de Aspen HYSYS		Central eléctrica Tula, Hidalgo	
	Ciclo Brayton 1	Ciclo Brayton 2	Ciclo Brayton 1	Ciclo Brayton 2
$\dot{w}_{neta}(MW)$	88.6	90.6		
$\dot{q}_e(MW)$	144.2	146.8		
$\eta_t$	0.614	0.617		
$\dot{w}_e(MW)$	67.0	68.5	69.0	69.0
$\eta_{electrica}$	0.464	0.464		

Tabla 1: Ciclo Brayton

	Ciclo Rankine	Central eléctrica Tula, Hidalgo
$\dot{w}_{neta}(MW)$	95.6	
$\dot{q}_e(MW)$	300.7	
$\eta_t$	0.318	
$\dot{w}_e(MW)$	94.2	100.0
$\eta_{electrica}$	0.313	

Tabla 2: Ciclo Rankine

	Ciclo Combinado	Central eléctrica Tula, Hidalgo
$\dot{w}_{neta}(MW)$	274.8	
$\dot{q}_e(MW)$	591.8	579.0
$\eta_t$	0.5	
$\dot{w}_e(MW)$	229.7	238.0
$\eta_{electrica}$	0.388	0.397

Tabla 3: Ciclo Combinado

### Conclusiones

Después de realizar una revisión exhaustiva del ciclo combinado y el diseño de la central termoeléctrica de Tula, Hidalgo se demostró que el simulador Aspen HYSYS es capaz de reproducir adecuadamente el comportamiento de las distintas condiciones de las turbinas de gas y turbina de vapor. Así como predecir las variables buscadas como objetivo en esta investigación: La potencia neta de producción de energía eléctrica, la eficiencia térmica de ciclo combinado y poder realizar las diferentes curvas de operación de los distintos dispositivos termodinámicos que la componen, cabe destacar que la diferencia de potencia neta producida con la simulación de Aspen HYSYS no es superior al 6%, mientras que para la eficiencia dicha diferencia no supera el 2.5 % con respecto a la reportada por la central termoeléctrica de Tula, Hidalgo. Haciendo un análisis a la situación actual de la planta, se observa que su eficiencia térmica es de 38.8 % la cual está por debajo de la media reportada para plantas de su tipo de 40% - 60%, esto puede ser atribuible al tiempo de vida de la central termoeléctrica.

### Referencias

- [1] *siemens*, 2011. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/press/photo/EFP201111012-01e>. [Accessed: 28-Sep-2017].
- [2] Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education, 2017.
- [3] Y. Ma, M. Liu, J. Yan, and J. Liu, "Thermodynamic study of main compression intercooling effects on supercritical CO<sub>2</sub> recompression Brayton cycle," 2017.
- [4] M. Goodarzi, M. Kiasat, and E. Khalilidehkordi, "Performance analysis of a modified regenerative Brayton and inverse Brayton cycle," *Energy*, vol. 72, pp. 35–43, 2014.
- [5] Z. Sun, F. Xu, S. Wang, J. Lai, and K. Lin, "Comparative study of Rankine cycle configurations utilizing LNG cold energy under different NG distribution pressures," *Energy*, vol. 139, pp. 380–393, 2017.
- [6] C. Toro and N. Lior, "Analysis and comparison of solar-heat driven Stirling, Brayton and Rankine cycles for space power generation," 2017.
- [7] D. L. Chase, "Combined-Cycle Development Evolution and Future," *GE Power Syst.*, p. 18.
- [8] D. Gabriel, L. De, and L. Santos, "ANDRÉS AARÓN OLGUÍN MEJÍA," 2010.
- [9] M. K. A. Hamid, *Aspen HYSYS: An introduction to chemical engineering simulation : for chemical engineering undergraduate students*.

# Análisis de Eficiencia Térmica y Potencia Neta de los Diferentes Fluidos de Trabajo en los Ciclo Orgánicos Geotérmicos

Dr. Emilio Hernández Martínez, José Isaac Cisneros Solís, Alberto Hernández Maldonado, M.C. Alberto Delgado Hernández.

**Resumen** – La selección del fluido de trabajo afecta el rendimiento de una planta geotérmica binaria en gran medida, ya que este debe de aprovechar al máximo la energía que aporta la fuente geotérmica. La potencia producida por el ciclo se debe en gran medida a que el fluido de trabajo alcance la máxima temperatura al entrar a la turbina y la mínima temperatura al entrar al condensador. Las recientes investigaciones han demostrado que los siguientes fluidos de trabajo: R600, R600a, Butano, Isobutano, Propano, Pentano, R290, R134a, entre otros, dan como resultados una mayor salida de potencia y un mejor rendimiento en un ciclo de potencia binario, el cual produce electricidad de un recurso geotérmico de baja temperatura. La presente investigación es un análisis termodinámico en Aspen Hysys de los diferentes fluidos de trabajo que dan como resultado una mayor eficiencia térmica y maximice la potencia neta producida en el ciclo.

**Palabras clave:** Simple Flash, Doble Flash, Energía Geotérmica, HYSYS y Ciclo Rankine Orgánico.

## Introducción

Como resultado de la generación de energía, los procesos de fabricación, el transporte, etc. el clima global ha sido alterado debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que suponen la realización de tales actividades. El uso de combustibles fósiles ha producido una enorme liberación de CO<sub>2</sub>, convirtiéndose así en un gas de efecto invernadero con una mayor contribución al calentamiento global [1], [2]. Además, el costo de estos combustibles fósiles está aumentando cada año, por lo que es esencial utilizar esta energía eficientemente y, por lo tanto, muchos esfuerzos están dirigidos a dar un mejor uso a esta energía consumida, por ejemplo, utilizando calor residual, fuentes de energías renovables y/o con plantas donde el calor y la energía se pueden utilizar simultáneamente [3]. Por lo tanto, en el futuro a corto plazo nuestro suministro de energía debe ser renovable y sostenible, eficiente y rentable, conveniente y seguro, contribuyendo también a la independencia energética de las regiones, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y al mismo tiempo fomentando el desarrollo económico de los diferentes sectores de la sociedad [4].

Una tecnología prometedora para el aprovechamiento de calor residual es el Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) acoplado a la tecnología de energía geotérmica de Simple Flash (SF) y Doble Flash (DF), El Ciclo Orgánico de Rankine cuyo principio de operación es igual al ciclo Rankine convencional, con la diferencia de utilizar un agente orgánico como fluido de trabajo. Una bomba presuriza el fluido líquido, y se inyecta en un evaporador para producir un vapor que se expande en una turbina conectada a un generador, finalmente, el vapor de salida se condensa, iniciando el nuevo ciclo. Sin embargo, a diferencia del Rankine convencional, el cambio de fluido permite la recuperación de fuentes de energía de baja entalpía (baja temperatura) para la producción de trabajo mecánico o electricidad. Así, una de las principales líneas de investigación realizadas sobre este tema es la selección de un fluido de trabajo adecuado debido a su gran influencia en el diseño del proceso [5], [4].

Dependiendo de la aplicación, la fuente y el nivel de calor a utilizar, el fluido debe tener propiedades termodinámicas óptimas a las temperaturas y presiones más bajas posibles y también satisfacer varios criterios como ser económico, no tóxico, no inflamable, respetuoso con el medio ambiente, alta utilización de la energía de la fuente de calor, etc. [3], [6]. Si se consideran todos estos aspectos, la bibliografía especializada recomienda utilizar algunos fluidos de trabajo ya estudiados, entre los principales podemos encontrar: benceno, amoníaco, pentano, iso-pentano, R134a, R113, R11, R12, R245fa, R134a, R123, R141b, R236ea, R600, R600a, R227ea, R143a, R415a, R290, R413a, R744a, R152a, R116a, R1270, etc. [7], [4], [8], [9], [10], [11], [12].

La presente investigación es un análisis termodinámico en Aspen Hysys de los fluidos de trabajo R134a, R152a, R600a, R600 y R603 que dan como resultado una mayor eficiencia térmica y maximice la potencia neta producida en el ciclo geotérmico de Simple Flash – ORC y Doble Flash – ORC.

### Antecedentes

Los sistemas de energía geotérmica (Figura 1a y 1b) se puede encontrar en cualquier parte del mundo, pero hay pocas ubicaciones donde se puede localizar la energía necesaria para abastecer una planta eléctrica. Las teorías y avances en el área de Geología e Ingeniería, han contribuido en gran medida al avance tecnológico en el área de aprovechamiento de la energía geotérmica. Hoy en día existe el International Continental Drilling Program (ICDP), fundado en 1996, el cual se encarga de financiar proyectos con la intención de adentrarse en la explicación de los procesos de la tierra y probar modelos geológicos. Hasta ahora el proyecto más profundo de pozo geotérmico recibido por el ICDP es un pozo de 5000 m en China, el cual fue reportado con una profundidad de 3666 m en Octubre 23 de 2003 [13].

El modelo de una fuente geotérmica hidrotérmica es básicamente lo siguiente:

- ❖ Una fuente de calor abundante
- ❖ Una reserva permeable
- ❖ Una fuente de agua
- ❖ Una capa impermeable de roca
- ❖ Un mecanismo de recarga confiable

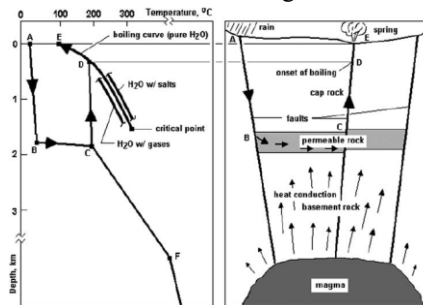
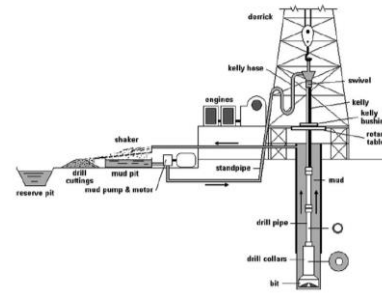


Figura 1: a) Sistema Geotérmico



b) Pozo de Producción Geotérmica

La intención de un proyecto de desarrollo geotérmico es poder encontrar los sistemas que cumplen con estas características y aprovecharlos por un método estratégico de perforación. Si cualquiera de las características planteadas está ausente, el sistema geotérmico no vale la pena ser explotado, ya que a largo plazo no será económicamente viable.

Single Flash (Figura 2): El sistema de un solo separador es el pilar de la industria de la energía geotérmica. Comúnmente es la primera planta de energía instalada en el área geotérmica recién desarrollada. Desde Mayo de 2007, existían 159 unidades con este tipo de operación en 18 países alrededor del mundo. Las plantas con un solo separador constituyen un 32% de todas las plantas geotérmicas. Constituyen 42% de la energía total de plantas geotérmicas en el mundo. Su rango de potencia varía entre 3 a 90MW, y el promedio de potencia es de 25.3MW por unidad [13].

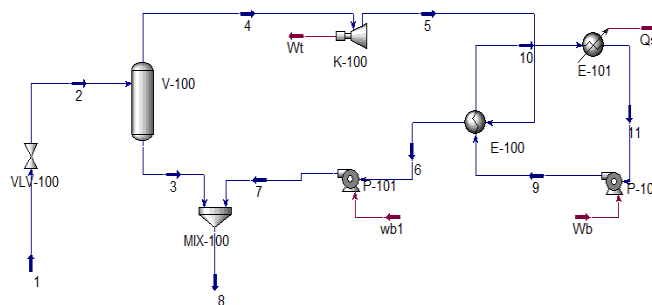


Figura 2: Sistema Geotérmico de Simple Flash

Doble Flash (Figura 3): La planta de doble flash es una mejora de la planta de un solo flash que puede producir entre 15-25% más potencia con las mismas condiciones del geo fluido. Es más compleja y costosa y requiere más mantenimiento, pero lo justifica la potencia extra que genera. Estas plantas son numerosas, en 2007 se registraron 69



unidades con este tipo de operación, 14% de todas las plantas geotérmicas. Su capacidad de potencia varía entre los 4.7 a 110MW, y la potencia promedio está en 32MW por unidad [13].

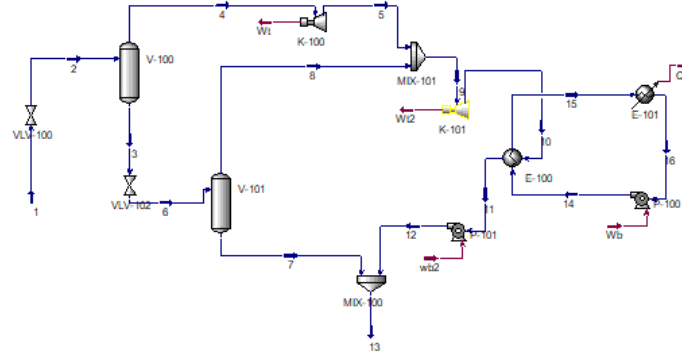


Figura 3: Sistema Geotérmico de Doble Flash

Ciclo Rankine Orgánico (Figura 4a y 4b): El proceso de flash es el de transformar el líquido presurizado a una mezcla de líquido y vapor al bajar la temperatura del fluido por debajo de la presión de saturación, que corresponde a la temperatura del fluido. Normalmente esta parte del fluido que permanece líquida tiene una alta temperatura y es reinyectada a el depósito para mantener la productividad de el mismo. En una planta binaria, un Ciclo Rankine Orgánico es añadido antes de la etapa de reinyección al depósito, alimentando una turbina con el fluido de trabajo orgánico, aumentando así la eficiencia total de todo el sistema. Ya que no hay costos adicionales para producir el líquido a alta temperatura, añadir un Ciclo Rankine Orgánico resulta en producción de electricidad relativamente barata.

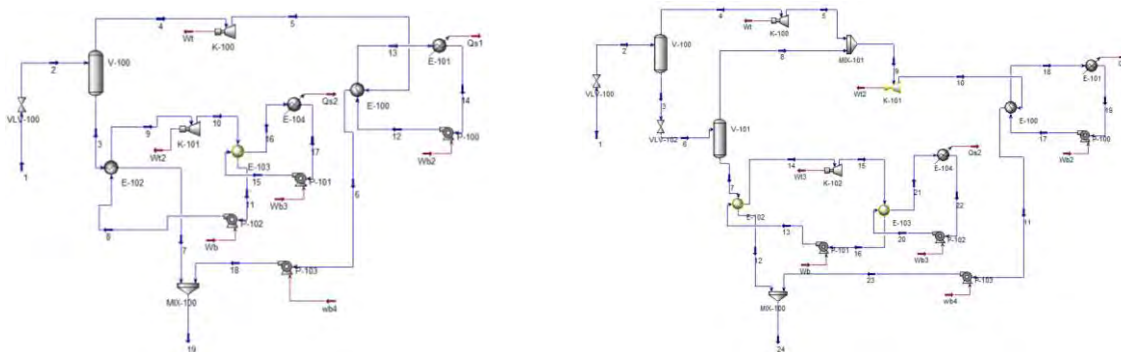


Figura 4: a) Simple Flash – ORC

b) Doble Flash – ORC

Efectos del fluido de trabajo: La selección del fluido de trabajo es una de las decisiones más importantes y tiene grandes implicaciones en la eficiencia de una planta binaria. Existe una amplia selección de estos fluidos, pero también varias restricciones relacionadas a las propiedades termodinámicas de los fluidos, así como consideraciones de salud, seguridad e impacto ambiental. Es muy claro que todos los candidatos como fluidos de trabajo, deben de tener temperaturas y presiones críticas mucho más bajas que el agua. Además de tener las propiedades termo físicas requeridas para la aplicación, el fluido debe de ser no flamable y no tóxico, y poseer la estabilidad química necesario en un rango de temperatura.

Los fluidos para el ciclo organico pueden clasificarse en 5 grupos principales:

- ❖ CFCs (Clorofluorocarbonos)
- ❖ HCFCs (Hidroclorofluorocarbonos)
- ❖ HFCs (Hidrofluorocarbonos)
- ❖ HCs (Hidrocarbonos)
- ❖ Otros fluidos [14]

Los fluidos de trabajo con mayor densidad, calor específico bajo, alto calor latente y viscosidad baja deberían de producir un rendimiento más alto en el sistema ORC. Aunque deberían de ser cumplidas estas características, no

siempre son satisfechas y tampoco son críticamente necesarias. Dependiendo de la pendiente de saturación en la línea de vapor en el diagrama T-s, los fluidos se pueden clasificar como húmedos, isentrópicos y secos. Para los fluidos húmedos, se pueden formar pequeñas gotas en la expansión, dañando las aspas de la turbina. El problema se puede eliminar sobrecalentando el fluido antes de entrar a la turbina.

Por otra parte, para los fluidos secos e isentrópicos, no hay un cambio de fase durante la expansión, por lo que son candidatos más favorables en la selección de un fluido para ciclo ORC. A temperaturas cercanas al punto crítico, los fluidos de trabajo se consideran inestables. Cualquier cambio pequeño puede causar una variación grande en la condición del fluido. Debido a esto, la temperatura máxima que alcance el fluido debe de ser considerablemente menos que su temperatura crítica. Para los fluidos húmedos e isentrópicos, la temperatura máxima debe de considerarse 10°C menos que su temperatura crítica [15].

### Metodología de Análisis

Para el análisis termodinámico de los ciclos geotérmicos de Simple Flash – ORC y Doble Flash – ORC se han aplicado a cada dispositivo termodinámico individual de la planta los siguientes fundamentos: Principios de conservación de la masa, Principio de la conservación de la energía (Primera ley de la termodinámica), Cambios de energía cinética y potencial son despreciables, Determinación de las propiedades termodinámicas del fluido de trabajo en cada estado y el segundo principio de la termodinámica.

Single flash - ORC:

$$\dot{w}_t = m_4(h_4 - h_5) \quad \dot{w}_{t2} = m_9(h_9 - h_{10})$$

$$\dot{w}_b = m_{11}(h_8 - h_{11}) \quad \dot{w}_{b2} = m_{14}(h_{12} - h_{14})$$

$$\dot{w}_{b3} = m_{17}(h_{15} - h_{17}) \quad \dot{w}_{b4} = m_6(h_{18} - h_6)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_t - \dot{w}_b = (\dot{w}_t + \dot{w}_{t2}) - (\dot{w}_b + \dot{w}_{b2} + \dot{w}_{b3} + \dot{w}_{b4})$$

$$\dot{q}_e = m_1(h_1 - h_{ambiente})$$

$$\eta_{t,SFORC} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

Doble flash – ORC:

$$\dot{w}_t = m_4(h_4 - h_5) \quad \dot{w}_{t2} = m_9(h_9 - h_{10})$$

$$\dot{w}_{t3} = m_{14}(h_{14} - h_{15})$$

$$\dot{w}_b = m_{16}(h_{13} - h_{16}) \quad \dot{w}_{b2} = m_{19}(h_{17} - h_{19})$$

$$\dot{w}_{b3} = m_{22}(h_{20} - h_{22}) \quad \dot{w}_{b4} = m_{11}(h_{23} - h_{11})$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_t - \dot{w}_b = (\dot{w}_t + \dot{w}_{t2} + \dot{w}_{t3}) - (\dot{w}_b + \dot{w}_{b2} + \dot{w}_{b3} + \dot{w}_{b4})$$

$$\dot{q}_e = m_1(h_1 - h_{ambiente})$$

$$\eta_{t,DFORC} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

### Simulación termodinámica

Aspen HYSYS es la solución de modelado de procesos líder del mercado que proporciona grandes beneficios económicos a lo largo del ciclo de vida de la ingeniería de procesos. Trae la potencia de la simulación de procesos y la optimización a su escritorio, y ofrece una combinación única de la tecnología de modelado y facilidad de uso. Aspen HYSYS permite a las empresas e instituciones educativas traer nuevas plantas y diseños al mercado más rápido y optimizar la producción para mayores márgenes de utilidad. El software Aspen HYSYS es una herramienta informática que nos va a permitir diseño de planta y optimización, análisis de margen en toda la planta para aumentar la rentabilidad, estudios de seguridad y operatividad, modelado de equipos y análisis económicos y optimización de la eficiencia energética mediante la ayuda de las diferentes herramientas con las que cuenta. En la actualidad todo el ingeniero debe de estar capacitados para poder diseñar y proponer mejoras en los sistemas de producción de energía mediante las competencias profesionales en el ámbito de paquetes computacionales adquiridos durante su formación.

### Análisis de resultados

A partir de las simulaciones realizadas en Aspen HYSYS a los 5 fluidos de trabajo, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Tabla 1 y Tabla 2, donde podemos identificar claramente que los fluidos de trabajo R600a, R600, y R603 consiguieron mejores resultados que R134a y R152a bajo las mismas condiciones de simulación termodinámica en el ciclo binario. Esto es debido a las diferencias en las propiedades termodinámicas de dichos fluidos de trabajo, los fluidos que pueden ser introducidos a la turbina con un sobrecalentamiento superior son los que dan una mayor potencia neta y eficiencia térmica del sistema, por lo que la temperatura crítica y presión crítica juegan un papel muy importante al momento de seleccionar el fluido de trabajo que va a recuperar el calor de los ciclos geotérmicos de Simple Flash y Doble Flash.

Ciclo Single Flash - ORC			
	$\dot{W}_e$	$\dot{W}_{neta}$	$\eta_t$
Tetrafluoroetano (R143a)	1.4800	22.8000	0.1113
Difluoroetano (R152a)	1.4780	23.6000	0.1152
Isobutano (R600a)	1.4710	25.9800	0.1268
n-butano (R600)	1.4590	28.1500	0.1374
Neopentano (R603)	1.4440	29.1900	0.1424

Tabla 1: Resultado Simple Flash – ORC

Ciclo Double Flash - ORC			
	$\dot{W}_e$	$\dot{W}_{neta}$	$\eta_t$
Tetrafluoroetano (R143a)	1.3160	27.0400	0.1320
Difluoroetano (R152a)	1.3130	27.2700	0.1331
Isobutano (R600a)	1.3040	29.5100	0.1440
n-butano (R600)	1.2960	31.3900	0.1532
Neopentano (R603)	1.2820	32.2000	0.1571

Tabla 2: Resultado Doble Flash – ORC

### Conclusiones

Agregar un ciclo Rankine orgánico a un ciclo geotérmico es una muy buena manera de mejorar la potencia neta producida y la eficiencia del ciclo, sin tener que recurrir a otra fuente externa de calor ya que se lleva a cabo con mismo geofluido que de otra manera simplemente sería reinyectado al pozo geotérmico. El ciclo binario de un solo flash es el más común, más fácil de implementar y de proporcionarle mantenimiento. Mientras que el ciclo binario de doble flash es más difícil de implementar y proporcionarle mantenimiento, pero las ganancias en eficiencia y potencia neta producida pueden ser suficientes para justificar los costos que conlleva este tipo de instalación. La elección del fluido de trabajo es una de las decisiones más importantes al recurrir a un Ciclo Rankine Orgánico, y esto se puede ver en este artículo con las variaciones en la potencia neta y eficiencia térmica de los fluidos al examinarse bajo los

mismos parámetros en el ciclo binario. Los parámetros de presión en los separadores son un factor muy importante ya que esto dicta la misma temperatura de los separadores, así como que fracción del geofluido será dirigido a calentar el fluido de trabajo para el Ciclo Rankine Orgánico y que fracción será dirigida directamente a la turbina de vapor.

Con base en los resultados, se puede concluir que utilizando los fluidos de trabajo R600a, R600, y R603 en un ciclo de Rankine, destacando el R603 el cual obtiene una mayor potencia neta y eficiencias térmica para la recuperación de recursos geotérmicos de baja entalpía, sin embargo, no hay un fluido que se ajuste a todas las características económico, no tóxico, no inflamable, respetuoso con el medio ambiente, alta utilización de la energía de la fuente de calor que se tienen en cuenta en un ORC de ciclo real.

### Referencias

- [1] "Climate change and energy options: decision making in the midst of uncertainty," *Fuel Process. Technol.*, vol. 71, no. 1–3, pp. 121–129, Jun. 2001.
- [2] "Techno-economic study of CO<sub>2</sub> capture and storage in coal fired oxygen fed entrained flow IGCC power plants," *Fuel Process. Technol.*, vol. 89, no. 9, pp. 916–925, Sep. 2008.
- [3] "Trigeneration running with raw jatropha oil," *Fuel Process. Technol.*, vol. 91, no. 3, pp. 348–353, Mar. 2010.
- [4] F. Vélez, J. J. Segovia, M. C. Martín, G. Antolín, F. Chejne, and A. Quijano, "Comparative study of working fluids for a Rankine cycle operating at low temperature," *Fuel Process. Technol.*, vol. 103, pp. 71–77, Nov. 2012.
- [5] "Exergoeconomic analysis and optimization of a flash-binary geothermal power system," *Appl. Energy*, vol. 179, pp. 159–170, Oct. 2016.
- [6] "Low temperature heat source for power generation: Exhaustive analysis of a carbon dioxide transcritical power cycle," *Energy*, vol. 36, no. 9, pp. 5497–5507, Sep. 2011.
- [7] "Investigation of the effect of different refrigerants on performances of binary geothermal power plants," *Energy Convers. Manag.*, vol. 76, pp. 483–498, Dec. 2013.
- [8] "Investigation of a binary power plant using different single-component working fluids," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 48, pp. 23183–23187, Dec. 2016.
- [9] "Effect of working fluids on organic Rankine cycle for waste heat recovery," *Energy*, vol. 29, no. 8, pp. 1207–1217, Jun. 2004.
- [10] B. H. Edrisi and E. E. Michaelides, "Effect of the working fluid on the optimum work of binary-flashing geothermal power plants," *Energy*, vol. 50, no. 1, pp. 389–394, Feb. 2013.
- [11] H. Zhai, L. Shi, and Q. An, "Influence of working fluid properties on system performance and screen evaluation indicators for geothermal ORC (organic Rankine cycle) system," *Energy*, vol. 74, no. C, pp. 2–11, Sep. 2014.
- [12] H. Chen, D. Y. Goswami, and E. K. Stefanakos, "A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, Pergamon, pp. 3059–3067, 01-Dec-2010.
- [13] R. DiPippo, *Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact*. Butterworth-Heinemann, 2012.
- [14] "A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 9, pp. 3059–3067, Dec. 2010.
- [15] R. Rayegan and Y. X. Tao, "A procedure to select working fluids for Solar Organic Rankine Cycles (ORCs)," *Renew. Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 659–670, Feb. 2011.

# Análisis Termodinámico de los Ciclos Kalina, Simple Flash Orgánico y Doble Flash Orgánico, con aplicaciones en la Península de Baja California

Dr. Emilio Hernández Martínez<sup>1</sup>, Pedro Ivan Aranda Espinoza<sup>2</sup>, M.C. Miguel Angel Avila Puc, Diego Armando Blas Jáuregui.

**Resumen** – La Península de Baja California presenta abundante recurso de calor de mediana y baja entalpía de acuerdo con el estudio “Evaluación de los Recursos Geotérmicos de Baja Entalpía de la Península de Baja California, México” realizado por Comisión Reguladora de Energía (CRE), en este sentido el presente trabajo de investigación muestra los resultados comparativos obtenidos mediante el análisis de un estudio termodinámico entre los Ciclos Kalina, Simple Flash Orgánico y Doble Flash Orgánico, con aplicación a los recursos geotérmicos existentes en la península de Baja California. El análisis termodinámico se realizó mediante la simulación en el software Aspen HYSYS. A partir del análisis final de los resultados obtenidos de dichas simulaciones, se concluye que los Ciclos de Simple Flash Orgánico y Doble Flash Orgánico presentan una mayor eficiencia térmica que el Ciclo Kalina, para las temperaturas dadas del agua geotérmica y la temperatura del fluido de trabajo orgánico.

**Palabras clave:** Simulación Termodinámica, Ciclo Rankine Orgánico, Ciclo Kalina, Aspen HYSYS y Recurso Geotérmico.

## Introducción

La mayor parte de la Republica Mexica está caracterizado por una gran actividad tectónica y volcánica que ha tenido lugar desde hace varias decenas de millones de años hasta el presente. Esta actividad invariable ha dejado su huella a lo largo de todo el país en forma de sistemas volcánicos y sistemas hidrotermales tanto fósiles como activos. La actividad tectonovolcánica genero una gran fuente riqueza como son los recursos geotérmicos [1]. Debido a que los recursos geotérmicos de baja entalpía se encuentran asociados a zonas con características geológicas muy particulares, es necesario realizar una serie de estudios específicos, siguiendo una guía o metodología integral para la evaluación de su potencial y su factible explotación en la generación de energía o su uso directo [2]. En México el desarrollo de la geotermia se ha concentrado en aplicaciones de gran escala, en las que se utilizan los recursos encontrados a grandes profundidades y con altas temperaturas para generar electricidad, con lo que el país ha alcanzado el cuarto lugar mundial en capacidad instalada, con más de 1,000 MW, solo detrás de Estados Unidos, Filipinas e Indonesia [3].

Sin embargo, la geotermia de baja entalpía representa una oportunidad para impulsar la diversificación de fuentes primarias de energía, combatir el cambio climático y fomentar el desarrollo sustentable de nuestro país, al aprovechar un recurso energético sin huella ambiental, que hasta la fecha ha sido prácticamente ignorado y que encierra un amplio potencial [2]. En este estudio se enfocó al estado de Baja California, en donde se tomó como caso de estudio la Central Geotérmica Cerro Prieto, ubicado en el municipio de Mexicali, que es la principal planta geotermoeléctrica a nivel nacional. El campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) es un campo de líquido dominante, localizado en la parte

<sup>1</sup> El Dr. Emilio Hernández Martínez es profesor de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [emilio.hernandez.martinez@uabc.edu.mx](mailto:emilio.hernandez.martinez@uabc.edu.mx). (autor corresponsal).

<sup>2</sup> El M. en E. Miguel Ángel Ávila Puc es profesor de tiempo completo y encargado de talleres de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [avilam75@uabc.edu.mx](mailto:avilam75@uabc.edu.mx).

<sup>3</sup> Pedro Iván Aranda Espinoza es alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [pedro.aranda@uabc.edu.mx](mailto:pedro.aranda@uabc.edu.mx).

<sup>4</sup> Diego Armando Blas Jáuregui es alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. [diego.blas@uabc.edu.mx](mailto:diego.blas@uabc.edu.mx).



norroeste de México cerca de la frontera con Estados Unidos. Es el campo productor más importante de la República Mexicana con 720 MW de capacidad eléctrica instalada. El campo alberga más de 200 pozos cuyas profundidades se encuentran entre 1250 m y 3550 m; de ellos aproximadamente 160 son productores y 7 son inyectores. Para facilitar la administración del campo, este se ha dividido en cuatro áreas conocidas como Cerro Prieto I (CP I), al oeste de la vía del tren; Cerro Prieto II (CP II) al sureste; Cerro Prieto III (CP III) en la parte norroeste y Cerro Prieto IV (CP IV) [4].

El presente trabajo tiene como objetivo principal la comparación de los diferentes ciclos empleados en la generación de energía de la planta geotérmica Cerro Prieto, realizando tres modificaciones a ciclos termodinámicos Kalina, Simple Flash – Ciclo Rankine Orgánico (SF–ORC) y Orgánico Doble Flash – Ciclo Rankine Orgánico (DF–ORC). Al ser ciclos termodinámicos de alta complejidad hizo necesario echar mano de la simulación para el análisis del comportamiento de los fluidos empleados para el funcionamiento de los sistemas termodinámicos. Estos serán analizados con la ayuda del software Aspen HYSYS el cual es un sistema de modelado de procesos que está orientado a la industria de la Ingeniería.

### Antecedentes

En enero de 1956 se produjo vapor, por primera vez, en el campo experimental de Pathé, Hidalgo; este hecho motivo a que el gobierno federal, por decreto el 31 de diciembre de 1956, expidieran la ley reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 constitucional en material de aguas del subsuelo, por los cuales quedaron asignadas a la nación las aguas con temperaturas mayores a 80 C, con preferencia de uso para la comisión federal de Electricidad (CFE). Este organismo, por conducto de la Comisión Nacional de Energía Geotérmica, estableció la primera planta geotermoeléctrica de América Latina en aquel sitio, el 20 de noviembre de 1959 [5].

En Baja California se registró la zona Cerro Prieto, formada por eriales y pantanos, y en la que era frecuente, sobre todo en invierno la presencia de escapes de vapor natural y lagunas hirvientes de agua y lodo, según ocurre en la Laguna Vulcano. En 1957 se iniciaron los estudios, en 1959 se perforo el primer pozo exploratorio, en 1964 se confirmó que el recurso era comercialmente aprovechable y el 3 de enero de 1973 se inició la generación de energía eléctrica con unidades de 37.5 MW cada una; es decir, 75 MW. De 1976 a 1978 se duplico la capacidad con otros dos turbogeneradores, a los que se añadió, a principios de 1981, otro de 30 MW, para hacer un total de 180 MW, integrados en la planta cerro prieto I. Hasta en 1982 se habían explorado en detalle 12 km<sup>2</sup>, en una superficie que podría ser de 60 km<sup>2</sup>.

En ese año la CFE creo la generación de proyectos Geotermoeléctricos (GPE), cuya función comprende la exploración geológica, geofísica y geoquímica, la perforación de pozos, la evaluación y el modelo matemático de los yacimientos, las pruebas de estos, los estudios de factibilidad y el diseño de las instalaciones y centrales [2]. En la actualidad Cerro Prieto es el campo geotérmico más desarrollado del País y uno de los más estudiados del mundo. El conocimiento sobre su comportamiento es resultado de una enorme cantidad de estudios continuos realizados por la comisión federal de Electricidad (CFE) y por investigadores de otras instituciones.

### Central Cerro Prieto (Mexicali, B.C.)

El campo geotérmico de Cerro Prieto (figura 1), el mayor de los cuatro campos mexicanos en explotación comercial, comprende una superficie de 18 km<sup>2</sup>, aunque las reservas del yacimiento en el subsuelo se extienden hasta cubrir otros 50 km<sup>2</sup>, se ubica en una cuenca de tipo transdimensional producida entre 2 fallas laterales activas pertenecientes al sistema de San Andrés: la falla Cerro Prieto y la falla Imperial. El subsuelo de esa cuenca, el proceso de adelgazamiento de la corteza continental ha generado una anomalía térmica, que es la que finalmente aporta el calor del sistema geotérmico. En la actualidad la CFE opera en cerro prieto 163 pozos productores y once pozos inyectores, con los que se producen 6070 t/h de vapor que se extraen conjuntamente con 8000 t/h de agua geotérmica [6].



Figura 1: Campo Geotérmico de Cerro Prieto

### **Funcionalidad de la Central Cerro Prieto**

La mezcla de agua y vapor que fluye en cada pozo se envía a un equipo que separa el agua del vapor de tipo cíclico, instalado en la plataforma del pozo o en una plataforma de separación. La mezcla entra en este separador de manera helicoidal con respecto al cuerpo del equipo, induciéndole una fuerza centrífuga que separa las 2 fases. El agua por tener mayor densidad adquiere mayor inercia que la del vapor, se pega a la pared del separador y por acción de la gravedad cae en la parte inferior del equipo. El vapor separado fluye por la parte superior a través de un tubo central, para enviarse a la turbina por medio de un vapor ducto diseñado y construido de acero al carbón y asilado térmicamente. Antes de ingresar a la turbina, el vapor se pasa a un equipo secador para eliminar la humedad residual que aun pudiera contener como producto de la condensación que se produce en los ductos durante el trayecto desde los pozos. La eficiencia de separación que se logra en estos equipos secadores es superior al 99%. El vapor seco resultante pasa a la turbina en donde, debido al salto entálpico que se produce por las diferentes condiciones de presión en la entrada y a la salida de la misma, se convierte en energía mecánica que se hace girar al generador eléctrico acoplado a la turbina, el cual por fenómenos electromagnéticos produce la energía eléctrica. El vapor utilizado y descargado por la turbina, es enviado hacia el condensador para formar parte del agua de circulación del sistema de enfriamiento. El agua de circulación (agua caliente) que sale del condensador, es bombeada hacia la torre de enfriamiento para reducir su temperatura (agua fría) y poder utilizarla para condensar el vapor descargado de la turbina, estableciéndose así el ciclo de enfriamiento. La mayor parte de esta agua fría o de enfriamiento que se toma de la pileta de la torre, se utiliza para condensar el vapor proveniente de la turbina y de los eyectores del sistema de extracción de gases; la otra parte se utiliza para el enfriamiento de los sistemas auxiliares y de servicio que conforman la central [6].

### **Funcionalidad del Ciclo Simple Flash, Ciclo Doble Flash y Ciclo Kalina**

Existen diferentes tipos de tecnologías para generar electricidad mediante la energía geotérmica. Entre las cuales se encuentran los Ciclos Simple Flash – ORC, Doble Flash – ORC y Kalina, Los dos primeros ciclos son destinados a yacimiento es de alta temperatura, con recuperación de calor con un fluido orgánico [7], [8], [9]. Mientras que el tercero es destinado para yacimientos de baja temperatura.

Los Ciclos Simple Flash y Doble Flash, las características de ambos, está en el uso de sistema de separación de fases que funciona a baja presión. Cuando el fluido geotérmico presenta mayor cantidad de fase líquida que vapor, es introducido a un separador de fases, que genera la separación de estas produciendo un flujo de vapor que es utilizado en la turbina y la fase líquida es reinyectada en el reservorio [10]. Por otra parte, en el ciclo doble flash consiste en que el fluido geotérmico se obtiene del pozo de producción y es llevado al separador de fases, donde se separa el vapor que es conducido a la turbina para generar un potencial que luego es conducido por las torres de alta tensión, pero el agua resultante del primer separador es reinyectada a un segundo separador en donde el vapor generado se conduce a la turbina y el agua residual se transfiere al pozo de inyección para entrar al reservorio. El vapor que sale de la turbina es enfriado en el condensador utilizando las torres de enfriamiento, y luego es reinyectado junto con el fluido geotérmico fase líquida separada.

La tecnología de ciclo binario mostradas en la figura 2 a), b) y c), comprende las plantas de Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) y Kalina. La primera se caracteriza por utilizar un fluido de trabajo orgánico, mientras que la planta

Kalina utiliza un fluido de trabajo de amoniaco–agua, cuya mezcla permite adaptarse a las condiciones de presión y temperatura del fluido geotérmico. El procedimiento de ambas es similar, donde el sistema presentado trabaja en ciclo cerrado, y el fluido geotérmico sólo cede su calor mediante un intercambiador de calor (recuperador de calor) al fluido de trabajo, sea orgánico o amoniaco–agua, y luego es reinyectado al reservorio. Mientras que el fluido de trabajo, al tener menor temperatura de ebullición que el fluido geotérmico, cambia de fase en el intercambiador de calor y es conducido a la turbina [10], [11].

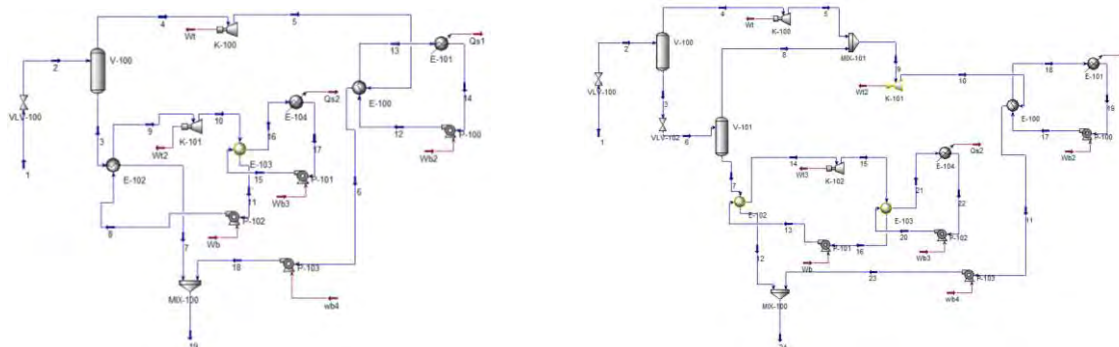
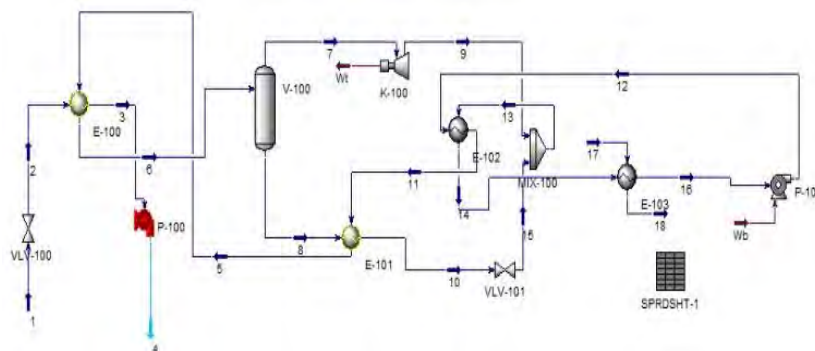


Figura 2: a) Simple Flash – ORC

b) Doble Flash – ORC



c) Ciclo Kalina

### Metodología de Análisis

Para el análisis termodinámico de los ciclos geotérmicos de Simple Flash – ORC, Doble Flash – ORC y Kalina se han aplicado a cada dispositivo termodinámico individual de la planta los siguientes fundamentos: Principios de conservación de la masa, Principio de la conservación de la energía (Primera ley de la termodinámica), Cambios de energía cinética y potencial son despreciables, Determinación de las propiedades termodinámicas del fluido de trabajo en cada estado y el Segundo principio de la termodinámica.

Single Flash - ORC:

$$\dot{w}_t = m_4(h_4 - h_5) \quad \dot{w}_{t2} = m_9(h_9 - h_{10})$$

$$\dot{w}_b = m_{11}(h_8 - h_{11}) \quad \dot{w}_{b2} = m_{14}(h_{12} - h_{14})$$

$$\dot{w}_{b3} = m_{17}(h_{15} - h_{17}) \quad \dot{w}_{b4} = m_6(h_{18} - h_6)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_t - \dot{w}_b = (\dot{w}_t + \dot{w}_{t2}) - (\dot{w}_b + \dot{w}_{b2} + \dot{w}_{b3} + \dot{w}_{b4})$$

$$\dot{q}_e = m_1(h_1 - h_{ambiente})$$

$$\eta_{t,SFORC} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

Doble Flash – ORC:

$$\dot{w}_t = m_4(h_4 - h_5) \quad \dot{w}_{t2} = m_9(h_9 - h_{10})$$

$$\dot{w}_{t3} = m_{14}(h_{14} - h_{15})$$

$$\dot{w}_b = m_{16}(h_{13} - h_{16}) \quad \dot{w}_{b2} = m_{19}(h_{17} - h_{19})$$

$$\dot{w}_{b3} = m_{22}(h_{20} - h_{22}) \quad \dot{w}_{b4} = m_{11}(h_{23} - h_{11})$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_t - \dot{w}_b = (\dot{w}_t + \dot{w}_{t2} + \dot{w}_{t3}) - (\dot{w}_b + \dot{w}_{b2} + \dot{w}_{b3} + \dot{w}_{b4})$$

$$\dot{q}_e = m_1(h_1 - h_{ambiente})$$

$$\eta_{t,DFORC} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

Kalina:

$$\dot{w}_t = m_7(h_7 - h_9)$$

$$\dot{w}_b = m_{16}(h_{12} - h_{16}) \quad \dot{w}_{b2} = m_3(h_4 - h_3)$$

$$\dot{w}_{neta} = \dot{w}_t - \dot{w}_b = (\dot{w}_t) - (\dot{w}_b + \dot{w}_{b2})$$

$$\dot{q}_e = m_2(h_2 - h_3) = m_5(h_6 - h_5)$$

$$\eta_{t,Kalina} = \frac{\dot{w}_{neta}}{\dot{q}_e} = 1 - \frac{\dot{q}_s}{\dot{q}_e}$$

### Simulación termodinámica

Aspen HYSYS es la solución de modelado de procesos líder del mercado que proporciona grandes beneficios económicos a lo largo del ciclo de vida de la ingeniería de procesos. Trae la potencia de la simulación de procesos y la optimización a su escritorio, y ofrece una combinación única de la tecnología de modelado y facilidad de uso. Aspen HYSYS permite a las empresas e instituciones educativas traer nuevas plantas y diseños al mercado más rápido y optimizar la producción para mayores márgenes de utilidad [12], [13]. El software Aspen HYSYS es una herramienta informática que nos va a permitir diseño de planta y optimización, análisis de margen en toda la planta para aumentar la rentabilidad, estudios de seguridad y operatividad, modelado de equipos y análisis económicos y optimización de la eficiencia energética mediante la ayuda de las diferentes herramientas con las que cuenta. En la actualidad todo el ingeniero debe de estar capacitados para poder diseñar y proponer mejoras en los sistemas de producción de energía mediante las competencias profesionales en el ámbito de paquetes computacionales adquiridos durante su formación.

### Análisis de resultados

A partir de las simulaciones realizadas en Aspen HYSYS a los Ciclos Simple Flash – ORC, Doble Flash – ORC y Kalina, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la Tabla 1, donde podemos identificar claramente que el Ciclo Doble Flash – ORC presentan una mayor producción de potencia neta y eficiencia térmica bajo las mismas condiciones de simulación termodinámica. Esto es debido a que se realizan dos separaciones y una recuperación de calor con un fluido orgánico.

Simulación de Aspen HYSYS			
	Simple Flash	Doble Flash	Kalina
$\dot{w}_{neta} (MW)$	26.82	27.67	3.36
$\dot{q}_e (MW)$	204.90	204.90	15.58
$\eta_t$	0.131	0.135	0.129

Tabla 1: Resultado Simulación Aspen Hysys

### Conclusiones

Las simulaciones termodinámicas predicen una producción de potencia neta de 26.82 y 27.67 MW para los Ciclos Simple Flash – ORC y Doble Flash – ORC. Mientras que para la el Ciclo Kalina predicen una producción de 3.36 MW. La eficiencia térmica (eficiencia de la Primera Ley), calculada sobre la potencia neta obtenida y el calor transferido del fluido geotérmico, para los ciclos Simple Flash – ORC, Doble Flash – ORC y Kalina es del 13.1 %, 13.5% y 12.9 % respectivamente, por lo que los ciclos ORC son termodinámicamente mejor que el ciclo de Kalina. Sin embargo, es necesario tener en cuenta además que, en la actualidad, sólo hay pocas centrales geotérmicas de ciclo Kalina en funcionamiento, aunque varios más están en construcción. Si bien existen informes de problemas durante la puesta en marcha y puesta en servicio de dichas centrales geotérmicas en el mundo que utiliza el ciclo Kalina, las centrales ORC siguen presentando una serie de ventajas, ya que son una tecnología madura con cientos de MW de varios tipos de plantas instaladas en todo el mundo. Debido a que las centrales de ciclos Simple Flash – ORC y Doble Flash – ORC son termodinámicamente mejor que las centrales de ciclo Kalina para las temperaturas dadas del agua geotérmica y dado los problemas que todas las nuevas tecnologías encuentran en su primera fase de aplicación, se propone la aplicación de plantas binarias utilizando el ciclo ORC para todas las fuentes geotérmicas de temperatura alta, media y baja temperatura en la península de Baja California.

### Referencias

- [1] G. Hiriart Le Bert, L. C. a. Gutiérrez Negrín, J. L. Quijano León, A. Ornelas Celis, S. Espíndola, and I. Hernández, "Evaluación de la Energía Geotérmica en México," p. 164, 2011.
- [2] Universidad Politécnica de Baja California, "EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPÍA DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO," p. 197, 2011.
- [3] Asociación Geotérmica Mexicana, "Geotermia.org.mx | Recursos geotérmicos," 2017. [Online]. Available: [http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page\\_id=688](http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page_id=688). [Accessed: 03-Oct-2017].
- [4] "A review of the hydrogeologic-geochemical model for Cerro Prieto," *Geothermics*, vol. 20, no. 1–2, pp. 39–52, Jan. 1991.
- [5] Luis Del Castillo G. and Alberto H. Comínguez G., "Teoría de la Información en Potenciales Gravimétrico y Magnético del Campo Geotérmico del Cerro Prieto, Mexicali B.C., México," *Boletín la Soc. Geológica Mex.*, 1977.
- [6] SEMARNAT and CFE, "Proyecto Geotermoeléctric Cerro Prieto V," 2007.
- [7] H. Zhai, L. Shi, and Q. An, "Influence of working fluid properties on system performance and screen evaluation indicators for geothermal ORC (organic Rankine cycle) system," *Energy*, vol. 74, no. C, pp. 2–11, Sep. 2014.
- [8] B. H. Edrisi and E. E. Michaelides, "Effect of the working fluid on the optimum work of binary-flashing geothermal power plants," *Energy*, vol. 50, no. 1, pp. 389–394, Feb. 2013.
- [9] F. Vélez, J. J. Segovia, M. C. Martín, G. Antolín, F. Chejne, and A. Quijano, "Comparative study of working fluids for a Rankine cycle operating at low temperature," *Fuel Process. Technol.*, vol. 103, pp. 71–77, Nov. 2012.
- [10] J. F. Rodríguez García, "Diseño de un Ciclo Amoniaco-Agua en la Estación de Compresión de Tivissa," Feb. 2010.
- [11] Z. Guzović, B. Majcen, and S. Cvetković, "Possibilities of electricity generation in the Republic of Croatia from medium-temperature geothermal sources," *Appl. Energy*, vol. 98, pp. 404–414, Oct. 2012.
- [12] M. K. A. Hamid, *Aspen HYSYS: An introduction to chemical engineering simulation : for chemical engineering undergraduate students.* .
- [13] M. E. Hanyak, *Chemical process simulation and the Aspen HYSYS v8.3 software.*



# COMPETENCIAS AMBIENTALES DE LOS DOCENTES DE UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN MÉXICO

Dora Argelia Hernández Martínez<sup>1</sup>, José Gpe. Melero Oláñez<sup>2</sup>, Argelia Melero Hernández<sup>3</sup> y  
José de Jesús Melero Hernández<sup>4</sup>

## Resumen

Este trabajo muestra el análisis de las actitudes, los valores y creencias ambientales que tienen los docentes de una Institución de educación superior en México. A través del análisis a las respuestas dadas, las actitudes (interés o preocupación para conservar el medio ambiente) y los valores (pautas que orientan el comportamiento en pro del medio ambiente) ambientales que tienen los docentes se considera que cuentan con una competencia ambiental media o cognoscitiva, en cambio las creencias ambientales (certeza de la conducta ambiental de las personas) se considera que tienen una competencia ambiental inicial o perceptual. En forma general, tanto los docentes como los demás sujetos de la Institución, aunque tienen intención de participar, tienen un área de oportunidad para implementar planes y programas en pro del medio ambiente, sobre todo se necesita un liderazgo institucional en la materia.

**Palabras clave**—actitudes, creencias, valores ambientales, medio ambiente, programas institucionales

## Introducción

Actualmente, uno de los problemas más fuertes que tenemos como humanidad es el deterioro ambiental lo cual lleva a un deterioro social, pues normalmente ningún problema se genera y/o se multiplica solo, en la actualidad todo cambia muy rápidamente. Los cambios acelerados de estos tiempos, los avances tecnológicos, el acceso a la información han impactado y cambiado nuestros estilos de vida a nivel mundial, han modificando nuestras creencias, nuestras costumbres y nuestros valores.

La escuela y en especial las Instituciones de Educación Superior (IES), encargadas de formar a quienes son el presente y serán los protagonistas del porvenir, deben replantearse sus objetivos, a la luz de los nuevos paradigmas, tanto como los contenidos que deberán transmitir como los métodos más eficientes para hacerlo. Así pues, estamos en el “siglo de la transición” porque los cambios que se han venido gestando desde hace casi un siglo, en este siglo XXI terminarán por consolidarse, de una manera u otra, el presente siglo nos está marcando la aguja del no-retorno. Ya no podemos esperar más a que los avances tecnológicos “salven” con todo el poder de la tecnología a nuestro planeta, pues se ha visto que entre más avance tecnológico, existe más depredación de los recursos naturales además de cambios drásticos en nuestro medio ambiente.

El cambio que podemos esperar para revertir la situación no necesariamente es tecnológico solamente, sino de ACTITUD, o sea de cambios en nuestra conducta, en nuestras creencias y a un verdadero compromiso por hacer y decir las cosas que nos lleven a tomar las riendas de nuestras vidas. Este cambio, por sus implicaciones tanto prácticas como teóricas vendrá de los lugares donde el pensar y el actuar se dan natural, esto es, en las IES, son en estas donde se permite promover el pensamiento crítico-constructivo mucho más amplio que en cualquier otro lugar.

## Objetivo

- Analizar las conductas, actitudes y creencias ambientales de los docentes de la IES

**ANUIES:** Las competencias ambientales en la educación superior “son las que pretenden que los miembros de las IES adquieran, construyan, analicen, apliquen, desarrollen y difundan conocimientos, principios, habilidades, hábitos y valores, con el fin de contribuir a la conservación y uso sustentable de los recursos naturales y energéticos, así como a la prevención, mitigación y solución de los problemas ambientales”.

## Docentes

<sup>1</sup> Mtra. Dora Argelia Hernández Martínez es coordinadora de Química y profesora de Matemáticas en el Tecnológico Nacional de México/ITMexicali, B.C. [dora@itmexicali.edu.mx](mailto:dora@itmexicali.edu.mx)

<sup>2</sup> José Gpe. Melero Oláñez es coordinador de Ingeniería Renovables y profesor de Matemáticas y Medio ambiente en el Tecnológico Nacional de México/IT de Mexicali, B.C. [brechista@gmail.com](mailto:brechista@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>3</sup> Mtra. Argelia Melero Hernández, es profesora de asignatura del Dibujo y matemáticas en el Tecnológico Nacional de México/ITMexicali, B.C. [argelia\\_87@hotmail.com](mailto:argelia_87@hotmail.com)

<sup>4</sup> José de Jesús Melero Hernández, es estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Mexicali, B.C. [jomel22@hotmail.com](mailto:jomel22@hotmail.com)

Si un docente está motivado, tanto para impartir una clase como para promover la educación ambiental o cualquier otro tema que la institución proponga, el trabajo con los alumnos se realizará de manera más efectiva (Hernández, et al 2000). Es importante entender que son ellos, los docentes, los que están frente al grupo diariamente, son ellos los que tienen la gran oportunidad de motivar y promover buenos hábitos de estudio, de participación social, etc., por lo que es indispensable su participación en un programa de intervención que coadyuve a generar en sus estudiantes un cambio de mentalidad con respecto al medio ambiente.

### **Descripción del Método**

#### *Identificación de las variables de estudio*

Para identificar las competencias de los docentes se trabajó con cuatro categorías:

#### *VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS*

Esta variable permite precisar las características sociales de los sujetos de estudio tales como la edad, el sexo y lugar donde vive, estas características condicionan su conducta ante su entorno, como lo mencionan Sarabia y Pascual (2010).

#### *Actitudes ambientales*

Esta variable está definida como el interés y/o preocupación de los individuos para conservar el medio ambiente y tiene mucho que ver con las creencias y los valores ambientales. Bolívar (2005) la define como las creencias, sentimientos e intenciones de conducta en pro del ambiente, Morales (2001) centraliza su concepto como rasgos de influencia mutua y De Castro (2001) la define como una influencia sobre la conducta humana que afecta a los recursos naturales y a la calidad del medio, la idea principal sobre las actitudes es la necesidad de conservar y proteger el medio ambiente.

#### *Creencias ambientales*

Esta variable define la certeza que un individuo particularmente tiene acerca del manejo de residuos sólidos. Partiendo de las actitudes ambientales, esta variable y la siguiente, como lo mencionan Corraliza y Berenguer (2000), son determinantes de la conducta ambiental de las personas y tienen que ver con la austeridad (limitación del consumo de recursos), la conservación (la forma de optimizar dichos recursos) y con el despendio material o necesidad de favorecer el consumo ante cualquier restricción.

#### *Valores ambientales*

Esta variable está definida como las referentes o pautas que orientan el comportamiento hacia el manejo de residuos sólidos, De Groot y Steg (2008) mencionan que los valores influyen directamente sobre la intención de realizar diversas conductas en pro del medio ambiente, por lo que si un individuo está orientado a lo Biosférico (acciones en pro de la naturaleza), su conducta proambiental tendrá una consecuencia positiva hacia el medio ambiente.

#### *Forma de analizar los datos*

Para analizar la información e identificar el grado de competencia ambiental de los docentes de la Institución, se diseñó una escala “de competencias ambientales” con diferentes niveles que contengan:

*Sin competencia ambiental.*- aquellos miembros de la Institución que se encuentren en un nivel así, serán aquellos que tienen nula o muy poca información y formación acerca del medio ambiente.

*Competencia ambiental inicial o perceptual.*- Las personas que aquí se ubiquen indica que tienen información y perciben que hay un problema ambiental, pero no son capaces de formarse en esta área.

*Competencia ambiental media o cognoscitiva.*- En este nivel las personas tienen información y formación acerca del manejo de la problemática ambiental, además están preocupadas por las consecuencias del mal manejo de esta y generalmente buscan como solucionarlo.

*Competencia ambiental activa o Buena Competencia ambiental.*- Este nivel indica que las personas están bien formadas e informadas acerca de la problemática ambiental, que los llevarán a realizar acciones en pro de manejo responsable de esta.

### **Resultados**

#### *Características sociodemográficas*

La figura 1 muestra las características sociodemográficas de los docentes encuestados, donde una tercera parte de ellos está en una edad entre 51 a 56 años.

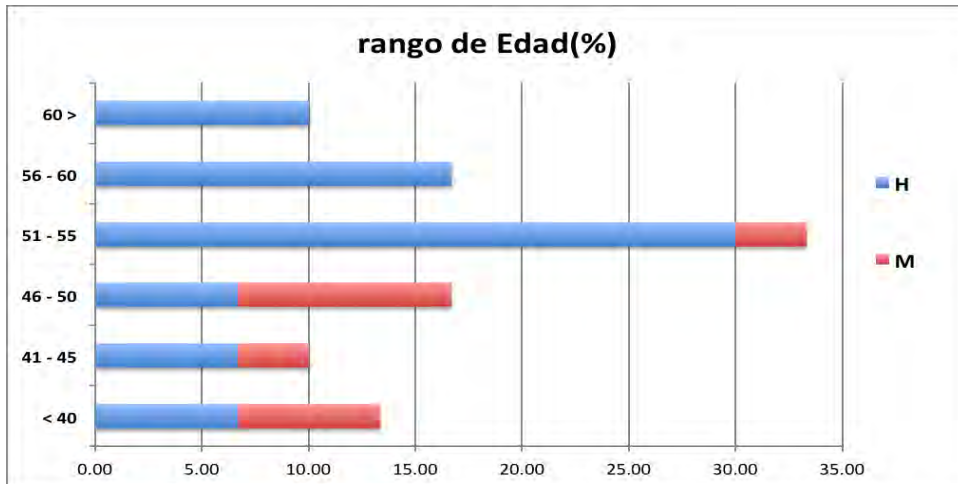


Figura 1: Edad de los docentes encuestados (%)

La distribución entre los docentes en relación a su genero y estrato, lo presenta la figura 2, donde un 77% de ellos es hombre y el 23% son mujeres. El estrato comprende de 83% de nivel medio y un 17% de nivel alto.

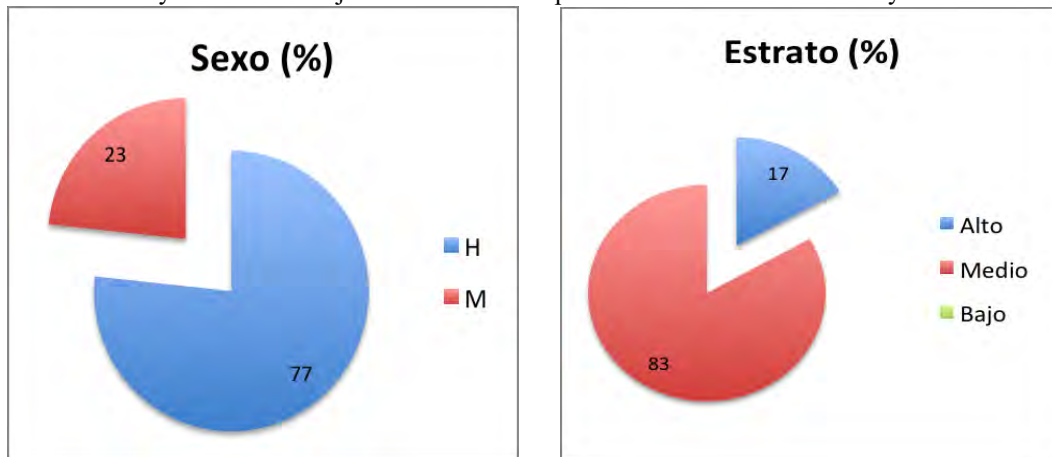


Figura 2: variable sociodemográfica de los docentes (%)

**Actitudes ambientales**

La figura 3 muestra los resultados de las opiniones de los docentes en esta variable, la cual indica que están dispuestos a realizar acciones en beneficio del manejo de los residuos sólidos, la figura muestra también que no conocen mucho del tema (actitudes cognitivas) pero si están dispuestos a trabajar en ello (conativas).

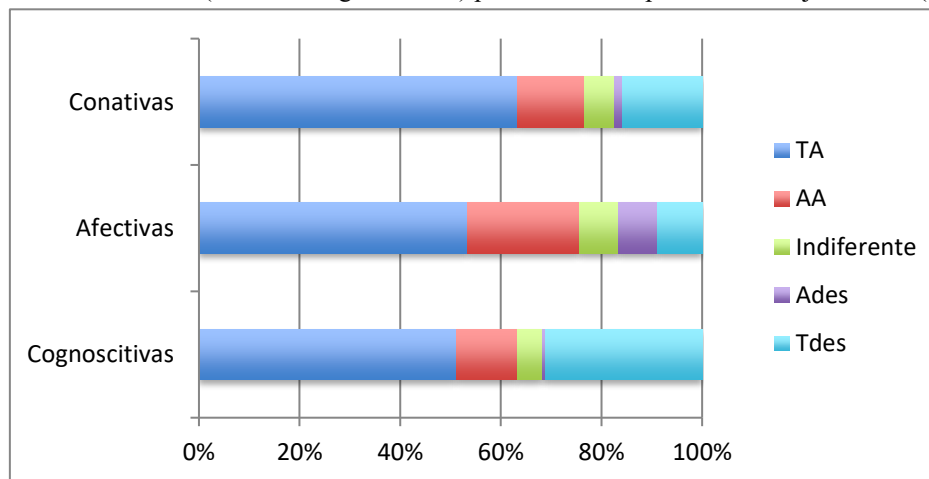


Figura 3: interés de los docentes por conservar el medio ambiente (%)

### Creencias ambientales

Los docentes creen que siendo austeros en el consumo del uso de los recursos ayuda más al manejo de los residuos sólidos que la conservación de ellos (figura 4), además la mayoría está de acuerdo que el dispendio material no ayuda al manejo de los residuos sólidos en forma eficiente.

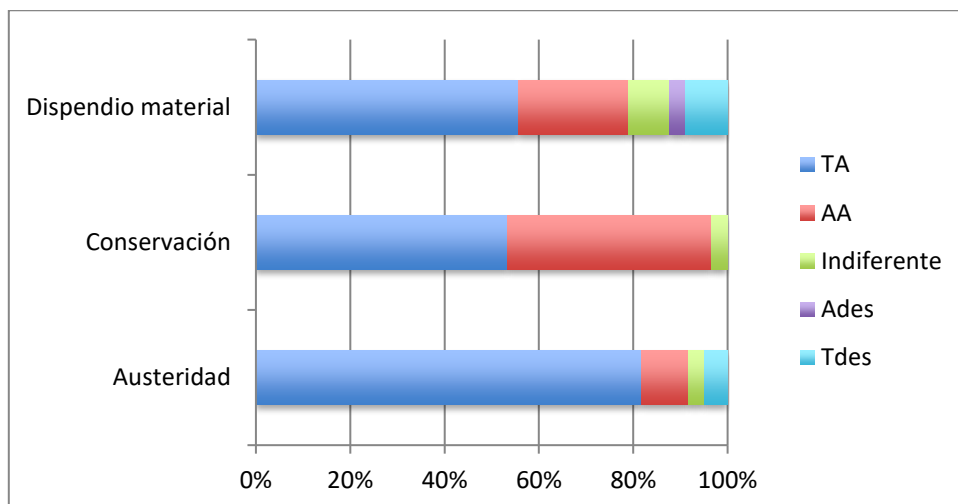


Figura 4: conducta ambiental de los encuestados (%).

### Valores ambientales

Los docentes piensan, como lo muestra la figura 5, que los valores altruistas son mejor que los valores biosféricos, además, un buen número de ellos, está en desacuerdo que los valores egoístas deben prevalecer.

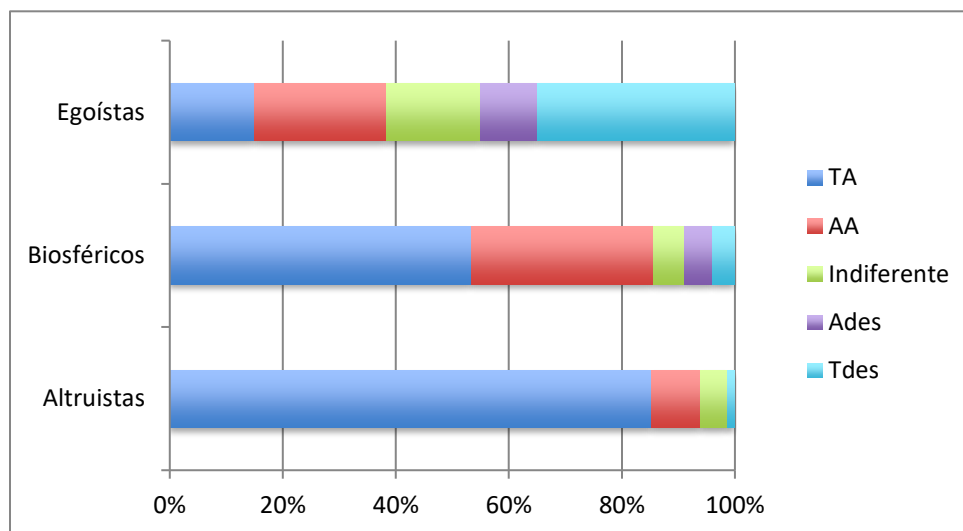


Figura 5: comportamiento en pro del medio ambiente

## CONCLUSIONES

### Actitudes ambientales

Las respuestas dadas a las preguntas de esta variable se consideran **aceptables**; conocen el símbolo del reciclaje, están de acuerdo que que la formación ambiental debe ser obligatoria, les preocupa que la basura depositada fuera de los depósitos dañen la imagen de la institución por lo que están dispuestos a reducir los impactos al Medio Ambiente participando en alguna actividad. Sus áreas de oportunidad son el que solo el 63% está enterado que la institución cuenta con un programa de Manejo Residuos Sólidos, no conocen o conocen parcialmente el significado de las 3 R's, de la misma forma no están seguros si las materias que imparten cuidan el medio ambiente.

### Creencias ambientales

Las respuestas dadas a las preguntas de esta variable se consideran aceptables en un nivel medio.

Están de acuerdo en:

- la contaminación afecta,
- ahorrar en los consumos de productos ayuda al MA,
- el 63% conoce y está dispuesto a apoyar y programar acciones personales sobre residuos sólidos.

Sus áreas de oportunidad son:

- optimizar recursos en forma proactiva
- no están dispuestos a limitarse si tienen los recursos para adquirir productos,
- no están enterados si la institución cuenta con un programa de MRS, y,
- les es indiferente si la institución tiene desperdicio de material y equipo

### Valores ambientales

Los docentes encuestados están completamente de acuerdo en la campaña institucional “Día por el Tec”, aceptan que no solo se deben proteger los recursos propios, además entienden que como ciudadanos debemos evitar contaminar porque la naturaleza por si sola no purifica la contaminación excesiva, también están de acuerdo en participar en un programa de MRS porque esto contribuye a la calidad de vida, evita la contaminación y es saludable para los demás. No perciben que la institución fomente en forma regular el cuidado de áreas verdes. Los datos anteriores indican que la institución tiene un área de oportunidad en cuanto a la implementación de planes y programas de gestión integral de los residuos que se generan.

El instrumento llevado a cabo con la población docente muestra en la respuesta de la mayoría de sus ítems que conocen y están dispuestos a llevar a cabo acciones dentro y fuera de la institución a favor del medio ambiente. Algunos contestaron que no conocen si en la institución se están llevando a cabo campañas de manejo de residuos sólidos, pero están dispuestos a participar en ellas, sus fortalezas y áreas de oportunidad se pueden apreciar en al tabla 1.

	Fortalezas	Áreas de oportunidad
Docentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tienen conocimiento acerca de los residuos sólidos</li> <li>- Tienen expresiones de acción para el manejo de los residuos</li> <li>- Tienen preocupación por el bienestar de los demás</li> <li>- Tienen preocupación por la biosfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimizar en forma proactiva los recursos</li> <li>- Tienden a favorecer sus necesidades personales dejando en segundo termino las de los demás</li> <li>- Ser mas proactivos</li> <li>- Perciben que la institución no fomenta en forma regular el cuidado de las áreas verdes</li> </ul>

Tabla 1: fortalezas y áreas de oportunidad de los docentes

Con esto se busca que la sociedad se forme el manejo de los residuos sólidos y en general de todos los temas que involucran el medio ambiente, las IES tienen ante si una tarea compleja de buscar las formas y la metodología para la formación a sus estudiantes en todos los aspectos de su vida; el manejo de temas ambientales es un factor que influye en todas las facetas de la vida de una persona, no solo la académica, sino en toda la sociedad en general, por lo que es indispensable que el docente como primer contacto de estos, los oriente y-o capacite en la visión ambiental que la sociedad en general y el ANUIES propone y promueve en las IES.

### REFERENCIAS

- Corraliza José y Berenguer Jaime. Environmental Values, Beliefs, and Actions: A Situational Approach. Environment and Behavior. 2000. Pag. 832.
- Hernández Bernardo, Suarez Ernesto, Martínez-Torvisco Juan y Hess Stephany. The Study of Environmental Beliefs by Facet Analysis: Research in the Canary Islands, Spain. Environment and Behavior. 2000. Pág. 612.
- Sarabia Alegría José Ma. y Pascual Sáez Marta. Características sociodemográficas de las personas con doble cobertura sanitaria. Un estudio empírico. Fundación Mapfre 2010.
- De Castro Ricardo. Naturaleza y funciones de las actitudes ambientales. Publicado en Estudios de Psicología. 2001. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Morales Vallejo Pedro. Medición de actitudes en psicología y educación. Universidad Pontificia de Comillas/ICAI-ICADE. 2006. Madrid, España.
- De Groot Judith y Steg Linda. Value Orientations to Explain Beliefs Related to Environmental significant behavior: how to measure egoistic, altruistic, and biospheric value orientations. Environment and Behavior. 2008. Pag 330.
- Bolívar Antonio. El lugar de la ética profesional en la formación universitaria. Revista Mexicana de Investigación Educativa. 2005. Pág. 93.



# Supercómputo, Infraestructura de Alto Rendimiento para Desarrollo de Investigaciones Complejas de Especialización

Lic. Jaime Hernández Martínez<sup>1</sup>, Ing. Ricardo Santiago Villafuerte<sup>2</sup>,  
MC. Juan Manuel Olmos Aguilar<sup>3</sup> y Lic. Diego Armando Ortega Rico<sup>4</sup>

**Resumen**—El aumento de datos generados para entender la naturaleza, están impulsando el desarrollo de los sistemas centrados en datos y flujos de trabajo científicos integrados, las aplicaciones que dominan el software demandan mayor capacidad de cómputo de forma permanente en todos los campos del conocimiento. El supercómputo ha mantenido un desarrollo constante, se han producido proyectos de infraestructura de gran impacto, hablar de supercómputo es referirse a la realización de investigación, a través del uso de supercomputadoras. Los usuarios necesitan una infraestructura adecuada a las capacidades de una supercomputadora, en primer término, dispositivos de almacenamiento de largo plazo, así como el equipo necesario para el postprocesamiento y/o visualización de los datos. Con el incremento de las capacidades de las supercomputadoras, los científicos pueden estudiar con mayor detalle y precisión muchos fenómenos, lo cual tiene un impacto –directo o indirecto– en nuestro entendimiento del universo y en la forma en que vivimos.

**Palabras clave**—Software, Supercómputo, Supercomputadora

## Introducción

La definición más difundida del término datos grandes se refiere a conjuntos de datos que por su tamaño y complejidad resultan difíciles de procesar con herramientas computacionales actualmente disponibles para la administración de bases de datos o con mecanismos tradicionales de procesamiento de datos. En diversos países y contextos se ha expresado la necesidad de seguir manteniendo o impulsar más el desarrollo del supercómputo, por su importancia tanto en el avance científico y tecnológico, como en la economía, competitividad y seguridad de las naciones. En México, diversas organizaciones han llevado a cabo proyectos de supercómputo relevantes, que demuestran que el país puede ocupar un lugar competitivo en cuanto a capacidades de supercómputo.

El supercómputo es la suma de recursos de alto procesamiento de cómputo utilizado para atender diferentes herramientas que aportan a las investigaciones. Hablar de supercómputo es referirse a la realización de investigación, a través del uso de supercomputadoras, al tener grandes capacidades de procesamiento y almacenamiento, aceleran la entrega de resultados de las investigaciones, esta inmediatez puede provocar, a nivel global, un potenciamiento de descubrimientos y avances en distintas áreas de la ciencia.

## Descripción del Método

### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

A pesar de que son varias las instituciones que ofrecen servicios de supercómputo a través de centros especializados —la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) y el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (Ipcyt), por mencionar algunos—, en México no existe una infraestructura que califique como supercomputadora.

Ninguno de los equipos mexicanos califica dentro del proyecto Top500 Supercomputing Sites, el cual enlista las 500 supercomputadoras más potentes del mundo. Por otro lado, en México, el supercómputo es un área que no se ha dejado de lado, aunque con altibajos, algunas universidades hacen esfuerzos por aprovechar estas herramientas, fundamentales hoy en día.

La decisión para crear un centro de supercómputo debe estar respaldada por diferentes actores, entre estos, el gobierno estatal, municipal, la academia y la iniciativa privada. Antes de adquirir un equipo para crear un centro de

<sup>1</sup> Lic. Jaime Hernández Martínez es Instructor del curso de "Instalación de redes con cable UTP y fibra óptica" en el Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, Gto. (CRODE) [jmebond007@hotmail.com](mailto:jmebond007@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ing. Ricardo Santiago Villafuerte es Instructor titular Certificado del Curso "Diseño de aplicaciones Móviles para android" en el Centro Regional de Optimización y Desarrollo de equipo de Celaya, Gto (CRODE) [brinkiky@hotmail.com](mailto:brinkiky@hotmail.com)

<sup>3</sup> El M.C. Juan Manuel Olmos Aguilar es instructor de cursos "maquinado en CNC", "Catia", e "Inventor" que se imparte en Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, CRODE.

<sup>4</sup> Diego Armando Ortega Rico es Licenciado en Informática en el Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE) Celaya, Guanajuato e instructor titular de Cursos de Ofimática. Perteneció al Departamento de Asistencia Técnica y Mantenimiento, en el Área de Desarrollo de Software. Terminó sus estudios de maestría en Tecnologías web y dispositivos móviles en la Universidad de la Salle, Bajío. [diego.ortega@crodecelaya.edu.mx](mailto:diego.ortega@crodecelaya.edu.mx)

supercómputo de una institución, este debe ir en función de los proyectos que se realizarán y de los servicios que se planean ofrecer tanto a la comunidad académica como a otras instancias.

Representantes de la empresa Cadgrafics y la productora HuevoCartoon demostraron el potencial del supercómputo para revolucionar la industria del entretenimiento en México. Como parte del apoyo tecnológico requerido para llevar a las pantallas la tercera entrega de la serie animada HuevoCartoon en tecnología 3D, la productora se convirtió en el primer estudio en México y Latinoamérica en adquirir un render farm, un equipo de supercómputo (HPC, por sus siglas en inglés) de 100 servidores con infraestructura Dell y el equivalente a 3.200 cores o núcleos de la marca Intel.

Lo interesante de esto es el potencial del supercómputo para la industria del entretenimiento, la tecnología HPC cada vez tiene más y más aplicaciones y esto es sólo una muestra de las aplicaciones que tiene. Esto permite hacer la película en prácticamente la mitad del tiempo que se requiere. Esto demuestra que cada vez existe más demanda en este tipo de aplicaciones de alto rendimiento y en México hay más centros de estudios que cuentan ya con un equipo similar, como se aprecia en la figura 1 el incremento de equipos nuevos.

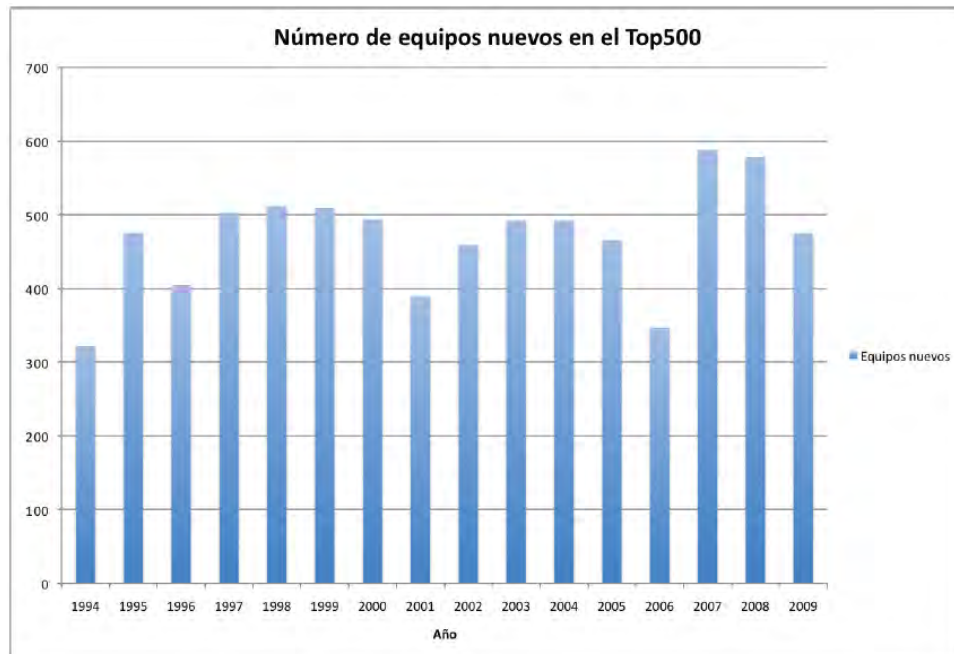


Figura 1. Número de supercomputadoras nuevas que se han añadido a la lista Top500 desde 1994.

El Laboratorio Nacional de Supercómputo del Sureste de México (LNS), ubicado la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se convertirá en el laboratorio más potente del país, para superar a los del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Dicho laboratorio cuenta con más de cinco mil núcleos de procesamiento, con una velocidad superior a los 150 teraflops, interconexión superior a 46 gigabytes por segundo y almacenamiento de mil terabytes. La grafica 2 muestra la lista del TOP500 del supercómputo.

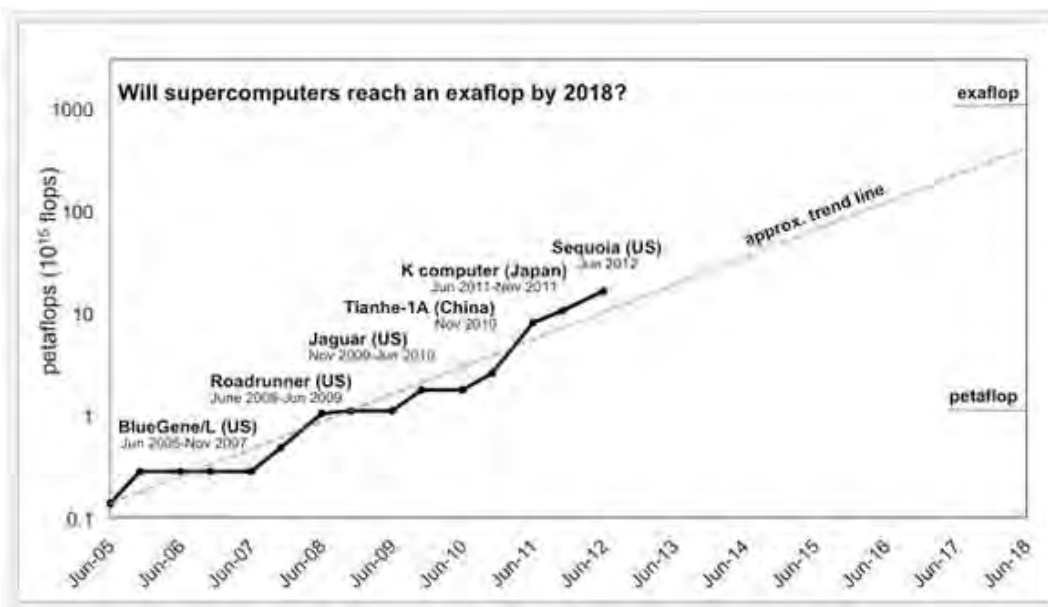


Figura 2. Las supercomputadoras del mundo.

En los últimos años, diversas instituciones en México han buscado, y están buscando, cerrar el rezago del país en materia de supercómputo. En particular, el CINVESTAV, la UAM y la UNAM. Otras entidades académicas, como el IPICYT, el CICESE y la Universidad de Sonora, también han establecido centros de cómputo de alto rendimiento. Otras han manifestado un gran interés en hacerlo.

### Comentarios finales

#### Resumen de resultados

El supercómputo ha mantenido un desarrollo constante. En los últimos años se han producido proyectos de infraestructura de gran impacto.

Una organización, debe contemplar una forma de medir el rendimiento que indique cuál es el mejor equipo para los propósitos que busca con su adquisición.

Para el año 2020 será difícil que un investigador sea productivo si no domina las herramientas de la computación avanzada. El equipamiento en este campo es muy importante, pero también lo es la formación de recursos humanos calificados.

Los avances en las tecnologías digitales de cómputo y comunicaciones han permitido una gran evolución en las aplicaciones de dichas tecnologías a la investigación científica y tecnológica.

#### Conclusiones

Contar con estas herramientas es fundamental para la investigación en México, que puede beneficiar áreas como la medicina, astronomía, farmacéutica, química, física, y hasta la cinematografía, entre otras. El supercómputo debe tener prioridad puesto que necesitamos que el país deje de depender de otros países. Necesitamos generar nuestro propio conocimiento.

Que exista colaboración entre los diferentes centros de investigación y universidades para crear un clúster de supercómputo competente en distintas áreas, buscando las fortalezas de cada grupo de trabajo. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) se reducirán los tiempos de investigación, implementando equipo de cómputo avanzado. Desarrollar estos conocimientos desde el nivel de preparatoria hasta el posgrado, con el fin de preparar a las nuevas generaciones de investigadores para realizar ciencia e ingeniería con supercómputo de gran escala.

La inversión para crear un centro de supercómputo debe pensarse también en función del mantenimiento de los equipos y de la formación de recursos humanos.

Este tipo de tecnología se vuelve prácticamente obsoleta luego de aproximadamente cuatro años, debido a la innovación tecnológica siempre presente en este sector, según comentaron los expertos.

### *Recomendaciones*

Capacidades tenemos muchas, hay que traer oportunidades y explotar esos talentos

Una vez que se tienen supercomputadoras e infraestructura adecuadas, es imperativo fomentar la adquisición de los conocimientos y las habilidades pertinentes para su aprovechamiento

Desarrollar software y herramientas para el aprovechamiento efectivo de la infraestructura, entre otros.

### **Referencias**

<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num3/art27/int27.htm>, Perspectivas del supercómputo en México.

<http://www.top500.org>, “Top500 supercomputersites”.

<http://cns.ipicyt.edu.mx>, “Supercómputo en el IPICYT”.

El Ph.D. José Castro Mora ha liderado en el TEC los estudios sobre computación avanzada.

<http://www.revista.unam.mx/vol.14/num2/art13/index.html>, “Supercómputo: aplicaciones y retos en la era digital ”

<http://www.losingess.com/2008/06/super-computadora-alcanza-el-petaflop.html>

### **Notas Biográficas**

El **Lic. Jaime Hernández Martínez** es instructor del curso de “Instalación de redes con cable UTP y fibra óptica” que se imparte en Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, CRODE, y tiene una certificación de cableado estructurado.

El **Ing. Ricardo Santiago Villafuerte** es instructor del curso de “Diseño de Aplicaciones Móviles para Android” que se imparte en Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, CRODE, y tiene una certificación de cableado estructurado.

El **M.C. Juan Manuel Olmos Aguilar** es instructor de cursos ”maquinado en CNC”, “Catia”, e “Inventor” que se imparte en Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya, CRODE.

**Diego Armando Ortega Rico** es Licenciado en Informática en el Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE) Celaya, Guanajuato e instructor titular de Cursos de Ofimática. Perteneció al Departamento de Asistencia Técnica y Mantenimiento, en el Área de Desarrollo de Software. Terminó sus estudios de maestría en Tecnologías web y dispositivos móviles en la Universidad de la Salle, Bajío.

# ANÁLISIS COMPARATIVO PARA CAPACIDAD DE PROCESO CON DATOS NORMALES MEDIANTE PERCENTILES E INTERVALOS DE CONFIANZA

Ing.Cindhia Guadalupe Hernández Miramontes<sup>1</sup>, M.C Manuel Darío Hernández Ripalda<sup>2</sup>,  
M.C Moisés Tapia Esquivias<sup>3</sup> y Dr. José Antonio Vázquez López<sup>4</sup>

**Resumen**— La capacidad o habilidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada; esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria. Un índice de capacidad de proceso determina si un proceso dado es capaz de cumplir con las especificaciones técnicas deseadas, representando la voz del cliente. Un valor bajo de un índice de capacidad de proceso indica que un proceso no es capaz. En este artículo se usó simulación Montecarlo con el objetivo de realizar un comparativo del cálculo de capacidad de proceso especialmente de los índices de capacidad Pp y Ppk con datos normales mediante la estimación de intervalos de confianza y la técnica de percentiles.

**Palabras clave**— Índices de capacidad de proceso, datos normales, percentiles, intervalos de confianza.

## Introducción

Los índices de capacidad de procesos (ICP) son un medio altamente efectivo de determinar la calidad del producto y desempeño del proceso. Entre muchos índices de capacidad de procesos desarrollados, Cp, Cpk, Cpm y Cpmk son los cuatro índices más populares bajo procesos distribuidos normalmente. (Valdiviezo Márquez & Simón Fermín, 2010) Sin embargo el Cp y el Cpk se pueden ampliar fácilmente a Pp y Ppk.

El objetivo de estas medidas estadísticas es estimar la variabilidad del proceso en relación con las especificaciones del proceso. Los índices de capacidad de proceso se clasifican en función de dos propiedades: 1) El número de características de calidad. 2) La distribución de estas características de calidad. (Amiri, Samani, Mogouie, & Doroudyan, 2014)

El cálculo de la capacidad de proceso se realiza con la ecuación 1, sabiendo que lo que se desea es evaluar el desempeño del proceso, conocido en calidad como el indicador Pp.

$$P_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde LES es el límite de especificación superior, LEI límite de especificación inferior y  $\sigma$  la desviación estándar (Caicedo Solano, Jiménez Bastidas, Vélez Carvajal, & Wilches Arango, 2015)

Un problema del índice Pp es que no toma en cuenta el centrado del proceso, por ello suele complementarse con el índice de desempeño real del proceso Ppk que se obtiene con la ecuación 2.

$$P_{pk} = \text{mínimo} \frac{\mu - EI}{3\sigma_L}, \frac{ES - \mu}{3\sigma_L} \quad \text{Ecuación 2}$$

<sup>1</sup> La I.B.Q. Cindhia Guadalupe Hernández Miramontes es estudiante de la maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México [cindhia\\_90@hotmail.com](mailto:cindhia_90@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El M.C. Manuel Darío Hernández Ripalda es profesor del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México [dario.hernandez@itcelaya.edu.mx](mailto:dario.hernandez@itcelaya.edu.mx)

<sup>3</sup> El M.C. Moisés Tapia Esquivias es profesor y jefe del departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México [moises.tapia@itcelaya.edu.mx](mailto:moises.tapia@itcelaya.edu.mx)

<sup>4</sup> El Dr. José Antonio Vázquez es profesor y subdirector académico del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México [antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx](mailto:antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx)

Dónde LES es el límite de especificación superior, LEI límite de especificación inferior (Gutiérrez Pulido, 2009)  
Los índices de capacidad de proceso pueden ser calculados bajo los supuestos de normalidad como se ha descrito anteriormente así también mediante el cálculo de percentiles en dónde la anchura del proceso se expande en el rango de percentiles 0.135 y 99.865. La ecuación 3 corresponde al cálculo del índice de capacidad Pp mediante percentiles.

$$Pp = \frac{USL - LSL}{Upper\ 0.9985\% - lower\ 0.135\% \text{centiles}} = \frac{USL - LSL}{U_p - L_p} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde  $L_p$  y  $U_p$  son los percentiles 0.135 y 0.9985 (Kovarik & Sarga, 2014)

Para calcular el índice tradicional Ppk ecuación 6 se requiere estimar previamente los índices de capacidad Ppi y Pps correspondientes a las ecuaciones 4 y 5, la media del proceso  $\mu$ , es estimada por la mediana M, y los valores de  $3\sigma$  son estimados por  $M - L_p$  y  $U_p - M$  respectivamente. Así se tienen las siguientes expresiones:

$$P_{Pi} = \frac{M - L}{M - L_p} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$P_{Ps} = \frac{U - M}{U_p - M} \quad \text{Ecuación 5}$$

Finalmente:

$$P_{Pk} = \text{Min}(P_{ps}, P_{pi}) \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde los valores U y L son los límites de especificación superior e inferior respectivamente. (Valdiviezo Márquez & Simón Fermín, 2010)

El intervalo de confianza describe la variabilidad entre la medida obtenida en un estudio y la medida real de la población (el valor real). Corresponde a un rango de valores, cuya distribución es normal y en el cual se encuentra, con alta probabilidad el valor real de una determinada variable. (Candia B & Caiozzi A, 2005)

### Descripción del Método

Se llevó a cabo la simulación del cálculo de los índices de capacidad de proceso Pp y Ppk mediante percentiles e intervalos de confianza a partir de datos distribuidos de forma normal con una media y desviación estándar conocida. Posteriormente se llevó a cabo el análisis comparativo del número de veces que se encuentra el valor estimado de estos índices de capacidad mediante percentiles dentro del intervalo de confianza construido

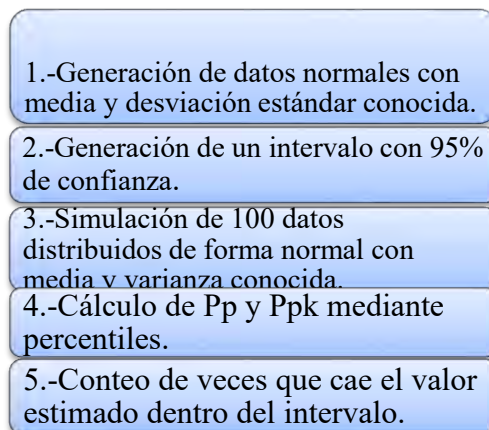


Figura 1. Método para probar hipótesis

1.-Generación de datos normales con media y desviación estándar desconocida: Para el desarrollo de este trabajo se propuso obtener datos de una distribución conocida. Se generaron 100 datos aleatorios procedentes de una distribución normal con media de 10 y desviación estándar de 1.



2.-Generación de un intervalo con 95% de confianza: Se generó un intervalo de confianza al 95% para estimar una media poblacional con base a una muestra aleatoria. El intervalo de confianza para la media poblacional ( $\mu$ ), se construye a partir de un estadístico muestral (la media muestral  $\bar{x}$ ) al que se le suma y resta la medida del margen de error, dependiendo del nivel de confianza elegido. Se utilizó la ecuación 6 para el cálculo del intervalo de confianza para la desviación estándar ( $\sigma^2$ )

$$\frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{\alpha/2}} < \sigma^2 < \frac{(n - 1)S^2}{\chi^2_{(1-\alpha/2)}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Posteriormente se llevó a cabo el cálculo del Pp y Ppk utilizando el intervalo de confianza para la desviación estándar que se muestra en la ecuación anterior.

3.-Simulación de 100 datos distribuidos de forma normal con media y varianza conocida: Se realizó la simulación de los datos para estimar las distribuciones de las variables de salida, las cuales dependen de las variables probabilísticas de entrada. La representación de los datos para este modelo de estudio se llevó a cabo mediante el método Montecarlo el cual es un procedimiento general para seleccionar muestras aleatorias de una población finita o infinita de la que se conoce su distribución de probabilidad mediante números aleatorios para la toma de decisiones.

4.-Cálculo índices de capacidad de proceso mediante percentiles: Se realizó el cálculo de índices de capacidad de proceso Pp, Ppi, Pps y Ppk mediante percentiles asumiendo normalidad utilizando las formulas descritas en las ecuaciones 3, 4, 5 y 6. Para llevar a cabo este cálculo se utilizó una especificación correspondiente a un intervalo inferior de 8 y un intervalo superior de 12

5.-Cuento de veces que se encuentra el valor estimado de capacidad de proceso mediante percentiles dentro del intervalo de confianza: Se realizó en análisis comparativo de capacidad de proceso mediante percentiles e intervalos de confianza para realizar el conteo correspondiente al porcentaje de veces que se encuentra el valor estimado de capacidad de proceso mediante percentiles dentro del intervalo de confianza construido.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

La generación de los 100 números pseudoaleatorios normales con media de 10, y desviación estándar de 1 fueron analizados en el programa Minitab. Se realizó un histograma para determinar el comportamiento de la distribución, a simple vista se observó una distribución aparentemente normal.

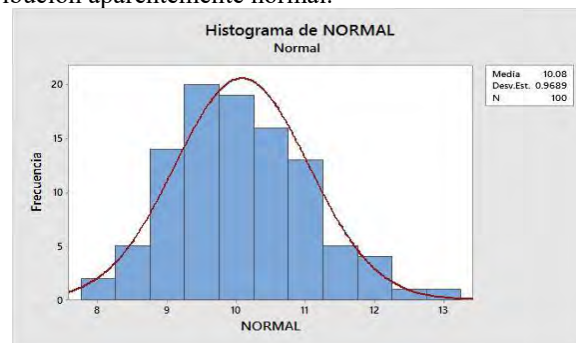


Figura 2. Histograma distribución normal

Media	Desviación estándar	Núm. de datos
10.08	0.9686	100

Tabla 1. Resultados obtenidos del histograma distribución normal

Pruebas de bondad de ajuste: Posteriormente se realizó un análisis para probar normalidad mediante la prueba Anderson-darling. En el caso de los datos generados de forma normal se obtuvo un valor p de 0.346 lo cual permitió aceptar la hipótesis nula la cual dice que los datos siguen una distribución especificada. En la figura 2 se observa que la distribución se ajusta a los datos.

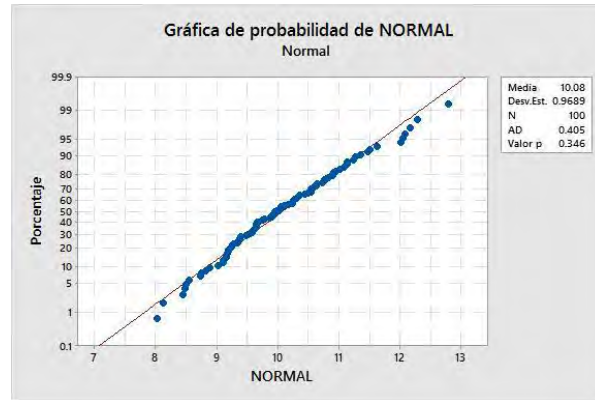


Figura 3. Prueba de Anderson-Darling para datos distribuidos de forma normal.

Al realizar el análisis comparativo del cálculo del índice de capacidad Ppk, se observó que se tiene una media poblacional en un porcentaje de 38% lo que nos representa el número de veces que se encuentra el índice de capacidad estimado Ppk mediante percentiles dentro del intervalo confianza construido.

Comparación de un valor Ppk con varianza estimada por intervalos y percentiles			
	Intervalo inferior	Intervalo superior	Prueba lógica percentil-intervalo
1000	0.566081135	0.748971891	1
Mean	0.556364079	0.736115427	0.38
Standard error	0.001347592	0.001782976	0.015349267
Median	0.555274257	0.734673502	0
Standard deviation	0.042614615	0.056382639	0.485386444
Variance	0.001816005	0.003179002	0.2356
Skewness	0.125227885	0.125227885	0.494451386
		Porcentaje	38

Tabla 2. Comparativo del cálculo del índice de capacidad de proceso Ppk mediante percentiles e intervalos de confianza.

Del mismo modo se realizó el análisis comparativo del cálculo del índice de capacidad Pp utilizando los mismos datos del procedimiento del cálculo del índice de capacidad Ppk en este caso se observó que se tiene una media poblacional en un porcentaje de 21.9% lo que nos representa el número de veces que se encuentra el índice de capacidad estimado Pp mediante percentiles dentro del intervalo confianza construido.

1000	0.604041853	0.799197042	1
Mean	0.576464921	0.762710493	0.219
Standard error	0.001334503	0.001765657	0.013078188
Median	0.572565901	0.757551769	0
Standard deviation	0.042200688	0.055834981	0.413568616
Variance	0.001780898	0.003117545	0.171039
Skewness	0.522923541	0.522923541	1.358903888
Kurtosis	3.424019677	3.424019677	2.846619777
		Porcentaje	21.9

Tabla 3. Comparativo del cálculo del índice de capacidad de proceso Pp mediante percentiles e intervalos de confianza.

### Conclusiones

Al realizar el análisis comparativo para el cálculo de los índices de capacidad de proceso Pp y Ppk mediante percentiles e intervalos de confianza se pudo observar que el porcentaje obtenido en el cálculo del índice de capacidad Pp es más bajo, lo que nos permite concluir que el método de percentiles es muy pobre en ambos casos pero lo es más aún para el cálculo del índice de capacidad de proceso Pp.

### Recomendaciones

Al realizar el análisis comparativo del cálculo de los índices de capacidad de proceso Pp y Ppk mediante percentiles e intervalos de confianza se concluyó que el método de percentiles es muy pobre por lo cual se recomienda recurrir a otro tipo de métodos alternativos que permitan obtener un mejor cálculo de estos índices de capacidad.

### Referencias

- Amiri, A., Samani, E. B., Mogouie, H., & Doroudyan, M. H. (2014). A process capability index for mixed binary-normal quality characteristics. *Int. J. Quality Engineering and Technology*, 4(1), 66-80.
- Caicedo Solano, N. E., Jiménez Bastidas, E., Vélez Carvajal, S., & Wilches Arango, M. (2015). Metodología para cálculo de un indicador de capacidad de procesos multivariado para sistemas de gestión integrados. *Revista Universitaria RUTA*, 17(1), 21-30.
- Candia B, R., & Caiozzi A, G. (2005). Intervalos de confianza. *Rev Méd Chile*(133), 1111-1115.
- Gutiérrez Pulido, H. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Segunda ed.). México D.F: McGraw Hill.
- Kovarik, M., & Sarga, L. (2014). Process capability indices for non-normal data. *Wseas Transactions on Business and economic*, 11, 419-429.
- Valdiviezo Márquez, M. R., & Simón Fermín, J. (2010). Estimación de índices de capacidad de procesos usando la distribución generalizada de pareto. *Revista Ingeniería Industrial*, 9(2), 14.

### Notas Biográficas

- <sup>1</sup> La I.B.Q. Cindhia Guadalupe Hernández Miramontes es estudiante de la maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato (**autor corresponsal**).
- <sup>2</sup> El M.C. Manuel Darío Hernández Ripalda es profesor del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México. Tiene los grados de Ing. Industrial en producción y maestría en ciencias en investigación de operaciones.
- <sup>3</sup> El M.C. Moisés Tapia Esquivias es profesor y jefe del departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México. Tiene los grados de Ing. Industrial en producción y maestría en ciencias en sistemas y calidad.
- <sup>4</sup> El Dr. José Antonio Vázquez es profesor y subdirector académico del Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México. Es Doctor en Ciencia y Tecnología con especialidad en Ingeniería Industrial.

# EFECTIVIDAD DE UNA INFUSIÓN DE MANZANILLA EN LA DISMINUCIÓN DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN PACIENTES PORTADORES DE APARATOS FIJOS DE ORTODONCIA

Hernández Morales Cecilia<sup>1</sup>, Aguilera Longoria José Ignacio<sup>2</sup>, Sandoval Rivas Maria de Lourdes<sup>3</sup>, Villa Vega Eunice<sup>4</sup>, Ortiz Romero María Guadalupe<sup>5</sup>. Facultad de Odontología Unidad Torreon UA de C.

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto antibacteriano de la infusión de te Chamomile (manzanilla) en forma de infusión 10% , y Oral B (control) se obtuvo saliva no estimulada de 40 estudiantes portadores de aparatos fijos de ortodoncia con edad promedio de 22 años antes de enjuague bucal y después de 30 minutos; las muestras se sembraron en agar mitis salivarius bacitracina, después se contaron Unidades formadoras de saliva por mililitro de saliva (UFC/ML). El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante prueba de t de student y porcentajes (%) los resultados mostraron una disminución significativa de Streptococcus mutan con diferencia estadística significativa después de 30 minutos, manzanilla mostró un efecto bactericida de 72.54%, mientras que Oral B como control po (90.52%) por lo que se concluye que Chamimile (manzanilla) disminuye Streptococcus mutans en pacientes portadores de aparatos fijos de ortodoncia.

**Palabras clave ; Chamomile , Streptococcus mutans , aparatos fijos de ortodoncia ,efecto bactericida**

## Introduccion

## INTRODUCCIÓN

La aparatología ortodóntica fija es usada para aplicar fuerzas correctoras a dientes mal alineados<sup>1-4</sup>. Estos aparatos incluyen generalmente brackets que son cementados en la superficie vestibular de la corona de los dientes, y un arco de alambre principal, que se inserta dentro del bracket (ranura)<sup>5</sup>. Al alambre se le permite deslizarse dentro de éstos durante el movimiento para guiar el diente mientras se aplica cierta fuerza al bracket<sup>6</sup>.

Los tratamientos ortodónticos con aparatos fijos crea nuevas áreas de retención que en combinación con una mala higiene pueden convertirse en un factor de riesgo ya que proporcionan un ambiente adecuado para el desarrollo de la placa dentobacteriana, en bandas, brackets y alambres, aumentando considerablemente el riesgo de aparición de la caries dental y afectaciones gingivales en estos pacientes<sup>7-9</sup>.

La presencia de aparatos ortodónticos fijos hace más difícil la limpieza dental y predispone a la acumulación de placa dentobacteriana, especialmente entre los brackets y el margen gingival<sup>10</sup>.

Se ha demostrado que la ortodoncia fija incrementa la colonización de **S. mutans** y **Lactobacilos**, la placa dentobacteriana también aumenta con el tratamiento; las ligaduras plásticas favorecen la adhesión de bacterias en comparación<sup>1</sup> con las de alambre<sup>11</sup>.

Algunos estudios sugieren que hay un incremento significativo en la acumulación de patógenos alrededor de las bandas y brackets después de 6 meses de iniciado el tratamiento, a la vez que se presentan cambios en la composición bacteriana<sup>7,12</sup>.

El **Streptococcus mutans** sintetiza polisacáridos de moléculas grandes y desempeña un papel importante en la formación de placa dental, dado que se encuentra en gran cantidad aislada de poblaciones con caries activa y con mayor frecuencia en placa con lesiones cariosas que en placa de superficie dental sana<sup>13</sup>.

<sup>1</sup> Hernández Morales Cecilia . Profesor tiempo Completo Jefe Lab Microbiología Oral. Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C . Autor corresponsal [cehm@yahoo.cpm](mailto:cehm@yahoo.cpm)

<sup>2</sup> Aguilera Longoria José Ignacio. Profesor tiempo Completo Coordinador Posgrado Ortodoncia . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C. [ignacioaguilera@hotmail.com](mailto:ignacioaguilera@hotmail.com)

<sup>3</sup> Sandoval Rivas María de Lourdes Profesor tiempo Completo Secretaria administrativa . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de [C.malusa\\_huesito@hotmail.com](mailto:C.malusa_huesito@hotmail.com)

<sup>4</sup> Villa Vega Eunice Posgrado Ortodoncia . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C

<sup>5</sup> Ortiz Romero María Guadalupe Alumna del Posgrado Ortodoncia . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C

<sup>5</sup> Ortiz Romero María Guadalupe .Alumna del Posgrado Ortodoncia . Facultad de Odontologia Unidad Torreon UA de C

Se le considera como el principal agente etiológico en la caries dental humana<sup>13</sup>, puesto que produce ácido láctico rápidamente a partir del azúcar y puede producir polisacáridos intracelulares, lo que le permite seguir produciendo ácidos en la placa durante largos periodos en ausencia de fuentes exógenas de azúcar<sup>14</sup>.

Es conocido como el microorganismo más importante al inicio de la caries dado que su capacidad de virulencia está relacionada con su poder acidogénico ya que es capaz de fermentar los carbohidratos produciendo ácidos como subproductos metabólicos, y su poder acidofílico que le permite disminuir el pH a 5.2 y mantenerse metabólicamente activo a pesar de encontrarse en un pH bajo<sup>15</sup>.

Tiene la habilidad de participar en la formación de placa bacteriana, ya que produce enzimas que juegan un papel importante en las interacciones adhesivas y la expresión de virulencia debido a que catalizan la síntesis de polisacáridos extracelulares, estas enzimas proporcionan a la célula un sustrato de donde obtener energía y así mantener la producción de ácidos<sup>16</sup>.

**Streptococcus mutans** es fácilmente diferenciado en los cultivos de agar mitis salivarius por sus colonias altas, convexas y ligeramente azules, de 0.5 a 1 mm de diámetro, las cuales tienen márgenes ondulados; sin embargo también pueden crecer en medios que contengan cloruro de sodio al 4%, no hidrolizan el almidón, pero sí fermentan la insulina, rafinosa, manitol y sorbitol<sup>13</sup>.

Algunos estudios han reportado correlación del grado de actividad de la caries y la proporción de **Streptococcus mutans**<sup>13</sup>.

La utilización de productos naturales para el control de la placa bacteriana permite su uso frecuente con un mínimo de contraindicaciones. La manzanilla ha sido utilizada durante siglos como antiinflamatorio, además de que posee propiedades antioxidantes, astringentes así como sedativas<sup>17</sup>.

A diferencia de otros productos la manzanilla no presenta efectos secundarios ni contraindicaciones, como ocurre con la clorhexidina que llega a producir tinciones después de 15 días de uso prolongado, hipertrofia reversible de la mucosa, cambios en el gusto y aumento de los depósitos supragingivales calcificados<sup>18</sup>. Es por esto que se ha buscado agentes naturales que tengan una óptima acción antimicrobiana con bajos efectos secundarios.

La infusión de manzanilla que ha sido utilizada en las enfermedades bucodentales relacionadas con procesos infecciosos y/ o inflamatorios, ha demostrado que posee efecto sobre ciertos microorganismos formadores de biofilm comprobables al de la clorhexidina<sup>17</sup>.

“**Chamomilla**” deriva del latín **khamaimelon** formado por “chamai=pequeño, enano” y de “melón=manzana” por lo tanto “pequeña manzana” por el perfume similar que tiene con algunas especies de manzanas<sup>19</sup>

Se le conocen principios activos se clasifica según su composición química: Alcaloides, Glicósidos, Glicósidos sulfurados, Glicósidos cianógenos, Glicósidos fenólicos, Glicósidos flavonoides, Glicósidos cumarínicos, Glicósidos ranunculósidos, Glicósidos antracénósidos, Resinas; contenidos en sus flores y son variados, ya que pueden ser de naturaleza liposoluble que están concentrados en los aceites esenciales y se emplean en compuestos de uso externo; o hidrosolubles que son liberados en las infusiones, en ellas sólo se libera un 10-15% del contenido total de aceite esencial<sup>20</sup>.

Las infecciones odontogénicas que se presentan con mayor frecuencia son las originadas a partir de la caries dental, la cual está directamente ocasionada por **Streptococcus mutans**<sup>21</sup>.

La higiene oral es más complicada de realizar especialmente cerca del margen gingival, área interproximal y alrededor de los brackets y las bandas que son los lugares en donde se presenta mayor descalcificación del esmalte e inflamación<sup>22</sup>.

Una parte integral de la práctica de ortodoncia debe ser un programa estructurado de higiene oral que incluya una explicación detallada de la relación entre la placa bacteriana y la inflamación, un asesoramiento sobre técnicas y productos disponibles para la eliminación de la placa y, por último, un monitoreo sobre la eficacia de estos al ser usados por los pacientes<sup>7,22</sup>.

Por lo que esta investigación tiene como objetivo demostrar la eficacia de la infusión de Manzanilla en la prevención de infecciones cariogénicas provocadas principalmente por **Streptococcus mutans** comparada con clorhexidina en pacientes con tratamiento con aparatos fijos de ortodoncia entre 18 y 25 años.

## MÉTODO

La población estuvo conformada por 40 alumnos con aparatos fijos de ortodoncia en un rango de edad 18 a 26 años de la Facultad de Odontología U.T., divididos en 2 grupos 20 casos (manzanilla) y 20 controles (oral B); se les pidió una muestra de saliva no estimulada en ayunas sin aseo bucal hasta obtener 1 ml de saliva.

La infusión de manzanilla se preparó de la siguiente manera.

- Se pesaron 10 gr manzanilla.
- Se pusieron a calentar 100 ml de agua.

-Cuando alcanzó el punto de ebullición se agregó la manzanilla y se dejó hervir durante tres minutos en estas condiciones

- Se dejó enfriar y se coló para eliminar restos de la planta.

Posteriormente se proporcionaron 15ml de la infusión de manzanilla y 15 ml de Oral B para que se realizaran un enjuague bucal. Pasados 30 minutos se procedió a la toma de una segunda muestra de saliva no estimulada y se midieron las unidades formadoras de colonias (Ufc/ml de saliva)

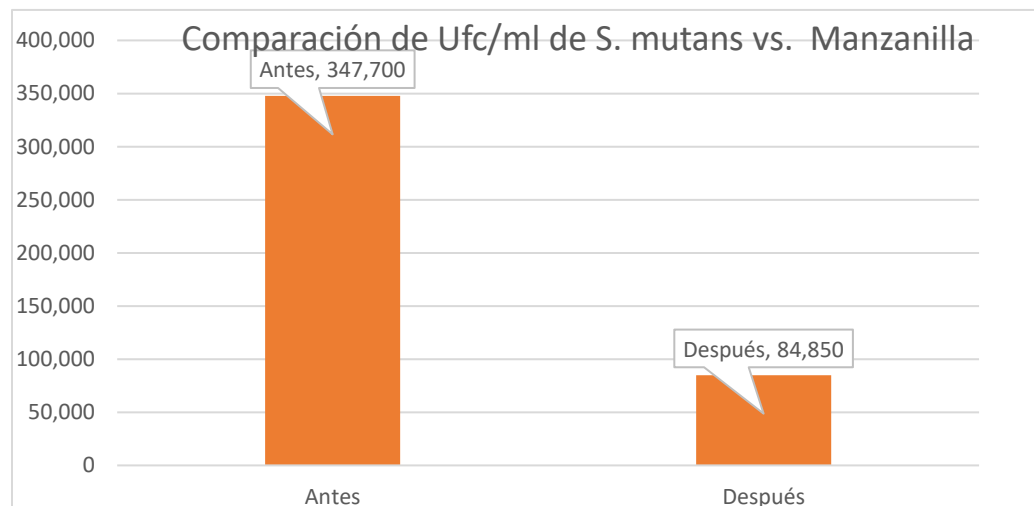
### Unidades formadoras de colonias de *Streptococcus mutans* (Ufc)

Se procedió a realizar diluciones seriadas de la muestra tomando 1ml de saliva,; y se colocó en un tubo con 9 ml de solución salina (dilución  $10^{-1}$ ), colocándolo en el vortex durante 1 minuto para su homogenización se hicieron de la misma manera diluciones  $10^{-2}$   $10^{-4}$  de cada dilución tomó 1ml y se depositó en una caja Petri, Se añadieron 20ml de agar mitis salivarius adicionado con bacitracina se dejaron solidificar y se incubaron durante 72 horas a una temperatura de  $36\pm 1^{\circ}\text{C}$  Se realizó el conteo de ufc

## RESULTADOS

La disminución de las ufc/ml de saliva se muestra en la figura 1 y el porcentaje de eficacia se presenta en la figura 2

Fig1 . Comparación de las Unidades formadoras por mililitro de colonias de *S. S. mutans* antes y 30 minutos después del enjuague bucal con la infusión de manzanilla





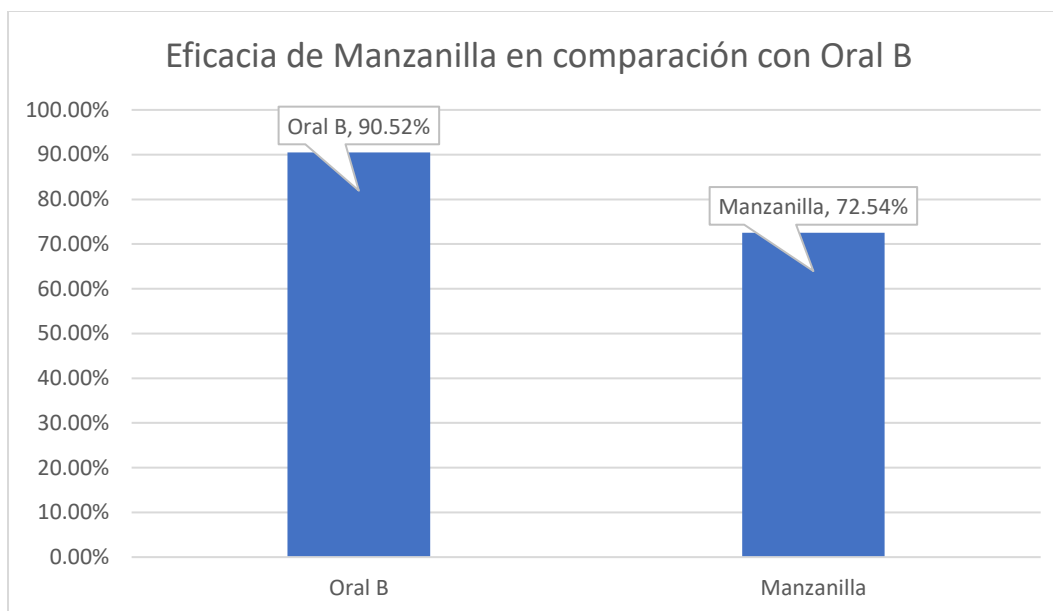


Figura 2. Eficacia bactericida sobre *S. mutans* de la manzanilla comparada con el oral B, en muestra de saliva de pacientes portadores de aparatos fijos de ortodoncia.

Con los resultados obtenidos corroboramos al igual que otros autores ( Cosco 2010, Romero *et al* 2009 y Sainz y Carreño 2004), que la manzanilla inhibe el crecimiento de unidades formadoras de colonias de *S. mutans* conocido como principal habitante de la placa dental y potenciador de caries

La clorhexidina se ha utilizado ampliamente como agente antiséptico, y ha demostrado ser eficaz en la prevención de la caries así como le demuestra Fernández *et al* 20015 por lo cual en este estudio utilizamos la clorhexidina al 0.12% (Oral B) como control.

López *et al* 20017 realizaron una investigación en la que comprobaron que la clorhexidina al 0.12% tiene gran efecto antibacteriano, lo cual pudimos corroborar ya que en nuestro estudio la clorhexidina ejerció efecto inhibitorio sobre *Streptococcus mutans*.

### CONCLUSIÓN

En este estudio observamos que los pacientes portadores de aparatos fijos de ortodoncia que utilizaron la infusión de la manzanilla tuvieron una disminución en el crecimiento de *Streptococcus mutans*

Se recomienda realizar estudios donde se prolongue el uso de la infusión de manzanilla como enjuague bucal dos veces al día y por un periodo de siete días, tomando en cuenta que este es el tiempo recomendado de uso de los enjuagues que contienen clorhexidina

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garaber, L.W.: Orthodontics-State of the Art, Essence of the Science. St. Louis. MO: C.V. Mosby Co., 1986.
2. Graber T.M, and Swain BF: Orthodontics-Current Principles and Techniques. St. Louis. MO:CV. Mosby Co., 1985.
3. Andrews LF; Straight Wire-Concept and Appliances. San Diego: L.A. Wells Co., 1989.
4. McLaughlin RP, and Bennet TC: The transition from standard edgewise to preadjusted appliance systems. J ClinOrthod 23: 142-153. 1983.
5. Coral, C.E.R., Espinoza, E.S.B. Influencia de la aparatología ortodóntica fija en la viscosidad y flujo salival en estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. E.A.P. de Odontología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.2016.
6. Viazis D. Anthony. Atlas de ortodoncia: Principios y aplicaciones. Ed. Medica Panamericana S.A., Madrid, España; 1995.
7. Quintero, A.M., García, C. Control de la higiene oral en los pacientes con ortodoncia. Rev. Nac. Odontol. 2013 Diciembre; 9 (edición especial): 37-45.
8. Expósito, M.I., Cuan, C.M., Estrada, V.V., Martín, Z.L. Factores de riesgo a caries en pacientes con aparatos ortodónticos fijos. AMC (Internet). 2010. Oct.(citado 2017 Abr 30); 14(5). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552010000500010&Ing=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552010000500010&Ing=es).
9. Samara, G., Lenguas, A., López, M. A..Ortodoncia y salud bucodental. CientDent 2007;4;1:33-41.
10. Cornejo, P.M.A., Torres, C.A.C., Luna, L.C.A., Méndez, M.R., Torres, B.J.M. Aparatología fija en ortodoncia como factor de riesgo en la aparición de enfermedad peridontal. Oral. Año 11, Núm 35. 2010. 654-657.

11. Turkkahraman, H., Sayn, O., Yesim Bozkurt, F., Yetkin, Z., Kaya, S., Onal, S. Archwire Ligation Techniques Microbial Colonization, and Periodontal Status in Orthodontically Treated Patients. *Angle Orthodontist*. 2004; 75(2): 231-236.
12. Sharma, N.C., Lyle, D.M., Qaqish, J.G., Galustians, J., Schuller, R. Effect of a dental water jey with orthodontic tip on plaque and bleeding in adolescent patients with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133: 565-71.
13. Miron, C.M.L. Efecto inhibitorio de la infusión de manzanilla (matricaria chamomilla) sobre el crecimiento de microorganismos cariogénicos (*Streptococcus mutans* y *Lactobacillus acidophilus*) in vitro. Tesis. Universidad de San Marcos. Facultad de Odontología. 1997. Guatemala.
14. Campos, H, M.A., Hirose, L, M; Vera, S,R.; Becerril, V,M. Conocimiento conceptual sobre el proceso de caries dental de estudiantes de grados avanzados de la carrera de Cirujano Dentista. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*., 2009, 11(1) 161-183.
15. Vitoria Mañana, I. Promoción de la salud bucodental. En: *Recomendaciones PrevInfad / AEPap*. Actualizado marzo 2011. <http://www.aepap.org/previnfad/Dental.htm> (Consultado Abril 2017).
16. Ulloa, F., Gómez, C. Inhibición del crecimiento in vitro de *Streptococcus mutans* por papaína y sanitred. Tesis de Cirujano Dentista., Facultad de Odontología departamento de Patología. Universidad de Chile, 2005.
17. Jiménez, G.A.Z, Bolado, A.C.A. Comportamiento del tratamiento la gingivitis con colutorios de manzanilla y clorhexidina. Policlínica 19 de Abril. Publicado en UVS Fajardo. Disponible en: <http://www.uvsfajardo.sld.cu> (Consultado en Abril 2017).
18. López, R.D.V., Rosero, S.F.G. Comparación de la eficacia entre enjuagues bucales de gluconato de clorhexidina al 0.12% y de manzanilla con bicarbonato de sodio en pacientes con gingivitis inducida por placa bacteriana. Quito. UDLA. Sede Ecuador. Facultad de Odontología. 2015. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3978> (Consultado en abril 2017).
19. Pio Petrocchi. Las plantas aromáticas. Matricaria camomilla o Matricaria recutita. *Revista de la natura y ambiente*. 2009. 5(12), 212-215. Disponible en: [http://www.elicriso.it/es/plantas\\_aromaticas/manzanilla\\_comun/#classificazione](http://www.elicriso.it/es/plantas_aromaticas/manzanilla_comun/#classificazione)
20. Servicio de medicinas pro-vida. Guía de plantas de uso medicinal. 1ra Edición. Ed. Servicio de Medicinas Pro- Vida. Lima. Perú. 1997:3-81.
21. Bascones, A., Aguirre, J.M., Bermejo, A., Blanco, A, Gay-Escoda, C., González-Morales, M.A. et al. Documento de consenso sobre el tratamiento antimicrobiano de las infecciones bacterianas odontogénicas. *Med. Oral. Patol. Oral. Cir Bucal* 2004;9:363-76.
22. Yeung, S.C., Howell, S., Fahey, P. Oral higiene program for orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989;96(3):208-13.
23. Cosco, R.D.A. Actividad inhibitoria del crecimiento de streptococcus mutans y flora mixta salival por acción de aceite esencial de la matricaria de chamomilla manzanilla. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional de San Marcos. Facultad de Odontología. 2010. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2149> (Consultado junio 2017)
24. Romero, H.M., Hernández, Y., Gil, M. Actividad inhibitoria de la matricaria recutita “manzanilla alemana” sobre el *Streptococcus mutans*. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. Internet. 2009. Disponible en: <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2009/art-1/> (Consultado el 12 de Junio 2017).
25. Sainz, N.T., Carreño, J. Estudio de flora bacteriana en pacientes tratados ortodóncicamente, aplicando enjuagues bucales de matricaria chamomilla. (Internet). 2004. Disponible en: <http://www.odontologia-online.com/publicaciones/odontologia-preventiva/92-estudio-de-flora-bacteriana-en-pacientes-tratados-ortodonicamente-aplicando-enjuagues-bucal-de-matricaria-chamomilla.html> (Consultado el 12 de Junio de 2017).
26. Fernández, O.N., Romeo, R.M., Martínez, V.P.J.A. Alteraciones del color dental por fármacos. *Revista Internacional de Prótesis Estomatológica*. 2007;9(1).

# Terapia láser de baja potencia comparado con paracetamol en control de dolor durante la utilización de separadores elásticos de ortodoncia

Hernández Morales Cecilia<sup>1</sup>, Aguilera Longoria José Ignacio<sup>2</sup>, Sandoval Rivas María de Lourdes<sup>3</sup>, Ortiz Romero María Guadalupe<sup>4</sup>, Aguado Sandoval Mayra Elizabeth<sup>5</sup>.

**Más del 90% de los pacientes de ortodoncia experimentan grados variables de dolor después de la colocación de separadores elastoméricos.**

**Objetivo:** Comparar el efecto analgésico de la terapia láser de baja potencia y paracetamol en el dolor causado por la utilización de separadores elásticos de ortodoncia.

**Materiales y Métodos:** 40 estudiantes promedio de edad 22 años, se les colocó separadores elásticos en tratamiento de ortodoncia y se dividieron en grupos: "T" se prescribió paracetamol de 500mg cada 8 horas durante 3 días. "E" se aplicó terapia láser (810nm, 100mW, 4J/cm<sup>2</sup>). La percepción del dolor fue evaluada con escala visual del 0 al 10 (EVA) a los siguientes tiempos (T)= 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas de colocar separadores.

Se aplicaron pruebas t. Se utilizó un análisis de varianza. Valor de p=0.05 se consideró como estadísticamente significativo. Los datos se analizaron utilizando el software SPSS 22 .

**Resultados:** El efecto analgésico del LLLT fue mejor que el efecto del paracetamol con diferencia estadística y la intensidad de dolor siempre fue menor en pacientes tratados con láser en comparación a los tratados con paracetamol.

**Conclusión:** fue menor el dolor con terapia láser de baja potencia que con paracetamol.

**Palabras clave:** láser, paracetamol, dolor, separadores, analgésicos.

## Introducción

El tratamiento de ortodoncia es el conjunto de movimientos dentarios que se realizan para mejorar la estética, función y masticación de la boca. La creación de espacio mesial y distal en los dientes donde se van a colocar bandas, por medio de la colocación de separadores, constituye el paso inicial en la mecanoterapia ortodóntica fija, lo cual puede conducir a una cantidad considerable de dolor. Para el tratamiento con un aparato ortodóntico fijo, es necesaria la separación interproximal entre molares para crear espacio suficiente para las bandas que anclan los aparatos. Diferentes tipos de separadores se han utilizado en ortodoncia en los últimos años siendo el de resorte, alambre de latón y elastomérico los más frecuentemente utilizados<sup>1</sup>.

Más del 90% de los pacientes de ortodoncia experimentan grados variables de dolor después de la colocación de separadores elastoméricos, inserciones iniciales de alambre y activaciones. Estas molestias comienzan aproximadamente a las 4 horas, alcanza un pico a las 24 horas, disminuye a partir del tercer día y puede tardar hasta 7 días en desaparecer por completo<sup>2,3</sup>. Esta situación hace que muchos pacientes eviten el tratamiento ortodóntico debido al temor a las molestias o evita que los pacientes logren un control efectivo de la placa<sup>4</sup>.

La fuerza ortodóntica, una vez ejercida sobre los dientes, provoca la estimulación de mediadores bioquímicos que activan los receptores sensoriales en los tejidos periodontales y da como resultado una cascada de procesamiento y

<sup>1</sup> Hernández Morales Cecilia . Profesor tiempo Completo Jefe Lab Microbiología Oral. Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C . Autor corresponsal [cehm@yahoo.cpm](mailto:cehm@yahoo.cpm)

<sup>2</sup> Aguilera Longoria José Ignacio Profesor tiempo Completo Coordinador Posgrado Ortodoncia . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C. [ignacioaguilera@hotmail.com](mailto:ignacioaguilera@hotmail.com)

<sup>3</sup> Sandoval Rivas María de Lourdes Profesor tiempo Completo Secretaria administrativa . Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C. [C.malusa\\_huesito@hotmail.com](mailto:C.malusa_huesito@hotmail.com)

<sup>4</sup> Ortiz Romero Maria Guadalupe Estudiante del Posgrado Ortodoncia. Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C

<sup>5</sup> Aguado Sandoval Mayra Elizabeth Estudiante del Posgrado Ortodoncia. Facultad de Odontología Unidad Torreón UA de C

Facultad de Odontología Unidad Torreón Universidad Autónoma de Coahuila .

transducción del dolor<sup>5</sup>; la percepción subjetiva del dolor es difícil de medir existe una amplia gama de respuestas individuales incluso cuando se aplican fuerzas similares a los dientes<sup>6</sup>.

Se le atribuido la respuesta inicial a la compresión y la respuesta tardía a la hiperalgesia del ligamento periodontal. Esta hiperalgesia se ha relacionado con las prostaglandinas, que hacen que el ligamento periodontal sea sensible a los mediadores liberados como la histamina, bradiquinina, prostaglandinas E, la serotonina y la sustancia P<sup>7</sup>. Durante tratamiento ortodóntico se produce inflamación ante la agresión local producido por el estímulo mecánico que cada paciente percibe como dolor<sup>8,9</sup>. En ortodoncia, el dolor se alivia principalmente con los antiinflamatorios no esteroideos (AINES). Sin embargo, hay que hacer hincapié en que los AINES deben evitarse durante el tratamiento ortodóntico ya que cambian el mecanismo de movimiento dental, al inhibir la actividad de la ciclooxigenasa y con ello la síntesis de las prostaglandinas, las cuales son importantes ya que interactúan con las células óseas, lo que aumenta el tiempo de tratamiento<sup>10,11</sup>. Además de que tienen reacciones adversas y está contraindicado en pacientes alérgicos<sup>12</sup>.

El paracetamol el fármaco utilizado para controlar el dolor ortodóntico, es antipirético y analgésico pero su actividad antiinflamatoria es débil debido a que no se concentra en las áreas de inflamación y solo inhibe la síntesis de prostaglandinas a nivel del SNC y no en tejidos periféricos<sup>13</sup>.

Laserterapia en odontología y medicina, es utilizada mediante la aplicación de un tipo especial de luz en una zona corporal con fines terapéuticos los utilizados son láseres de baja potencia, algunos estudios mencionan que facilita la cicatrización, disminuye el dolor y las reacciones inflamatorias, también se le conoce como láser frío, suave o terapéutico. No causa aumento de temperatura ni deformación o abrasión de tejidos<sup>14</sup>. Se encuentran en el espectro electromagnético de luz roja visible a la infrarroja casi invisible del espectro electromagnético, de 630 a 980 nanómetros (nm) y su potencia oscila entre 50 y 500 mW<sup>14</sup>.

El modo de acción de LLLT (Low Level Laser Therapy) todavía no está completamente claro, los investigadores relacionan su analgesia con efectos antiinflamatorios y efectos neuronales. Se ha informado que la LLLT inhibe la señalización neural, lo que reduce la percepción del dolor, también aumenta la circulación sanguínea local lo que ayuda a eliminar los mediadores inflamatorios inductores de dolor y mejora la actividad celular, en otras palabras interactúa con los procesos metabólicos celulares por lo que a este tipo de láser se le llama bioestimulante<sup>15</sup>.

Por lo que el objetivo del presente estudio es determinar el efecto analgésico de la terapia láser de baja potencia y paracetamol de 500mg en dolor causado por la utilización de separadores elásticos de ortodoncia

### Método

40 estudiantes voluntarios que aceptaron firmar consentimiento informado de pregrado de la Facultad de Odontología con un rango de edad de 18 a 25 años (20 hombres y 20 mujeres) se dividieron aleatoriamente en dos grupos: grupo "T" (se trató con paracetamol) y grupo "E" (la hemiarcada inferior derecha se trató con láser de baja potencia y la izquierda se tomó como control) se realizó una anamnesis y exploración clínica, se verificó ausencia de caries y enfermedad periodontal y apical.

Se les colocaron los separadores elásticos (® Dentaurum) por un solo operador previa calibración, la técnica de colocación consistió en poner el separador en las puntas de la pinza para luego abrirla y estirarlo para colocarlo en la parte interproximal del molar haciendo movimientos vestibulo-linguales con dirección hacia gingival, buscando que un extremo del separador logre ingresar por debajo del punto de contacto.

A los pacientes del grupo "T" se le colocaron separadores elásticos en mesial y distal del primer molar inferior derecho. Se les proporcionó 9 tabletas de paracetamol de 500 mg y se les indicó tomar una tableta cada 8 horas durante 3 días.

A los pacientes del grupo "E" se les colocó separadores elásticos en mesial y distal de los primeros molares inferiores siendo el lado derecho al cual se aplicó láser terapéutico infrarrojo (810 nm, 100 mW, 4 J/cm<sup>2</sup>) durante 15 segundos por punto (papila interdental mesial y distal y cerca del ápice de la raíz) a una distancia de 1-2 mm de la encía. Al lado izquierdo se le consideró como lado Control (C) y no se le aplicó terapia láser.

La percepción del dolor fue evaluada con una Escala Visual Análoga (EVA) que consiste en una línea recta con escala del 0 al 10 con las frases "sin dolor" y "dolor máximo" en cada extremo.

Se instruyó a los pacientes para marcar con una (X) el grado de dolor percibido a las T= 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas de la colocación de los separadores. A los pacientes del grupo “E” se les pidió diferenciar el lado experimental (derecho) y el lado Control (izquierdo). También se les pidió anotar el tiempo de inicio del dolor.

Al cuarto día se citó a los pacientes se recogieron los cuestionarios y se retiraron los separadores.

Se aplicaron pruebas t. Se utilizó un análisis de varianza. Valor de  $p=0.05$  se consideró como estadísticamente significativo. Los datos se analizaron utilizando el software SPSS 22

### Resultados

La edad promedio fue 22 años, por género no se encontro diferencia en la respuesta dolorosa en ninguno de los tiempos medidos, el tiempo de inicio del dolor lo percibieron a las 5.6 horas sin ningun tratamiento, mientras que los pacientes con tratamiento lo percibieron a las 9.9 horas. El tiempo de dolor máximo al colocar los separadores elásticos se presentó a las 24 horas.

El promedio de intensidad del dolor por grupo de estudio durante el periodo de seguimiento se presenta en la Fig 1 utilizando láser de baja potencia en la cual se observa que el efecto analgésico del láser de baja potencia es mejor que el paracetamol con diferencia estadística significativa a las 24, 48 y 72 horas (valor de  $p=0.03, 0.01, 0.04$  respectivamente)

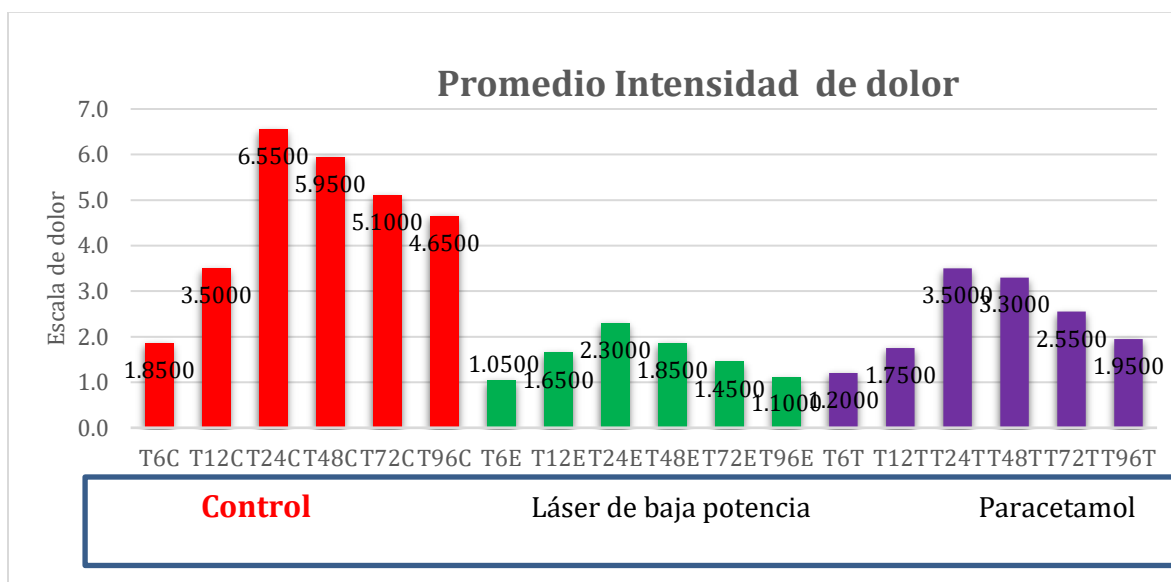


Fig. 1 Comparación del promedio de intensidad de dolor provocado por separadores elásticos de ortodoncia, con sin tratamiento control (C) Láser de baja potencia (L), y Paracetamol (P) Tempo (T a 6,12, 24,48,72, 96 horas)

El dolor resultante de procedimientos ortodónticos se ha documentado previamente y se han sugerido varios métodos para su manejo. Además del uso de analgésicos, se informaron otros métodos, incluyendo la aplicación de gel anestésico, el uso de estimulación vibratoria y la aplicación de la terapia de láser de bajo nivel<sup>17,18</sup>.

Bicakci A. et al (2012) al igual que el presente estudio determinó que el dolor máximo al colocar los separadores elásticos se presentó a las 18- 24 horas utilizando una escala visual del dolor también se utilizó como control de forma unilateral para disminuir la variabilidad interpersonal entre pacientes en la percepción del dolor<sup>19</sup>

Holmberg *et al.* (2011) reportaron que el paracetamol solo mostró una disminución de la intensidad de dolor en relación al control después del 3 día. En nuestro estudio las puntuaciones de los pacientes tratados con paracetamol comenzaron a bajar a partir del segundo día, disminuyendo el dolor gradualmente conforme pasaron los días<sup>20,21</sup>.

Eslamian *et al.* (2014) verificó que la LLLT (810 nm) fue efectiva durante los primeros 3 días después de la colocación de los separadores y redujo sustancialmente el dolor después del quinto día (120 h). Del mismo modo, en el presente estudio, LLLT (810 nm) fue buena en la reducción del dolor desde las primeras 24 horas hasta el cuarto día (96 horas) después de la colocación del separador. El LLLT a una longitud de onda de 810 nm utilizado en el estudio mostró una acción analgésica en todos los pacientes. Otros estudios han confirmado este efecto utilizando potencias que van desde 650 nm a 910 nm, con un promedio de 830 nm<sup>22</sup>.

### Conclusion

El control de dolor durante la utilización de separadores elásticos de ortodoncia fue mejor con terapia láser de baja potencia que con el uso de paracetamol.

### Referencias Bibliográficas

1. Gurinder Pal Singh Sanduh, Anup Kanase, CR Naik, Pankaj Pupneja, Sahira Sudan. Separation effect and perception of pain and discomfort from three types of orthodontic separators. The Journal of Indian Orthodontic Society, January-March 2013;47 (1): 6-9.
2. Qamruddin I, Alam MK, Fida M, Khan AG. Effect of a single dose of low-level laser therapy on spontaneous and chewing pain caused by elastomeric separators. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2016 Jan;149(1):62-6.
3. Ngan PI, Kess B, Wilson S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1989 Jul; 96(1):47-53.
4. Saquelli A., Orellana A., Garzón R. "Alternativas de tratamiento para disminuir el dolor de origen ortodóntico." Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría "Ortodoncia.ws" edición electrónica marzo 2010. Obtenible en: [www.ortodoncia.ws](http://www.ortodoncia.ws).
5. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. Int J Oral Sci. 2016 Jun 30;8(2):67-75.
6. Scheurer PA, Firestone AR, Bürgin WB. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. Eur J Orthod. 1996 Aug;18(4):349-57.
7. Bondermark L., Fredriksson K., Ilros S. Separation effect and perception of pain and discomfort from two types of orthodontic separators. World J Orthod. 2004 Summer; 5(2):172-6.
8. Peña-Montero Claudia Angélica, Rojas-García Alma Rosa, Gutiérrez-Rojo Jaime Fabián. Mediadores químicos y el efecto de los analgésicos en el tratamiento de ortodoncia. Revista Tamé 2012; 1(2): 55-61.
9. A Dray. Inflammatory mediators of pain. British Journal of Anesthesia 1995; 75: 125-131.
10. Kevan Guilherme Nóbrega Barbosa, Thaise Pereira Dantas Sampaio, Patrícia Ravena Meneses Rebouças, Maria Helena Chaves de Vasconcelos Catão, Daliana Queiroga de Castro Gomes, Jozinete Vieira Pereira. Analgesia during orthodontic treatment with low intensity laser: systematic review. Rev Dor. São Paulo, 2013 abr-jun;14(2):137-41.
11. Anaymi Saquelli, María Alejandra Orellana. Efectividad del Acetaminofén e Ibuprofeno para el dolor en Ortodoncia durante la fase de Retracción. Rev Lat de Ortod y Odontop Año 2014.
12. Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic post adjustment pain. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1995 Dec; 108(6):614-22.
13. Kehoe, M. J.; Cohen, S. M.; Zarrinnia, K. & Cowan, A. The effect of acetaminophen, ibuprofen, and misoprostol on prostaglandin E2 synthesis and the degree and rate of orthodontic tooth movement. Angle Orthod., 66(5):339-50, 1996.
14. Almallah MM, Almahdi WH, Hajeer MY. Evaluation of Low Level Laser Therapy on Pain Perception Following Orthodontic Elastomeric Separation: A Randomized Controlled Trial. J Clin Diagn Res. 2016 Nov;10(11):ZC23-ZC28.
15. Carrillo CRJ. Bioestimulación del tejido conectivo gingival mediante la aplicación de laser de AsGa. Revista mexicana de odontología clínica. 2007; 2(1): 13-16.
16. Kim WT, Bayome M, Park JB, Park JH, Baek SH, Kook YA. Effect of frequent laser irradiation on orthodontic pain. A single-blind randomized clinical trial. Angle Orthod. 2013 Jul;83(4):611-6.
17. Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Hassanzadeh-Azhiri A, Badiie MR, Fekrazad R. The effect of 810-nm low-level laser therapy on pain caused by orthodontic elastomeric separators. Lasers Med Sci. 2014 Mar;29(2):559-64.
18. María Ruíz-Esculpi, Estela Ricse-Chaupis, Judith Villanueva-Vega, Liz Torres-Maita. Laser en ortodoncia. Rev. Estomatol Herediana. 2013 Jul-Set;23(3):154-61.
19. Altug Bicakci A., Burcu Kocoglu-Altan B., Toker H., Mutaf I., SuMER Z. Efficiency of Low-Level Laser Therapy in Reducing Pain Induced by Orthodontic Forces Photomedicine and Laser Surgery. August 2012, 30(8):
20. Bradley R, Ellis P, Thomas P, Bellis H, Ireland A, Sandy J. A randomized clinical trial comparing the efficacy of ibuprofen and paracetamol in the control of orthodontic pain. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132:511-7.
21. Polat, O. & Karaman, A. I. Pain control during fixed orthodontic appliance therapy. Angle Orthod., 75(2):210-5, 2005
22. Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Hassanzadeh-Azhiri A, Badiie MR, Fekrazad R. The effect of 810-nm low-level laser therapy on pain caused by orthodontic elastomeric separators. Lasers Med Sci. 2014 Mar;29(2):559-64.

36



# Factores que inciden en la productividad de los equipos de trabajo autodirigidos en una empresa del sector automotriz

M.I.A. José Martín Hernández Muñoz <sup>1</sup>, Dr. José Antonio Vázquez López <sup>2</sup>

**Resumen**— En el presente artículo se analiza la importancia de los equipos de trabajo autodirigidos en una empresa del sector automotriz. Se proponen las variables independientes (Liderazgo, Capacitación y Comunicación) bajo las cuales se realizó la investigación.

Para tal fin, se realizó un estudio no experimental, transversal y descriptivo con un trabajo en campo a través de una encuesta aplicada a una muestra de 50 líderes de equipos de trabajo autodirigidos, partiendo de la revisión bibliográfica de estudios similares y los resultados descriptivos de la encuesta se generó un modelo de regresión múltiple para determinar la relación entre las variables mencionadas. De los resultados obtenidos se deduce que el liderazgo de los líderes de los equipos de trabajo autodirigidos es depende de la relación de los vínculos generados entre las variables independientes establecidas.

**Palabras clave**— Productividad, equipos de trabajo autodirigidos, liderazgo, capacitación, comunicación.

## Introducción

En la actualidad México se ha posicionado como líder productor de autos, “Las expectativas de la industria automotriz son favorables, ya que para 2017 México tendrá una capacidad para producir cuatro millones de vehículos anuales convirtiéndose así en el séptimo productor y en el tercer exportador de autos a nivel mundial” (Secretaría de Economía, 2014).

“Guanajuato tiene el 70 por ciento de la industria automotriz nacional, la cual representa el 74 por ciento de las inversiones que han llegado al estado en los siete últimos años y que hoy concentran el 50 por ciento de los empleos generados en este lapso” (Comunicación Social de Gobierno, 2014).

Según (Ramón, Carlos María, y Carmen, 2010) los cambios estratégicos, económicos y tecnológicos reestructuran las organizaciones en torno a los equipos como unidades básicas de trabajo. Su eficacia y la comprensión de los desafíos que los sistemas multiequipo plantean, constituyen factores clave para el éxito de las organizaciones contemporáneas.

Para (Gómez Mujica y Acosta Rodríguez, 2003), un equipo es una forma de organización particular del trabajo, donde se busca en conjunto que aflore el talento colectivo y la energía de las personas. Esta forma de organización es particularmente útil para alcanzar altos niveles de calidad en la gestión de una institución o empresa. Los gerentes y políticos buscan una filosofía para la administración apropiada y que respete las necesidades de sus empleados. En este sentido, el trabajo en equipo puede ser una valiosa ayuda, al generar situaciones que facilitan la aplicación de dinámicas que defienden la exploración y el autodesarrollo mediante la propia experiencia.

En las organizaciones, el trabajo en equipo no produce sólo mejoras individuales y organizacionales, sino que interviene también en el perfeccionamiento de los servicios, tanto cuantitativa como cualitativamente. Además, se facilita una mejor gestión de la información y del conocimiento. Es evidente que el conocimiento de la dinámica de los grupos y equipos de trabajo, especialmente de su comportamiento, tiene una gran importancia para los dirigentes y empresarios.

Estudiar los grupos y equipos que coexisten en cualquier organización para saber cómo organizarlos, utilizarlos y multiplicar sus resultados, es una estrategia consistente de desarrollo organizacional.

El trabajo en equipo es parte de la nueva conciencia de las organizaciones modernas. Es un hecho que cuando todos comparten las metas de la organización, los resultados son altamente satisfactorios.

Muchas empresas del sector automotriz han implementado los equipos de trabajo autodirigidos, debido a que facilita la administración del personal operativo al asignar a operadores como líderes de equipos de trabajo y ahora los supervisores se apoyan en los líderes con una relación de 1 líder por cada 5 o 6 operadores.

El principal impacto de trabajar con equipos de trabajo autodirigidos puede medirse a través de indicadores como: reducción de accidentes, incremento del OEE y reducción del desecho.

Desde hace 7 años (2010) en una empresa del sector automotriz se ha estado trabajando con equipos de trabajo

<sup>1</sup> El M.I.A. José Martín Hernández Muñoz es profesor de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato, México [martin.hernandez@itcelaya.edu.mx](mailto:martin.hernandez@itcelaya.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. José Antonio Vázquez López es subdirector en el Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato, México [antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx](mailto:antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx)

autodirigidos. Actualmente son 203 de producción en 3 sitios y 6 Cadenas de Valor. Durante todo este tiempo se ha capacitado a la gente mediante la realización de cursos y talleres con el objetivo de mejorar la productividad.

Pero se ha detectado que durante la realización de los cursos que tiene una duración de 4 meses los indicadores como la disminución de accidentes, incremento del OEE y reducción del desecho se lleva a cabo, pero después de terminar sus cursos de capacitación los resultados obtenidos no se sostienen y en algunos casos hay retroceso.

Motivo por el cual se realizan las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los factores que inciden en la productividad de los equipos de trabajo autodirigidos?

¿En qué medida el liderazgo, la capacitación, la actitud, la comunicación y el reconocimiento inciden en la productividad de los equipos de trabajo autodirigidos?

### Descripción del Método

Se realizó una encuesta anónima a los líderes de los equipos de trabajo autodirigidos (una muestra de 50 líderes de un universo de 203) y mediante un análisis de afinidad de las mismas se construyó un Pareto ver figura 1.

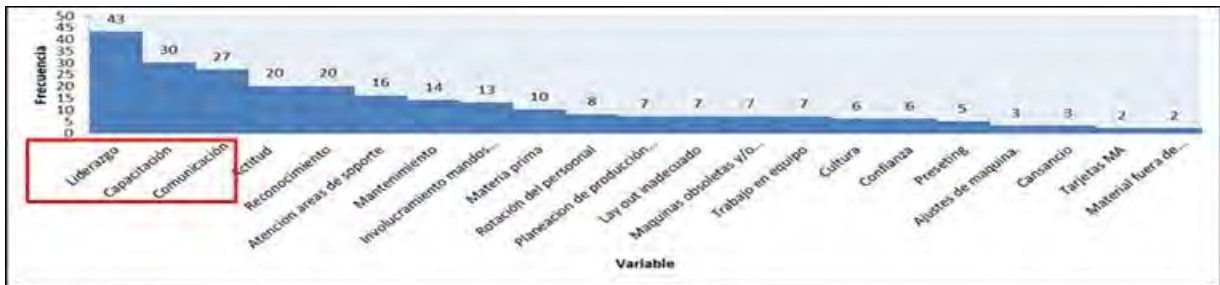


Figura 1 Pareto de variables independientes

Del resultado de la encuesta anónima, se seleccionaron solo 3 variables independientes como estudio que son: Liderazgo, Capacitación y Comunicación.

Se establecieron las siguientes dimensiones:

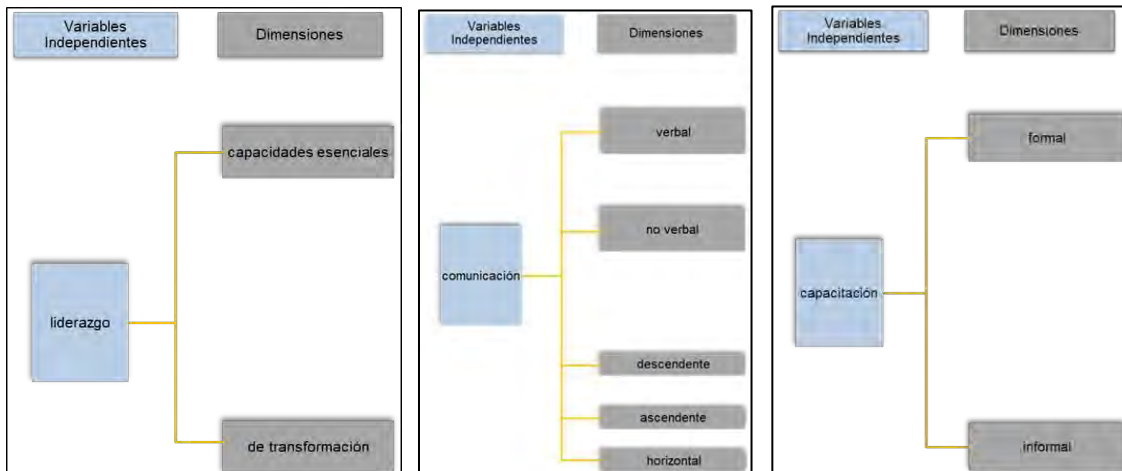


Figura 2 Variables independientes y sus dimensiones

### Prueba de la muestra

Se realizó prueba piloto para el diseño del instrumento de recolección de datos se aplicó a los líderes de los equipos de trabajo autodirigidos de las 6 Cadenas de Valor de una empresa del sector automotriz. En la prueba participaron 50 personas.

Las sub-escalas son de tipo Likert con cinco opciones de respuestas. La escala de Patterson at al. (205,p. 405), por lo tanto, el rango potencial era de “1” a “5”, mínimo y máximo respectivamente. Tal escalamiento ha sido ampliamente difundido en nuestro país y ha demostrado ser adecuado, algunos ejemplos son Hernández Sampieri (2006 y 2004); Aralucen (2003); Rodríguez (2002).

### Instrumento definitivo

Dentro de las aplicaciones del cuestionario quedó conformado 70 items. Teniendo el encuestado la oportunidad de agregar información que considerara importante sobre el tema, la herramienta de recolección de información quedó integrada para realizar la prueba piloto.

### Procedimiento.

Para el desarrollo de la presente investigación, se recurrió al siguiente modelo:

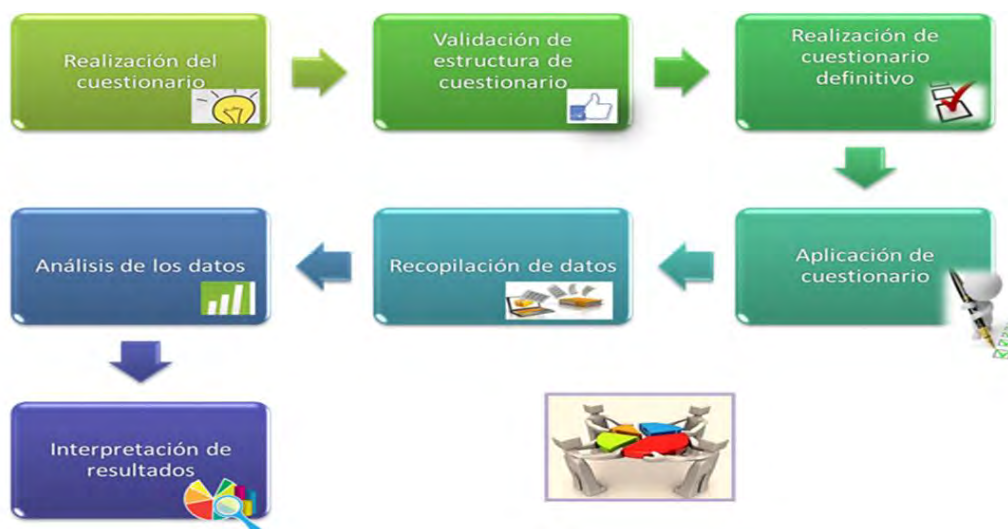


Figura 3 Modelo de aplicación

### Diseño de la investigación

El enfoque del método cuantitativo en un mismo proceso exploratorio, para responder al planeamiento del problema, que fue guía para identificar los cursos de acción de la investigación que corresponde del estudio tipo transversal. Los datos obtenidos de la situación real. Esta investigación presenta características propias, resultandos del contexto donde se realizó y el propósito que guío para el desarrollo de la investigación se siguió un proceso que consistió en la realización del cuestionario, validación de estructura del cuestionario, realización del cuestionario definitivo, aplicación de cuestionario, recopilación de datos, análisis de los datos e interpretación de los datos de la información a fin de responder a las interrogantes de la investigación.

### Comentarios Finales

El resultado de la investigación demostró que la hipótesis alternativa es verdadera:

H1= El liderazgo, la capacitación y la comunicación son variables que inciden en la productividad de los equipos de trabajo autodirigidos en una empresa del sector automotriz.

Como resultado este estudio da pauta para continuar con la investigación y medir en qué medida el liderazgo de los equipos autodirigidos incide en la productividad de los equipos autodirigidos en una empresa del sector automotriz.

### Referencias

- Abrajan, M. G., Contreras, J. M., & Montoya, S. (2009). Grado de satisfacción laboral y condiciones de trabajo: una exploración cualitativa. *Enseñanza E Investigación En Psicología, 14*, 105–118.
- Calderón-H, G., Murillo-G, S., & Torres-N, K. (2003). Cultura Organizacional y Bienestar Laboral. *Cuadernos de Administración, 16*, 109–137.
- Cequea, M., & Rodríguez-Monroy, C. (2012). Productividad y factores humanos. Un modelo con ecuaciones estructurales. *Interciencia, 37*(2), 121–127.
- Chacaltana, J. (n.d.). *Oficina Regional para América Latina y el Caribe Reforma laboral , capacitación y productividad La experiencia peruana.*
- Gómez Mujica, A., & Acosta Rodríguez, H. (2003). Acerca del trabajo en grupos o equipos. *Acimed, 11*.
- Mantilla, M., & García, D. (2010). Trabajo en equipos autodirigidos: Competencias personales y conductas necesarias para su éxito. *Revista Venezolana de Gerencia, 15*(49), 51–71.

### Notas Biográficas

El **M.C. José Martín Hernández Muñoz** actualmente doctorante de la Universidad de Celaya en el área de calidad, es profesor del departamento de ingeniería industrial en el Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato. Profesor en el postgrado en calidad en la Universidad Tecnológica del Centro de México Campus Celaya, profesor en el postgrado en ingeniería automotriz en la Universidad DeLaSalle Bajío y líder de mejora continua en GKN Driveline México. Se dedica a la investigación del mantenimiento, calidad y mejora continua.

El **Dr. José Antonio Vázquez López** es profesor investigador y subdirector académico en el Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato. Miembro del sistema nacional de investigadores nivel I, ha publicado más de 30 artículos de investigación. Se dedica a la investigación de inteligencia y visión artificial.

# CONOCIMIENTO SOBRE PREVENCIÓN DEL EMBARAZO ADOLESCENTE, EN ALUMNOS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO, MEXICO

Dra. Hernández Nava Imelda Socorro<sup>1</sup>, Dra. Sepulveda Covarrubias Maribel<sup>2</sup>, Dra. Cruz Velázquez Ma. del Carmen,<sup>3</sup> Med.Sex Sanchez Castillo Martha Leticia<sup>4</sup> MC.Cuevas Reyes Blanca Luz,<sup>5</sup> Dr. Diaz Gonzalez Lucio<sup>6</sup>.

## RESUMEN

**Determinar el nivel de conocimiento de prevención del embarazo adolescente en alumnos de la Universidad Autonoma de Guerrero. METODOLOGIA estudio cuantitativo, transversal y correlacional, población 1770 alumnos. Muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional al tamaño del grado escolar, 95% de confianza y 5% de error, muestra 326 alumnos, del turno matutino y vespertino, la selección de elementos muestrales fue sistemática. RESULTADOS edad media 16,5 años, el 96,3% solteros(as), 20,9% han tenido relaciones sexuales, 16,3% tuvieron relaciones por primera vez entre 15 y 17 años, 86,2% presentan un nivel medio de conocimiento en la prevención del embarazo, 57,4% un nivel alto de conocimiento en consecuencias de un embarazo y 92,9% nivel medio de conocimiento en salud sexual y métodos anticonceptivos. CONCLUSIONES el 10% de estudiantes presentaron un nivel bajo, el 88% nivel medio y el 2% nivel alto de conocimiento. El 53,7% cursan la adolescencia media y el 46,3% adolescencia tardía.**

**PALABRAS CLAVE:** adolescencia, embarazo adolescente, consecuencias, métodos anticonceptivos.

## INTRODUCCIÓN

El embarazo en la adolescencia es un tema emergente de la agenda pública de muchos países, ya que sus efectos resultan negativos para el desarrollo individual y social. América Latina es la región del mundo con mayor concentración de nacimientos en la edad adolescente, casi el 17% de todos los nacimientos corresponden a mujeres que tienen entre 15 a 19 años.<sup>1</sup>

En la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT 2012 a nivel de México, la proporción de población de 12 a 19 años que ha iniciado su vida sexual pasó de 15% en 2006 a 23% en 2012, la edad promedio del inicio de la vida sexual en las mujeres de 15 a 19 años es de 15.9 años, como consecuencia de estas tendencias, también el porcentaje de nacimientos en madres adolescentes aumentó de 15.6% a 18.7% entre 2003 y 2012.<sup>2</sup> En comparación con los nacimientos de madres adolescentes en América Latina, México muestra mas alto nivel de fecundidad. La tasa global de fecundidad estimada para el quinquenio de 2009 a 2013, muestra en el cuarto nivel de fecundidad al Estado de Guerrero, México 2,57 hijos por mujer, de acuerdo a la (ENADID, 2014)<sup>3</sup>.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática-INEGI.<sup>4</sup> estima que actualmente existen en México 22 millones de adolescentes. En el Estado de Guerrero, México se estima 393 mil adolescentes entre 10 y 14 años y 372 mil entre los 15 y 19 años de edad, corresponden al 26% de la población total. El embarazo en las adolescentes es un problema que preocupa a las enfermeras de todo México porque cobra cada vez mayor importancia debido a que las mujeres de 15 a 19 años de edad constituyen el grupo de mayor tamaño entre los grupos quinquenales de mujeres en edad fértil; la disminución de la fecundidad en adolescentes es menor que en otros grupos de edad; además en toda América Latina se ve un aumento en el número de estos embarazos; este

<sup>1</sup> Dra. en ciencias de enfermería, profesora titular Escuela Superior de enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), México, Mail: imeldash@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Dra. en Bioética, Escuela Superior de enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>3</sup> Dra. en ciencias de enfermería, Escuela Superior de enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>4</sup> Medica Sexologa, Escuela Superior de enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>5</sup> Maestra en Investigacion educativa Escuela Superior de enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>6</sup> Dr. en Ciencias Matematicas facultad de matematicas de la Universidad Autónoma de Guerrero

incremento se ve en todos los niveles sociales aunque con predominio en las clases desamparadas, por su baja escolaridad, falta de educación sexual, desconocimiento de los métodos de control de la natalidad.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el nivel de conocimientos sobre prevención del embarazo adolescente en los alumnos de la preparatoria No. 9 de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

## METODOLOGIA

Estudio cuantitativo, transversal correlacional, la población 1770 estudiantes Adolescentes entre 15 y 19 años de edad, distribuidos en 14 grupos por grado escolar de primero, segundo y tercer año, de la unidad académica preparatoria No. 9 de la UAGro en Chilpancingo de los Bravos, Guerrero, México. El diseño del muestreo fue aleatorio estratificado con asignación proporcional al tamaño del grado escolar con 95% de confianza y 5% de error. La muestra representativa de 326 estudiantes distribuidos en 145 de primero, 111 de segundo y 70 estudiantes de tercer año de los turnos matutino y vespertino, que aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado. Para determinar la confiabilidad del instrumento se aplicó el coeficiente de Kuder Richardson (KR-20) dando resultado 0.72

Se elaboro una escala para evaluar el conocimiento 0-42 Conocimiento Bajo, 43-63 Conocimiento Medio, 64-85 Conocimiento Alto. Para el análisis estadístico de los datos se utilizo el paquete estadístico SPSS versión 20, la prueba de chi-cuadrada de Pearson para la asociación de variables. Los principios éticos aplicados, no maleficencia, beneficencia, Autonomía, confidencialidad y respeto.

## RESULTADOS

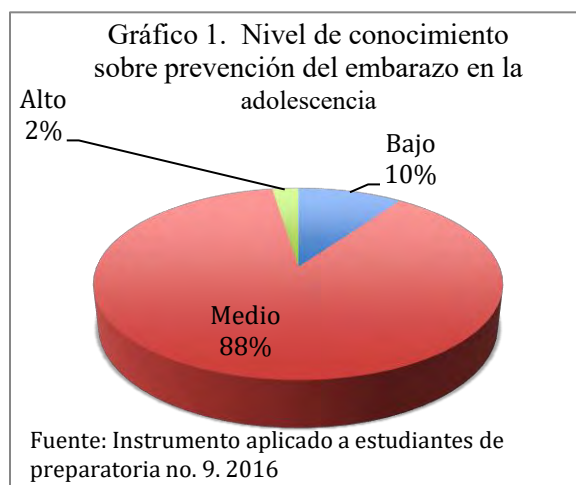
Al realizar el análisis sobre las características generales la muestra se caracterizo de la siguiente manera: la edad mínima de 14 años, edad máxima 19 años y la media de edad 16 años, el 40.5% (132) tienen 16 años, el 29.4% (96) cuentan con 17 años, el 45% son hombres y el 55% mujeres. La distribución de adolescentes por grado escolar, el 44,5% fueron de primer grado, el 34% de segundo y el 21.5% de tercero. Refieren tener pareja el 22.1%, el 96,3% son solteros, 2,1% casados, el 29,8% trabaja y el 70,2% no lo hace, el 20,9% a iniciado su vida sexual, de estos el 16.3% inicio de 15 a 17 años y el 3,4% de los 12 a los 14 años, actualmente 20,9% tienen vida sexual activa . Las adolescentes iniciaron su ciclo menstrual 3,1% de los 8 a los 10 años, el 44,8% de los 11 a los 13 años, el 1.3% a cursado con embarazo (ver tabla 1) . Del total de hombres el 1,8% ha embarazado alguna chica. El 94,2% han recibido información para prevenir el embarazo. La fuente de información en primer lugar fue la institución educativa 80,7%, en segundo lugar los padres 77,9%, el médico 68,1% y la enfermera 48,2%.

Tabla 1. Características generales de los adolescentes

Características	Adolescencia	
	Temprana %	Tardía %
Inicio ciclo menstrual: 11 a 13 años	45	45
Inicio de vida sexual: 15 a 17 años	15	18
Tienes pareja actualmente	17	28
Recibio información para prevenir el embarazo	93	95
Fuente de información: Padres	80	76
Te haz embarazado alguna vez	-	1,3

En relación al nivel de conocimiento los estudiantes encuestados el 10% presentaron un nivel de conocimiento bajo, el 88% nivel de conocimiento medio y el 2% un nivel alto de conocimiento, ver Gráfico 1.



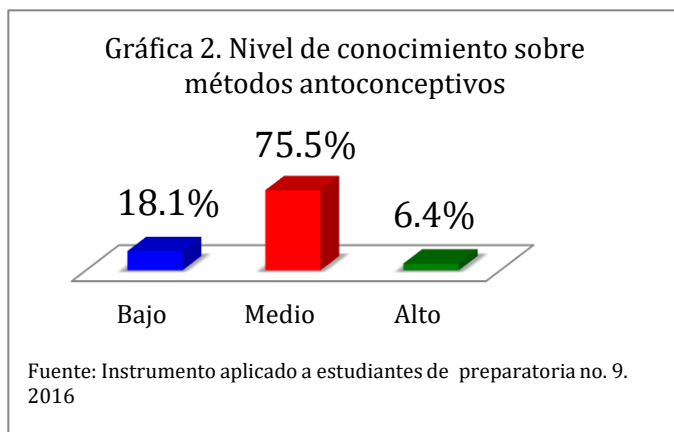


Para describir el conocimiento de los adolescentes preparatorianos, los resultados se clasificaron de acuerdo a las etapas de la adolescencia, clasificando en: adolescencia media 53,7% y adolescencia tardía 46,3%, Debido a que en cada uno de estos grupos se realizan cambios en el desarrollo físico, emocional, social, moral, así como de personalidad en el individuo. En cuanto a la característica psicológica es la preocupación por lo físico y emocional, se observó mayor conocimiento en los estudiantes de la adolescencia media. En relación a los duelos que sufre el adolescente se mencionan tres duelos, duelo por el cuerpo infantil, duelo por las padres infantiles, y el duelo por su identidad, tanto los de la adolescencia media como tardía presentaron conocimiento alto 50% y 69% respectivamente y limitado conocimiento de sexualidad. Ver tabla 2.

En cuanto a las causas del embarazo: manifestaron inicio precoz de las relaciones sexuales, tanto el 58% adolescentes de edad media como el 63% de edad tardía presentaron conocimiento alto. En segundo lugar, el 62% de los adolescentes en edad tardía contestaron, no utilización de métodos anticonceptivos como causa del embarazo. En relación al conocimiento sobre las consecuencias de un embarazo adolescente manifestaron los estudiantes adolescentes en edad media y tardía son: la maternidad en soltería, el ausentismo escolar, muerte materna con un conocimiento alto para todos casos.

Las habilidades sociales ayudan a prevenir el embarazo, creando conductas preventivas para el manejo de situaciones de riesgo, el 47% de los estudiantes en la adolescencia media presentaron conocimiento medio y 28% comparado con los estudiantes de la adolescencia tardía. Las habilidades sociales que los estudiantes mencionan conocer son comunicación asertiva, el 59% de estudiantes en la adolescencia media tienen conocimiento alto y 66% en adolescencia tardía. el 63% de los estudiantes en la adolescencia media tienen conocimiento alto sobre control de la ira y 60% de la adolescencia tardía.

Otra variable estudiada fue el nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos el 75,5% presentó un nivel de conocimientos medio. ver gráfica 2



En relación al conocimiento sobre el criterio para seleccionar un método anticonceptivo los estudiantes contestarán por facilidad y comodidad de uso del método elegido el 57% tiene un conocimiento alto y con mayor prevalencia conocimiento sobre el método. Ver tabla 2.

Tabla2 Conocimiento sobre metodos anticonceptivos de los estudiantes adolescentes preparatorianos.

CONOCIMIENTO	ADOESCENCIA MEDIA			ADOLESCENCIA TARDIA		
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
Define los métodos Anticonceptivos	.8	42	57	.9	33	66
Criterio para seleccionar método anticonceptivo: Conocimiento de método	1	45	54	.8	33	66
Quien usa los metodos anticonceptivos	2	43	55	3	32	65
Clasificacion de los métodos temporales	2	45	53	2	30	69
Metodo de Barrera: Condon	2	42	56	2	38	60
Los métodos naturales están indicados en mujeres con periodos menstruales irregulares: No	-	33	67	-	24	76
El condón protege contra el VIH / SIDA y las ETS: Si	2	41	57	-	30	70
Métodos menos seguro para prevenir el embarazo: Ritmo	1	44	55	1	27	72
Qué es la abstinencia sexual	-	38	62	-	9	91
Definición de métodos permanentes	-	39	61	-	25	75
Cuál es el métodos permanente: Ligadura	1	47	52	-	27	73
Cuándo se utiliza la pastilla de emergencia	2	43	55	3	25	72

## ANÁLISIS BIVARIADO

Para determinar la relación que existe entre en nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos con las variables: género, pareja sexual, el grado de escolaridad, estado civil y si recibe información, se utilizó la prueba Chi-cuadrada, considerando un nivel de significancia del 10% se encontró que existe relación entre el nivel de conocimiento con el grado de escolaridad, con el hecho de que recibe información. (ver tabla 4)

Tabla 4. Prueba Chi-cuadrada, significancia

VARIALES	SIGNIFICANCIA
Grado de escolaridad/nivel de conocimiento	0.012

Estado civil/ Nivel de conocimiento	0.081
Recibe información de amigos de cómo prevenir el embarazo/ Nivel de conocimiento	.057
Recibe información de la institución educativa de cómo prevenir el embarazo/ Nivel de conocimiento	.084

## DISCUSION

El adolescente como sujeto de cambios se manifiesta ante la sociedad como un ser vulnerable, puesto que posee carencias que no le permiten lidiar con el despertar sexual. Es así, como vive una lucha constante entre lo cultural, moral y las conductas de riesgo que comúnmente tiende a presenciar y a volverse protagonistas. Al analizar los datos aportados por 336 adolescentes que cursan la preparatoria el 20,9% tienen actualmente relaciones sexuales. Cifra menor comparado con el estudio de Hernandez menciona el 60 % de los estudiantes de la Enseñanza Media Superior tienen relaciones sexuales.<sup>5</sup>

Otra variable estudiada es información sobre prevención del embarazo que han recibido, se reflejó que el mayor porcentaje el 80.7% han recibido información en sus instituciones educativas, un 77.9% de sus padres, un 33.1% por otros familiares, el 68.1% por los servicios de salud, y en menor porcentaje 37.1% han recibido información por parte de amigos. Hernández Nava<sup>6</sup> en su estudio informa que el 17% recibieron información en su escuela y el 50% de los adolescentes no recibió información acerca de la orientación sexual en su casa, Acosta & Gastelo menciona que el 49,20% de las jóvenes encuestadas respondieron haber recibido información sobre salud reproductiva en los establecimientos educativos.<sup>7</sup> Vaillant et al. Señala las vías que más acceden los adolescentes a la información sobre cómo prevenir el embarazo el 69,6%, son los familiares y el 52,8% los amigos.<sup>8</sup> González, et al. Obtuvo que los servicios de salud son la fuente de información en un 12%.<sup>9</sup>

En cuanto al inicio de relaciones sexuales (IRS) es notable que los adolescentes encuestados el 17,9% IRS entre 15 a 17 años de edad, es decir entre la adolescencia media y tardía, el 0,6% dijeron tener IRS >12 años, el 3,4% manifestaron este evento entre los 12 a 14 años de edad, y el promedio de edad de primera relación sexual es de 15 años. Hernández Nava señala que el 60% IRS entre los 14<sup>a</sup> 16 años,<sup>6</sup> Acosta & Gastelo refiere el 93% de las adolescentes IRS entre los 14 a 16 años,<sup>7</sup> por otra parte Barrozo & Pressiani dice el 81% corresponde al IRS a temprana edad, (el 40% a edades entre 14 años y 15 años de edad, mientras que el 36% a edades entre 12 años y 13 años).<sup>10</sup> Mientras que Puentes et al., obtuvo la edad de inicio de las relaciones coitales, de 14 años el 22,06% muchachos y de 15 años en 20,47% muchachas.<sup>11</sup> Por su parte Vaillant et al., señala que el 61,6 % iniciaron sus relaciones sexuales entre los 14 y 16 años.<sup>8</sup> Mientras que Fleiz-Bautista et al., obtuvo el promedio de edad de la primera relación sexual a los 15 años.<sup>12</sup>

Solo el 20.9% de los estudiantes encuestados afirmaron haber tenido relaciones sexuales. Fleiz-Bautista et al., señala el 18.4% ha tenido relaciones sexuales.<sup>12</sup> Mientras que Acosta & Gastelo refiere el 81% ya ha tenido relaciones sexuales.<sup>7</sup> En relación al nivel de conocimientos en prevención del embarazo en la adolescencia el 2% tienen un nivel de conocimientos bajo, el 88% un nivel de conocimiento medio y el 10% un nivel de conocimiento alto. Flores informa un nivel medio de conocimiento,<sup>13</sup> Por otra parte Navarro & López describe el nivel de conocimiento sobre Prevención del embarazo que tiene la población adolescente, el 70.9% tienen un nivel de conocimiento alto, Además el 22.8% tienen un nivel de conocimiento medio,<sup>14</sup> mientras Gutiérrez observo, el 12.18% presentaron un nivel de conocimientos bajo, 87.82% estudiantes obtuvieron un nivel de conocimientos medio, Mostrando similitud con los resultados del presente estudio.<sup>15</sup>

En cuanto al conocimiento sobre los métodos anticonceptivos el 6,4% tiene un conocimiento alto y el 75,5% tiene un conocimiento medio, La fuente de información en primer lugar fue 80,7% la institución educativa, lo contrario que señala Navarro & López En su estudio refiere el 56% su nivel de conocimientos fue alto sobre los métodos anticonceptivos.<sup>14</sup>

## CONCLUSIONES

Se encontró relación entre el nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos con el grado de escolaridad, estado civil y si recibe información sobre el tema, un nivel de significancia del 10%.

## REFERENCIAS

1. Rodríguez J. Fecundidad adolescente en América Latina: una actualización. Argentina: una agenda inconclusa. Serie E-investigaciones. 2015; No. 3. Recuperado el 09 de septiembre de 2016, de: [http://www.alapop.org/alap/Serie-E-Investigaciones/N3/Capitulo2\\_SerieE-Investigaciones\\_N3\\_ALAP3.pdf](http://www.alapop.org/alap/Serie-E-Investigaciones/N3/Capitulo2_SerieE-Investigaciones_N3_ALAP3.pdf)
2. Gutiérrez, J. P., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., Franco, A., Cuevas-Nasu, L. et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT 2012. Resultados Nacionales. 2014; 2ª.ed. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX).
3. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID). Diseño muestral. 2014. Recuperado 03/06/2016, de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos/encuestas.aspx?c=34532&s=est>
4. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática-INEGI. Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. 2010. Disponible: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/arcasgeograficas/>
5. Hernández G. Estrategia educativa para disminuir el embarazo en la adolescencia, en el área de salud Taguasco, 2008-2012. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. 2013.
6. Hernández Nava Imelda. S et al 'Prevalence Of Factors Associated With Pregnancy In Primiparous Adolescents'. International Journal of Current Advanced Research. 2017; 06(06): pp. 4249-4253. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2017.4253.0475>
7. Acosta, D., & Gastelo, R. Embarazo en la Adolescencia y Proyecto de vida. Caso: Liceos Públicos de Cumaná, Municipio Sucre, Estado Sucre Año Escolar 2010-2011. Cumaná, Sucre, Venezuela. 2012.
8. Vaillant C., M., Dandicourt Thomas , C., & Mackensie Soria, Y. Prevención del embarazo en adolescentes. Revista Cubana de Enfermería. 2012; 28(2):125-135.
9. González-Q, J., Salamanca-Preciado, J., Quiroz-Rivera, R., Hernández-Pardo, Á., Hernández-Rojas, A., & Quesada-Núñez, B. Identificación de factores de riesgo de embarazo en población adolescente escolar urbana y rural colombiana. Rev. salud pública. 2012; 14 (3), 404-416.
10. Barrozo, M., & Pressiani, G. Embarazo adolescente entre 12 y 19 años. San Martín, Mendoza, Argentina. 2011.
11. Puentes Rizo, E., Enríquez Domínguez, B., Rodríguez de Celis, Y., & Correa Jáuregui, M. La sexualidad en adolescentes de la secundaria básica "Viet Nam". Revista Cubana de Medicina General Integral.2012; 599-610.
12. Fleiz-Bautista, C., Villatoro-Velázquez, J., Medina-Mora, M. E., Alcántar-Molinar, E. N., Navarro-Guzmán, C., & Blanco-Jaimes, J. Conducta sexual en estudiantes de la ciudad de México. Salud Mental. 2011; 14-19.
13. Flores M. E. Conocimientos, practicas sexuales y actitud del adolescente hacia la sexualidad responsable y embarazo precoz. Las palmas., lima, peru. 2012
14. Navarro M. E., & López A. I. Nivel de conocimiento y actitudes sexuales en adolescentes de la urbanización Las Palmeras - Distrito de Morales. Periodo junio – septiembre 2012. Tarapoto, peru. 2012.
15. Gutiérrez S. M. Efectividad del Programa Educativo "Exprésate" en el nivel de conocimientos y actitudes hacia la prevención del embarazo adolescente en la Institución Educativa "Peruano Suizo", Comas 2011. Lima, Peru. 2012.

# EL EMPRENDEDURISMO Y EL RÉGIMEN DE INCORPORACIÓN FISCAL

Nancy Hernández Nicolás<sup>1</sup>, Nora Aylim Garduño Hernández<sup>2</sup>,  
Domingo Islas Trinidad<sup>3</sup> y Lic. en T. Ma. C. Monica Niembro Gaona<sup>4</sup>

**Resumen-** El Régimen de Incorporación fiscal es dirigido a los contribuyentes que realicen actividades empresariales, por las que no se requieran para su realización título profesional, así como aquellos que obtengan ingresos por sueldos o salarios; siempre que el total de los ingresos obtenidos en el ejercicio inmediato anterior por los conceptos mencionados, en su conjunto no hubiera excedido de la cantidad de dos millones de pesos; estos contribuyentes deben presentar declaraciones de manera bimestral. Por ello, el objetivo del presente ensayo es dar a conocer las facilidades para el cumplimiento de dichas obligaciones, ya que al momento de iniciar un negocio todo emprendedor tiene la duda de como pagara sus impuestos, donde y como; además de los beneficios y apoyos que podrían obtener por ser de nueva creación y México es un país que cuenta con factibilidad para el emprendedurismo.

**Palabras clave:** Emprendedurismo - Régimen de Incorporación Fiscal.

## Introducción

En el plan de negocios del emprendedor es indispensable considerar diversos factores para lograr su funcionamiento y desarrollo, entre ellos, el aspecto fiscal, al ser uno de los que mayormente incide en el éxito o fracaso del proyecto por las implicaciones que trae consigo.

Un emprendedor es esa persona que se traza una meta, decidiendo correr los riesgos necesarios para alcanzarla, sumando su esfuerzo y habilidad. Se define como aquel individuo con visión de negocios que es capaz de organizar los medios necesarios para crear una empresa que le genere un beneficio económico. Hoy en día el concepto ha sido bastante utilizado, haciendo referencia a algo innovador y fresco.

Las personas físicas y morales que realizan actividades empresariales, cuentan con diversas opciones de tributación en cuanto al Impuesto Sobre la Renta (ISR) e Impuesto al Valor Agregado (IVA), de ahí la importancia de conocer los tipos de regímenes fiscales existentes.

La incorporación en su término más simple nos permite pertenecer a un grupo definido y establecido que va a conducirnos a la obtención de metas claras. Ser formal siempre tendrá como resultado la obtención de resultados y en el caso de la formalidad en el entero y pago de contribuciones nos va a otorgar, por un lado, beneficios, y también vamos a evitar en lo posible contingencias.

Este régimen está diseñado para que los que no son formales puedan incorporarse a la formalidad de manera gradual y así mismo tener una madurez empresarial y como contribuyente ir conociendo poco a poco los beneficios que se pueden obtener.

## Descripción del Método

### *Antecedentes de los pequeños contribuyentes*

El esquema de Pequeño Contribuyente desaparece en 2014, debido a la iniciativa de la reforma fiscal del Presidente de la República donde uno de los puntos más sobresaliente fue la eliminación del Régimen de Pequeños Contribuyentes (REPECOS) así como del Régimen Intermedio que serían sustituidos por el un nuevo régimen denominada Régimen de incorporación, todos los contribuyentes de estos régimen pasan al nuevo Régimen de Incorporación Fiscal; los cambios son significativos: la expedición de comprobantes fiscales, es decir, CFDI, incluyendo las ventas al público en general, llevar un registro contable electrónico de ingresos y egreso.

<sup>1</sup> Nancy Hernández Nicolás es alumna de la Licenciatura en Contaduría en la Universidad Autónoma del Estado de México C.U. UAEM Zumpango, nancynicolas\_17@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Nora Aylim Garduño Hernández de la Licenciatura en Contaduría en la Universidad Autónoma de México C.U. UAEM Zumpango, nora.garher3@gmail.com

<sup>3</sup> Domingo Islas Trinidad estudiante de la Licenciatura en Contaduría en la Universidad Autónoma del Estado de México C.U. UAEM Zumpango, needom@hotmail.com

<sup>4</sup> Lic. en T. Ma. C. Mónica Niembro Gaona. Profesor de tiempo completo en la Licenciatura en Turismo de la Universidad Autónoma del Estado de México C.U. UAEM Zumpango, monica\_niembro@hotmail.com

## **Concepto de Emprendedurismo.**

Kappler, define el emprendedurismo como las actividades de un individuo o un grupo dirigidas a iniciar un conjunto de actividades económicas en el sector formal bajo una forma legal de negocio. Esta definición deja fuera a todas aquellas personas que realizan actividades dentro del sector informal de la economía.

## **Concepto de Emprendedor.**

Según el autor Antonio César Amaru, la persona que asume el riesgo de iniciar una empresa es un emprendedor. La palabra emprendedor proviene del latín *imprendere*, que significa "tomar la decisión de realizar una tarea difícil y laboriosa, poner en ejecución".

Es considerable mencionar algunas características que la mayoría de los teóricos modernos incorporan en sus definiciones de emprendedor. En lo que respecta a cuál es el término correcto, emprendedurismo o emprendimiento. Cabe mencionar que en términos generales, toda persona de una u otra manera es una emprendedora, sin embargo hay personas más propensas a realizar actividades emprendedoras, de estas personas se dice que poseen cultura emprendedora.

Dicho esto, un emprendedor es una persona con objetivos y medios para llevarlos adelante cuando hablamos de los estudios, las dinámicas sociales, las teorías, la herramienta, la política que tiene su foco en el emprendedor o en su actividad en general.

## **¿Qué régimen fiscal debes elegir al iniciar tu negocio?**

Uno de los primeros pasos que todo emprendedor tiene que dar al abrir un negocio es tener muy claro qué régimen elegir de acuerdo con el giro de tu empresa y las actividades que realizas, ya que de esto dependerá el tipo de obligaciones fiscales que deberá cumplir.

Recordemos que estar al corriente con el fisco no sólo nos proporcionara tranquilidad, también produce un impacto positivo en el crecimiento de nuestra empresa, ya que podremos conocer su situación financiera en cualquier momento y demostrar su solidez; además, tener en orden la situación fiscal nos permitirá enfocarnos en hacer que nuestro negocio funcione y crezca.

## **Ventajas de ser un emprendedor**

### **1. Haces lo que te apasiona**

Si estás iniciando un negocio, puedes estar seguro que tus posibilidades de éxito aumentarán siempre que hagas lo que más te apasiona. Esto se debe a que la pasión es el combustible que deberás utilizar para enfrentar todos los obstáculos que puedas encontrar en tu camino. Debes tener presente que en el campo de los negocios tienes que apuntar a ser uno de los mejores o incluso el mejor en tu segmento de mercado y este objetivo lo alcanzarás con mayor facilidad si te apasiona lo que haces. Lo mejor de esta ventaja es que puedes transformar lo que te gusta hacer, en tu principal fuente de ingreso.

### **2. Independencia y libertad**

Muchas personas creen que independencia y libertad son sinónimo de tomar vacaciones cuando tú quieres o cuando lo necesites. Pues sí, puedes irte de vacaciones y estar pendiente de tu empresa, pues al final es tu negocio y no se trataría de un sacrificio sino de un esfuerzo extra. Ser emprendedor -en muchas ocasiones- es salirte de un trabajo usual y asalariado para desarrollar un proyecto que te guste muchísimo, en el cual tú tengas la independencia y libertad de tomar las decisiones que consideras que te harán alcanzar tus objetivos.

### **3. Eres dueño de tu tiempo**

Cuando eres un emprendedor, tu tiempo 24/7 le pertenece a tu negocio. Aunque al principio las cuentas no te salgan, piensa que igual has salido ganando (si no lo crees, vuelve al punto 2). Puede que trabajes hasta en los fines de semana, pero recuerda que ahora lo haces porque te apetece. Tanto las horas de entrada como de salida son



totalmente libres para ti. Si estableces o no un horario, eso dependerá de ti y de cómo se mueva tu negocio. Lo divertido: todo ocurrirá tal como tú quieras.

#### **4. Satisfacción personal**

Para muchas personas nada produce más satisfacción que un trabajo bien hecho, sobre todo si se desarrolla desde su nacimiento hasta su ejecución, bajo nuestra propia percepción y opinión de cómo debe realizarse. Este tipo de satisfacción está muy relacionada a nuestros valores como individuos, a través del planteamiento y ejecución de diversos retos, de aplicar de una manera productiva e imaginativa nuestras habilidades y destrezas para obtener resultados fruto de nuestro esfuerzo, pasión y dedicación. Ya haber dado el paso de decidir ser un emprendedor te causa satisfacción ¿o no?

#### **5. Ingresos proporcionales a tu esfuerzo**

Este puede ser el punto que causa más controversia, pero, si nuestro negocio está bien planteado y encaminado, podemos aspirar a mayores ingresos que trabajando para alguien más. Si bien es cierto que, en algunas oportunidades, en las primeras etapas de una empresa los gastos se encuentran por encima de los ingresos, entonces lo recomendable es que tengamos un remanente y sobre todo, tener en nuestras manos un plan económico en el que hayamos calculado el tiempo con el que contamos para no generar rentabilidad. Una vez que lleguemos al punto de obtener ganancias, nuestra posibilidad de aumentar nuestra percepción económica también crece, yendo además a la par con el éxito económico de nuestro proyecto.

#### **¿Quiénes pueden tributar en el régimen de incorporación fiscal?**

Los contribuyentes personas físicas que realicen actividades empresariales, que vendan bienes o presten servicios por los que no se requiera para su realización título profesional, así como aquellos que realicen las actividades señaladas y que además obtengan ingresos por sueldos o salarios, asimilados a salarios o ingresos por intereses, siempre que el total de los ingresos obtenidos en el ejercicio inmediato anterior por los conceptos mencionados, en su conjunto no hubiera excedido de la cantidad de dos millones de pesos.

Como ejemplo de actividades empresariales: Fondas, misceláneas, salones de belleza, refaccionarias, talleres mecánicos, tintorerías, carnicerías, papelerías, fruterías, entre otras.

#### **Lo que puedes y no puedes hacer si tributas en este régimen:**

##### **¿Puedes generar factura electrónica en este régimen?**

Si, y para esto puedes utilizar la aplicación factura fácil de “Mis Cuentas” para emitirlas. Es gratuita y sólo necesitas tu contraseña.

- Incluyen el sello digital del SAT y son válidas para deducir y acreditar fiscalmente.

-Para expedir facturas:

1. Tramita un certificado de sello digital, con tu e.firma.
2. Si eres persona física, factura sólo con tu e.firma en la aplicación gratuita del SAT.
3. Utiliza la aplicación gratuita de los proveedores de certificación de factura, o bien,
4. Contrata u obtén una aplicación de generación de factura de algún desarrollador o integrador.

##### **¿Cómo puedes llevar tu contabilidad?**

En este régimen solo debes registrar tus ingresos, gastos e inversiones en la aplicación electrónica Mis Cuentas, que el SAT pone a tu disposición en el apartado Mi contabilidad, al cual ingresas con tu RFC y Contraseña. Estos datos se utilizarán para llenar tus declaraciones bimestrales que debes presentar.

En Mis Cuentas, también generas tus facturas electrónicas que debes expedir y en el apartado Mi contabilidad, puedes consultar tanto la relación de ingresos y gastos capturados, como las facturas expedidas y las que recibes de tus proveedores.

### **¿Cómo debes presentar tus declaraciones?**

Debes presentar declaraciones de manera bimestral, es decir cada dos meses:

1. Enero-Febrero,
2. Marzo-Abril,
3. Mayo-Junio
4. Julio-Agosto
5. Septiembre- Octubre
6. Noviembre-Diciembre

Inclusive si tienes trabajadores el impuesto que les retengas lo pagas en los mismos plazos.

Para presentar tus declaraciones bimestrales, ingresa al apartado:

- Mis declaraciones de la aplicación electrónica Mis cuentas en el cual generarás la línea de captura para realizar el pago, en el caso que resulte impuesto a cargo.

En el régimen de Incorporación Fiscal NO tienes que presentar declaración anual, solo las declaraciones bimestrales.

### **¿Qué obligaciones tienes en este régimen?**

- Entregar nota de venta cuando tus clientes no requieran factura, es decir por las ventas que realices o servicios que prestes al público en general.
- Efectuar el pago de tus compras e inversiones, cuyo importe sea superior a dos mil pesos, mediante cheque, tarjeta de crédito, débito o de servicios.
- Presentar una declaración informativa bimestral de tus ingresos, gastos y proveedores, sin embargo, no tienes que presentarla si cumples la obligación de hacer el registro de tus ingresos y gastos en la aplicación electrónica "Mis Cuentas".

### **¿Qué otros beneficios puedes obtener?**

Reducir hasta en un 100 % el pago del ISR durante el primer año de operaciones en el esquema Régimen de Incorporación Fiscal – RIF, y de sólo pagar el Impuesto sobre la renta de manera gradual es decir: el 0% en el primer año de operaciones; 10% en el segundo, 20% en el tercero y así sucesivamente hasta el 100%.

Así mismo existen otros beneficios adicionales para los contribuyentes que decidan integrarse a la formalidad dentro del programa Crezcamos Juntos. En donde puedes inscribirte a los servicios médicos y de seguridad social del IMSS; comenzar a ahorrar para tener un crédito hipotecario del Infonavit; solicitar créditos para tu negocio con Nacional Financiera; tener acceso a créditos al consumo de Infonacot y contar con apoyos para que crezcas como emprendedor con el Inadem.

## ¿Quiénes no pueden tributar en el RIF?

Por disposición expresa en la ley no podrán pagar el impuesto en los términos de esta sección quienes:

- Hayan dejado de tributar conforme a esta sección, caso en el cual no podrán volver a tributar en los términos de la misma.
- Cuando sean socios, accionistas o integrantes de personas morales o cuando sean partes relacionadas en los términos del artículo 90 de la LISR, o cuando exista vinculación en términos del citado artículo con personas que hubieran tributado en los términos del régimen de incorporación.
- Cuando realicen actividades relacionadas con bienes raíces, capitales inmobiliarios, negocios inmobiliarios o actividades financieras, salvo tratándose de aquéllos que únicamente obtengan ingresos por la realización de actos de promoción o demostración personalizada a clientes personas físicas para la compra venta de casas habitación o vivienda, y dichos clientes también sean personas físicas que no realicen actos de construcción, desarrollo, remodelación, mejora o venta de las casas habitación o vivienda.
- Cuando obtengan ingresos por concepto de comisión, mediación, agencia, representación, correduría, consignación y distribución, salvo tratándose de aquellas personas que perciban ingresos por conceptos de mediación o comisión y estos no excedan del 30% de sus ingresos totales.
- Cuando obtengan ingresos provenientes de espectáculos públicos y franquiciatarios.
- Cuando realicen actividades a través de fideicomisos o asociación en participación.
- Cuando adquieran la totalidad de una negociación (activos, gastos y cargos diferidos), de una persona física que tributaba en el régimen de incorporación. En este caso, el enajenante de la propiedad deberá acumular el ingreso por la enajenación de dichos bienes y pagar el ISR en términos del Capítulo IV, del Título IV de la LISR (de ingresos por enajenación de bienes) art. 113, LISR.

Por lo que se expresa que El Emprendedurismo y el Regimen de Incorporación Fiscal al unirse van encaminados al éxito, ya que se entenderán mejor los tramites fiscales, esto nos ayudara a empaparnos de la información fiscal y familiarizarnos con las obligaciones a las que estamos sujetos y de igual manera con los derechos que se tienen como contribuyentes, podemos utilizar algunos de los beneficios como son el ajorro dentro de los primeros años para el pago de impuesto, aportaremos a que las empresas se constituyan de una forma legal y de esta manera apoyar al gasto público y principalmente como empresa saber cuál es su situación financiera para así poder tomar riesgos para inversión y formar metas, según sea el caso, de igual manera tener la base para la toma de decisiones y así tener un éxito como emprendedor.

### Comentarios Finales

El Régimen de Incorporación Fiscal, sería la mejor opción para quienes emprenden un nuevo negocio, por las facilidades y apoyos que brinda al contribuyente.

#### *Resumen de resultados*

En este trabajo de investigación se estudiaron las ventajas y beneficios que tiene un emprendedor al pertenecer al Régimen de Incorporación Fiscal.

#### *Conclusiones*

Los resultados demuestran las posibilidades que tiene todo emprendedor al iniciar un nuevo proyecto de inversión; para lograr esto es indispensable conocer en qué régimen puede tributar y los beneficios que se tienen.

- Entienden los trámites fiscales.
- Ahorro de pago de impuestos.
- Nacen empresas legalmente constituidas.
- Las empresas podrán conocer su situación financiera.

### *Recomendaciones*

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en la actualización y opción de un cambio de régimen necesario o más conveniente.

### **Referencias**

- A., G. (2013). El emprendedor y su impacto en la sociedad. *Revista de instituciones, ideas y mercados.*, 5-18.
- Geografía, I. N. (13 de Julio de 2016). <http://www.inegi.org.mx>. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx>:  
[http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_07\\_02.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_07_02.pdf)
- <http://catarina.udlap.mx>. (s.f.). Obtenido de <http://catarina.udlap.mx>:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mcap/soriano\\_m\\_ma/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcap/soriano_m_ma/capitulo3.pdf)
- Multimedios. (5 de Septiembre de 2017). <http://www.multimedios.com>. Obtenido de <http://www.multimedios.com>:  
<http://www.multimedios.com/telediario/local/importancia-incorporarse-al-regimen-fiscal.html>
- Raúl Parra Fonseca. (7 de 10 de 2013). <https://www.gestiopolis.com>. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com>:  
<https://www.gestiopolis.com/reformas-fiscales-para-2014-en-mexico/>
- Tributaria, S. d. (5 de Septiembre de 2017). <http://www.sat.gob.mx>. Obtenido de <http://www.sat.gob.mx>:  
[http://www.sat.gob.mx/informacion\\_fiscal/preguntas\\_frecuentes/Paginas/rif.aspx](http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/preguntas_frecuentes/Paginas/rif.aspx)

# EN BÚSQUEDA DE UN NUEVO PARADIGMA PARA LA VALORACION DE BIENES SINGULARES

Mtro. Jonathan Hernández Omaña<sup>1</sup>, Dr. Jesús Enrique de Hoyos Martínez<sup>2</sup>,  
Dr. Alberto Álvarez Vallejo<sup>3</sup> y Dr. Marcos Mejía López<sup>4</sup>

**Resumen**—En la actualidad los bienes inmuebles son valorados mediante métodos que calculan el valor en función de los beneficios económicos que el inmueble puede ofrecer en el presente o los flujos de caja futuros producto de la operación del inmueble; sin embargo en el caso de los inmuebles con características particulares este análisis es demasiado limitado, ya que al homologar elementos singulares estos inmuebles son abordados con una perspectiva de sustitución del bien, es decir evaluando al inmueble singular con respecto a otro homogéneo en el mercado, promoviendo el reduccionismo de los valores particulares de los inmuebles y que la singularidad del bien sea subvalorada o no tenga una competencia real con respecto a inmuebles nuevos, por ello el presente artículo presenta una propuesta de construcción de un nuevo paradigma de valoración que incorpore fundamentos históricos, físicos y axiológicos para el estudio de bienes singulares.

**Palabras clave**—Valuación, Bienes inmuebles singulares, Apreciación, nuevo paradigma.

## Introducción

La valoración de los bienes inmuebles o bienes raíces según algunos autores es definida como una técnica de valoración fácil de explicar, la cual pretende sustentar un juicio de valor, dicho proceso es usualmente presentado a través de un avalúo comercial el cual es definido como “una estimación sustentable del valor de una propiedad. Incluye una descripción de la propiedad en cuestión, la opinión del valuador acerca de las condiciones en que se encuentra, su disponibilidad para un propósito dado y su valor expresado en dinero a precios de mercado libre.” (Ventolo & Williams, 1997); Sin embargo dicho mecanismo suele reducir muchos de los posibles beneficios que el inmueble podría ofrecer fuera de las posibilidades comunes del mercado que pudiera tener el inmueble o incluso de algunos valores intangibles del mismo con respecto a sus equivalentes modernos.

Esto es explicado de manera particular en análisis como el realizado por Kean Siang (2014) sobre el comportamiento y regulación del patrimonio y su conservación señala que el mercado de inmuebles tiende a la homogeneización de los bienes y vendedores para tratar de reducir la incertidumbre con respecto a los bienes, sin embargo este proceder suele tener un gran número de problemas relacionados con la falta de mecanismos confiables para cuantificar las variables; es decir por poner un ejemplo, en el caso de una vivienda de fábrica antigua esta no será equiparable a una vivienda de construcción moderna, ya que bajo los principios de la valoración de inmuebles en función al mercado estas viviendas siempre estarán fuera de mercado al definirse como bienes depreciados y obsoletos por mera temporalidad, por lo que siempre verán afectado su valor al ser comparadas en un mercado moderno.

Es por ello que en la actualidad la mayoría de los métodos de valuación encaminados a la valoración de bienes con características fuera de mercado buscan homologar los inmuebles a través de diversas técnicas de equiparación con el mercado moderno, teniendo como ejemplo la incorporación de metodologías de que consideran elementos intangibles a la actividad valuatoria a través de capitalización de rentas, el análisis de proyectos en marcha o el empleo de metodologías de análisis multivariado que permitan la homologación y ponderación de estos factores con respecto al mercado; sin embargo en todos los casos estas metodologías únicamente tratan de traducir valores a una escala económica del mercado existente; dejando de lado cualquier apreciación real o no económica de los aspectos singulares de los inmuebles.

<sup>1</sup> El Mtro. Jonathan Hernández Omaña es estudiante en el programa de doctorado en diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Toluca, Estado de México, México. [jho\\_2000000@hotmail.com](mailto:jho_2000000@hotmail.com)

<sup>2</sup> El Dr. Jesús Enrique de Hoyos Martínez es investigador y profesor de del tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Toluca, Estado de México, México. [jedehoyosm@uaemex.mx](mailto:jedehoyosm@uaemex.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Alberto Álvarez Vallejo es investigador y profesor de del tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Toluca, Estado de México, México.

<sup>4</sup> El Dr. Marcos Mejía López es investigador y profesor de del tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Toluca, Estado de México, México.

Por ello es necesario abordar la singularidad de los inmuebles con respecto al proceso de apreciación de los bienes inmuebles la cual bajo los métodos tradicionales solo es concebida como un aspecto aislado el cual debe ser traducido en algún tipo de plusvalor con respecto a la venta u operación de un bien inmueble; siendo por ello importante identificar estas características en términos no económicos, haciendo uso de aproximaciones antropocéntricas y sociales así como la definición más amplia de los elementos propios de la acción humana y no solo la teoría económica.

### Descripción del Método

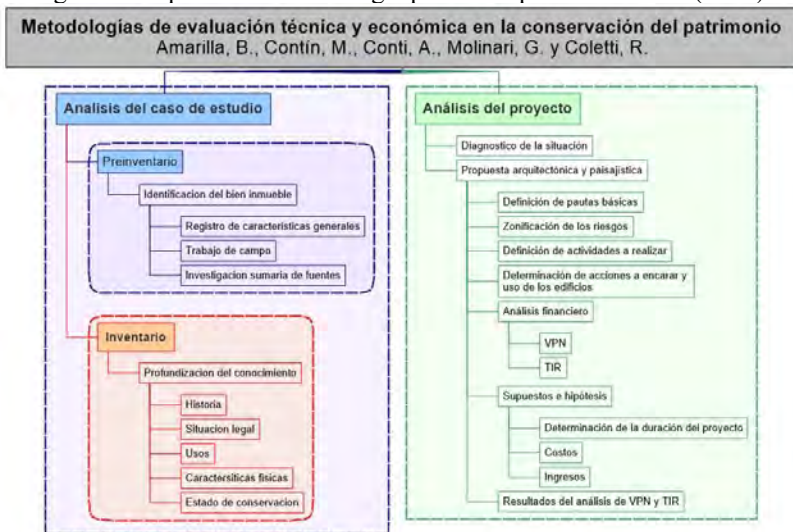
Para el presente trabajo se pretende analizar las posturas practicas aplicadas en la actualidad para identificar cuáles son las posibles carencias que estas presentan, posteriormente se pretenderá incorporar las teóricas de diversos autores que estudian los procesos de apreciación y significación humana, permitiendo así establecer las bases de un nuevo sistema de valoración para bienes inmuebles con características singulares que no parta únicamente de la búsqueda de una homologación con respecto a una base y aplicación económica.

Como resultado de dichas dinámicas se pretende proponer un nuevo paradigma el cual permita al valuador un acercamiento y comprensión profunda de las características particulares del inmueble así como ofrecer una base filosófica multicriterio que permita la creación de métodos de evaluación flexibles, que permitan la incorporación de elementos emergentes en su conformación y aplicación.

### Planteamientos prácticos

Actualmente existen una serie de planteamientos encaminados a incorporar elementos particulares al análisis de los inmuebles, entre ellos se encuentran la propuesta presentada por B. Amarilla (2002) quien propone una metodología de evaluación técnica y económica referente a la preservación de bienes con características particulares, siendo en este caso particular el patrimonio histórico. El autor señala que es necesario encontrar formas indirectas de trasladar los valores a una escala monetaria, sin embargo para ello debe considerarse partir de una aproximación multidimensional a través de la aplicación de clasificaciones multicriterio en un esfuerzo de pre-inventario e inventario, los cuales permitirían capitalizar las capacidades singulares del inmueble a través de la disposición de pagar de los potenciales usuarios, incluyendo al análisis la inherente necesidad de invertir en el inmueble para ponerlo en operación y empleando el análisis del VPN (Valor Presente Neto) y la TIR (Taza Interna de Retorno) para evaluar la productividad del proyecto; dicho análisis se muestra en la figura 1.

Figura 1. Esquema de metodología planteada por B. Amarilla (2002).



Fuente: Información propia (Hernández, 2017), basado en Amarilla (2002).

Sin embargo este modelo lamentablemente parece no lograr nivelar el campo de acción de la valoración de los inmuebles con características singulares, ya que al compararlos directamente con inmuebles modernos estos se encuentran en una clara desventaja utilitaria y de inversión al requerir una inversión mayor a la requeriría un inmueble nuevo y tener una factibilidad de usos más restringida y limitada.



Otro esfuerzo realizado en el país es presentado por Arechederra Sauvagé (2010), quien propone la creación de una metodología de valoración de bienes históricos a través de la inclusión de un análisis subjetivo en el cual sean integrados los aspectos valorativos los cuales serán clasificados, ponderados e incorporados a la estimación final del inmueble, sin embargo para ello es necesario seguir las dinámicas tradicionales con respecto a la valoración del inmueble, siendo estos el enfoque de costos, mercado e ingresos y únicamente incorporando de manera adicional a estos los aspectos propios de los elementos subjetivos, siendo entonces una metodología que únicamente propone la implementación extra a los procedimientos ya realizados, y por consiguiente no genera realmente un replanteamiento de la concepción de valoración, es decir, solo se agregan aspectos al análisis tradicional resultando en un proceso más completo, pero fundamentalmente inalterado, como se puede apreciar en la figura 2.

Figura 2. Esquema de metodología planteada por Arechederra Sauvagé (2010).



Fuente: Información propia (Hernández, 2017), basado en Amarilla (2002).

Una vez analizadas las propuestas realizadas por estos autores es posible identificar que a pesar de que existe un esfuerzo por incorporar el análisis de los aspectos singulares en la labor valuatoria estos suelen regresar a las dinámicas existentes (quizás incluso por limitaciones normativas), sin embargo el esfuerzo de análisis y profundidad debe surgir en aspectos anteriores a la labor técnica.

### Planteamientos teóricos

Para iniciar el análisis de los planteamientos teóricos es necesario abordar las temáticas expresadas por autores que abordan las diversas escalas y enfoques con respecto al análisis teórico sobre la manera en la que los seres humanos nos relacionamos y posicionamos en el espacio así como la manera en la que percibimos y por consiguiente construimos nuestra apreciación de los objetos, para ello es necesario identificar que existe un esfuerzo constante por parte de teóricos para definir estos aspectos.

Martin Heidegger en su obra “La pregunta por la cosa” (2009) señala la incapacidad del ser humano de identificar la cosa (sea un ser u objeto) como un objeto natural, creado al mismo tiempo que si mismo, por lo cual hace necesaria la codificación e interpretación del objeto a través de sus capacidades y sentidos, sin embargo el objeto es modificado conceptual mente pero no su naturaleza, siendo entonces limitada la comprensión que el sujeto puede tener del mismo y por tanto designando a este objeto antes de su identificación como la <Ereignis> que es todo aquello creado que existe solo en el momento, pero que a través de la relación con el sujeto puede llegar a trascender, o en términos más relacionados con la valoración y apreciación llegar a obtener un valor y significado propio (no asignado por un sujeto).

Posteriormente con respecto a las características inherentes al objeto, es decir su naturaleza y la manera en la que su existencia debe de ser concebida, se retoman nuevamente los conceptos presentados por Martin Heidegger, sin embargo en este aspecto en lo referente a la relación con el objeto en sí, y no únicamente su naturaleza, ya que desde esta perspectiva la naturaleza del objeto es concebida como un elemento conformado a partir de una experiencia previa, es decir de la <cosa en sí>, la cual es definida como una <cosa para nosotros> la cual es puesta en escena en función de cómo la definen los actores en un contexto determinado, es decir, la cosa será identificada como un ente con una carga conceptual e histórica anterior a nuestro encuentro con la misma, lo cual le permite existir en las etapas temporales pasado, presente y futuro, y le permite al ser humano a través de este conocimiento previo crear

técnicas de aproximación y comprensión (aprehensión) universales así como el dominio de la <cosa> como una extensión de nuestro ser en lo natural (existencia) e histórico (experiencia y expectativa).

A su vez y en estrecha relación con los conceptos presentados por el autor anterior se encuentran los postulados presentados por Pierre Bourdieu quien en un intento por identificar cuáles son las variables singulares que deben de considerarse como parte de la integración o construcción de la apreciación en función a los atributos y relaciones propios de los contextos individuales y colectivos, presenta en su texto titulado “Razones prácticas sobre la teoría de la acción” (1997) la identificación de las funciones propias del desplazamiento y relación de los comportamientos del fenómeno en los campos propios de la interacción del sujeto con respecto al colectivo, identificando aspectos tales como la posición social, el espacio habitable <habitus>, la emergencia y concentración de nuevos capitales (como por ejemplo, la familiaridad, el arte, la ilusión y el cálculo de beneficios económicos y sociales), estableciendo como punto central de las acciones el espacio social y simbólico como parte fundamental del proceso de universalización, el análisis profundo de la esencia del fenómeno y las cualidades opositoras de ciertos aspectos relacionados con la trayectoria y la conformación histórica. Las cuales en su conjunto permiten identificar un comportamiento que si bien a primera vista podría ser considerado aleatorio, o coincidente en realidad corresponde a un orden limitado, directamente definido por las circunstancias, la temporalidad y el contexto, permitiendo así delimitar la incertidumbre en el proceso complejo de conformación del análisis de valor.

En esta misma línea Albert Einstein con respecto a la concepción de la integración de los fenómenos en su obra “Sobre la teoría de la relatividad” (1998), establece que estas relaciones no se dan únicamente por mera casualidad, y que en realidad el fenómeno de relación con la cosa u objeto sucede porque estos coinciden con el sujeto en diversos aspectos, siendo estos la temporalidad, perspectiva (con respecto a la velocidad y la posición) y la simultaneidad (relación con otras variables) en un tiempo/espacio determinado, es decir el fenómeno no solo ocurre porque se coincidan diversos hechos en un punto de referencia específico, sino más bien ocurre cuando los puntos convergen en una posición la cual al integrar todos los puntos o variables distinguibles permiten la densificación de la materia (o suceso) en el espacio-tiempo, creando así una singularidad del objeto, fenómeno o relación en función a esta congregación y agrupamiento de variables (siendo más que la suma de sus elementos).

Finalmente en lo que concierne a las relaciones creadas por el ser humano se analizan los postulados planteados por teóricos economistas como son Karl Marx y Max Weber sobre las relaciones sociales, económicas y políticas que se han dado a través del tiempo así como la definición del capital y las relaciones sociales como objeto de las actividades humanas ya que si bien Marx presenta en su obra “Teorías sobre la plusvalía” (1956) un estudio en el que identifica al valor singular como un subproducto de la dinámica de acumulación del capital y explotación de las tierras y los trabajadores, y también conforma los juicios de valor en función a los procesos de construcción, movilización y utilización del capital, extendiendo la razón del valor a la comprensión del mismo como aquello que permite el ingreso a través de la acumulación y movilización del capital (un incremento positivo en la riqueza) o la identificación del origen de la ganancia (ya sea en función a la plusvalía social o material adquirida en la puesta en función o movimiento de mercancías).

En contraste Max Weber en la obra “Ética protestante y el espíritu capitalista” (1905) propone que esta apreciación y construcción de la posible plusvalía no surge del beneficio directo o la obtención de una <ganancia>, sino más bien que esta apreciación y beneficio se construirá en función de una concepción social (moral), así como de la perspectiva y dirección individual (ética), los cuales serían capitalizados a través de las prácticas económicas, permitiendo no limitar las acciones de ganancia o posibilidad a la generación material y capital, sino más bien a un éxito económico basado en el bienestar personal (material y espiritual) y la interacción entre las clases sociales y el capital en función a una relación bilateral entre la función artificial económica (creada) y la función real (vida y calidad de vida).

Una vez presentados los conceptos generales con respecto a las perspectivas de estos autores es posible identificar que la apreciación de los objetos ciertamente puede adquirir una mayor profundidad y capacidad de fundamentación si se analizan los elementos particulares de los bienes inmuebles a analizar, es decir, antes de reducir la valoración del bien a la apreciación económica-utilitaria que este puede ofrecer es necesario comprender cuáles son los elementos que lo componen y la relación que tiene con las actividades humanas y naturales, ya que en el caso de no hacer esto se caerá en un reduccionismo de las verdaderas cualidades del bien y únicamente se responderá a la necesidad momentánea del mismo, por lo que es necesario proponer un procedimiento que permita integrar estos aspectos en una etapa anterior y posterior a la acción de valoración.

### Propuesta de paradigma para la valoración de bienes con características singulares

La presente propuesta de paradigma surge de la discusión que plantean autores como Álvarez Vallejo (2007) que señalan que deben de integrarse alternativas teóricas de modelos flexibles para permitir la reconstrucción y construcción de la realidad y el conocimiento, ya que al considerar a la ciencia como un constructo social, esta estará conformada en función a la interacción del elemento individual con la sumatoria de las estructuras cognoscitivas de los integrantes de la sociedad.

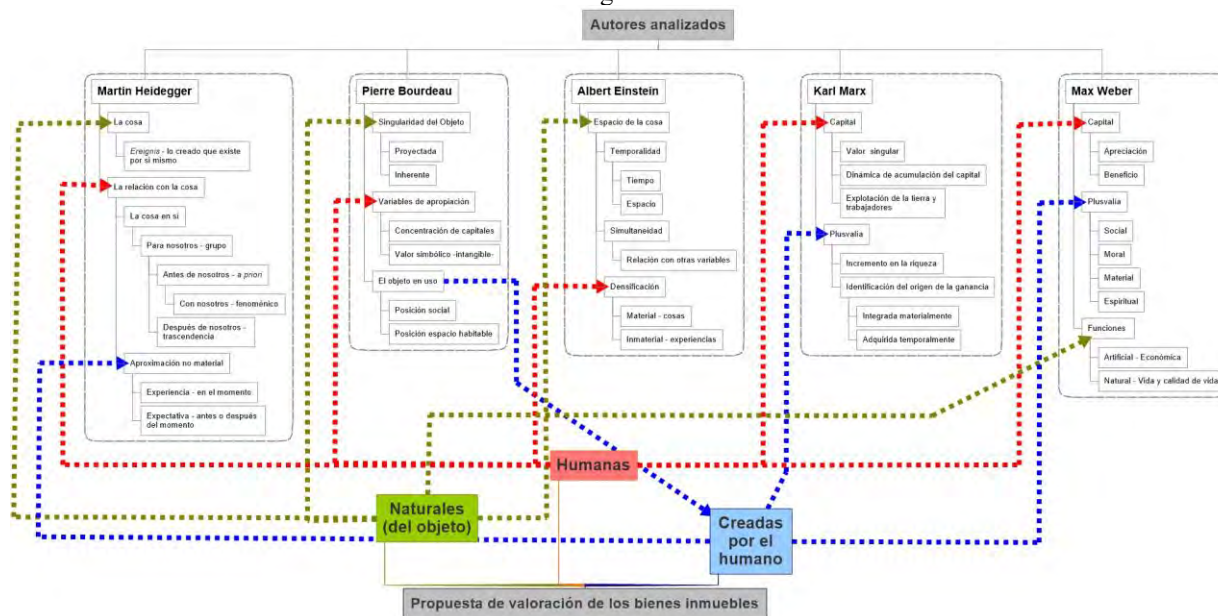
Así mismo y complementando este argumento De Hoyos Martínez (2007) en su propuesta sobre la identidad define la identificación de un bien inmueble (en este caso particular la casa) como un sitio en el cual la acción define los patrones de la vida en sociedad, la concepción simbólica y la creación del individuo y el colectivo en las diferentes escalas casa-barrio-ciudad. Por lo cual es posible identificar una escala de concepción constante en función a las diferentes interacciones singulares, colectivas y complejas con respecto a la integración de la apreciación del inmueble.

Con base en estos planteamientos y para la propuesta que se pretende con respecto a un nuevo paradigma de valoración se propone identificar las características relacionadas con las escalas propias de la actividad humana, siendo estas:

- **Cualidades inherentes al objeto:** en este aspecto se integran los análisis realizados por filósofos los cuales buscan identificar la esencia de la cosa (o su naturaleza trascendental no técnica ni *a priori*).
- **Cualidades relacionadas con la acción humana y el objeto:** en el que se integran temáticas referentes a la manera en la que se aprehende a la cosa, es decir los mecanismos que son empleados para aprehender la naturaleza y convertirla en un conocimiento sustentado (técnica)
- **Cualidades de aprehensión y comprensión de los objetos creadas por el humano:** relacionadas con las características asignadas al objeto en función a un juicio (y no a su naturaleza), en el cual se incluirán los constructos humanos sociales y conceptuales como parte fundamental de su composición y acción.

Dichas relaciones basadas en los autores anteriormente analizados para la propuesta son relacionadas como se muestra en la figura 3.

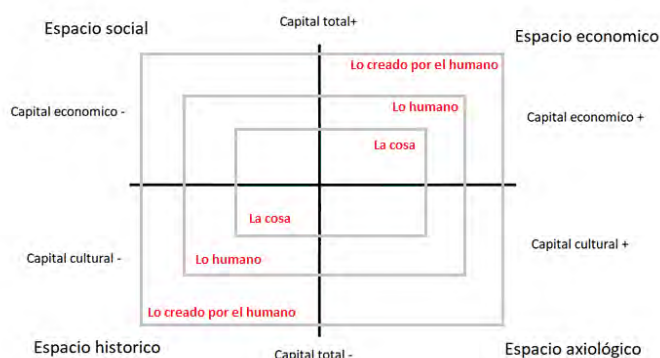
Figura 3. Esquema de conformación teórica del nuevo paradigma para la valoración de bienes con características singulares



Fuente: Información propia (Hernández, 2017)

Una vez identificado que la apreciación de los bienes no solo funciona en relación con los aspectos humanos, utilitarios o económicos, sino más bien que existe un gran rango de aspectos que deben de ser considerados más allá del reduccionismo económico y pudiendo integrar aspectos complejos e interrelacionados, como se muestra en la figura 4, en la que se muestra un esbozo de las posibilidades que un modelo basado en la comprensión profunda no solo de la composición del valor, sino más bien de todas las características singulares y la correspondiente apreciación de las mismas podría ofrecer, es posible comenzar a integrar una escala de análisis y comprensión la cual abarca un mayor rango de posibilidades y análisis de diversos capitales.

Figura 4. Esquema de cuadrantes de análisis para la valoración de bienes con características singulares



Fuente: Información propia (Hernández, 2017)

### Conclusiones

La actividad de valoración de los bienes en la actualidad debe de tener la capacidad de integrar los diversos aspectos que componen al valor de un bien no solo como la suma de una serie de elementos sino más bien como algo mayor a ello que pueda seguir incorporando aspectos que pudieran emerger del análisis del mismo, y partir no solo con respecto a la actividad humana, sino tomar en cuenta las propiedades inherentes al objeto mismo y poder considerar cuales son los aspectos externos al análisis, sin embargo, para hacer esto es necesario abandonar las aplicaciones meramente utilitarias y técnicas de la actividad valuatoria; de poder hacer esto dicho avance podría significar la posible modificación no solo del paradigma de valoración actual que se limita a la comprensión o simplificación economicista de los bienes permitiendo que la actividad de apreciación y construcción del valor que trascienda los postulados objetivos (materiales) y subjetivos de la teoría de valor y permita crear una nueva concepción flexible, holística y compleja del valor.

### Recomendaciones

Es importante mencionar que el presente trabajo es un fragmento de los estudios realizados durante el posgrado en diseño, dichos postulados siguen desarrollándose y trabajando para poder obtener como producto un modelo sistematizado, basado en el lenguaje matemático que permita caracterizar los aspectos no cuantificables, analizarlos mediante procedimientos numéricos y poder estimar la composición, construcción y posible comportamiento del valor con respecto a las características particulares de los bienes inmuebles.

### Referencias

- Álvarez, V. A., 2007. La educación como base del desarrollo del ser humano. Modelo centrado en el aprendizaje. *Educere*, 11(36), pp. 47-51.
- Bourdieu, P., 1997. *Razones prácticas sobre la teoría de la acción*. Barcelona: Anagrama.
- De Hoyos, M. J. E., 2007. *La casa: origen de la conformación territorial*, Toluca, México: s.n.
- Einstein, A., 1998. *Sobre la teoría de la relatividad*. s.l.:s.n.
- Erecherra, S. E. M., 2010. *Método de Valuación de Inmuebles Históricas*. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Heidegger, M., 2009. *La pregunta por la cosa, sobre la doctrina de los principios trascendentales de Kant*. Primera ed. España: Palamedes.
- Ventolo, W. L. & Williams, M. R., 1997. *Técnicas del avalúo inmobiliario, guía completa para vendedores, corredores, administradores, inversionistas y valuadores de propiedades*. Primera ed. Chicago: Real Estate Education Company.



# GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN HUMEDALES ARTIFICIALES DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUA

Rodolfo Hernández Onofre MC y MGA<sup>1</sup> y María de los Ángeles Venegas López Ing.<sup>2</sup>

**Resumen—** En el presente trabajo se presenta la investigación documental sobre la generación de electricidad mediante microorganismos presentes en humedales artificiales utilizados en un sistema de tratamiento de agua residual. El proceso se realiza en células de combustible microbiana, en las cuáles lo microorganismos oxidan la materia orgánica transfiriendo electrones al ánodo de la pila, el cual está conectado a un cátodo. Una aplicación se realizará utilizando la materia orgánica que se encuentra en los humedales artificiales. En estos será instalada una célula de combustible microbiana para la generación de electricidad.

**Palabras clave—** humedales artificiales, células de combustible microbiana, bioelectrogénesis, electricidad.

## Introducción

Las aguas residuales (negras o fecales), son aquellas que, una vez utilizadas por la humanidad, han quedado contaminadas. Tienen, en suspensión, heces fecales, orina, detergentes, etc. El crecimiento poblacional ha generado el aumento de la complejidad del manejo de dichas aguas ocasionando peligros a la salud pública. Un aprovechamiento de la materia orgánica de las aguas residuales es la generación de energía limpia o sustentable, como es electricidad (Pistonesi, Haure, & D'Elmar, 2010).

Existen bacterias con la capacidad de convertir la energía química en eléctrica, una nueva forma de energía verde. Esto presenta retos biotecnológicos. La conversión se realiza en células de combustible microbiana (Microbial Fuel Cell, MFC). En las MFC los microorganismos oxidan la materia orgánica transfiriendo electrones a un ánodo conectado a un cátodo (Figura 1). También se puede hacer la pila orgánica en hábitat natural y obtener electricidad a partir de los microorganismos naturales (célula de combustible sedimentaria), el ánodo se entierra en un sedimento anaerobio (cámara anódica), el cátodo queda expuesto a la fase acuoso aeróbica que cubre el sedimento (Núñez, 2008) (Figura 2).

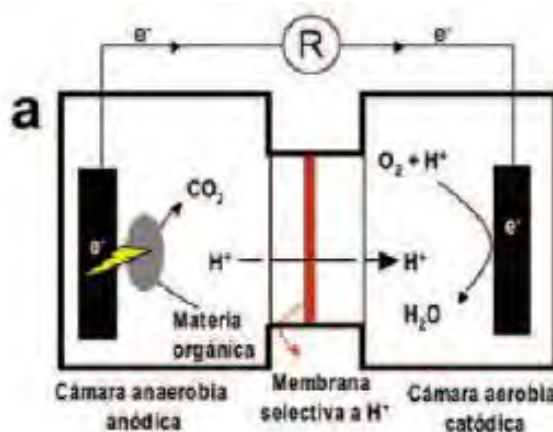


Fig. 1. Pila de combustión microbiana, (Núñez, 2008).

<sup>1</sup> Rodolfo Hernández Onofre MC en Sistemas de Calidad y Productividad y MGA, es Profesor Investigador en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, Dolores Hidalgo, C.I.N., Gto., México [rodolfohernandez@utng.edu.mx](mailto:rodolfohernandez@utng.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> María de los Ángeles Venegas López. Ing. Bioquímica, es Profesora de asignatura en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, Dolores Hidalgo, C.I.N., Gto., México, [angelesvenegas@utng.edu.mx](mailto:angelesvenegas@utng.edu.mx) (co-autora).

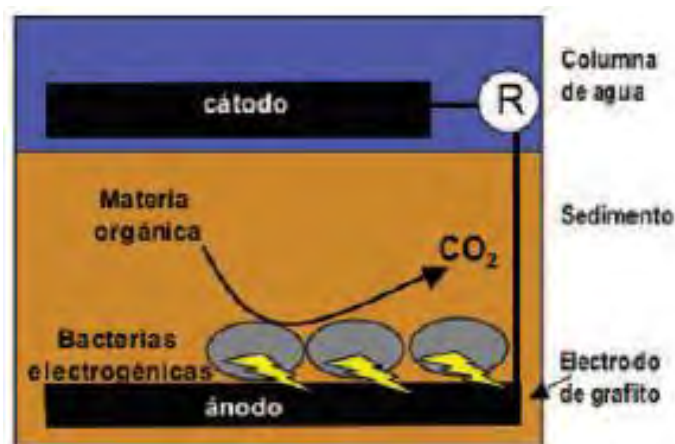


Fig. 2. Pila de combustión microbiana sedimentaria, (Núñez, 2008).

La eficiencia de las MFC ha mejorado debido al descubrimiento de organismos electrogénicos, capaces de transferir los electrones al ánodo en ausencia de mediadores redox artificiales. Las bacterias electrogénicas se pueden clasificar en dos tipos: las que producen sus propios mediadores redox y las que interaccionan de forma directa con el electrodo sin mediador soluble alguno. La *Geobacter* es capaces de transferir los electrones por contacto directo con el ánodo (Figura 3).

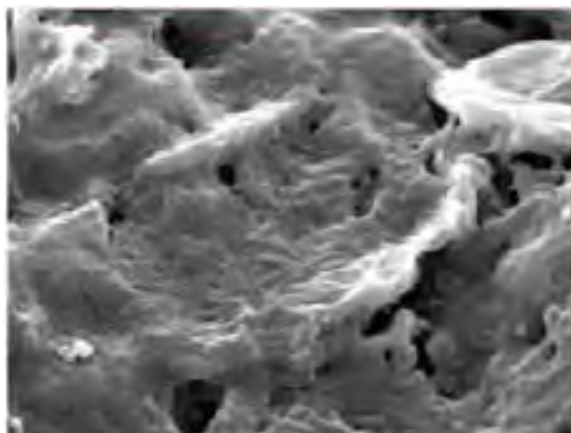


Fig. 3. Imagen de un biofilm electrogénico de *Geobacter sulfurreducens* sobre electrodo de grafito polarizado a 0.6 V (Núñez, 2008).

Para las aplicaciones de las MFC se recomiendan con un compartimento único con exposición directa del cátodo al aire. Los diseños pueden ser en sistemas tipo estanque así como continuos. Otra variable es el material de los electrodos. El platino es quien produce los mejores resultados, pero su costo lo hace impráctico. La opción que se está utilizando es el grafito (prensado en barra, papel, fieltro, polvo, etc.). Para la medición de la eficiencia de la generación de energía se ha estandarizado la magnitud de potencia por unidad de superficie de electrodo ( $W/m^2$ ) o, en otros casos ( $W/m^3$ ). Los organismos electrogénicos han aumentado la eficiencia de las MFC en más de 10 000. Variables a considerar para mejorar la potencias de las MFC: diseño para reducir la resistencia interna, nuevos materiales conductores y cepas electrogénicas óptimas (Núñez, 2008).

Con el propósito de proporcionar un gradiente redox entre el ánodo y el cátodo de un MFC, pueden aplicarse dos estrategias diferentes. La primera estrategia es utilizar una membrana de intercambio de protones (PEM) entre los electrodos que permite la existencia de una fuerza electromotriz entre los electrodos permitiendo solamente la transferencia de cargas entre el ánodo y las zonas de cátodo. Otra estrategia es explotar el gradiente redox natural que existe entre las aguas superficiales y los sedimentos orgánicos en ambientes naturales o semi-naturales. El diseño posterior de MFC se conoce generalmente como sedimento o célula de combustible microbiana bentónica (sMFC). La implementación de un PEM entre los electrodos nos permite tener una mayor fuerza celular entre los electrodos,



sin embargo, resulta en una configuración más costosa (de difícil escalabilidad) en comparación con MFC operado sin una PEM. Los humedales artificiales (CW) son sistemas de tratamiento de aguas residuales naturales en los que las aguas residuales se tratan mediante procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar dentro del lecho de tratamiento. Pueden ser cuencas de poca profundidad rellenas con un medio filtrante (generalmente grava) y con plantas acuáticas (macrófitas). Los CW tratan aguas residuales de una amplia gama de orígenes, tales como aguas residuales urbanas, industriales o agrícolas. También se caracterizan por ser sistemas de bajo consumo de energía y fácil de operar y mantener. Como consecuencia, se han convertido en una alternativa a los sistemas convencionales intensificados para el saneamiento de las pequeñas comunidades. La configuración de CWs más ampliamente utilizada es la de los humedales horizontales construidos en el subsuelo (HSSF CWs). En CWS HSSF, el agua fluye horizontalmente y por debajo de la superficie del medio granular (ver Fig. 4). Los CWs HSSF son operados bajo condiciones saturadas y son, generalmente, menos profundos que otros tipos de humedales, siendo la profundidad del agua generalmente entre 0,3 y 0,6 m. Las velocidades de eliminación de la mayoría de los contaminantes en los CWs HSSF se ven afectadas por parámetros de diseño tales como la velocidad de carga orgánica, la relación de anchura a longitud, el tamaño del medio granular y la profundidad del agua.

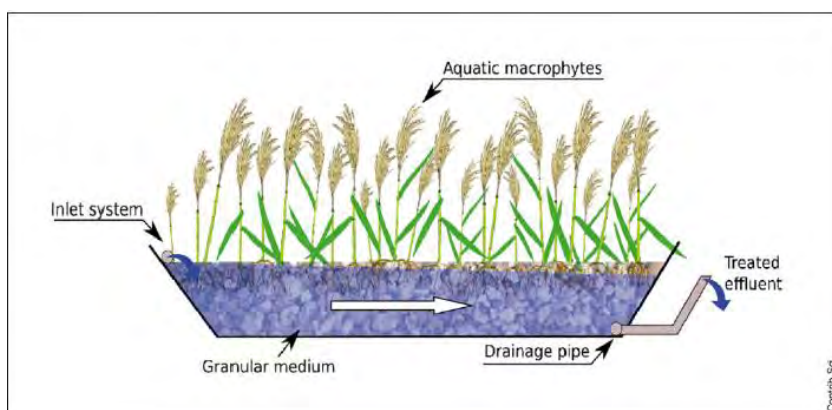


Fig. 4. Esquema de un humedal horizontal construido en el subsuelo. Nota: la flecha indica la dirección del flujo de agua. (Jaume Puigagut, 2015)

MFC se puede implementar en los humedales artificiales (HSSF CWs) no sólo debido a la presencia de materia orgánica (OM, organic matter) en el sistema (aguas residuales) sino también porque hay un gradiente redox generado naturalmente de aproximadamente 0,5 V entre la zona superior (en contacto con la atmósfera y por lo tanto en condiciones aerobias) y la zona más profunda (en condiciones completamente anaeróbicas) del lecho de tratamiento. La implementación de las MFC en humedales artificiales no sólo proporciona un excedente de energía mientras se trata a las aguas residuales sino que también contribuye a la mejora y monitoreo del proceso de tratamiento global. La producción de electricidad de los MFC sería de especial interés dentro del escenario de los humedales, ya que una de las principales ventajas de esta tecnología es la baja entrada de energía necesaria para el tratamiento de aguas residuales ( $<0.1 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$ ). En consecuencia, la implementación de MFC en humedales puede resultar en la generación de electricidad suficiente para cubrir parte de las necesidades energéticas del sistema o para alimentar dispositivos de entrada baja en lugares remotos. Además, los MFC implementados en humedales pueden tener otros beneficios, como una mejora significativa en la capacidad de tratamiento y la reducción de la obstrucción y la liberación de metano a la atmósfera. Mediante la aplicación de MFC dentro de los sistemas de tratamiento, la degradación de la materia orgánica puede fomentarse mediante el aumento de la disponibilidad de aceptores de electrones en tales condiciones anaeróbicas [9]. Por consiguiente, también se describe que la presencia de MFC en un medio rico en sulfuros puede acelerar las velocidades de oxidación de la materia orgánica por medio de la regeneración de  $\text{SO}_4^{2-}$  como aceptor de electrones, lo cual sólo es posible en presencia de un ánodo. Los MFC también pueden reducir el fenómeno de obstrucción aumentando la movilización de sustancias orgánicas contenidas en medios filtrantes, que rara vez pueden hidrolizarse bajo condiciones anaeróbicas. Además, las bacterias exoelectrogénicas usan grupos de acetato como sustrato, lo que disminuye la disponibilidad de la fuente de carbono para las bacterias productoras de metano. La competencia entre las bacterias exoelectrogénicas y las bacterias productoras de metano puede resultar en una disminución significativa de las emisiones de metano durante el tratamiento de aguas residuales bajo condiciones anaeróbicas. MFCs implementados en CWs sería también una herramienta bioelectroquímica conveniente para la evaluación del funcionamiento del tratamiento sin costos adicionales implicados en el proceso. La implementación de MFC en humedales da como resultado la optimización del proceso de tratamiento y la reducción de su impacto ambiental.

Algunos grupos de investigación ya han abordado la implementación de MFCs sobre sedimentos marinos, sistemas de plantíos, arrozales y recientemente también humedales. La implementación de MFCs en humedales es un tema que apenas se aborda en la literatura actual y actualmente sólo existen algunas experiencias de laboratorio. La mayoría de estas experiencias no utilizaron aguas residuales reales y la mayoría se basaron en la aplicación de Sistemas de escala de laboratorio que simulan a los humedales artificiales. Sólo un autor describe la implementación en un humedal construido a escala piloto (Jaume Puigagut, 2015).

El Instituto iMdea agua de España, está trabajando con aplicaciones de las MFC en los humedales, proyectos basados en la bioelectrogénesis, a los que ha llamado: humedal inteligente (SmartWetland) (Instituto iMdea, 2017). En la figura 5 mostramos el esquema del humedal bioelectrogénico propuesto por el iMdea.

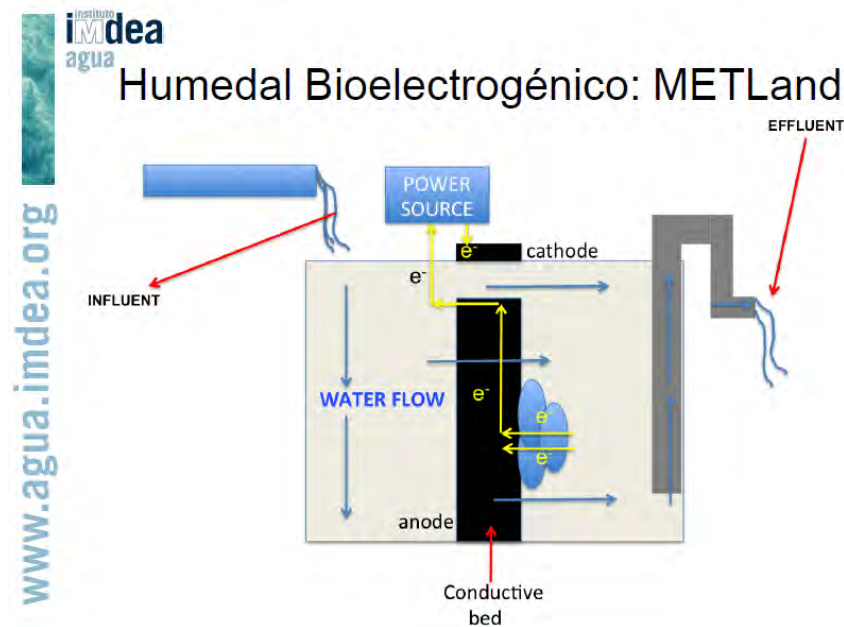


Fig. 5. Humedal bioelectrogénico (Instituto iMdea, 2017).

El presente proyecto buscará la aplicación de las MFC en humedales artificiales para tratamiento de agua residual instalados en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato. El presente artículo solo presenta la investigación documental y la propuesta de diseño experimental.

#### Materiales y Métodos

Se instalará una celda de combustible microbiana (MFC) en uno de los humedales artificiales construidos en la Unidad Académica de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, ubicada en el municipio de Victoria, Gto. El sistema de humedal artificial consta de biodigestor, 5 biojardineras, tanque de almacenamiento, bomba y tinaco, ver figura 6.

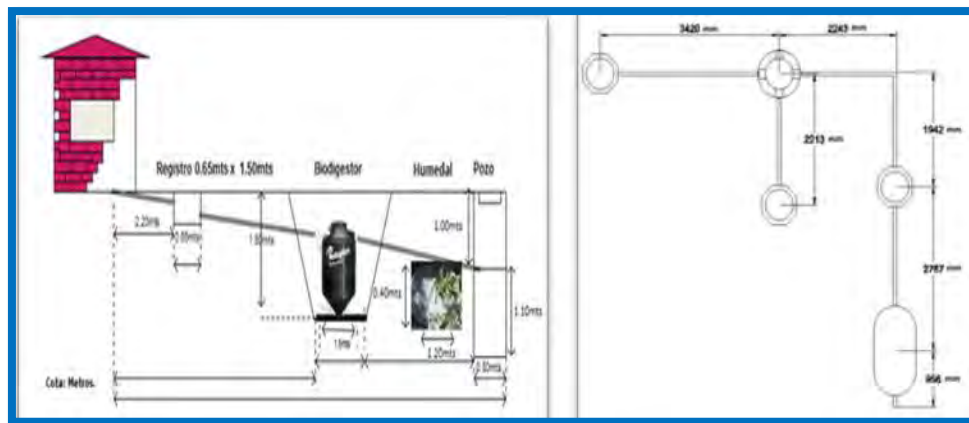


Fig. 6. Diagrama del sistema de humedal artificial, (creación propia).

La celda MFC se instalará en base a la investigación documental. Se requiere electrodos de grafito, uno para el cátodo y otro para el ánodo. La medición de la corriente eléctrica se realizará con multímetro. El electrodo anódico estará sumergido en el humedal artificial y el cátodo estará al aire.

Se plantea la hipótesis de que en el humedal artificial generara potencia eléctrica necesaria para encender focos leds. Las mediciones de electricidad generada se realizaran cada 30 minutos durante 30 días, en dos turnos (matutino y vespertino). Para la eficiencia del sistema se calculará la irradiancia (vatios por metros cuadrados,  $W/m^2$ ). Se medirá las distancias entre ánodos y cátodos, la cual es variable para determinar la potencia de la pila microbiana.

### Resumen de resultados

Como resultado se espera obtener los registros de la intensidad de corriente generada durante la experimentación con respecto al tiempo, semejante a la gráfica presentada en la figura 7.

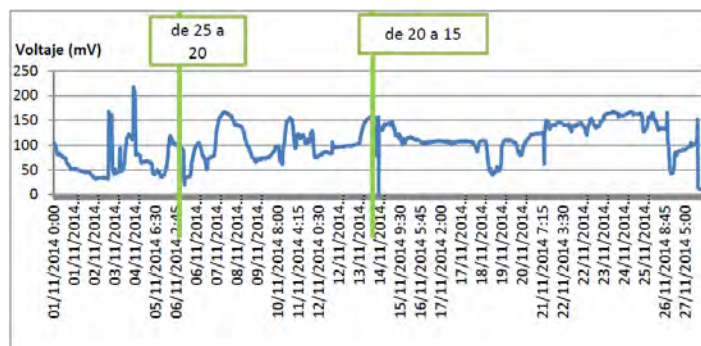


Fig. 7. Gráfica de los registros de intensidad de corriente con respecto al tiempo, (Martínez Crespo, 2015).

Se determinará la eficiencia del sistema mediante la irradiancia ( $W/m^2$ ). Se medirá la distancia entre los electrodos como factor de la eficiencia de la generación de electricidad. Se relacionará las dimensiones del humedal artificial con la generación de potencia eléctrica. Se verificará si la intensidad de voltaje es suficiente para prender un foco led.

### Conclusiones

Se analizará la relación entre la corriente generada y la distancias entre los electrodos (ánodo y cátodo). Se buscará la relación entre las dimensiones del humedal artificial y la producción de electricidad. Se inicia el estudio con electrodos de grafito y se buscará hacer pruebas con otros materiales. Para estudios futuros se podrá investigar la relación de la instalación de la MFC en el rendimiento del tratamiento de agua residual. Nuestro estudio es exploratorio en el tema de la generación de energía (eléctrica) a partir de microorganismos. Según la Dra. Clara (Jaume Puigagut, 2015), la combinación de los humedales artificiales y las MFC deberá, aparte de generar electricidad, mejorar la eficiencia del tratamiento en los humedales.

### Referencias

- Instituto iMdea, A. (1 de ENERO de 2017). *PROYECTO SMARTWETLAND*. Recuperado el JULIO de 2017, de <http://www.smartwetland.es>
- Jaume Puigagut, C. C. (2015). Microbial fuel cells implemented in constructed wetlands: Fundamentals, current research and future perspectives. *Contributions to Science*, 127-134.
- Martínez Crespo, L. (Mayo de 2015). Aplicación de sistemas electroquímicos en humedales construidos para la obtención de energía renovable durante el tratamiento de agua residual. Barcelona, España: Escola de Camins.
- Núñez, A. E. (2008). Bacterias productoras de electricidad. *Revista de la Sociedad Española de Microbiología*, 34-38.
- Pistonesi, C., Haure, J. L., & D'Elmar, R. (2010). ENERGÍA A PARTIR DE LAS AGUAS RESIDUALES. *Edutecne*, 1-63.

### Notas Biográficas

El **M.C. Rodolfo Hernández Onofre** es Ingeniero Químico Industrial por el IPN y cuenta con dos maestrías una en Sistemas de Calidad y Productividad por el ITESM y otra de Gestión Administrativa por el ITC. Es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato en el área de Procesos Industriales a nivel de TSU e Ingeniería. Ha desarrollado con los alumnos diversos proyectos referentes al tratamiento de agua y su uso adecuado, en especial Cosecha de Agua de Lluvia y Humedales Artificiales. Ha participado por 5 años consecutivos en eventos de Espacio Acuoso en Guanajuato obteniendo lugares de premios en ocasiones con los proyectos desarrollados y ha obtenido Mención Honorífica en el Premio Nacional Juvenil del Agua 2010, con proyecto de Humedal Artificial con Macrófitas.

La **Ing. María de los Ángeles Venegas López**. Es Ingeniero Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Celaya. Es profesora de asignatura en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato en el área de Procesos Industriales a nivel de TSU e Ingeniería. Impartió el Taller de didáctica de la Química en el nivel de Educación Superior, en octubre de 2015

# Las Tic'S en la Formación Académica de los alumnos de la Escuela Telesecundaria Estatal “Jaime Sabines” De Chumatlán, Ver

Israel Hernández Pacheco<sup>1</sup>, Julio Cesar Díaz Martínez<sup>2</sup>,  
Angel Segura Hernández<sup>3</sup>, Juana Elena Guzmán Valdez<sup>4</sup>

**Resumen**— La presente investigación es de corte cuantitativo, su objeto de estudio es reconocer el uso de las TIC's para su formación académica dentro de sus sesiones de clases. La problemática se fundamenta en el uso que le dan los alumnos para la realización de diversos quehaceres educativos o no educativos y como se refleja dentro de su formación académica, el rendimiento escolar y el tiempo empleado que le dan para los usos que más les convengan. Los objetivos específicos de la Investigación son: Conocer el uso que hacen de las TIC's los alumnos de Telesecundaria para su formación académica y Fomentar el uso adecuado de las TIC's en los alumnos de Telesecundaria para mejorar su formación académica. El planteamiento de este trabajo es: ¿De qué manera contribuye el uso de las TIC's en la formación académica de los alumnos de tercer grado de la Escuela Telesecundaria Estatal Jaime Sabines?

**Palabras clave**— Tic's, Formación Académica, Rendimiento escolar, quehaceres educativos.

## Introducción

En la actualidad existe una proliferación de recursos tecnológicos que provoca cambios visibles en los escenarios educativos. La explosión tecnológica que por medio de diversos dispositivos electrónicos están alterando de manera determinante a la sociedad, incluyendo las intenciones de la educación formal. Al respecto, nos hallamos en un periodo de la historia en donde “*las tecnologías digitales de la información, auguran mayores cambios en la organización de las actividades económicas, cambios tan profundos que merecen el nombre de revolución.*” (Feldman, 2002: p. 171)

Se asume la idea que una institución educativa fortalecida con el uso eficiente de la tecnología formará a estudiantes con las competencias necesarias para solucionar los problemas educativos de su siguiente nivel educativo y de la sociedad.

## Descripción del Método

La descripción metodológica se sustenta en el enfoque cuantitativo, porque presenta un enfoque que permiten acercarse a la realidad de forma “objetiva”. Es decir, el desarrollo de este estudio se orienta sólo a la descripción, evitando las creencias y suposiciones que nos conduzcan a resultados subjetivos.

### *Método y Técnica*

Se considera viable utilizar en esta investigación un estudio descriptivo, para identificar el problema y de esa manera caracterizar en cuanto a la historia del desarrollo de la investigación y de esta manera buscar los mejores puntos para interceptar este problema en beneficio de los estudiantes. Es de tipo descriptiva, puesto que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición de los fenómenos.

La línea de investigación que sigue este trabajo, es; empírica – positivista, de carácter cuantitativo con un alcance descriptivo, bajo un diseño no experimental.

### *Participantes*

La población que consideramos fue el total de 75 alumnos y de 3 maestros ya que no se aplica ninguna muestra debido a que la población no es muy grande y ni chica, con la que se pueda trabajar perfectamente con el total de la población.

El instrumento está estructurado por 12 preguntas de opción múltiple de 4 posibles respuestas, sin recabar información personal, ya que para nosotros no es indispensable conocerlo ya que no nos servirá de datos para nuestra

<sup>1</sup> La es Licenciada en Pedagogía de la Universidad Veracruzana, del estado de Veracruz. [Cristing@hotmail.com](mailto:Cristing@hotmail.com)

<sup>2</sup>La Lic. Judith Maleni Vicencio Zúñiga es licenciada en Pedagogía de la Universidad Veracruzana, del estado de Veracruz. [Maleniczu92@hotmail.com](mailto:Maleniczu92@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Dr. Angel Segura Hernández es maestro de la Universidad Veracruzana, Facultad de Pedagogía, en Poza Rica, Veracruz. [segura\\_master@hotmail.com](mailto:segura_master@hotmail.com) (Autor correspondiente)

<sup>4</sup> El Dr. Alejandro Vera Pedrosa es maestro de la Universidad Veracruzana, Facultad de Pedagogía, en Poza Rica, Veracruz. [Rubimedina07@hotmail.com](mailto:Rubimedina07@hotmail.com)



investigación; la encuesta que se aplica es Auto-administrada, ya que misma se proporciona directamente a los respondientes, quienes los contestan. No existen intermediarios y las respuestas son de ellos mismos.

### Análisis de resultados

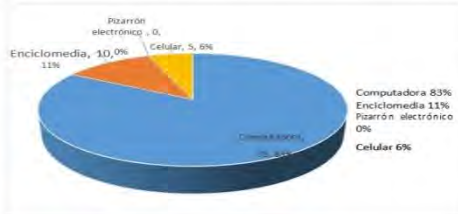
Para el análisis de la información se hizo un análisis dinámico de apoyo de las gráficas de pastel y posteriormente se interpreta cada una de estas, buscado obtener o presentar una solución al problema antes planteado que pueda apoyar a la institución. Destacando en las gráficas de pastel aquellas preguntas que apoyan la hipótesis de nuestra investigación.

1 ¿Cuáles son los recursos didácticos tecnológicos que conoces?

TABLA N° 1

¿Cuáles son los recursos didácticos tecnológicos que conoces?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Computadora	75	75/75	83%
Enciclopedia	10	10/75	11%
Pizarrón Electrónico	0	0/75	0%
Celular	5	5/75	6%
Total	90	90	100%

GRÁFICA N° 1



Interpretación: En esta gráfica se muestra los resultados que respondieron los alumnos demostraron conocer tanto como la computadora con el 83% tanto como la Enciclopedia con el 11%, no obstante el 6% de alumnos respondieron que el celular también lo conocen como recurso didáctico tecnológico, por lo que el pizarrón electrónico se mantuvo en un 0%.

Comentario: Los alumnos han demostrado que conocen a la computadora como recurso didáctico, y el celular lo observan como un entretenimiento.

Interpretación: En esta gráfica se representa el resultado desde la perspectiva que tienen los alumnos de como los maestros hacen el uso de las TIC's en el proceso de su formación, el porcentaje más alto es el de En ocasiones con un 53%, siguiendo con un 27% el de frecuentemente. De ahí el 13% está conformado en diariamente y en el nunca hacen uso de las TIC's contestaron con el 7%.

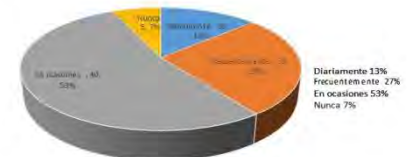
Comentario: Los alumnos observan que el maestro hace el uso de las TIC's en su proceso en ocasiones para su formación académica.

2 ¿Tus maestros hacen uso de las TIC's en tu proceso de formación?

TABLA N° 2

¿Tus maestros hacen uso de las TIC's en tu proceso de formación?	Frecuencia Absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Diariamente	10	10/75	13%
Frecuentemente	20	20/75	27%
En ocasiones	40	40/75	53%
Nunca	5	5/75	7%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 2



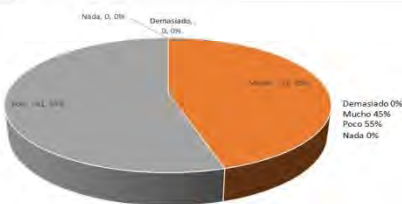
3 ¿Consideras que haces uso adecuado de las TIC's?

TABLA N° 3

¿Consideras que haces uso adecuado de las TIC's?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Demasiado	10	10/75	13%
Mucho	20	20/75	27%
Poco	40	40/75	53%
Nada	5	5/75	7%
Total	75	75	100%

TOTAL DE ALUMNOS 75

GRÁFICA N° 3



Interpretación: El resultado de esta pregunta muestra que el 55% de los encuestados respondió que consideran que el uso que le dan a las TIC's es muy poco a lo que realmente le deberían de dar. Y el 45% es de mucho en que si hacen un uso adecuado de las TIC's para su formación académica, mientras que el uso demasiado o nada se sitúa en un 0%.

Comentario: Se destaca que los alumnos mantienen un poco uso de las TIC's.



Interpretación: El 80% respondió que considera el uso muy satisfecho para contribuir a su formación académica, mientras que el 16% considera satisfecho, y el 4% le parece poco satisfecho, por lo que deducimos que a este porcentaje de alumnos no les interesa y les da igual si hacen uso o no de los mismos y dentro de lo insatisfecho se observa en un 0%

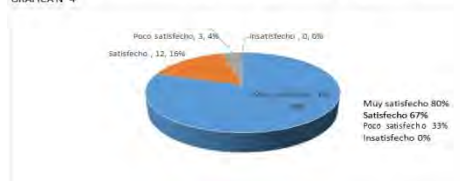
Comentario: Esta pregunta tiene relación con la hipótesis planteada donde un 80% de los alumnos consideran que el tener una interacción en cuanto al uso de los recursos tecnológicos les serviría para lograr mayor aprovechamiento.

4 ¿Cómo consideras que el uso de los recursos tecnológicos contribuye de manera favorable en tu formación?

TABLA N° 4

¿Cómo consideras que el uso de los recursos tecnológicos contribuye de manera favorable en tu formación?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Muy satisfecho	60	60/75	80%
Satisfecho	12	12/75	16%
Poco satisfecho	3	3/75	4%
Insatisfecho	0	0/75	0%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 4

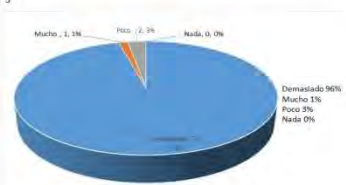


5 ¿Qué tan importante es el uso de las TIC's para ti?

TABLA N° 5

¿Qué tan importante es el uso de las TIC's para ti?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Demasiado	72	72/75	80%
Mucho	1	1/75	1%
Poco	2	2/75	3%
Nada	0	0/75	0%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 5



Interpretación: El 96% de los alumnos considera que el uso de las TIC's es demasiado, ya que es una manera en la que ellos expresan les sirve de una nueva forma de retroalimentar sus actividades, y solamente el 1% respondió que es mucho importante el uso de las TIC's, mientras que poco es del 3% y en nada es del 0%.

Comentario: Para los alumnos consideran que es muy importante el uso de las TIC's en su formación.

Interpretación: Un 63% del total de los alumnos no hacen uso de ninguno de los recursos tecnológicos didácticos para realizar sus trabajos escolares, mientras que el 37% hace uso de la Lap-top para la realización de sus trabajos y esto debido a que es que los maestros les facilitan dichos recursos tecnológicos, mientras el proyector y la opción de computadora de escritorio se observan en 0%.

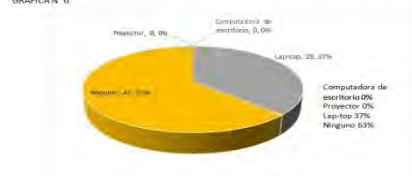
Comentario: Los resultados fueron que la mayoría de los alumnos no utilizan los distintos recursos tecnológicos didácticos.

6 ¿Qué recurso tecnológico didáctico utilizas para realizar tus trabajos escolares?

TABLA N° 6

¿Qué recurso tecnológico didáctico utilizas para realizar tus trabajos escolares?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Computadora de escritorio	0	0/75	0%
Proyector	0	0/75	0%
Lap-top	28	28/75	37%
Ninguno	47	47/75	63%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 6

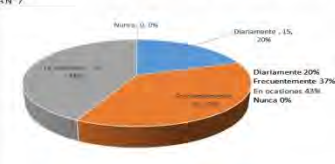


7 ¿Cada cuánto haces uso de las TIC's para tus actividades escolares?

TABLA N° 7

¿Cada cuánto haces uso de las TIC's para tus actividades escolares?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Diariamente	15	15/75	20%
Frecuentemente	28	28/75	37%
En ocasiones	32	32/75	43%
Nunca	0	0/75	0%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 7



Interpretación: El 43% proporcionó que en ocasiones seguido el 37% indico que frecuentemente y solamente el 20% proporciono su respuesta en cuanto a diariamente y en nunca se observa el 0%. Es aquí donde se observa como los alumnos hacen uso de las TIC's por sus tiempos estimados de cada quien.

Comentario: En esta pregunta existe de igual manera una gran relación con la hipótesis, ya que el 43% indica que los alumnos en ocasiones hacen uso de las TIC's mientras que el 37% respondió que frecuentemente hacen uso de las TIC's.

Interpretación: Un 38% que manejan de manera excelente, mientras que el manejo bueno y regular se reflejó con un 31%, y ninguno respondió la opción de malo en el manejo por lo que se obtiene el 0%.

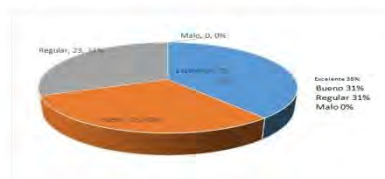
Comentario: Se considera que los alumnos observan en sus maestros que hacen manejo de los recursos excelentemente con un mayor porcentaje. Por lo que se expresa que mantienen un ritmo donde el total de los alumnos no expresan que hacen un mal uso.

8 ¿El manejo de los recursos tecnológicos por parte de tu maestro es?

TABLA N° 8

El manejo de los recursos tecnológicos por parte de tu maestro es?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Excelente	29	29/75	38%
Bueno	23	23/75	31%
Regular	23	23/75	31%
Malo	0	0/75	0%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 8

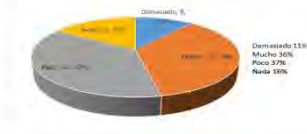


9 ¿Utilizas las herramientas didácticas tecnológicas para lograr tus aprendizajes?

TABLA N° 9

¿Utilizas las herramientas didácticas tecnológicas para lograr tus aprendizajes?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Demasiado	8	8/75	11%
Mucho	27	27/75	36%
Poco	28	28/75	37%
Nada	12	12/75	16%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 9



Interpretación: El 37% que responde que poco utilizan, siguiendo con el 36% de que si utilizan mucho, quedando con porcentajes menores el 16% dice que nada y el 11% es que lo utilizan demasiado.

Comentario: Se observa que la mayoría de los alumnos hicieron mención en que poco utilizan las herramientas didácticas para sus aprendizajes.

Interpretación: El 63% considera que es deficiente y el 37% lo considera inapropiado y dentro de los otros dos de ideal y apropiado se queda en 0%.

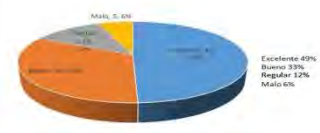
Comentario: Los resultados obtenidos por los estudiantes fue que observan su ambiente deficiente para contar con los recursos didácticos tecnológicos.

11 ¿Cómo consideras el interés de tus compañeros por hacer uso de las TIC's?

TABLA N° 11

¿Cómo consideras el interés de tus compañeros por hacer uso de las TIC's?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Excelente	42	42/75	49%
Bueno	28	28/75	33%
Regular	10	10/75	12%
Malo	5	5/75	6%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 11



Interpretación: En esta gráfica se muestra el cómo entre compañeros se observan o se analizan entre sí mismos en el interés que muestran por utilizar las herramientas tecnológicas, lo cual se observa el 49% en excelente, siguiendo con el 33% de un interés bueno, el regular con el 12% y el malo con un 6%.

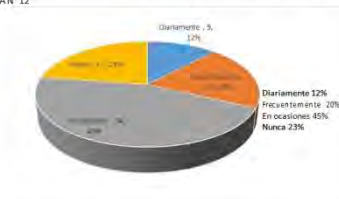
Comentario: Entre compañeros consideraron que el interés que demuestran ellos se observan entre sí que es excelente.

12 ¿Con qué frecuencia haces el uso de las TIC's en el desarrollo de actividades escolares?

TABLA N° 12

¿Con qué frecuencia haces el uso de las TIC's en el desarrollo de actividades escolares?	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje
Diariamente	9	9/75	12%
Frecuentemente	15	15/75	20%
En ocasiones	34	34/75	45%
Nunca	17	17/75	23%
Total	75	75	100%

GRÁFICA N° 12



Interpretación: Dentro de esta pregunta que consta la encuesta se muestra la gráfica donde denota con un 45% que en ocasiones hacen el uso de las TIC's en el desarrollo de actividades escolares, siguiendo con un 23% de que nunca hacen uso para desarrollo de actividades, con un 20% indicó que frecuentemente y por último el 12% resaltó que diariamente.

Comentario: Es importante señalar que esta pregunta está relacionada con la hipótesis planteada de nuestra investigación.

### *Resumen de resultados*

Uno de los principales objetivos de la investigación fue conocer el uso que hacen de las TIC'S los alumnos de Telesecundaria para su formación académica, mediante esta investigación se interpreta que se le da poco uso a las TIC'S conocen la computadora y el celular, sin embargo le dan poco uso, pero consideran que es importante su uso para su formación académica.

El segundo objetivo fue Fomentar el uso adecuado de las TIC'S en los alumnos de Telesecundaria para mejorar su Formación Académica, en base a esto se diseñó un curso para mejorar las habilidades y destrezas sobre el uso de los recursos didácticos y tecnológicos, donde se les brindaron herramientas necesarias para utilizar las TIC'S a lo largo de su trayectoria académica.

### *Conclusiones*

A lo largo de la presente investigación se demuestra cómo el uso de las herramientas didácticas tecnológicas por parte de los alumnos no tiene un porcentaje elevado, donde muchos de ellos se topan con la dificultad de detener el acercamiento apropiado del uso de las TIC's para poder enriquecer sus aprendizajes, mediante interactividad y uso adecuado de los mismos.

Al realizar nuestra encuesta y una vez obtenido los resultados de la misma observamos que dentro de la pregunta donde los maestros hacen uso de las TIC's en el proceso de formación académica los alumnos contestaron con un porcentaje del 53% que en ocasiones hacen uso de las mismas esto muestra que los maestros no hacen uso frecuente ni diario de las herramientas didácticas tecnológicas para darles un mayor aprovechamiento escolar a sus alumnos. De igual manera se observa muy reflejante en el porcentaje de un 63% deficiente en como los alumnos observan el ambiente tecnológico dentro de su salón de clases y de igual manera dieron su punto de vista con un 37% consideran inapropiado su salón en no contar con dichas herramientas que son necesarias para retroalimentar sus aprendizajes y de cierta manera lograr significativamente nuevos conocimientos.

Dentro de la comprobación de la hipótesis mencionamos que de acuerdo a los resultados obtenidos si hacen una relación en que más hagan uso los alumnos de las TIC's tendrán un aprendizaje significativamente, aclarando que por parte de los maestros también depende el uso que le darán para que en los alumnos les entre el interés para propiciar el uso. Esto quiere decir que nuestra hipótesis se cumple de acuerdo a los porcentajes de cada una de las preguntas.

### *Recomendaciones*

- ✓ Implicar proyectos transversales a los docentes donde se involucre la tecnología.
- ✓ Aprovechar el potencial de las TIC's, para involucrar a los estudiantes en actividades extra clase, tareas, talleres, para despertar el pensamiento crítico, analítico y puedan construir aprendizajes.

### **Referencias**

- Aguiar, P. M., & Farray, C. J. (2005). Un nuevo sujeto para la sociedad de la información. España: Gesbiblo, S.L.
- Alegsa. (2015). Diccionario de informática. (ALEGSA). Abril de 2016, de Diccionario de informática.
- Behar Rivero Daniel. (2009) Metodología de la Investigación II. (p. 47). Editorial: Shalom, ISBN: 978 959 212
- Castro, C. d. (1998). Educación en la Era de la informática. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Dede, C. (2000). Aprendiendo con Tecnología. Buenos Aires: Paidós.
- Gándara, M. (1999). ¿Qué son los programas multimedios de aplicación educativa y como se usan?: una introducción al modelo NOM. En M. Gándara, USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU APLICACIÓN EN LA EDUCACIÓN. México: ULSA.
- González, S. R. (2005). Las TIC's en cómo atraer, desarrollar y retener el talento a través de las NNNT. España: Editorial ideas propias.
- Salkind. (1999). Métodos de investigación. (p. 216). Editorial: Prentice. ISBN: 9789017.
- Zapata, O. A. (2006). Herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas. México, D.F.: Editorial Pax México.

## APÉNDICE

### UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE PEDAGOGÍA REGIÓN POZA RICA – TUXPAN

**Joven estudiante esta encuesta forma parte de un trabajo de investigación con fines de titulación con el tema del uso de las TIC's en la formación académica, la información que proporciones será confidencial.**

**Instrucción:** Marca con una **X**, según consideres tus respuestas o el valor asignado a tu posible respuesta.

1.- ¿Cuáles son los recursos didácticos tecnológicos que conoces?

Computadora  Enciclopedia  Pizarrón electrónico  Celular

2.- ¿Tus maestros hacen uso de las TIC's en tu proceso de formación?

Diariamente  Frecuentemente  En ocasiones  Nunca

3.- ¿Consideras que haces uso adecuado de las TIC's?

Demasiado  Mucho  Poco  Nada

4.- ¿Cómo consideras que el uso de los recursos tecnológicos contribuye de manera favorable en tu formación?

Muy satisfecho  Satisfecho  Poco satisfecho  Insatisfecho

5.- ¿Qué tan importante es el uso de las TIC's para ti?

Demasiado  Mucho  Poco  Nada

6.- ¿Qué recurso tecnológico didáctico utilizas para realizar tus trabajos escolares?

Computadora de escritorio  Proyector  Lap-top  Ninguno

7.- ¿Cada cuánto haces uso de las TIC's para tus actividades escolares?

Diariamente  Frecuentemente  En ocasiones  Nunca

8.- ¿El manejo de los recursos tecnológicos por parte de tu maestro es?

Excelente  Bueno  Regular  Malo

9.- ¿Utilizas las herramientas didácticas tecnológicas para lograr tus aprendizajes?

Demasiado  Mucho  Poco  Nada

10.- ¿Cómo observas el ambiente tecnológico dentro de tu salón de clases?

Ideal  Apropiado  Inapropiado  Deficiente

11.- ¿Cómo consideras el interés de tus compañeros por hacer uso de las TIC's?

Excelente  Bueno  Regular  Malo

12.- ¿Con qué frecuencia haces el uso de las TIC's en el desarrollo de actividades escolares?

Diariamente  Frecuentemente  En ocasiones  Nunca

**Por tu colaboración muchas gracias.**



## Estratégica fiscal versus evasión fiscal en México

Roberto Hernández Palafox<sup>1</sup>, Diana Elizabeth Santillan Garcia<sup>2</sup>,  
Gabriela Sánchez Lezama<sup>3</sup> y M.I. Patricia Monroy Garcia<sup>4</sup>

**Resumen**— En el presente ensayo se abordará el tema de planeación fiscal mediante el uso de estrategias fiscales, ya que hoy en día son indispensables en una organización, porque permiten obtener beneficios diversos acorde a su régimen de tributación. La sociedad suele confundir la planeación de estrategias fiscales con la evasión fiscal; siendo esta una gran herramienta para los inversionistas o propietarios de negocios en México, se mencionaran los conceptos de planeación estratégica y evasión fiscal, indicando cuales son las diferencias que existen entre ambos conceptos con el objetivo de dar al lector un conocimiento de la importancia de una planeación estratégica y así poder disminuir impuesto siempre dentro del marco jurídico fiscal vigente y contando con el soporte documental que demuestre la licitud de los actos, para no caer en una evasión fiscal la cual es un acto ilícito en México. Así mismo se expondrán algunos estímulos fiscales que se puedan aplicar en una organización que le permitan crear una planeación con el objetivo de diferir la carga fiscal de una operación.

**Palabras clave**— Estrategias, impuesto, evasión.

### Introducción

Las estrategias fiscales son alternativas legítimas e importantes en México, sin embargo, la falta de claridad en las leyes mexicanas ha dado origen al uso de actos que desafían a las autoridades fiscales llegando incluso a considerar estas prácticas como evasión fiscal y tomar medidas para combatirla.

Se tiene como objetivo el considerar la estrategia fiscal, como una herramienta indispensable que debe llevar la empresa de acuerdo con los ordenamientos legales, sin evadir la responsabilidad social, para hacer eficiente el uso de los recursos económicos y proteger su patrimonio. Para ello es necesario, hacer diferencia entre la estrategia fiscal y la evasión fiscal y no acudir a prácticas ilícitas que posteriormente lejos de traer benéficos los afectará. Es importante que la planeación fiscal, no sea catalogada como una forma de evasión y deberá justificarse la responsabilidad social de la organización y demostrar en el estudio de factibilidad, que no se evade, simplemente se cubre la carga tributaria con un sentido de justicia y pueden sustentar con las Legislaciones fiscales vigentes en México.

### Descripción del método

El artículo 31, fracción IV, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que “Es obligación de los mexicanos contribuir al gastos público, de la Federación, Distrito Federal o del Estado y Municipio en que se resida, de la manera proporcional y equitativa que dispongan las leyes” (Juridicas UNAM, 2017) y el artículo 2 del Código Fiscal de la Federación (CFF) menciona “las contribuciones se clasifican en impuestos, aportaciones de seguridad social, contribuciones de mejoras y derechos”.

En los últimos 50 años los ingresos tributarios no han sido suficientes para financiar los gastos del gobierno y mucho menos las necesidades del país, por lo tanto, a través de los años se han presentado distintos intentos de reformas tributarias, que solo incrementan la contribución del impuesto al padrón de contribuyentes vigentes, en las bases de la autoridad hacendaria, obteniendo resultados insatisfactorios. Sin embargo, éstos han fracasado por lo que se ha tenido que recurrir, indistintas veces, a fuentes de financiamiento alternas como lo es el endeudamiento externo e interno. Es importante mencionar que las autoridades hacendarías al analizar la situación de los problemas fiscales, han llevado a cabo diversos intentos de reforma fiscal y de los estímulos fiscales.

Como se puede observar en la tabla 1.1 recaudación fiscal del 2010-2017(Junio)

<sup>1</sup> Roberto Hernández Palafox estudiante del Centro Universitario UAEM Zumpango, cursos: Sociedades Anónimas Simplificadas, Ahorro e Inversión y Simulacro de Operación Bursátil. rober\_27her@hotmail.com

<sup>2</sup> Diana Elizabeth Santillan Garcia estudiante del Centro Universitario UAEM Zumpango, cursos: Ahorro y Crédito, Simulación de Operación Bursátil y Participación en el Congreso. dianelisgd@gmail.com

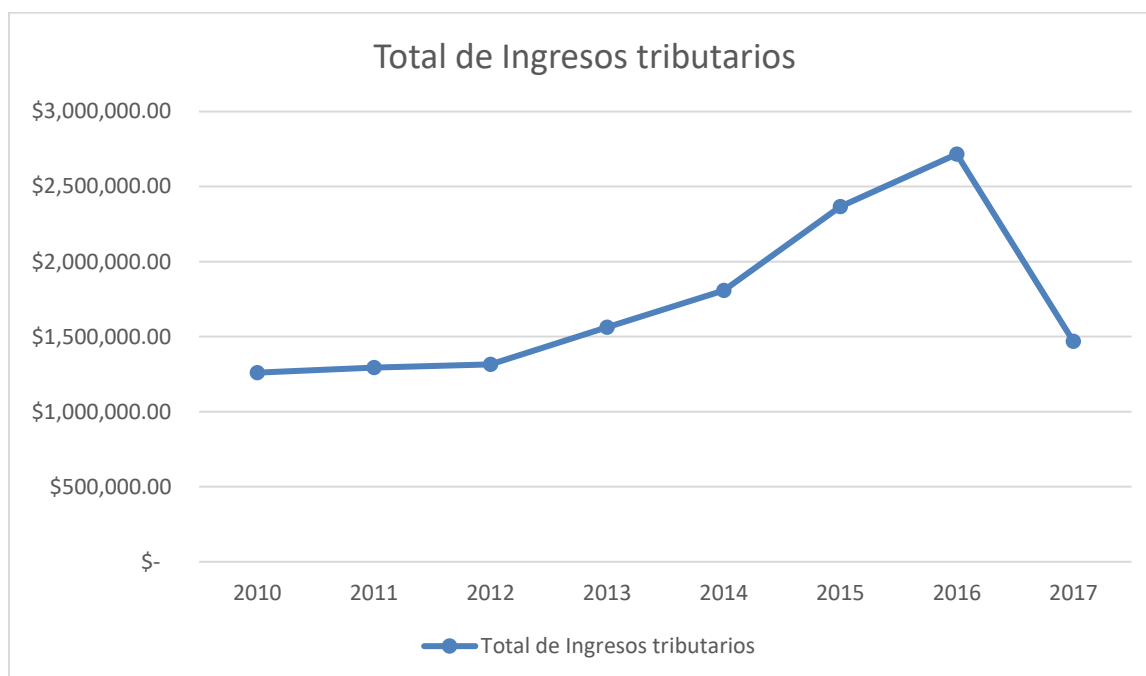
<sup>3</sup> Gabriela Sánchez Lezama estudiante del Centro Universitario UAEM Zumpango, cursos: Régimen de Incorporación Fiscal, Ahorro y crédito y Reformas Fiscales 2016. gaby.lez11@hotmail.com

<sup>4</sup> Patricia Monroy Garcia Maestra en Impuestos, docente en el Centro Universitarios UAEM Zumpango, Asesora Interdepartamental en el área fiscal (estímulos fiscales ISR, IVA, y Comercio Exterior). atymg2016@gmail.com

### RECAUDACIÓN TRIBUTARIA

Año	Impuesto Sobre la Renta	Impuesto al Valor Agregado	Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS)	Importaciones	Impuesto sobre Automóviles Nuevos	Impuesto por la Actividad de Exploración y Extracción de Hidrocarburos	Otros ingresos tributarios	Total de Ingresos tributarios
2010	\$ 626,530.41	\$ 504,509.26	\$ 4,463.83	\$ 24,531.15	\$ 4,670.79	N.A.	\$ 95,719.60	\$ 1,260,425.05
2011	\$ 720,445.31	\$ 537,142.54	-\$ 76,433.51	\$ 26,881.22	\$ 5,078.87	N.A.	\$ 80,939.70	\$ 1,294,054.14
2012	\$ 758,912.46	\$ 579,987.47	-\$ 130,131.41	\$ 27,906.06	\$ 5,869.52	N.A.	\$ 71,895.49	\$ 1,314,439.59
2013	\$ 905,523.49	\$ 556,793.89	-\$ 7,423.77	\$ 29,259.48	\$ 6,251.69	N.A.	\$ 71,346.79	\$ 1,561,751.56
2014	\$ 985,866.07	\$ 667,085.05	\$ 111,646.77	\$ 33,927.84	\$ 6,426.99	N.A.	\$ 2,861.04	\$ 1,807,813.75
2015	\$ 1,237,593.18	\$ 707,212.84	\$ 354,293.50	\$ 44,095.86	\$ 7,244.03	\$ 3,745.66	\$ 12,280.52	\$ 2,366,465.59
2016	\$ 1,426,015.46	\$ 791,700.24	\$ 411,389.62	\$ 50,553.39	\$ 9,058.25	\$ 3,993.82	\$ 23,508.32	\$ 2,716,219.10
2017	\$ 832,620.39	\$ 399,955.24	\$ 189,891.43	\$ 24,885.77	\$ 5,224.72	\$ 2,095.74	\$ 14,238.42	\$ 1,468,911.72

Tabla 1.1 recaudación fiscal 2010-2017 (Junio)



(Secretaria de Hacienda y Credito Público, 2017)

#### ¿Qué es la Estrategia Fiscal?

Es toda aquella aplicación de estrategias que permitan disminuir, eliminar o diferir la carga tributaria del contribuyente, apegándose siempre a lo permitido por las leyes, contando con el soporte documental que demuestre su licitud y procurando el menor riesgo posible, es decir, una actividad a la que todos tenemos derecho buscando disminuir los pagos realizados por impuestos de forma legal hacia el fisco. Puede ser aplicada tanto en personas físicas como personas morales, además de que se puede valer de muchas herramientas, por ejemplo, la deducción de erogaciones adicionales como, la participación de utilidades a los trabajadores en las empresas.

Es importante mencionar que cada estrategia fiscal debe estar hecha a la medida y diseñada especialmente para cada empresa, es decir, considerando que no hay dos empresas iguales, debido a que la estrategia para una puede no funcionar en la otra.

Objetivos de la estrategia fiscal



- Reducción o Disminución de la base del impuesto
- Recuperación de los saldos a favor
- Cumplimiento adecuado correcto de las obligaciones fiscales

Algunos de los beneficios fiscales en diversas materias de impuestos que obtenemos como:

- Aprovechar los estímulos fiscales
- Nos ayuda a obtener una optimización de los recursos financieros
- Aplicar lo permitido por las leyes
- Disminuir la carga fiscal
- Evitar sanciones fiscales
- Disminuir los efectos negativos de la competencia desleal

Una de las ventajas es que utilizar este mecanismo nos permite impulsar el desarrollo económico y social de un país o una región, como así también promover el empleo, la salud y mejores condiciones de vida.

Por el contrario, las desventajas que tenemos son: Son injustos al beneficiar más a los sujetos con rentas altas (ya que son los que tienen posibilidad de realizar inversiones y emprender actividades pretendidas por el legislador) que a los de rentas bajas o que se encuentran fuera del sistema impositivo por esta exentos o con pérdidas.

Algunas de los estímulos fiscales que podemos utilizar son los que se describen en el cuadro 1.2

Estímulo Fiscal	Beneficiario	Requisitos de los Contribuyentes
Deducción de diésel y biodiésel; consiste en el acreditamiento de un monto equivalente al IEPS que el enajenante cause.	-personas con actividad empresarial -actividades agropecuarias y silvícolas -transporte público y privado, de personas y de carga - y turísticos, de acuerdo a lo dictado por la LIF.	-que se adquiera para consumo final. -uso exclusivo en maquinaria en general a excepción de vehículos. -contar con el comprobante fiscal correspondiente y requisitos establecidos. -en caso de la importación que en la factura conste del número de pedimento o bien contar con la copia del pedimento de importación y certificados de origen correspondiente
Disminución de la utilidad fiscal mensual el Reparto de Utilidades pagada en el ejercicio	Personas morales	Disminución en partes iguales en los pagos mensuales de mayo a diciembre de manera acumulativa a partir de que fecha
Deducción de los ingresos acumulables del contribuyente un monto adicional equivalente al 25% del salario pagado a empleados con alguna discapacidad motriz, auditiva, lenguaje, invidentes.	Personas físicas y morales	Contratar personas con discapacidad: - Motriz. Que superarla requiera permanentemente, prótesis, muletas o silla de ruedas. - Auditiva o de lenguaje en un 80% o más de la capacidad normal. - Cumplir con obligaciones de la ley

		del seguro social, y la ley de ISR. - Contar con certificado médico expedido por IMSS
Exención del pago del trámite del derecho aduanero (DTA)	Personas físicas y morales	Importe gas natural

Cuadro 1.2. Estímulos fiscales

Si bien es cierto la estrategia fiscal es una herramienta que hoy en día es necesaria e indispensable a seguir en las operaciones de las empresas, la planeación no solo es administrativa, sino también fiscal para completar el rumbo y dirección de la empresa. De esta se favorece con la optimización del flujo de los recursos financieros, puesto que permite tomar de manera oportuna, decisiones que tienen que ver con el origen y la aplicación los recursos financieros, invirtiendo en aquellos activos de la empresa y son claves en su desarrollo y funcionamiento, sin dejar de cumplir con las obligaciones de las cuales son sujetos entre ellos con el fisco.

Sin embargo, no todas las empresas hacen esta planeación fiscal, por lo que incurrir en la evasión fiscal sin darse cuenta o bien aprovechándose de las lagunas que pueden estar a su favor. Es por ello que trataremos el tema de evasión fiscal.

#### **Evasión fiscal.**

Es el acto de ocultar las cantidades reales de ingresos o propiedades con el fin de declarar menos impuestos. (SAT, 2017) . Otro concepto es “la evasión fiscal de refiere al acto ilegal que implica pagar menos impuestos de los que establece la ley o no pagarlos por completo” (Rodriguez Gianciti federico, 1987).

Entonces es evitar el pago de impuestos ilegalmente sin embargo las consecuencias pueden ser muy severas.

Por lo general se relaciona esta actividad con las personas ricas o famosas, sin en cambio no solo es practicada por particulares y profesionales independientes. Igualmente, las empresas y compañías multinacionales recurren a prácticas de este tipo, aunque suelen utilizar sistemas más sofisticados.

#### **Causas de la evasión.**

Una de las principales causas es la ausencia de una verdadera conciencia tributaria individual y colectiva, motivada por la imagen que la comunidad tiene del Estado y la percepción frente a la imparcialidad en sus gastos e inversiones, al no tener conocimiento de los programas de gobierno y las políticas de redistribución del ingreso. La existencia de la corrupción puede viciar una política eficaz, los posibles evasores, en oportunidades, son capaces de sobornar funcionarios públicos.

El hecho de que las normas tributarias suelen estar redactadas con una terminología difícil de comprender mismas que no se encuentran al alcance del universo de contribuyentes de hoy en día.

#### **Efectos de la evasión**

Un efecto es la reducción de los ingresos tributarios, ante lo cual los gobiernos tienden a elevar la carga tributaria o crear nuevos gravámenes como medida de ajuste de déficit fiscal. La evasión a su vez motiva al irrespeto hacia las autoridades impositivas por parte de los contribuyentes al ser incapaces de detectarlos, pues existen ideas tan creativas e imaginables, generando en la ciudadanía desconfianza en la efectividad de las instituciones del estado. Esto hace que la carga impositiva se distribuya entre quienes cumplen las obligaciones tributarias.

#### **Formas de evasiones más comunes.**

- Evasiando. Al no presentar en tiempo y forma (omisión) de impuestos de diversa índole, que un contribuyente tiene la obligación de cumplir acorde a la en la legislación tributaria.
- Manipulación de ingresos. Las lagunas de interpretación de las leyes y que son aprovechadas por los contribuyentes para manejar los ingresos a su conveniencia.
- Exceso de gastos (facturas). De alguna manera sirven para disminuir la base gravable del impuesto, gastos que no son necesarios para la obtención del ingreso del contribuyente, es decir, no son propios de la actividad comercial, e incluso el uso de facturas sin que reúnan requisitos propios para considerarlos deducibles.

- Manipulaciones contables. Muchos contadores la utilizan, aprovechándose que la SHCP no cuenta con la capacidad para controlar o realizar auditorías de manera inmediata, sino hasta que la misma autoridad selecciona a cada uno de los contribuyentes existentes en el padrón.
- La idiosincrasia. Esta es la más especial y la que más se practica en el país, ya que se da en el pensar del pueblo a través de las generaciones, con la creencia de que los impuestos no son utilizados para el fin de contribuir al gasto público, aseverando de que “para que pago si se lo van a robar”

¿Por qué debe combatir? Algunas razones son:

- No se puede dejar a criterio del contribuyente el pago
- Constituye una violación a la ley
- Fomenta la competencia desleal y despierta en los contribuyentes cumplidos el ánimo para adentrarse en la evasión.
- Se obstaculiza la tarea del Estado de sufragar los gastos públicos al dejar de enterar los elementos económicos que necesita para tal efecto.

Para esto se están implantando algunas medidas que ayuden a combatir la evasión como: llevar a cabo un mejor control de los ingresos del contribuyente mediante las normativas de la emisión del CFDI (comprobantes fiscales digitales por internet), elaborar y reestablecer procedimientos rápidos y eficaces para el control de los créditos fiscales, entre otras.

#### **Diferencia entre evasión fiscal y estrategias fiscales**

La diferencia es que la evasión fiscal es un acto ilícito que lleva consigo una serie de consecuencias jurídicas mientras que la estrategia fiscal supone que los contribuyentes usan los requisitos de la ley, actuando dentro de los márgenes permitidos por la normativa con el objetivo de disminuir la carga tributaria.

Entonces, ¿Por qué tener estrategias fiscales? La planeación fiscal es de suma importancia para los sujetos de la relación tributaria, por un lado, el sujeto pasivo busca diseñar estrategias en el desarrollo de sus actividades para optimizar los costos fiscales de sus operaciones, puesto que es una actividad legal al permitir la Constitución elegir la figura jurídica que mejor convenga a sus intereses siempre y cuando sea lícita. Así mismo las leyes son consideradas de interpretación compleja y de interrelación entre las diversas leyes que en ocasiones son llamadas también lagunas de Ley, motivo por el cual se utilizan los métodos de interpretación jurídica, llegando a obtener beneficios principalmente con el método de interpretación a Contrario Pensum, el cual parte del principio de que en materia fiscal lo que no está expresamente prohibido está permitido.

#### **Conclusiones**

Es mejor que la empresa establezca sus estrategias fiscales, pues dichas estrategias deberán crearse para prever el futuro de los contribuyentes y no se deberá de realizar la estrategia mirando hacia la historia (hacia atrás) , sino para obtener más beneficios que si practica la evasión, puesto que no solo está actuando en normatividad legal para disminuir los impuestos y con ello la administración será más eficiente.

La planeación se distingue claramente de la evasión fiscal ya que la segunda consiste en omitir el pago de las contribuciones mediante prácticas ilícitas, o mediante el engaño, violando leyes fiscales teniendo un impacto económico en perjuicio del fisco.

La creación y planeación de las estrategias fiscales juegan un papel de suma importancia en las organizaciones, ya que permiten la reducción del impuesto o en su caso la recuperación de saldos a favor de un impuesto, esto le permite a la organización una mayor optimización de sus recursos financieros

#### **Referencias**

- Juridicas UNAM.* (05 de 09 de 2017). Obtenido de Juridicas UNAM: <https://www.juridicas.unam.mx/legislacion/ordenamiento/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos#10567>
- Rodriguez Gianciti federico, J. C. (1987). "*Evasión Fiscal y Economía Subterránea en México*". Docuemnto de Discusión no.3: pp. 2 y3.
- SAT. (08 de 2017). EVASIÓN FISCAL. MEXICO. Recuperado el 01 de 09 de 2017, de <http://satgobmx.com/evasion-fiscal/>
- Secretaria de Hacienda y Credito Público.* (02 de 09 de 2017). Obtenido de Sitio de Estadísticas : [http://www.sat.gob.mx/cifras\\_sat/Paginas/datos/vinculo.html?page=IngresosTributarios.html](http://www.sat.gob.mx/cifras_sat/Paginas/datos/vinculo.html?page=IngresosTributarios.html)
- Codigo Fiscal de la Federacion. Recuperadp el 02 de 09 de 2017, de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/8\\_160517.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/8_160517.pdf)

### Notas Biográficas

La Lic. Patricia Monroy García es profesora del Centro universitario UAEM Zumpango

<sup>1</sup> Roberto Hernández Palafox estudiante del séptimo semestre de la Lic. En Contaduría en Centro Universitario UAEM Zumpango, cuenta con tres cursos los cuales son Sociedades Anónimas Simplificadas en CENSUS y Capacitación, Ahorro e Inversión impartido por BBVA Bancomer en CU UAEM Zumpango y Simulacro de Operación Bursátil en Bolsa Mexicana de Valores.

<sup>2</sup> Diana Elizabeth Santillan Garcia estudiante del séptimo semestre de la Lic. En Contaduría en Centro Universitario UAEM Zumpango, cuenta con cursos: Ahorro y Crédito impartido por BBVA Bancomer en CU UAEM, Simulación de Operación Bursátil en Bolsa Mexicana de Valores y Participación en el Congreso CU UAEM Zumpango.

<sup>3</sup> Gabriela Sánchez Lezama estudiante del séptimo semestres de la Lic. En Contaduría en Centro Universitario UAEM Zumpango, cuenta con los cursos: Régimen de Incorporación Fiscal impartido por el Servicio de Administración Tributaria, Ahorro y crédito impartido por BBVA Bancomer en CU UAEM y Reformas Fiscales 2016 impartido por el Servicio de Administración Tributaria.

<sup>4</sup> Patricia Monroy Garcia Maestra en Impuestos, docente en el Centro Universitarios UAEM Zumpango, 9 años de Asesora Interdepartamental en el área fiscal (estímulos fiscales ISR, IVA, y Comercio Exterior) para empresas transnacionales así como personas físicas y morales en despachos contables.

### APENDICE

#### Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Qué es una evasión fiscal?
2. ¿Que es una estrategia fiscal?
3. ¿En qué consiste una planeación estratégica?
4. ¿Cuál es la diferencia entre una evasión y una estrategia fiscal?
5. ¿Cuáles serían ejemplos de estímulos fiscales?
6. ¿Cuál es la importancia de una planeación fiscal en una organización?

## EDUCACION-PREVENCIÓN DE LA LEPRO... BAJO LA LUPA

Dra. Ma de la Luz Hernández Reyes<sup>1</sup>, Dr. Jesús Madueña Molina <sup>2</sup>,  
Estudiante Abigail Montoya Castro<sup>3</sup>

**Resumen**— En la colonia Guadalupe Victoria, Culiacán Sinaloa, se realizó dicha investigación con el fin de abordar a colonos y pacientes con Lepra cuyas condiciones de vida se encuentran en nivel socioeconómico y educativo bajo, es vista como epidemia social la cual se propaga en tiempo y espacio determinado, es abordada por salud comunitaria. Además del sufrimiento provoca brotes de pánico desorganización familiar, estructura social, económica, psicológicos y neurológicos. Metodología Mixta; desde la visión fenomenológica. Es necesario fomentar la participación social, educación para la salud para con ello identifiquen el riesgo de contagio que enfrenta la sociedad sobre detección, prevención y cuidados de dicha enfermedad, la cual lamentablemente se encuentra presente en el estado de Sinaloa por lo que resulta preocupante que la población no identifiquen las vías de contagio y complicaciones de la misma, por ello es de suma importancia educar, sensibilizar y crear conciencia para una mejor calidad de vida tanto física como emocional del paciente y de su entorno.

**Palabras clave**— Educación, Prevención, Lepra, Epidemia Social

### Introducción

La lepra desde tiempos inmemoriales ha sido una enfermedad envuelta en estigmas para las personas que la padecen y para quienes conviven con ellos, siendo una enfermedad milenaria, remontándose su origen a las primeras civilizaciones como en la India, donde ya se citaba en los libros de los Vedas y 300 años a.C. en el Susrutha Samhita con el nombre de Kustha y en China 500 años a.C. era conocida con el nombre de La Feng.

Enfermedad tan antigua como la humanidad misma y al parecer ya existía 4000 años antes de Cristo, se encuentran descripciones de ésta en los libros sagrados de la India 2000 años antes de Cristo y se discute si el foco primitivo corresponde al África o Asia. De estas regiones se extendió al mediterráneo y Europa Oriental, pasando a América con motivo de la conquista.

Se fue expandiendo por el comercio, las peregrinaciones religiosas y las guerras, apareciendo en Grecia donde se la conocía ya con el nombre de Lepra, después de las expediciones bélicas de Alejandro Magno a la India y Persia, las invasiones árabes, las cruzadas y el éxodo hebreo completaron su extensión a toda Europa, siendo la intensidad máxima de los siglos X al XIII y en el XIV cuando se inició el descenso.

El origen en América, se considera a partir de la primera Conferencia Internacional de la Lepra, celebrada en Berlín en octubre de 1897, siendo Virchow el patólogo de Breslau, quien basándose en el examen de cráneos y representaciones patológicas en cerámicas antropomorfas peruanas que atribuía a la Lepra.

Sin dejar a lado a México, durante los conquistadores españoles a partir de 1519 y Hernán Cortés fundó el primer hospital de San Lázaro, el médico Francisco Hernández en 1560 descubrió una enfermedad cutánea en los aztecas, de varios colores, que podía ser Mal de Pinto o Carate.

Así mismo González Uruña efectúa el primer censo oficial del país con 1450 pacientes, 144 en Sinaloa, 155 en Michoacán, 226 en el Distrito Federal y 237 en Jalisco. Este trabajo lo presenta en 1930 en el VIII Congreso de Dermatología de Copenhague, dirigiendo en 1937 el dispensario Pascua, uno de los más importantes centros en el desarrollo de la leprología y en 1950 pasa a llamarse Centro Dermatológico, siendo su director Fernando Latapí (1902-1989), quien estudió y completó la lepra de Lucio y su forma clínica reconocida oficialmente en el Congreso de La Habana, en 1948. Siendo en este Congreso cuando se concluyó que los pacientes con lepra no debería llamarse “leprosos” sino dolencia o enfermedad de Hansen con lo cual provocaría una desestigmatización, ya que el impacto social ocasionaba desprecio y repulsión.

Por otra parte se debe hacer énfasis que desde la antigüedad y Edad media hasta nuestros días la palabra lepra está ligada como un icono de deprivación, pecado o castigo divino. Afortunadamente no todas las culturas han considerado esta enfermedad de manera despreciativa; como ejemplo Nigeria, Tanzania y Noruega en donde los pacientes eran tratados con compasión y no eran segregados. En cambio los países que tenían influencia de la cultura judía- cristiana la lepra generaban repulsión, destierro por ser peligrosa para la ciudad. En la Biblia la lepra, no es considerada sólo

<sup>1</sup> Dra. Ma. de la Luz Hernández Reyes es Profesor titular investigador A de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México. marluz2@yahoo.com.mx (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> Dr. Jesús Madueña Molina es Profesor titular investigador B de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México. jmaduena65@gmail.com

<sup>3</sup> Estudiante de Medicina: Abigail Montoya Castro. Universidad Autónoma de Sinaloa. abie.montoya.18@hotmail.com

como una enfermedad del cuerpo sino también como una enfermedad del alma, castigada por Dios o apartadas y discriminadas por la sociedad.

El enigma de ésta inicia en la falta de conocimiento de las personas que la padecen y de quienes lo rodean, ya que provoca que los estigmas de ella prevalezcan a través de los tiempos. La lepra es una enfermedad curable. Si se trata en las primeras fases, se puede evitar la discapacidad.

Por todo ello, trae consigo prejuicio para quienes la padecen, afecta a cualquier raza, con predominio en varones, y se puede presentar a cualquier edad, mientras más temprana sea su presentación, mayor será la afectación neuropatía que se presente. Se han reconocido diferentes factores de riesgo como lo son pobreza, promiscuidad, falta de servicios sanitarios y desnutrición.

Por lo que se considera necesario señalar que existen tres focos principales en México :

1. El Noroccidental (Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco).
2. El Central (Guanajuato, Querétaro, Distrito Federal).
3. El Foco Peninsular (Campeche y Yucatán).

Siendo Sinaloa quien ocupa el primer lugar a nivel nacional de incidencia de estos casos, con brotes anuales principalmente cuando existe cambio de clima, estando afectados por el tipo de lepra encontrada en personas inmunodeprimidas “Lepra lepromatosa”.

Al pasar de los tiempos donde personas de alto y bajo nivel socioeconómico la encuentran como una enfermedad que lleva hacia la marginación, y quien la padece es tratado de forma injusta. Desde la aparición de esta enfermedad tan antigua como la misma existencia del ser humano y aun con el conocimiento de lo que es en realidad prevalecen. Esto resultado de la falta de campañas educativas y preventivas para mejorar el trato a las personas que la padecen, y al mismo tiempo evitar que existan nuevos casos.

El compromiso institucional de educación y de salud debe estar orientado la marginación social de los individuos, mediante la educación para los pacientes y lograr se empoderen del tratamiento, las personas que residen o que están en constante interacción con ellos, para lograr la prevención de una manera satisfactoria. Además de la capacitación de las personas con la enfermedad para evitar que crucen con los cuadros tardíos de la enfermedad.

Cabe destacar que el Centro dermatológico de Sinaloa en Abril 2014 hace referencia que en la ciudad de Culiacán se presentaron 1069 casos nuevos de pacientes registrados de lepra en su mayoría sexo masculino, ubicando a Navolato en segundo lugar con 27 pacientes y tercero Mocorito (12 pacientes) municipios muy cercanos. INEGI (2015) señala que la colonia Guadalupe Victoria también conocida “El Atorón” perteneciente a Culiacán presenta el mayor porcentaje de pacientes, por lo se consideró necesario realizar la investigación en dicha localidad, la cual cuenta con 2123 habitantes fluctuantes por motivos muy diversos.

Los antecedentes de la colonia, hace mención que varios de los pobladores provienen de la sierra varios huyendo la inseguridad, otros de Mocorito donde la incidencia de lepra es alta. Así mismo es colonia de alto grado de inseguridad ya que es identificada como una colonia de las más violentas y peligrosas de Culiacán por robos, drogas, etc. más sin embargo la mayoría de las viviendas son de dos pisos y de buena calidad, a pesar que se encuentra atrás del cuartel militar y enfrente de ISSTE la población no le gusta acudir al médico, se atienden con medicina alternativa.

Sin embargo en relación con la experiencia en esta comunidad, no existen datos exactos de cuantos pacientes ni su evolución ni fechas de detección ya que es probable que muchos pacientes no acuden al médico por situación económica o por vergüenza por ello optan por cambiarse de comunidad y mantenerse alejados de todo contacto esperando simplemente la muerte ya que la mayoría refieren que van a morir solos y su única compañía será la lepra, o simplemente la misma familia los esconde y los rumores de la comunidad son los datos que hablan aunado a la problemática que el sector salud no los busca ni les da seguimiento por la agitada situación de violencia que se vive en la colonia.

Es importante indicar que la lepra es una enfermedad infectocontagiosa dermatológica causada por *Mycobacterium Leprae*. Que afecta principalmente a la piel, los nervios periféricos, las mucosas de vías respiratorias altas y los ojos. La cual cuenta con un esquema amplio en tratamiento el cual está constituido por fármacos ya establecidos y es entregado de forma gratuita por el sistema de salud, para las personas que lo necesitan.

Con lo anterior surge la pregunta: ¿Es la falta de educación y prevención el factor para que aumenten los casos de la lepra en comunidades de Sinaloa? ¿De qué manera las instituciones de gobierno, salud y educativas son partes importantes para la prevención de la lepra?

Objetivo General planteado en esta investigación se centra en la propuesta de educar para la prevención a las comunidades sobre las causas y consecuencias en la salud, economía y emocional para así lograr una mejor calidad de vida, tanto del paciente, familia y comunidad. Se plantearon las siguientes hipótesis: H1: La gestión educativa, campañas preventivas comunitarias sobre la lepra son factores importantes para bajar los índices o eliminar la lepra en comunidades de Culiacán, Sinaloa; H2: La falta de educativa y campañas preventivas, no son la causa de la



incidencia de la lepra en comunidades de Culiacán, Sinaloa y H3: La causa de la incidencia es su mal manejo por el personal de médico.

De acuerdo con el marco referencial estructurado, se encuentra que en el último siglo ha existido cambios de paradigmas uno de ellos ha sido el concepto de salud, se logró demostrar que ello no solo depende de factores biológicos, sino que implica nuevos elementos, de aquí surge la promoción de la salud, como dimensión del bienestar y la calidad de vida.

El término salud plantea en la actualidad una nueva concepción, en la que ya no es pensada como la ausencia de enfermedad, sino que influyen varios factores. En la misma línea de pensamiento de Salleras (1990), trata de forjar un concepto dinámico de salud en los siguientes términos: “Logro del más alto nivel de bienestar físico, mental y social y de capacidad de funcionamiento que permitan los factores sociales en los que viven inmersos el individuo y la colectividad.” La definición de salud dice que la misma es un estado de completo bienestar físico, mental y social; y no solo la ausencia de enfermedad o dolencia. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su Constitución de 1948, define salud como el estado de completo bienestar físico, mental, espiritual, emocional y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (Moreno, 2008).

Las políticas en salud protegen la salud pública; es decir, tienen como objetivo asegurar la integridad física y psíquica del individuo, y se concretan en una serie de servicios de atención primaria, hospitalaria y de prestaciones de tipo farmacéutico. Por su parte la salud pública abarca todos los ámbitos de la acción social; por tanto, también se refiere al campo de la salud laboral y a las previsiones sanitarias necesarias para asegurar el bienestar en salud en el ámbito social y del trabajo.

Resulta una gran tarea para educadores y personal de salud analizar, todos los sentimientos y actitudes y los distintos papeles que pueden desempeñarse dentro de la sociedad, en los diversos contextos ya que ello permite visualizar el concepto de salud enfermedad así como la manera de percibirlo en una cierta comunidades es por ello que la Educación Social da elementos para realizar de manera armónica el «ajuste» social. La educación social tiene sentido ya que la persona es un ser social y la educación es un proceso relacional que siempre tiene lugar dentro de un grupo humano, dentro de una sociedad. Estas dos dimensiones —la persona como ser social y la educación como proceso relacional que se produce en un determinado contexto social—, son las dos dimensiones que posibilitan la existencia de la educación social. El desarrollo de la educación social es factible para el cambio puesto que la persona es un ser social y la educación presenta una dimensión social y cultural, Froufe Quintas, (1997). Por su parte Quintana (1988), refiere que la educación social se le ha otorgado algunas de estas funciones, dependiendo de épocas y sociedades:

1. Formar al individuo como ser social.
2. Formar al individuo desde una determinada ideología de educación política y nacionalista.
3. Formar al individuo a partir de la acción educadora de la sociedad.
4. Ayudar al individuo desde una perspectiva de beneficencia y asistencia social.
5. Formar al individuo desde una pedagogía sociológica con el fin de insertarlo en la estructura y valores de la sociedad.
6. Ayudar al individuo desde una perspectiva pedagógica del Trabajo Social.

El sector salud no puede actuar solo, porque la mayoría de los factores sociales determinantes de la salud están fuera de su competencia. Esto revela la necesidad del enfoque intersectorial. La estrategia para el desarrollo de la política de salud de la población contempla al menos tres direcciones:

1. Fortalecer la comprensión de la población sobre los factores determinantes de la salud, y promover la participación popular en acciones que mejoren la salud de la población.
2. Fortalecer la comprensión de los factores determinantes de la salud y apoyar el enfoque de salud de la población en otros sectores de gobierno, distinto al de salud y en organismos de masa y sociales.
3. Promover y desarrollar iniciativas integrales, interdisciplinarias e intersectoriales de salud de la población para prioridades clave que potencialmente puedan repercutir de modo importante en la salud de la población. Rojas, F (2004).

Por consiguiente recordemos que la participación social y comunitaria es también sistémica por naturaleza, refiriéndose a la interacción de muchos actores dentro del sistema social, que serán el resultado de una alianza que se negocia continuamente a medida que van cambiando las condiciones y dinámica en una sociedad, localidad o grupo social.

Así mismo López Piñero JM.(1984) Refiere que para el sector salud una tarea consiste, en primer término, en el estudio de la salud y las enfermedades como estados de la vida humana de todas las épocas y culturas, teniendo en cuenta plenamente la condición al mismo tiempo biológica, social y personal del hombre. Ello significa analizar las enfermedades como realidades biológicas cambiantes y sometidas a circunstancias ambientales determinadas, como

fenómenos sociales condicionados por estructuras socioeconómicas e integradas en patrones socioculturales concretos y como vivencias personales existentes en cada situación histórica.

En la práctica psicosocial comunitaria cuando existe fortalecimiento en la comunidad existe beneficio que puede visualizarse en el control y dirección de las circunstancias por arte de los miembros de la comunidad, planificación y jerarquización de actividades en función de la detección de necesidades y de los recursos para satisfacerlo a corto, mediano y largo plazo. Así como la incorporación del mayor número de personas posibles a la ejecución de actividades, la participación por pequeña que sea genera compromiso y fortalecimiento.

Cabe hacer énfasis que “toda comunidad constituye un asentamiento poblacional” y se refiere a la misma como “escenario de la vida social”, por lo que se requiere un estudio antropológico de la colonia o comunidad donde se pretende intervenir. Para los autores de esta investigación el elemento central de la vida comunitaria es la actividad económica, sobre todo en su proyección más vinculada a la vida cotidiana, aunque reconocen que junto a esta actividad están las necesidades sociales, tales como la educación, la salud pública, la cultura, el deporte, la recreación y otras indicando su integración y que todas exigen un esfuerzo de cooperación.

Para finalizar es necesario aclarar que el término gestión es una palabra muy amplia debido a que no solo implica pedir algo, sino que lleva una serie de pasos que se deben cumplir, se aplica en todas las instituciones sea educativa como empresarial Martínez Cruz, (1996).

### Descripción del Método

Mixto con visión fenomenológico, siendo el carácter cualitativo, permite estudiar a la persona en su contexto y en las situación que vive, lo cual reconoce y aborda los fenómenos sociales desde la propia perspectiva del sujeto que expresa y manifiesta sus pensamientos y emociones que forman parte de su personalidad, haciendo uso de encuestas para identificar el empoderamiento de la enfermedad y en base a los resultados brindar una propuesta de intervención educativa para la prevención de la epidemia social. De acuerdo a su amplitud, se considera micro-sociológica se logró trato directo con un número reducido de personas. Una muestra al azar de 100 habitantes de la Colonia.

Se aplicó una encuesta tipo Likert solo con 20 preguntas para tener un diagnóstico de cuánto conocían de lepra y su contagio así como conocer como manejaban la información. En el proceso resulto complicado la identificación de los pacientes ya que se escondían en sus casas y no salían de ellas cuando se les buscaban, no fue hasta que algún pariente o vecino preocupado por su comportamiento y sus manchas en la piel nos llevaba a las casas para que pudiese atenderlos. Otros pacientes les resultaban muy penoso y solo por la ventana nos atendían, así mismo en otros pacientes sus pacientes se comportaban muy agresivos y no se nos permitía tener encuentro con ellos.

La primera fase de diagnóstico era identificar casa por casa en busca de alguien con sospecha de la enfermedad, así mismo se aplicaba la entrevista para conocer cuál era el conocimiento que la comunidad tenía de la lepra.

Con los resultados se considera continuar con la segunda fase de intervención educativa y atención psicológica para el paciente y la familia y aplicar el instrumento de evaluación.

### Resultados

Con la muestra se identifica que el 80% de las personas encuestadas son personas con escolaridad baja, que han concluido sus estudios antes del bachillerato el otro 20% se encuentra conformado por bachillerato y licenciatura. Lo que permite observar bajo nivel de escolaridad. El 90% de los encuestados viven en la Colonia Guadalupe Victoria, que se ha considerado foco infeccioso de lepra en los últimos años, por lo que 66% acepta tener una interacción con sus vecinos, mientras que el 34% lo niega. A pesar de esto la mayoría de los habitantes niega conocer personas con enfermedades dermatológicas en un 68%. El 17% afirma conocer personas afectadas con síntomas característicos del paciente leproso. Donde el 19% identifica a personas con síntomas de pérdida de sensibilidad en la piel. Los habitantes dicen conocer el padecimiento de la lepra en un 64%, sin embargo niegan conocer los síntomas y las presentaciones de la lepra. El 40% de los encuestados cree firmemente que la lepra ya ha desaparecido. El 9% tiene integrantes familiares afectados por la lepra, aun así un 84% no conoce ninguna campaña preventiva. De los pobladores el 56% teme ser infectado debido al gran estigma y complicaciones de la lepra, el 49% cree que la enfermedad no tiene cura. Después de estas preguntas podemos imaginar el resultado al plantearles si conocían los signos y los síntomas de la enfermedad donde el 77% negaron conocerlos, 52% cree necesario aislar a las personas afectadas por la *Mycobacterium Leprae*. El 81% no ha recibido ninguna educación sobre la lepra, así mismo el 71% no conoce la manera de transmisión del bacilo.

La relación entre el grado de escolaridad y el conocimiento limita el acceso a la información y manejo de la información debido a escaso o nula comprensión del cuidado de la salud.

Se cuestionó si estaban informados sobre la existencia de un tratamiento el cual permitía la funcionalidad del individuo de manera normal, donde solo el 20% su respuesta fue positiva. Preocupándonos por la salud dermatológica de este grupo, se notó que el 42% no tiene cuidados para su piel, ni realiza autoexploraciones en ella. El 58% considera que los servicios de salud son buenos, pero no acuden a ellos a menos que presenten una enfermedad que les impida

realizar sus actividades de manera normal, 56% afirman entender las explicaciones del médico cuando lo visitan, pero el 38% cree que hace falta mayor capacitación y ser más humanos al personal de salud. A pesar todo el 61.9% está interesado en formar parte de una RED para la prevención de la lepra.

#### **Conclusión:**

Los pobladores de esta colonia están conscientes del peligro que conlleva la enfermedad, aun sin saber qué es exactamente, se les nota preocupados por enfrentarse a la lepra, aceptando el pobre conocimiento que tienen, pero afirman no saber dónde pueden capacitarse. A lo largo de este estudio pudimos darnos cuenta que la mayoría de la población aún guarda los estigmas de la lepra. La falta de conocimiento y el poco apego del personal de salud para capacitarlos.

La educación de los habitantes de esta comunidad es un componente esencial para el manejo de las estrategias de prevención y tratamiento, claro ésta que éste no reemplaza el tratamiento médico, pero si proporciona un cambio radical en el estilo de vida y la convivencia familiar y social.

La lepra no tendría la importancia que amerita para la medicina social, epidemiología social y la salud pública si solo fuese una enfermedad contagiosa de la piel, su adormecimiento o dolor excesivo por el daño de los nervios periféricos, como la discapacidad, deformidades así como la ceguera sino por el miedo, prejuicios, mitos y problemas psicológicos que conlleva dicha enfermedad al paciente y la comunidad.

Los resultados demuestran la necesidad de recomendar que se realice una mayor difusión por diversos medios de comunicación sin olvidar adaptarlos al nivel educativo y al contexto de cada comunidad acerca de la lepra tanto de su detección, prevención así como su manejo. Se debe realizar campañas informativas, proporcionando folletos socio dramas e incluso ir a las escuelas de la comunidad, realizar redes comunales así como la capacitación para que los mismos pacientes eduquen como pares educativos para que los demás aprendan desde sus propias experiencias y la actitud hacia la enfermedad. Realizar convenios desde el ámbito Universitario, Salud y del Ayuntamiento para ejecutar en coordinación acciones de prevención y manejo adecuado para lograr una calidad de vida del paciente mediante una atención integral, para reducir en lo posible la incidencia de la lepra. Realizar gestión pública para la detección y tratamiento oportuno para con ello lograr calidad de vida y reducir los costos económicos, sociales y psicológicos.

Iniciar la capacitación a profesores, padres de familia y directivos de todos los niveles para formar personal capacitado para la detección de los primeros síntomas así como la prevención y formar ciudadanos responsables. Capacitación técnica y médica para realizar una vigilancia epidemiológica, tanto paciente y familia deberán recibir apoyo psicológico ya que el rechazo social que se sufre es el mayor obstáculo para el bienestar del paciente, pues esta enfermedad no solo causa incapacidad física sino emocional y cultural. Es necesario sensibilizar a la población para que logren identificar precozmente las primeras manifestaciones que hagan sospechar de dicha enfermedad.

Cuando se educa al paciente empodera el concepto salud- enfermedad por lo tanto cambia su actitud ante la enfermedad. Con esta investigación se valida la hipótesis la cual era que por falta de campañas informativas las incidencias de lepra han aumentado, se refuto la hipótesis con la encuesta aplicada. También se observó que este no es el único factor detonante de “La Lepra”, sino también las condiciones socio-económicas y culturales, las comunidades más humildes, con condiciones de hacinamiento desfavorable o nulo son los más propensos a padecer “La enfermedad de Hansen. Para finalizar la mayoría de las personas no saben de qué manera identificar “La Lepra” y por ende sino lo pueden identificar lo pueden confundir con otra enfermedad porque el cuadro clínico es muy variante.

Por lo tanto López Piñero.(1984) Refiere que para el sector salud una tarea consiste, en primer término, en el estudio de la salud y las enfermedades como estados de la vida humana de todas las épocas y culturas, teniendo en cuenta plenamente la condición al mismo tiempo biológica, social y personal del hombre. Ello significa analizar las enfermedades como realidades biológicas cambiantes y sometidas a circunstancias ambientales determinadas, como fenómenos sociales condicionados por estructuras socioeconómicas e integradas en patrones socioculturales concretos y como vivencias personales existentes en cada situación histórica.

En los últimos años, el ambiente social ha sido reconocido como un complejo sistema estructural, cultural, interpersonal y psicológico con propiedades adaptativas y de ajuste frente a determinadas situaciones relacionadas con los procesos de salud-enfermedad y también como un sistema contenedor de elementos estresores y/o amortiguadores del mismo.

Existen varios conceptos como “redes sociales,” “sistemas de apoyo comunitario”, “apoyo social” (social support), o “recursos del entorno” “participación social y comunitaria”, han sido conceptos clave para el desarrollo de prevención a la salud y con ello evitar educar y evitar el contagio de la enfermedad, pues la participación educativa en salud no solo es un mecanismo de sostenibilidad de los programas de intervención en salud que reduce costos y mejorar la eficiencia sino que construye redes de protección y solidaridad de los grupos sociales.

Hacer énfasis que el trabajo comunitario en salud y prevención no puede ni debe considerarse sólo en función de las estrategias de aprendizaje del estudiante o la institución educativa sino que debe dar respuesta adecuada y pertinente a las demandas de salud de la población.

Se requiere garantizar la participación de Instituciones Educativas, de Gobierno e Instituciones de Salud en todo proceso de planificación, gestión y evaluación de políticas de salud comunitaria para con ello fortalecer la participación social.

Para concluir es necesario remarcar que se debe hacer énfasis en la serie de medidas con efectos preventivos, las cuales deben considerarse como elementos normales de una buena campaña de prevención y control de lepra, tales son: la capacitación al personal de salud, comunidad y familia sobre el diagnóstico precoz, el tratamiento eficaz, la prevención del desmembramiento y disfunción de la familia y de trastornos económicos mediante el tratamiento ambulatorio específico, la educación social de la comunidad o de grupos en materia de salud, etc. Resulta emergente adaptar y perfeccionar las campañas de prevención, control y seguimiento, sin olvidar llevar al pleno una política de salud y de trabajo de protección al paciente. Es tarea urgente tanto del educador y personal de salud cambiar la imagen y la percepción de la enfermedad para prevenir y advertir problemas de carácter social, económico, emocional, recordemos que “solo se teme a lo desconocido” eduquemos para innovar el concepto de enfermedad.

#### *Referencias bibliográficas.*

Altamirano, M. L. ¿Qué sabe usted de la lepra? *Revista Mexicana de Dermatología.*; 2(1):79-82. Arenas R. *Dermatología: Atlas, Diagnóstico y Tratamiento.* 4ª ed. México: McGraw-Hill; 411-426. 2009

Armauer Hansen GH. *Bacillus lepræ.* *Nordiskt Medicinskt Arkiv, Stockholm, Nr. XII. Nr. 3, 1-10, 1880.*

Arias-Argudo C. La otra cara de la lepra. *Dermatología SED;* 12(1):6-8. 2004

Arenas R.(2009) *Dermatología. Atlas, diagnóstico y tratamiento.* 4ª ed. México: McGrawHill, 2009;411-425

Boletín de Epidemiología de la Secretaría de Salud. 2009;3(26):8-24. Progress towards the elimination of leprosy as public health problem. *Wkly Epidemiol Rec.* 1996;20:149-56.

Froufe Quintas, Sindo. Los ámbitos de intervención en la educación social. *Aula,* 1997, 9, 179-200

Latapí F.(1980) Cincuenta años de lucha contra la lepra en México (1930-1980). *Dermatología Rev. Mex.* 24(1):81-86. 1980

Organización Mundial de la Salud (1948). Constitución de la Organización Mundial de la Salud. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.who.int/gb/bd/PDF/bd46/s-bd46\\_p2.pdf](http://www.who.int/gb/bd/PDF/bd46/s-bd46_p2.pdf) [Consulta: 2007, Octubre 14].

Quintana, J. M. *Pedagogía social.* Madrid, Dykinson, 1988.

Rojas Ochoa, Francisco. (2004). El componente social de la salud pública en el siglo XXI. *Revista Cubana de Salud Pública,* 30(3) Recuperado en 04 de enero de 2017, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662004000300008&lng=es&tln=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662004000300008&lng=es&tln=es).

# Determinación de parámetros de pedaleo en un HPV

Alejandra Hernández Sandoval<sup>1</sup>, M. I. Javier Gutiérrez González<sup>2</sup>,  
M. I. Hugo Enrique Escalera Rodríguez<sup>3</sup>, Dr. Javier Cruz Salgado<sup>4</sup>.

**Resumen**—En el presente trabajo, se determinaron parámetros óptimos de pedaleo de un *Human Powered Vehicle* (HPV) mediante un diseño de experimentos realizado en un banco de pruebas, que simula la postura de pedaleo del usuario de un vehículo de este tipo.

Se hizo uso de un banco de pruebas diseñado para modificar los parámetros de pedaleo y conocer el impacto que cada uno de ellos tiene sobre el desempeño del usuario. La información obtenida también resulta útil para la realización de posteriores análisis donde se avalúe el grado de desgaste físico del usuario y prevención de lesiones.

**Palabras clave**— Vehículo de Propulsión Humana, Parámetros de pedaleo, Dimensiones Antropométricas.

## Introducción

Los vehículos de Propulsión Humana (HPV, por sus siglas en inglés) son aquellos impulsados por el esfuerzo humano [1], los más conocidos son la bicicleta y el triciclo, ambos parten del mismo principio, la única diferencia es el número de llantas que cada uno posee [2]. En el diseño de los HPV comúnmente se busca la mayor eficiencia posible, la cual se logra, entre otras cosas, a través de una postura adecuada del usuario que asegure un buen rendimiento [3].

Existen competencias entre este tipo de vehículos, uno de los más reconocidos es el HPVC (Human Powered Vehicle Challenge) que anualmente organiza ASME (American Society of Mechanical Engineers) en el cual se promueve el diseño y construcción de este tipo de vehículos por parte de sus secciones estudiantiles [4].

Debido a la popularidad del ciclismo deportivo de alto rendimiento existen diversos estudios donde se **examina** la eficiencia del pedaleo en bicicletas, Castellote Olivito asegura que “la posición del ciclista sobre la bicicleta y la actuación de los grupos musculares en cada fase del pedaleo determinarán el rendimiento deportivo” [5]. Por lo que podemos deducir que esto no solo aplica para el pedaleo en una bicicleta sino en cualquier HPV impulsado a través de pedales.

## Descripción del Método

### *Planteamiento del problema*

En el diseño de un HPV se debe considerar las dimensiones adecuadas para diversos usuarios, asegurando para cada uno de ellos una posición que permita un desempeño eficiente al momento del pedaleo, por lo que se considera necesario en todo diseño definir la posición del asiento con respecto al eje de giro de los pedales. Un aspecto importante es que se debe especificar los ángulos de las articulaciones en las extremidades inferiores del usuario que permitan su desempeño eficiente evitando lesiones

Por tanto el objetivo del presente trabajo es definir los parámetros, para un pedaleo eficiente, relacionados con la posición del asiento respecto al eje de los pedales, a través de un banco de pruebas, que emule un HPV.

Los parámetros que delimitan para la posición del usuario en el HPV, se observan en la Figura 1, y son  $H$ , distancia horizontal del asiento al eje de giro de los pedales;  $V$ , distancia vertical del asiento al eje de giro de los pedales y  $\theta$ : ángulo del respaldo del asiento.

<sup>1</sup> Alejandra Hernández Sandoval es Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial en la Universidad Politécnica del Bicentenario de Silao, Guanajuato. [16010073@upbicentenario.edu.mx](mailto:16010073@upbicentenario.edu.mx)

<sup>2</sup> El M. I. Javier Gutiérrez González es Profesor Investigador en la Universidad Politécnica del Bicentenario de Silao, Guanajuato. [jgutierrezg@upbicentenario.edu.mx](mailto:jgutierrezg@upbicentenario.edu.mx)

<sup>3</sup> El M. I. Hugo Enrique Escalera Rodríguez es Profesor Investigador en la Universidad Politécnica del Bicentenario de Silao, Guanajuato. [hescalerar@upbicentenario.edu.mx](mailto:hescalerar@upbicentenario.edu.mx)

<sup>4</sup> Dr. Javier Cruz Salgado es Profesor Investigador en la Universidad Politécnica del Bicentenario de Silao, Guanajuato. [jcruzs@upbicentenario.edu.mx](mailto:jcruzs@upbicentenario.edu.mx)



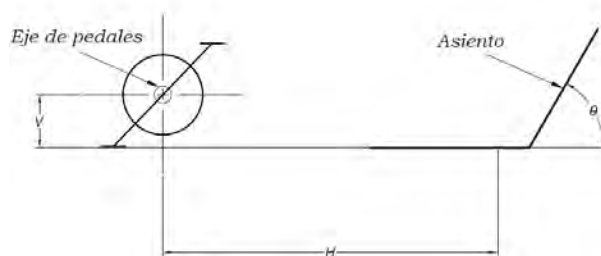


Figura 1. Parámetros de la posición de usuario.

*Estado del arte*

Un vehículo de propulsión humana cuyo rendimiento sea óptimo y sus posturas sean adecuadas, permitirá que se obtenga la mayor eficiencia por parte del usuario, se debe realizar un estudio que permita conocer cuáles son los parámetros adecuados para obtener lo anteriormente mencionado. [6]

Se han realizado varios estudios donde se estiman cuáles son las posturas óptimas para el desarrollo de un buen pedaleo y la obtención de una eficiencia máxima, en el ciclismo, lo cual permite un buen desempeño en competencia. [7, 8,9].

En diferentes diseños de HPV [8,10] se mencionan posturas óptimas del usuario para lograr un pedaleo eficiente, pero no se muestra análisis de algún tipo que sustente dicho diseño. Sin embargo existen pruebas en el ciclismo de alto rendimiento, donde se estudian las posturas para lograr el pedaleo eficiente, las cuales, adaptadas a la situación, pueden ser aplicables para el usuario del HPV.



Figura 2. Diagrama cinemático del pedaleo en el ciclismo. [3]

La postura del usuario en el caso de la bicicleta se define a través de diferentes parámetros relacionados con sus extremidades inferiores, entre estos se encuentran sus dimensiones antropométricas (Nombre de las dimensiones) y los ángulos que varían al momento de pedalear, los cuales son: ángulo de cadera ( $\theta_1$ ), ángulo de rodilla ( $\theta_2$ ) y ángulo de tobillo ( $\theta_3$ ). La Figura 2, muestra un diagrama cinemático en el que se observan dichos ángulos [6].

A pesar que el pedaleo en el caso del HPV es distinto al de un ciclista, un diagrama del mismo tipo y con las mismas variables puede ser propuesto para su análisis.



Figura 3. Usuario Realizando Pruebas.

Existen diversos estudios análisis exactos, realizados características de los mismos, donde por medio del software Kinovea, Figura 3, se valoran y corrige la técnica en la mayor parte del pedaleo en el caso del ciclismo [7]. Además, los ciclistas tienden a realizar el pedaleo en cuatro etapas

que permiten conocer los en el ciclismo y las características de los mismos, donde por medio del software Kinovea, Figura 3, se valoran y corrige la técnica en la mayor parte del pedaleo en el caso del ciclismo [7]. Además, los ciclistas tienden a realizar el pedaleo en cuatro etapas



diferentes, donde podemos observar que existen factores que provocan una mayor o una menor eficiencia, y el principal es la postura de los pies con respecto a los pedales.

Otro análisis se realiza tomando las medidas antropométricas de un grupo de ciclistas y como consecuente se someten a pruebas a todos estos participantes para después explicar las distintas posturas que desarrollaron cada uno de los mismos y definir cuál sería la posición más óptima en el ciclismo y los ángulos adecuados. [7]. Lo mismo sucede en el caso de los Vehículos de Propulsión Humana, ya que debemos de analizar cuál es la postura adecuada para aprovechar la energía mecánica que produce el cuerpo al momento de pedalear.

Javier Yanci (2010), realizó un test ergonómico de la postura del asiento y las variables que se deben de modificar según el tamaño de cada uno de los participantes y la distancia de los pedales con respecto a la posición del usuario, los valores de los ángulos con respecto de sus pies varían según el diseño del HPV de los integrantes de la universidad. [8]

### Metodología

En la Figura 4 se muestra el diagrama de la metodología propuesta para obtener los parámetros que permitan realizar el análisis cinemático del pedaleo en el HPV.

#### Desarrollo de la Metodología

**Muestra:** Selección de usuarios, para el uso del HPV.

**Estudio antropométrico:** Establecer parámetros a evaluar en miembros inferiores.

**Pruebas:** Se realiza prueba de pedaleo en el banco, variando los parámetros definidos en distintos niveles.

**Recopilación de datos:** Se obtienen datos relevantes mediante videos y/o fotografías, que permitan observar las posturas y los ángulos involucrados en los miembros inferiores del usuario durante el pedaleo.

**Síntesis:** Se realiza un estudio de los datos obtenidos por medio un diseño de experimentos, con el cual se obtendrá cual es la postura adecuada para el usuario.

**Comunicación:** Se globan los resultados y se dan a conocer mediante el desarrollo de prototipos y/o HPV.



Figura 4. Diagrama de la metodología.

#### Estudio Antropométrico

Para el diseño de un HPV, se consideran las dimensiones antropométricas de los distintos usuarios que estarán haciendo uso de él y debido a que las dimensiones son diferentes para cada uno, se debe delimitar un intervalo que permita que los distintos participantes hagan uso del dispositivo. Cuadro 1.

Parámetros	Media	Intervalo
EDAD(AÑOS)	19-26	20-45
MASA(KG)	46-72 KG	45-70
ALTURA RODILLA	54.7 CM	44-57
DISTANCIA NALGA-POPLIREO	48.28 CM	49-56
DISTANCIA NALGA-RODILLA	55 CM	54-64
DISTANCIA NALGA-PUNTA DEL PIE	72.8 CM	73-80
DISTANCIA NALGA-PIERNA	92.71 CM	92-106

Cuadro 1. Medidas Antropométricas

Las dimensiones mostradas se utilizaron para el diseño y manufactura de un banco de pruebas; que se estudió y documento en el artículo “Diseño de un Banco de pruebas para Vehículos de Propulsión Humana” perteneciente a la Universidad Politécnica del Bicentenario; que permitirá a cualquiera de los usuarios hacer uso del dispositivo.

Además de que en el mismo se realizaran pruebas que nos darán a conocer los valores adecuados de  $H$ ,  $V$  y  $\theta$  que maximizaran las distancias recorridas por un usuario promedio.

*Pruebas*

Para realizar las pruebas necesarias en el dispositivo, se tomó al usuario que cumpliera con las medidas del promedio y así se generaría un modelo que nos dará como resultado los parámetros ideales para maximizar la velocidad del dispositivo. Y en dichas pruebas el resultado que evaluamos es la distancia máxima que es recorrida por el usuario en el mismo.

*Recopilación de Datos*

Realizando una tabla con particiones se recopilaron los datos de las distancias obtenidas en las 54 valoraciones realizadas en el banco de pruebas, mostradas en el Haciendo uso del Diseño de experimentos, se sometió al usuario promedio a 27 pruebas diferentes con dos repeticiones cada una, variando tres factores en el uso del banco de pruebas (ángulo ( $\theta$ ), altura vertical ( $V$ ) y distancia horizontal ( $H$ ) con respecto al eje de los pedales); en cada una de estas pruebas se estima la distancia que el usuario recorre durante un tiempo de 30 segundos en el dispositivo, **Error! Not a valid bookmark self-reference..**

		Ángulo ( $\theta$ )								
		Bajo(B)			Medio(M)			Alto(A)		
		65			75			90		
(V) DISTANCIA VERTICAL		(H) DISTANCIA HORIZONTAL								
		B	M	A	B	M	A	B	M	A
Bajo	18 CM	20	48	56	26	50	73	69	67	76
		21	50	60	20	46	72	67	69	70
Medio	12 CM	52	38	42	46	65	73	61	62	74
		48	44	65	48	62	76	59	66	69
Alto	6 CM	34	40	40	40	63	77	62	64	66
		31	67	49	45	67	79	64	63	64

Cuadro 2, cuyos datos serán cuantificados y maximizados por medio del Diseño de Experimentos.

*Síntesis*

Haciendo uso del Diseño de experimentos, se sometió al usuario promedio a 27 pruebas diferentes con dos repeticiones cada una, variando tres factores en el uso del banco de pruebas (ángulo ( $\theta$ ), altura vertical ( $V$ ) y distancia horizontal ( $H$ ) con respecto al eje de los pedales); en cada una de estas pruebas se estima la distancia que el usuario recorre durante un tiempo de 30 segundos en el dispositivo, **Error! Not a valid bookmark self-reference..**

		Ángulo ( $\theta$ )								
		Bajo(B)			Medio(M)			Alto(A)		
		65			75			90		
(V) DISTANCIA VERTICAL		(H) DISTANCIA HORIZONTAL								
		B	M	A	B	M	A	B	M	A
Bajo	18 CM	20	48	56	26	50	73	69	67	76
		21	50	60	20	46	72	67	69	70
Medio	12 CM	52	38	42	46	65	73	61	62	74
		48	44	65	48	62	76	59	66	69
Alto	6 CM	34	40	40	40	63	77	62	64	66
		31	67	49	45	67	79	64	63	64

Cuadro 2. Pruebas Realizadas.

Resultados

Como resultado Minitab nos arroja una función de regresión que nos muestra el comportamiento del usuario durante la realización de las pruebas, y un resumen del modelo cuyo porcentaje de acierto es de un 95.66% y un margen de error del 4.58%, que engloba a factores externos que podrían afectar al usuario durante el tiempo en que se realizan pruebas, como podría ser temperatura, ruido, clima, etc.

Dicha expresión nos da los parámetros de respuesta cuyo objetivo principal es maximizar las distancias recorridas por el usuario en el banco de pruebas durante el tiempo dado (30 segundos), y por consecuencia se determinó que la posición ideal para que nuestro usuario recorra una distancia mayor.

En el Cuadro 3, se presentan las dos posibles soluciones que se obtienen al aplicar el diseño de experimentos en conjunto del Software Minitab, además de las gráficas de optimización que nos comprueban que nuestros resultados son los ideales, debido a que por medio del grafico podemos obtener la maximización de los datos obtenidos en pruebas.

Solución	V	H	Angulo	Max
1	75	6	113	78.0
2	75	12	113	74.5

Cuadro 3. Soluciones.

Con los datos obtenidos en gráficas, donde se maximizaron los valores dados por el Diseño de Experimentos se obtiene cual es la posición ideal para que el usuario alcance una mayor distancia en un lapso de 30 segundos, de las dos respuestas que se **describen** en el Software Minitab, se toma en cuenta la primera ya que se obtiene una mayor distancia recorrida y nuestro factor de respuesta, respaldado por un 98% de confiabilidad, nos enfatiza que estos datos son los ideales. Cuadro 4.

Variable	Valor de Configuración
Vertical	6
Horizontal	113
Ángulo	75

Cuadro 4. Resultados Finales

Como resultado obtuvimos una gráfica de optimización que permite maximizar y encontrar el valor más adecuado para la evaluación de un usuario que realiza pruebas y/o hace uso de un vehículo de propulsión humana. Figura 5.

Además de que con estos valores podemos aplicarlos al diseño de un Vehículo de Propulsión Humana que nos permita participar en distintas competencias de nuestra institución académica, y tener un conocimiento más amplio sobre los parámetros más importantes para realizar un HPV.

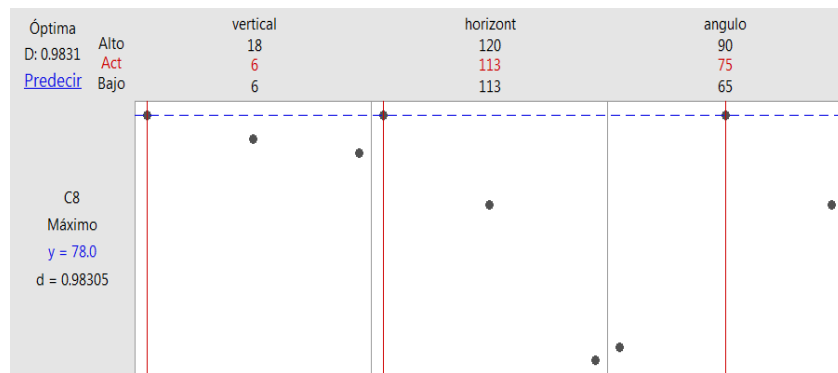


Figura 3. Gráfica de Optimización

Comentarios Finales

Conclusión

El proyecto base de este artículo, cumplió con su objetivo principal que consistía en obtener los parámetros adecuados para encontrar una eficiencia en el pedaleo de un usuario promedio, dentro de una selección de 7 personas, cuyas medidas varían dentro de la institución académica.

Se logró estimar por medio de software, las variables más importantes que influirían en el diseño y desarrollo de un HPV, se comprobó al hacer uso y aplicación de estos en el banco de pruebas. Se concluye que, de los usuarios seleccionados, la posición ideal se encuentra cuando el usuario mantiene una distancia horizontal de 113 cm con respecto al eje de los pedales, una altura de 6 cm desde el soporte del asiento al mismo y un Angulo de 75° en su espalda, con esto el usuario maximiza su velocidad y recorre una mayor distancia en el tiempo dado.

### *Agradecimientos*

Agradecemos a la Universidad Politécnica del Bicentenario por permitirnos hacer uso de sus instalaciones para la manufactura de nuestro banco de pruebas, y para la aplicación de las mismas dentro de la institución académica.

### **Referencias**

[1] Ubl. (17 de Noviembre de 2011). ¿QUÉ ES EL HUMAN POWERED VEHICLE CHALLENGE (HPVC)? 20 de Agosto de 2017, de ITESCO Sitio web: <https://asmeitesco.wordpress.com/2011/11/17/que-es-el-human-powered-vehicle-challenge-hpvc/>

[2] “Vehículo de Tracción Humana”, Daniel Conrado, Moisés Díaz, Maicol Marengo, Elkin Ramírez, Gustavo Movilla, Franklin Consuegra, Paolo Hernández, Karla Sanjuanelo. “Mecánica De Máquinas Y Diseño Mecánico”.2014

[3] “Biomecánica Y Rendimiento Del Pedaleo Sobre Una Bicicleta”, D. Abel Martínez Molina, D. Manuel Ignacio González Hernández. “Escuela De Ingenierías Industriales”.2016

[4] Asme.org. (2013). Engineering Competitions: Human Powered Vehicle (HPVC). [online] Available at: <https://www.asme.org/events/competitions/human-powered-vehicle-challenge-%28hpvc%29> [Accessed 12 Apr. 2017].

[5] “Biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista”, Dr. Juan Manuel Castellote Olivito. Archivos de Medicina del Deporte, Volumen III – N°. 11 - Págs. 233-238

[6] “Progress Report”, Matt Gerlich, Alex Hawley, Phillip Kinsley, Heather Kutz, Kevin Montoya, Erik Nelson. “Mechanical Engineering Design I”.2014

[7] “Análisis cinemático del pedaleo del ciclista mediante un sistema de bajo coste”. Ana Viña García, Juan García López. Trabajo de fin de grado en ciencias de la actividad física y del deporte, 2015.

[8] “Análisis cinemático y diferencias bilaterales en la técnica de pedaleo de ciclistas profesionales”.Dr. Javier Yanci Irigoyen. Universidad del País Vasco, 2015. 2013.

[9] “Engineering Analysis”, Matt Gerlich, Alex Hawley, Phillip Kinsley, Heather Kutz, Kevin Montoya, Erik Nelson. Mechanical Engineering Design I,2010.

[10] “Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo”, Juan García López. “IFacultad de Ciencias de la Actividad Física. Instituto de Biomedicina”,2009.

# Avances y retos en el sistema productivo mezcalero: caso productores y comercializadores de mezcal michoacano

Dra. Virginia Hernández Silva<sup>1</sup>, Dra. Yenisey Castro García<sup>2</sup>

**Resumen—** Michoacán tratando de dar un impulso económico a la industria del agave-mezcal como una actividad estratégica del estado obtuvo la denominación de origen de algunos de sus estados. Este trabajo muestra los resultados de una investigación mixta que pretende identificar la problemática actual así como ha evolucionado la industria del mezcal en el Estado desde su denominación de origen hace ya cinco años. Los resultados permitieron la obtención de información relacionada con la industria; la identificación de las áreas de oportunidad de los agentes de la cadena; y la evaluación del potencial y restricciones de la cadena de suministro del agave-mezcal en el estado de Michoacán.

**Palabras clave—** Mezcal Michoacano, PYMEs, Impacto Económico.

## Introducción

El mezcal es una bebida alcohólica netamente mexicana, la cual es obtenida del agave por procesos artesanales en su mayoría, así como también por procesos tecnificados.

En los últimos años ha aumentado la demanda del mezcal en mercado nacional e internacional, lo que nos haría suponer que esta cadena sería uno de los principales ejes para el desarrollo de Michoacán en especial, en las regiones del mezcal, donde está la mayoría de los productores. Sin embargo a la fecha esta situación no se refleja plenamente en la economía de las Pymes productoras ni en sus localidades.

En la actualidad el mezcal michoacano es calificado como una bebida de la más alta calidad, que goza de una excelente estructura molecular perfecta para el consumo humano y con amplia oportunidad de negocios para los productores ubicados en los 29 municipios autorizados en la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal (La Jornada, 2015).

Debido a que la industria Mezcalera en Michoacán cuenta poca literatura científica al respecto debido a su reciente incorporación a la denominación de origen, uno de los dos objetivos planteados es generar información descriptiva sobre el tema respecto a los procesos productivos y su impacto en la producción. El siguiente objetivo es informar sobre problemática detectada a través de un diagnóstico aplicado a algunos actores de la cadena de agave-mezcal desde de que se le otorgo la denominación de origen, dado que varios agentes clave participan en la cadena productiva del agave-mezcal este trabajo cuenta con dos ejes, el primero consistió en la revisión de material documental y el segundo es el diagnostico

El siguiente trabajo se redacta en cuatro secciones, la primera se observa la introducción del tema , a continuación se abordan los antecedentes así como algunas investigaciones teóricas sobre el mezcal, en la tercera sección se propone la metodológica de análisis así como algunos resultados preliminares, en la cuarta sección se exponen las conclusiones.

<sup>1</sup> La Dra. Virginia Hernández Silva es Profesora Investigadora de Tiempo Completo de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.  
[vhsilva\\_17@hotmail.com](mailto:vhsilva_17@hotmail.com) (auto correspondal)

<sup>2</sup> La Dra. Yenisey Castro García es Profesora Investigadora de Tiempo Completo de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.  
[yeniseycaastro@gmail.com](mailto:yeniseycaastro@gmail.com)

## Antecedentes e Investigaciones Teóricas del mezcal

### Producción del Mezcal en México

Las bebidas fermentadas son casi universales entre las sociedades humanas antiguas, el etanol es el compuesto mayoritario y actúa como analgésico, desinfectante, ayuda a preservar e incrementar el valor nutritivo de los alimentos y además es alterador de la conciencia. Por todas estas razones la fermentación ha jugado un papel clave en el desarrollo cultural y tecnológico de la humanidad. En Mesoamérica, los códices y las fuentes de la época colonial describen una variedad de bebidas fermentadas producidas antes del contacto con los europeos (Pérez, Chávez, & González, 2016).

México cuenta con la denominación de origen (DO) del mezcal, la cual protege la propiedad intelectual, desde 1994, de 570 municipios de Oaxaca, 81 municipios de Guerrero, 39 municipios de Durango, 58 municipios en San Luis Potosí y Zacatecas. Por su parte en 2001, Guanajuato se agrega con 2 municipios, en 2003 Tamaulipas con 11 municipios, para 2012, 29 municipios de Michoacán y el estado más recientemente incorporado al plano nacional de productores exclusivos de mezcal es Puebla con 115 municipios a finales del año 2015 (CRM, 2017).

La Norma Oficial Mexicana que establece las características y especificaciones que debe cumplir el Mezcal para su producción, envasado y comercialización, así como su comercialización en territorio nacional y producto de exportación es la NOM-070-SCFI-2016 (DOF, 2017).

### El Mezcal y su comercialización

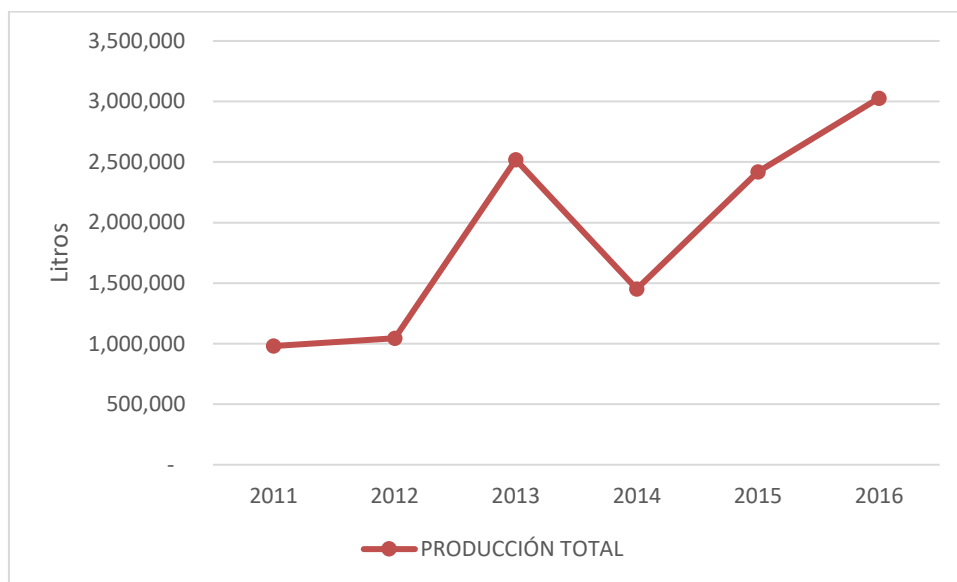
De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (1994) Mezcal es “*La Bebida alcohólica regional obtenida por destilación y rectificación [...]El mezcal es un líquido de olor y sabor suigeneris de acuerdo a su tipo. Es incoloro o ligeramente amarillento cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de roble blanco o encino, o cuando se aboque sin reposarlo o añejarlo*” (SECOFI, 1994). Es preciso resaltar que para la elaboración del mezcal, existen diferentes métodos, formas o modos, lo que les permite a los productores, principalmente artesanales-tradicionales cuyo conocimiento ha sido transmitido de generación a generación. De acuerdo con lo anterior, al Mezcal, se le considera una bebida artesanal, ritual y tradicional, hasta el momento, que ha identificado a nivel nacional e internacional (Berumen, 2009).

El mezcal es una bebida muy similar al tequila, de hecho se considera que el tequila es una variedad del mezcal, pero ningún mezcal puede ser un tequila, ya que éste último sólo se elabora de una única especie de agave y recibe exclusivamente este nombre, mientras que el mezcal puede ser elaborado con cualquier tipo de agave siempre y cuando no se encuentre dentro de la denominación de origen para otra bebida (Pérez, Chávez, & González, 2016).

A partir de la denominación de origen la producción y exportación de este bien se ha visto exponencialmente incrementada. Se observa que una tercera parte de la producción se destina al mercado externo, las exportaciones se dirigen a más de 30 economías pero Estados Unidos concentra más del 60% (Iglesias, 2014). La venta del mezcal tanto nacional como internacional ha ido en aumento a excepción del año 2009 que se vio afectado por la caída económica mundial en 2008.



Figura. 1. *Producción total anual de Mezcal en México*



Fuente: CRM,2017 . Informe anual

En la figura 1 se aprecia el repunte de la producción total anual del mezcal, cabe mencionar que de esta producción, para el 2016, Oaxaca participa con un 83.5% encabezando la lista, a continuación sigue Zacatecas con un 9.3% y Guerrero con un 3.5% siendo los tres principales productores de los nueve que cuentan con la DO. Michoacán se encuentra en quinto lugar, después de Durango, con un .8% observándose un alza en la producción con respecto a los años 2014 y 2015 en donde solo participó con un .5% y .2% respectivamente.

### **Propuesta proceso de análisis y resultados preliminares**

Nuestro trabajo de investigación es de carácter exploratorio, no experimental, de tipo cualitativo. La propuesta de investigación analiza dos acciones, el avance que ha tenido la producción de mezcal en el estado de Michoacán así como la problemática de cierto grupo de integrantes de la cadena de agave mezcal desde su perspectiva económica para el estado, la parte social-productiva, así como al sector institucional – Gobierno del estado.

La metodología de análisis se basa en dos partes como se describen con más detalle a continuación:

- A) En la primera acción, pretende mostrar lo detectado con el sector del mezcal michoacano a través de fuentes primarias y secundarias en la entidad, dentro de las fuentes primarias se realizaron entrevista con el sector mezcalero, esto incluyo reuniones con asociaciones mezcateras, productores independientes, y autoridades gubernamentales con la finalidad de establecer el panorama general de las variables sujetas de estudio, así como se analizo información documental relativa al progreso de la producción y comercialización del mismo
- B) En la acción 2, y punto en el cual se encuentra la investigación, creamos una herramienta de cuestionario que cumple con los dos requisitos fundamentales que son validez “al tratar de captar de manera significativa y en un grado suficiente y satisfactorio aquello que es objeto de investigación” y fiabilidad “dada por la capacidad de obtener iguales y similares resultados aplicando las misma preguntas acerca d de los mismo hechos o fenómenos (Ander, 1994)

#### Análisis y resultados preliminares, fase uno.

De los datos duros, hasta este punto de la investigación observamos lo siguiente:

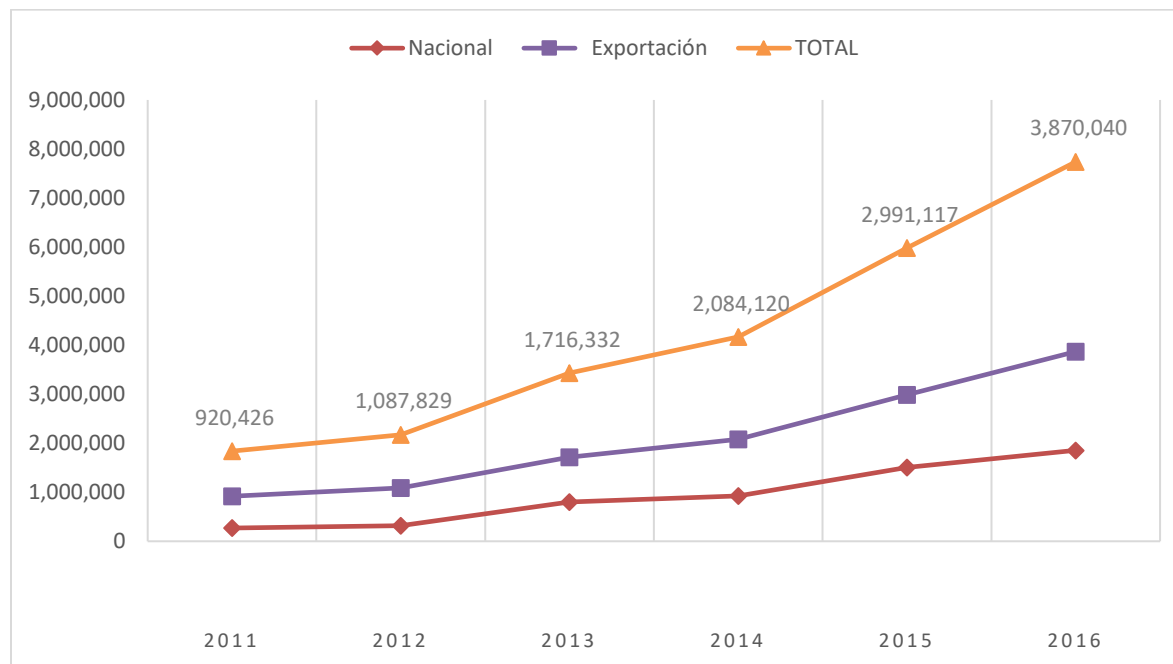
Eje social-productiva: Se observa que la mayor parte del envasado del mezcal se utiliza para su exportación y

menos de la mitad se queda para el consumo nacional como se aprecia en la figura 2.

En Michoacán , a pesar que de la baja en la producción en 2015, el estado cuadruplico su producción para el 2016 y con respecto del año 2014 casi la duplica.

También el Consejo regulador del Mezcal informa que el estado mostró un incremento en los predios que destina para el cultivo del maguey por lo que se esperara un repunte en la producción en años futuros.

Figura 2. Litros de Mezcal envasados por año de los estados que cuentan con DO



Fuente: Informe anual de CRM 2017

Adicionalmente a estos resultados se observa que en este eje los micro empresarios se han topado con la siguientes situaciones:

Las investigaciones preliminares muestran que los productores de mezcal de pequeñas comunidades no cuentan en ocasiones con fábrica propia si no que le piden prestada a alguien más debido a la cuestión económica, lo que afecta al desempeño de la eficiencia y productividad.

En la segunda acción se aplicó la herramienta piloto diagnostico que maneja dos ejes: el interno que muestra los factores internos (controlables por la organización) y los factores internos (no controlables por la organización) tipo PYME y observando los siguiente:

Eje interno: Se analizaron factores como lo es el manejo de personal, el recurso financiero, problemas con los métodos de trabajo, así como con la maquinaria utilizada, el manejo de los recursos materiales y la gestión administrativa.

Se observa que en el sector productor necesita capacitación en los procesos productivos, principalmente el personal que ayuda al maestro mezcalero así como que más personas conozcan el proceso principal, con la finalidad

de apoyar en esta labor y no depender tanto de una persona. Por otro lado los comercializadores también identifican a la capacitación en sus problemáticas primordiales pero ellos aplicándola en sus actividades diarias.

Otro factor importante es la gestión administrativa, en especial enfocada a la problemática con el control de ingresos y egresos, así como la determinación de misión, visión y objetivos de la organización, en ambos sectores.

Eje externo: Se contemplaron factores como lo es la competencia, la gestión administrativa gubernamental, inseguridad, transporte, demanda por mencionar algunos. Sin embargo la principal problemática se observó en la competencia con elementos tales como que la competencia exporta y ese productor /comercializador no, así como la carga en los tramites que se tienen que realizar así como lo es el costo de varios trámites como lo es el del proceso de certificación.

### Conclusiones

Aunque el crecimiento de la producción y sus utilidades de la industria del mezcal han sido determinados por el decreto de denominación de origen desde el impulso del mezcal certificado en 1994, los impactos de ésta política estratégica y competencia de estado, han derivado en distorsiones del sector industrial mezcalero, pues en medianos plazos se han concentrado la producción en ciertos territorios, específicamente oaxaqueños y determinados por un pequeño grupo de productores.

Se observa que derivado del diagnóstico piloto aplicado, es probable que los factores internos como la maquinaria y equipos obsoletos, los escasos de los recursos materiales, el desconocimiento sobre el manejo de persona y la falta de conocimiento en la administración de la organización estuvieron afectando la producción durante 2015.

Para que esta estrategia funcione como estaba prevista aún falta articular varios aspectos sectoriales.

Este trabajo genera nuevas líneas de investigación para continuar revisando costos y procesos (según DO) para conocer el estado de la productividad de los mezcaleros de Michoacán y verificar que toda la tramitología y costos sean al final un beneficio y no un detrimento en la comercialización.

### Bibliografía

- Ander, E. E. (1994). Técnicas de Investigación Social. México: Humanistas.
- Bailón C, M. J. (1980). Artesanías y capital comercial en los Valles Centrales de Oaxaca. En Compilador de Sociedad y Política de Oaxaca 15 estudios de casos (págs. 83-109). Oaxaca: Universidad Benito Juarez.
- Berumen, M. E. (2009). Oaxaca: La Actividad Productiva Maguey-Mezcal. Oaxaca: Eumed.net.
- Caballero, C. M., Montes, B. J., & Silva, R. M. (2013). Innovación de un molino de agave cocido, para la producción de mezcal. Ciencias Técnicas Agropecuarias, 45-49.
- CRM. (20015). Informe 2015. Oaxaca: Consejo Regulador del Mezcal.
- CRM. (2017). Informe Anual. Oaxaca: Consejo Regulador del Mezcal.
- Curriel, A., Ruíz, M., Delfin, G., & Cruz, C. (2015). ¿UN CLUSTER EN OAXACA, MÉXICO? Cathedra et Scientia, 149-182.
- De la Paz Hernández G, J., & Domínguez H., M. L. (2003). Estrategias de mercadotecnia y los negocios de mezcal. Convergencia, 187-203.
- DOF. (23 de Febrero de 2017). Diario Oficial de la Federación. NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones.
- Financiera Rural. (26 de 03 de 2013). Obtenido de <http://consulmex.sre.gob.mx/montreal/images/Consulado/MasReciente/nota%20informativa%20mezcal.pdf>
- García, S. A., & Macías, R. F. (2007). Producción de maguey y mezcal: estrategias de desarrollo rural en Teúl de González Ortega, Zacatecas. Geografía Agrícola 45.

- Hernandez L, E. (1993). Evolución de la PTF en la Economía Mexicana. Mexico: Secretaria del trabajo y previsión social.
- Iglesias, S. (2014). Crecimiento de la Industria Mezcalera. El Financiero.
- Jong, F., & Lopez, A. (20 de Septiembre de 2011). CNN Expansion. Obtenido de <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2011/09/14/el-laberinto-del-mezcal>
- Jornada, L. (07 de Julio de 2015). Gabino Cué impulsará plan para impulsar la industria del mezcal. La Jornada, pág. 30.
- La Jornada. (02 de Julio de 2015). La Jornada Michoacan. Obtenido de el mezcal michoacano es calificado como una bebida de la más alta calidad, que goza de una excelente estructura molecular perfecta para el consumo humano y con amplia oportunidad de negocios para los productores ubicados en los 29 municipios autorizados e
- López, N. G., Martínez, F. J., Cavazos, A. J., & Mayett, M. Y. (2014). La cadena de suministro del mezcal del estado de Zacatecas, Situación actual y perspectivas de desarrollo. Contaduría y Administración, 227-252.
- Martínez G., A. (2008). Tequila, Mezcal y Cerveza: de México para el Mundo. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 143-150.
- Mercado Ramirez, E. (1997). Productividad Base de la Competitividad. México: Limusa.
- Pedraza R., O. H. (2006). La productividad de la Industria Láctea en el Estado de Michoacán. Morelia.
- Pérez, H. E., Chávez, P. M., & González, H. J. (2016). Revisión del Agave y Mezcal. Revista Colombiana de Biotecnología, 148-164.
- Rosiles, L. F. (21 de Noviembre de 2012). Agencia Quadratin. Obtenido de <http://www.quadratin.com.mx/politica/Adquiere-mezcal-michoacano-denominacion-de-origen/>
- SECOFI, S. d. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. México: Diario oficial de la Federación.
- Sumanth, D. (2005). Administración para la productividad total: Un enfoque sistémico y cuantitativo para competir en calidad precio y tiempo. Mexico: CECSA.

# Comparativo de estilos de aprendizaje de Ingeniería Electrónica - Licenciatura en Administración, semestre Enero-Junio 2016 en el ITCH

MCE Silvia Genoveva Hernández Valerio<sup>1</sup>, Ing. Martha Verónica Rivera Reyes<sup>2</sup>,  
MC Jesús Eustacio Granado Ochoa<sup>3</sup>, MC César Javier Monárrez Aguirre<sup>4</sup> y MCA Luz Elena Gutiérrez Villalobos<sup>5</sup>

**Resumen**— El objetivo es conocer el estilo de aprendizaje de los estudiantes de Licenciatura de las áreas de Electrónica y Administración, que permita a los docentes del Instituto Tecnológico de Chihuahua diseñar y aplicar estrategias didácticas de acuerdo a su modo de aprendizaje de los estudiantes, con el propósito de fortalecer las competencias de los alumnos, y permitir que se alcance el desarrollo académico y profesional. La investigación es de tipo experimental, cuantitativo, descriptivo, transversal y probabilístico. El análisis estadístico está fundamentado en encuestas tomadas a las dos áreas de estudio, desarrollando tablas y gráficos que lleven a la determinación del estilo de aprendizaje dominante de estos dos grupos. Estos resultados muestran y concluyen una categoría predominante kinestésica para ambas carreras, asimismo se diseña un Modelo de Estilo de Aprendizaje para Estudiantes de las Carreras de Administración y Electrónica, que dan respuesta a los lineamientos del TecNM con enfoque en competencias.

**Palabras clave**— estrategias didácticas, estilos de aprendizaje, competencias, desarrollo profesional

## Introducción

En México, el Sistema Nacional de los Institutos Tecnológicos (SNIT) empieza a trabajar en 2010, en sus programas de estudio con el Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias; el cual responde a las necesidades de la dinámica mundial, el aprendizaje es la principal herramienta que permite adquirir el conocimiento para desarrollar la parte intelectual. De tal manera, el aprendizaje es un elemento constitutivo y analizable del plano psicopedagógico, a través de los estilos de aprendizaje se refleja la forma de adquirir los conocimientos. Por lo tanto, los estudiantes poseen su estilo propio de aprender, el cual se debe tomar en cuenta en el quehacer docente, para que sea significativo y trascienda a la sociedad.

Por lo cual, los estilos de aprendizaje dan referencia de la recepción de la información para el individuo, se describen diferentes tipos de aprendizaje los cuales son El Modelo KOLB; El Modelo de Programación Neurolingüística; Inteligencias Múltiples; Cuadrantes Cerebrales; El Modelo Felder y Silverman; y El Modelo de Hemisferios Cerebrales, la investigación se basa en el Modelo VARK, sin embargo, las preguntas del cuestionario fueron diseñadas para esta investigación. Es un sistema de representación a través de sus cuatro modalidades que es la visual, auditiva, lectura/escritura y kinestésica. De acuerdo (INEA, 2010) el visual es una persona que aprende con eficacia y rapidez al observar la información, para asimilar y organizar el conocimiento adquirido, toman en cuenta las experiencias y observaciones desde diferentes perspectivas y les resulta fácil aprender por medio de dibujos, mapas mentales, películas, esquemas, diagramas y videos; el auditivo es persona que gusta escuchar e imaginar lo que escucha, aprende en conferencias y clases tradicionales, percibe la información en forma abstracta, forma teorías y conceptos integrados, disfruta aprender a través del pensamiento y las ideas, valoran el pensamiento en secuencia, las escuelas son hechas para ellos y su interés está enfocado en las mismas, así el estudiante aprende con las discusiones en clase y audiolibros; el kinestésico es una persona dinámica, necesita comprobar en la práctica la teoría por lo tanto aprenden mediante la experimentación y tienden hacer personas responsables e independientes no temen a nuevas experiencias, reciben información de forma abstracta y son pragmáticas, van a la solución del problema en poco tiempo, tienen una tolerancia limitada en ideas poco claras valoran el pensamiento estratégico y necesitan saber cómo funcionan las cosas haciéndolos habilidosos, disfrutan aprendiendo haciendo por ejemplo armar piezas sueltas, realizar prácticas, diseño de prototipos, dramatización, dinámicas grupales, resolver problemas en el pizarrón y manipulación de objetos para explicar fenómenos. Según (Lozano, 2000), las personas que se ubican en lectura/escritura, aprenden mediante la recepción de información de palabras, asimismo la comunicación puede ser

<sup>1</sup> La MCE Silvia Genoveva Hernández Valerio es Profesor de Economía en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [shernand@itch.edu.mx](mailto:shernand@itch.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La Ing. Martha Verónica Rivera Reyes es Profesora de Electrónica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [mvriviera@itch.edu.mx](mailto:mvriviera@itch.edu.mx)

<sup>3</sup> El MC Jesús Eustacio Granados Ochoa es Profesor de Electrónica en el Tecnológico de Chihuahua, México [jgranad@itch.edu.mx](mailto:jgranad@itch.edu.mx)

<sup>4</sup> El MC César Javier Monárrez Aguirre es Profesor de Electrónica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [emonarre@itch.edu.mx](mailto:emonarre@itch.edu.mx)

<sup>5</sup> La MCA Luz Elena Gutiérrez Villalobos es Profesora de Administración en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [lgutierr@itch.edu.mx](mailto:lgutierr@itch.edu.mx)

escrita por libros o medios electrónicos, también se aprende por la elaboración de resúmenes, reseñas y síntesis de textos.

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) establece el perfil que debe tener el egresado, por lo tanto, se logrará a través de que los estudiantes alcancen las competencias genéricas y específicas, están en las carreras de Ing. Electrónica y Lic. en Administración, que se imparten en el Instituto Tecnológico de Chihuahua(ITCH.).

Según (Planes de Estudio IELC-2010-211 y LADM-2010-234), los Ingenieros en Electrónica, diseñan, analizan, crean, innovan, transfieren, construyen equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en su entorno. Además, dirigen y participan en equipos de trabajo interdisciplinario y multidisciplinario para el desarrollo de proyectos afines a su perfil en contextos nacionales e internacionales. Promueven y participan en programas de mejora continua, aplicando normas de calidad para lograr mayor eficiencia en los procesos del ámbito profesional. Planeando, organizando, dirigiendo y controlando actividades de instalación, actualización, operación y mantenimiento de equipos y/o sistemas electrónicos para la optimización de procesos. Colaboran en proyectos de investigación para el desarrollo tecnológico. Seleccionan y operan equipo de medición y prueba para diagnóstico y análisis de parámetros eléctricos. Optimizan procesos, mediante la automatización, instrumentación y control. Aplican las Tecnologías de la Información y la Comunicación para la gestión de información. Desarrollan aplicaciones en lenguajes de programación de alto nivel, diseñan e implementan interfaces gráficas de usuario. Obtienen y simulan modelos para predecir el comportamiento de sistemas electrónicos. Capacitan recursos humanos en las diversas áreas de aplicación. Asimismo, la capacidad de expresar sus ideas en forma oral y escrita en el ámbito profesional para comunicarse efectivamente en español y en un idioma extranjero; también asume actitudes emprendedoras, de liderazgo y desarrolla habilidades para la toma de decisiones en su ámbito profesional. Siempre de manera responsable, ética y dentro del marco legal en su vida profesional en beneficio de la sociedad, aplicando normas, técnicas, estándares y bajo el enfoque sustentable del entorno.

Los Licenciados en Administración, integran, adaptan, desarrollan habilidades, crean, dirigen, diseñan, interpretan información financiera y económica para la toma de decisiones, administran en temas de los procesos gerenciales, de administración, innovación y estrategias para alcanzar la productiva y competitividad de las organizaciones. Por otro lado, contribuyen a la transformación económica y social identificando las oportunidades de negocios; interpretan y aplican el marco legal vigente nacional e internacional; desarrollan el capital humano mediante diferentes técnicas; administran sistemas de gestión de calidad a la mejora continua con la finalidad de la eficacia y eficiencia de la organización; aplican las tecnologías de la información y comunicación en el diseño de estrategias que optimicen el trabajo y desarrollo de las organizaciones. Igualmente, diseñan estrategias de mercadotecnia fundamentadas en el análisis de la información interna y del entorno global para asegurar el éxito de la comercialización de bienes y servicios de las organizaciones. Además, se basan en la ética y la responsabilidad social, asimismo desarrollan proyectos sustentables aplicando métodos de investigación de vanguardia, con un enfoque estratégico, multicultural y humanista.

Asimismo, para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje y evitar un fracaso escolar, se deben de contemplar variables sociales y educativas de origen incierto como la creciente apatía de los jóvenes, su desaliento, la falta de lectura y de actitud crítica, excesiva dependencia del estudiante respecto al maestro y carencias de estrategias de aprendizaje, esta última tiende a generar deficiencias en su operación cognitiva como es el analizar, sintetizar, organizar e investigar información.

De tal manera; el Modelo por Competencias busca una combinación dinámica de conocimientos, habilidades, capacidades y valores que hoy en día requiere la educación integral a nivel superior, para el lograr el desarrollo de competencias.

### **Descripción del Método**

La metodología empleada corresponde a un diseño experimental, descriptivo, transversal, probabilístico y cuantitativo. Se obtuvo de un nivel de confianza del 95%, con un error estimado del 5% con una  $p = 50\%$  y  $q = 50\%$ . El tamaño del universo para la carrera de Electrónica fue de 474 estudiantes generando una muestra de 65 estudiantes y para la carrera de Administración el tamaño del universo fue de 766 estudiantes con una muestra de 68 estudiantes. El trabajo se fundamenta en el estilo de aprendizaje del Modelo VARK por lo cual se diseñó y aplicó un cuestionario con 10 preguntas que cada una de ellas contempla el factor auditivo, visual, de lectura- escritura y kinestésico. Para la parte estadística se realizó un análisis descriptivo en tablas Excel determinando el estilo de aprendizaje de acuerdo al estudiante. El estudio se realizó en el semestre enero-junio 2016.

### **Resultados**

Para conducir al estudiante en el camino del conocimiento es importante determinar los estilos de aprendizaje, los cuales permiten establecer las estrategias didácticas que facilitan el rendimiento escolar. Para esto, los resultados



obtenidos se basan en datos estadísticos que muestran la tendencia de cada uno de los factores visual, auditivo, lectura-escritura y kinestésico, indicando la tendencia de cada una de las áreas de estudio Administración y Electrónica. Se logró la información a través de la aplicación de encuestas a los estudiantes de dichas áreas, donde en el momento de procesar los datos se determinó su influencia sobre el mayor factor, esto es con el análisis de las respuestas se observó el de mayor aportación.

En la tabla 1 muestra la modalidad del estilo de aprendizaje más significativo que es Kinestésico, para la carrera de electrónica en la categoría del Modelo VARK, por lo tanto, los docentes deben enfocar sus esfuerzos a establecer actividades orientadas a la parte kinestésica como son estudio de casos, el desarrollo de proyectos electrónicos entre otros. También, en el gráfico 1, se observa la menor categoría de los estilos de aprendizaje, como es lectura-escritura, verificando que las categorías visuales, auditivo y lectura-escritura tienden a ser menos significativas.

En la tabla 2 presenta al igual que la tabla 1 el estilo de aprendizaje más significativo, pero en este caso de la tabla 2, se tienen dos estilos los cuales son Kinestésicos y Auditivos, por lo cual, los docentes de la carrera de Administración deben de orientar el enfoque en las estrategias didácticas que contemplen actividades como lluvia de ideas, línea de tiempo, mapas mentales entre otras. De tal manera el gráfico 2, detalla la menor categoría de los estilos de aprendizaje, como es lectura-escritura y se tiene la categoría intermedia que es visual.

Categorías de VARK			
VISUALES+	AUDITVO+	LECT/ESC+	KINESTESICO+
17	25	14	40

Tabla 1. Estilo de Aprendizaje más Predominante de la Carrera de Electrónica



Gráfico 1. Estilo de aprendizaje predominante de la carrera de Electrónica

Fuente propia

Nota: Datos ponderados por Excel en la gráfica.

Categorías de VARK			
Visual+	Auditivo+	L/E+	Kinestésico +
19	30	13	31

Tabla 2. Estilo de Aprendizaje más Predominante de la Carrera de Administración

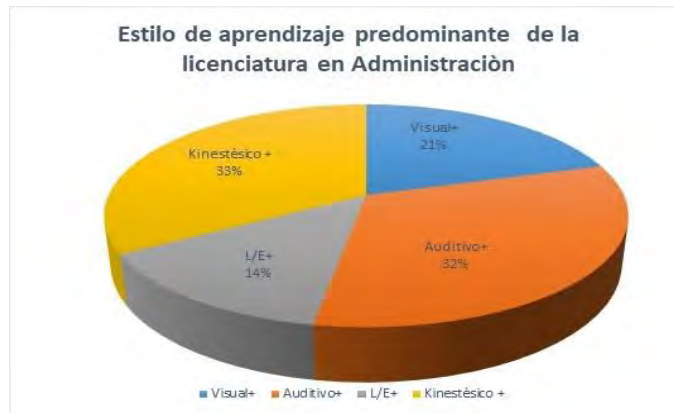


Gráfico 2. Estilo de aprendizaje predominante de la licenciatura en Administración  
Fuente propia  
Nota: Datos ponderados por Excel en la gráfica.

En función de los resultados mostrados en tablas y gráficos anteriores se diseñó y desarrollo el siguiente Modelo.

La figura 1 presenta: El **Modelo de Estilos de Aprendizaje para estudiantes de las carreras de Administración y Electrónica** es un sistema de variables el cual contiene tres dimensiones que se relacionan, en la primera dimensión muestra los lineamientos del TecNM que engloba los postulados de una educación integral que en el entorno social e industrial sigue las tendencias mundiales que cambian y puntualizan los contextos ambientales, científico y tecnológico, desde el enfoque por competencia a su vez en la dimensión dos, presenta los estilos de aprendizaje según el Modelo de VARK porque se requiere conocer cómo aprenden los estudiantes (esta parte es medular para el estudio), y en la dimensión tres se señalan las estrategias didácticas las cuales son herramientas para el aprendizaje, estas últimas cubren los requisitos que busca el TecNM.

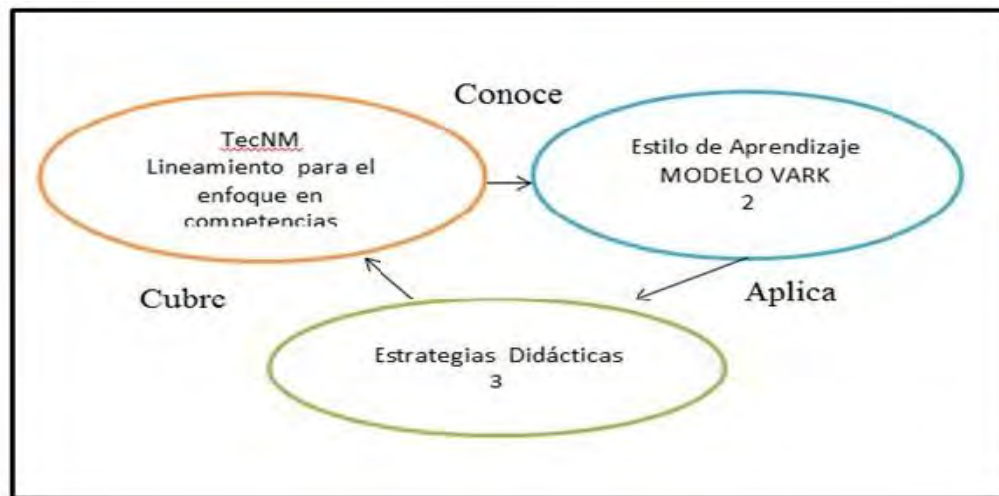


Figura 1. Modelo de Estilos de Aprendizaje

Fuente propia

### Conclusiones

Se puede concluir que los estudiantes de la carrera de Electrónica y Administración su estilo de aprendizaje es predominantemente kinestésico, detectándose en los estudiantes de Administración otra categoría que es la auditiva. Las estrategias didácticas que apliquen los docentes de Electrónica y Administración deben de responder a la categoría kinestésica. De esta manera se fortalecen, las operaciones cognitivas de analizar, sintetizar, organizar e investigar la información. Por lo tanto, con esto, se persigue que se alcance una educación de calidad, que impulse la

formación profesional con alto grado de competitividad global, a través de su formación y desarrollo de competencias, así se responde a los lineamientos del TecNM.

### Referencias

DGEST. (diciembre de 2012). MODELO EDUCATIVO PARA EL SIGLO XXI-FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES. México, D.F. , México: SNIT.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA EDUCACIÓN DE LOS ADULTOS (INEA) 2010

Lozano. A. Estilos de Aprendizaje y Estrategias Didácticas para el Desarrollo de Competencias. TEC Virtual del Sistema Tecnológico de Monterrey. México. 2000.

MANUAL DE ESTILOS DE APRENDIZAJE, Material Autoinstruccional para Docentes y Orientadores Educativos, Programa Nacional de Educación 2001-2006, Gobierno de la República. 2004.

Planes de Estudio del Tecnológico Nacional de México; Secretaría Académica, de Investigación e Innovación; Dirección de Docencia e Innovación Educativa, 2010.

### Notas Bibliográficas

La **M.C.E Silvia Genoveva Hernández Valerio** es profesora de Economía del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Comercio Exterior en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Chihuahua, México. Ha presentado 5 artículos en congresos nacionales.

La **Ing. Martha Verónica Rivera Reyes** es profesora de Electrónica del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Especialidad en Bioingeniería del Politécnico de Valencia, España. Ha presentado 2 artículos en congresos nacionales.

El **M.C. Jesús Eustacio Granados Ochoa** es profesor de Física del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Física del Instituto Politécnico Nacional, México. Ha presentado 2 artículos en congresos nacionales.

El **M.C. César Javier Monárrez Aguirre** es profesor de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en el Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, México. Ha presentado 2 artículos en congresos nacionales.

# DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LAS BARRERAS FÍSICAS PARA LA DISCAPACIDAD EN EL CHIHUAHUA

MCE Silvia Genoveva Hernández Valerio<sup>1</sup>, MC Rosalía Patricia Bejarano Meléndez<sup>2</sup>,  
MDE Iván René Domínguez Espinoza<sup>3</sup>, MTF Josefina Hernández Bernadett<sup>4</sup>

**Resumen**—El objetivo del estudio es identificar la existencia de barreras físicas para la movilidad y accesibilidad de estudiantes con discapacidad, así como el conocimiento que la institución tiene de las mismas, con el propósito de crear condiciones para una mejor estancia en la institución. El estudio es descriptivo; cuantitativo y cualitativo; no experimental; y transversal. El procedimiento estadístico se fundamentó en una base de datos generando tablas y gráficos. Los resultados muestran información sobre el número de cajones para vehículos de personas con discapacidad e instalaciones inadecuadas en baños, las características de las rampas no cumplen con la norma internacional, no existe señalización, la superficie de pisos es irregular y algunos barandales presentan condiciones de riesgo. Se concluye que existen barreras arquitectónicas que perjudican a los alumnos con alguna discapacidad. Es indispensable la elaboración de un proyecto integral de diagnóstico-atención a las barreras a la discapacidad.

**Palabras clave**— Discapacidad, Barreras físicas, movilidad, programas discapacidad

## Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo identificar y caracterizar las barreras físicas a las que se enfrentan las y los estudiantes con discapacidad en el Instituto Tecnológico de Chihuahua. El Instituto Tecnológico de Chihuahua es una institución del Tecnológico Nacional de México, ubicado en la Ciudad de Chihuahua que cuenta con una historia de 69 años de antigüedad. Oferta 8 carreras, 7 Ingenierías y una Licenciatura. Los integrantes de investigación consideran la pluralidad y la multiculturalidad como signos esenciales de la sociedad.

Existen varias barreras que impiden el desarrollo armónico de alumnos con alguna discapacidad (visual, auditiva, motriz, etc.), principalmente son de infraestructura. La presente investigación está dirigida a presentar la situación actual con base a una muestra significativa de los espacios y sus barreras a la discapacidad, y caracterización de la población con discapacidad y tiene como propósito mostrar algunas áreas de oportunidad para atender las limitaciones físicas a las que se enfrentan los usuarios a fin de coadyudar al diagnóstico para el cumplimiento de la normativa internacional.

**Pregunta de Investigación:** ¿Existen barreras físicas para la movilidad y el aprendizaje de estudiantes con discapacidad? ¿Existe conocimiento de la situación de las barreras por parte de la institución y estudiantes con discapacidad?

**Hipótesis:** Es viable la implementación de un programa acorde a la normativa internacional y nacional abocado a la disminución de barreras físicas a corto plazo en el ITChihuahua.

México fue uno de los principales promotores del documento de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad con Sede de las Naciones Unidas, firmada por más de 70 países en Nueva York, a partir del 30 de marzo de 2007.

El Artículo 5 de la mencionada convención, habla de igualdad y no discriminación. El Artículo 9 sobre accesibilidad. 1) A fin de que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida, los Estados Partes adoptarán medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones. México cuenta con un Marco Normativo nacional en materia de discapacidad a partir de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Artículo 3º. Diario Oficial de la Federación

<sup>1</sup> La MCE Silvia Genoveva Hernández Valerio es Profesora de Economía en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [shernand@itch.edu.mx](mailto:shernand@itch.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La Rosalía Patricia Bejarano Meléndez es Profesora de Contabilidad en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [patybejarano@hotmail.com](mailto:patybejarano@hotmail.com)

<sup>3</sup> El MC MDE Iván René Domínguez Espinoza es Profesor de Ing. de Costos en el Tecnológico de Chihuahua, México [ivanrene16@hotmail.com](mailto:ivanrene16@hotmail.com)

<sup>4</sup> La MTF Josefina Hernández Bernadett es Profesora de Investigación y Ética en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, México [pina\\_hernandez@yahoo.com](mailto:pina_hernandez@yahoo.com)

05-02-1917 y sus reformas aplicadas. Dentro del marco se encuentra también la Ley General de las Personas con Discapacidad.

Última reforma publicada DOF 01-08-2008 que menciona en su artículo 5º que los principios que deberán observar las políticas públicas en la materia. En el Artículo 10º que habla de que “la educación que imparta y regule el Estado deberá contribuir a su desarrollo integral para potenciar y ejercer plenamente sus capacidades, habilidades y aptitudes. Para tales efectos las autoridades competentes establecerán entre otras acciones ciertas acciones como elaborar y fortalecer los programas de educación especial e integración educativa para las personas con discapacidad, garantizar la incorporación y oportuna canalización de las personas con discapacidad en todos los niveles del Sistema Educativo Nacional; así como verificar el cumplimiento de las normas para su integración educativa.

Más adelante, el Artículo 13º menciona que “las personas con discapacidad tienen derecho al libre desplazamiento en condiciones dignas y seguras en espacios públicos. Los edificios públicos que sean construidos a partir del inicio de la vigencia de esta Ley, según el uso al que serán destinados, se adecuarán a las Normas Oficiales que expidan las autoridades competentes, para el aseguramiento de la accesibilidad a los mismos”.

Existen otras normas relacionadas como la Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, el Reglamento de la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, la Norma Oficial Mexicana NOM-034-STPS-2016, Norma Oficial Mexicana NOM-034-STPS-2016, Norma Oficial Mexicana NOM-008-SEGOB-2015, Norma Mexicana NMX-R-025-SCFI.2015 Norma Mexicana NMX-R-050-SCFI-2006. También se cuenta con el Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad y el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Educación, en materia de Educación Inclusiva.

En lo que respecta al Tecnológico Nacional de México se establece que el aspirante que presente algún tipo de discapacidad y tenga interés en cursar un programa educativo deberá atender el proceso de selección señalado por el Departamento de Desarrollo Académico. El Instituto Tecnológico de Chihuahua menciona en su misión “Somos una Institución de Educación Superior Científica y Tecnológica de clase mundial al servicio de la sociedad, incluyente, innovadora y sustentable, comprometida con la formación integral. (Manual para la Gestión de la Calidad en el Proceso Educativo Agosto 2017).

Se señalan las barreras arquitectónicas, así como el efecto que tienen en los estudiantes con discapacidad en educación superior.

Según Zubillaga (2006 a) menciona la gran parte de las características inherentes a la formación basada en Internet responde a las demandas formativas de las personas con discapacidad y elimina muchas barreras establecidas en los contextos educativos presenciales. De tal manera, la nueva tecnología es una herramienta que debe responder a los requerimientos de los estudiantes con discapacidad, sin embargo, es importante no dejar a un lado la convivencia de la comunidad tecnológica, aún que se encuentren barreras arquitectónicas, ellas con el tiempo se van a subsanar. También Zubillaga (2006 b) señala las barreras existentes responden a dos ámbitos: el pedagógico y el técnico. Por lo cual, cuestiona, ¿cómo lograr que la enseñanza virtual sea realmente una opción formativa de calidad para las personas con discapacidad?, ¿qué elementos de accesibilidad deben estar presentes para garantizar el acceso de estudiantes con discapacidad a estas opciones formativas? Si bien, la tendencia que hoy se basa en la utilización de la tecnología, se espera que también sea accesible para los estudiantes con discapacidad.

Iglesias, Martínez y Moreno (2006, p. 390) plantean: La comunidad universitaria debería cubrir varios frentes, así como articular la forma de conseguirlos. Por ejemplo, ofrecer una enseñanza de calidad y con igualdad de oportunidades con respecto en edificios, instalaciones, [...] etc. accesibles a todos los alumnos; se deberían incluir estudios de accesibilidad e investigar más sobre ello. Se considera como eje principal la educación con calidad que considera una infraestructura sin barreras y brinda accesibilidad y movilidad para todos los estudiantes.

Nieves y Bach (2006 a) comentan: “La accesibilidad de forma genérica, se puede definir como la condición que debe cumplir un ambiente, objeto o instrumento para ser utilizable por todas las personas, en forma segura, confortable y de la manera más autónoma posible”. La accesibilidad permite que estudiantes con discapacidad incrementen la matrícula en educación superior, y permite que se sientan parte de la comunidad estudiantil.

Igualmente, las autoras Nieves y Bach (2006 b) dicen: “La accesibilidad está directamente relacionada con la ergonomía, en la búsqueda de optimizar las interacciones entre el ser humano, el ambiente y su equipamiento”. Así si el estudiante con discapacidad se instala en un ambiente de accesibilidad que responda a sus necesidades, desarrollará las competencias necesarias para su aprendizaje.

López y Polo (2005, p.123), distinguen diferentes tipos de barreras arquitectónicas: urbanistas que corresponden a las vías y espacios públicos, áreas, obstáculos, parques y jardines no accesibles. De edificación que se encuentran dentro de los edificios como escaleras, peldaños, pasillos, asadores reducidos, etc. Y de transporte: inaccesibilidad



en el transporte público y obstáculos para el estacionamiento del transporte privado. Las barreras arquitectónicas causan limitaciones al estudiante con discapacidad, afectan su calidad de vida y promueven la marginación.

### Descripción del Método

#### *Referencias Bibliográficas*

Se señalan las barreras arquitectónicas, así como el efecto que tienen en los estudiantes con discapacidad en educación superior.

Según Zubillaga (2006 a) menciona la gran parte de las características inherentes a la formación basada en Internet responden a las demandas formativas de las personas con discapacidad y eliminan muchas barreras establecidas en los contextos educativos presenciales. De tal manera, la nueva tecnología es una herramienta que debe responder a los requerimientos de los estudiantes con discapacidad, sin embargo, es importante no dejar a un lado la convivencia de la comunidad tecnológica, aún que se encuentren barreras arquitectónicas, ellas con el tiempo se van a subsanar. También Zubillaga (2006 b) señala las barreras existentes responden a dos ámbitos: el pedagógico y el técnico. Por lo cual, cuestiona, ¿cómo lograr que la enseñanza virtual sea realmente una opción formativa de calidad para las personas con discapacidad?, ¿qué elementos de accesibilidad deben estar presentes para garantizar el acceso de estudiantes con discapacidad a estas opciones formativas? Si bien, la tendencia que hoy se vive, es con base a la utilización de la tecnología e incluso refuerza la enseñanza como medio para el aprendizaje de los estudiantes, por lo tanto, se espera que sea accesible para los estudiantes con discapacidad.

Iglesias, Martínez y Moreno (2006, p. 390) plantean: La comunidad universitaria debería cubrir varios frentes, así como articular la forma de conseguirlos. Por ejemplo, ofrecer una enseñanza de calidad y con igualdad de oportunidades con respecto en edificios, instalaciones, [...] etc. fueran accesibles a todos los alumnos; se deberían incluir estudios de accesibilidad e investigar más sobre ello. Se considera como eje principal la educación con calidad que considera una infraestructura sin barreras, la cual brinda accesibilidad y movilidad para todos los estudiantes.

Nieves y Bach (2006 a) comentan: “La accesibilidad de forma genérica, se puede definir como la condición que debe cumplir un ambiente, objeto o instrumento para ser utilizable por todas las personas, en forma segura, confortable y de la manera más autónoma posible”. La accesibilidad permite que estudiantes con discapacidad incrementen la matrícula en educación superior, y se sientan parte de la comunidad estudiantil.

Igualmente, las autoras Nieves y Bach (2006 b) dicen: “La accesibilidad está directamente relacionada con la ergonomía, en la búsqueda de optimizar las interacciones entre el ser humano, el ambiente y su equipamiento”. Así es, el estudiante con discapacidad si se instala en un ambiente de accesibilidad que responda a sus necesidades, él desarrollará las competencias necesarias para su aprendizaje.

López y Polo (2005, p.123), distinguen entre los diferentes tipos de barreras arquitectónicas: por ejemplo, urbanistas corresponden a las vías y espacios públicos, áreas, pasos de distinto nivel, obstáculos en la vía pública, parques y jardines no accesibles. Asimismo, de edificación se encuentran dentro de los edificios, escaleras, peldaños, pasillos, asesores reducidos, etc. Igualmente, de transporte, se vive inaccesibilidad en el transporte público y obstáculos para el estacionamiento del transporte privado. Es menester señalar que las barreras arquitectónicas causan limitaciones al estudiante con discapacidad, afecta su calidad de vida y promueve la marginación.

El estudio es descriptivo; cuantitativo y cualitativo; no experimental; y transversal que busca una primera aproximación al tema de las barreras arquitectónicas a que se enfrentan las personas con discapacidad en el ITChihuahua.

Participó una muestra de la población detectada con discapacidad en el ITCH tomada de los registros de estudiantes de nuevo ingreso de 2016/1; 2016/2; 2017/1; 2017/2. Tuvo como objetivo elaborar un perfil de estudiantes con discapacidad en la institución; sexo, carrera, tipo de discapacidad.

Se realizaron entrevistas abiertas a personal institucional responsable de la estructura arquitectónica. Se entrevistaron 3 funcionarios responsables de planeación presupuestación e infraestructura de la institución. La entrevista tuvo como objetivo elaborar una caracterización de las condiciones institucionales, información de que se dispone y conocimiento de la normatividad a nivel institucional. Se realizaron preguntas sobre los temas de presupuesto, planeación, conocimiento de la normatividad, responsables de llevar a cabo las acciones de la norma.

Se utilizó una Lista de Cotejo para identificar barreras a la discapacidad. Se elaboró con base a criterios de la normatividad. Constó de 50 indicadores acerca de las áreas de accesibilidad, estacionamientos, circulación y espacios interiores. Se eligieron al azar para ser monitoreados 3 edificios: El edificio J que corresponde a Cubículos de Maestros. Consta de 2 pisos y es el más antiguo de los tres que conformaron la muestra. El edificio S donde se ubica un pequeño auditorio y aulas. Consta de 2 pisos. Finalmente el edificio II, que corresponde a Laboratorios de Ing. Industrial. Consta de una sola planta, es el edificio de más reciente construcción entre los 3 de la muestra.



Finalmente se utilizó una Guía de Observación para identificar cajones para personas con discapacidad. Se monitoreó la totalidad de los estacionamientos exclusivos. La guía contenía 4 indicadores: a) Estacionamientos exclusivos con respecto al total, b) Ubicación c) No. de cajones por ubicación, d) Estado de los cajones, e) Fotos. Procedimiento de análisis

Se cruzó toda la información y se cotejó con los criterios de la normatividad correspondiente.

### Comentarios Finales

#### Resumen de Resultados

En el presente documento se presentan solo algunos de los resultados más representativos encontrados, debido a que la información localizada fue abundante.

#### 1) Registro de la población con discapacidad

En el semestre escolar el ITChihuahua se contó con una población de 4,431 estudiantes<sup>5</sup>. Se han identificado de 2016/1 al 2017/2 (4 semestres) 127 estudiantes con alguna forma de discapacidad (el criterio fue la definición que hacen ellos mismos como tal).

TIPO DISCAPACIDAD

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos VISUAL	117	92.1	92.1	92.1
MOTRIZ	5	3.9	3.9	96.1
VISUAL-AUDITIVA	1	.8	.8	96.9
OTRA	2	1.6	1.6	98.4
AUDITIVA	1	.8	.8	99.2
LENGUAJE	1	.8	.8	100.0
Total	127	100.0	100.0	

Tabla 1. Universo de estudiantes por tipo de Discapacidad. La mayor frecuencia se observa en discapacidad visual con 117 individuos y un porcentaje de 92.1%. No existe un criterio standard para definir que se considera discapacidad visual.

#### 2) Entrevistas a Personal Institucional<sup>6</sup>

Entrevista con el Ing. Pedro Rosales Gutiérrez, Subdirector de Planeación y Vinculación. Existe un equipamiento para personas sordas cuyo nombre es KINET. Ayuda a que logren entender al maestro en clase. Se tiene contemplado implementarlo en ITCH. Hace alusión a la rampa del CCI (el edificio más alto de la institución) refiere que se tiene conocimiento de que está peligrosa y se contemplan medidas como instalar algún material antederrapante así como protección a los lados de la rampa y cerrar los laterales con barandales más adecuados. El personal docente tiene una media de 50 años de edad, considerando el riesgo se está planeando instalar un elevador entre los edificios B y C (Edificios de aulas de 3 pisos de altura)
Entrevista a Responsable de Infraestructura. <sup>7</sup> El ITChihuahua cuenta con una superficie de 191,722 m2, de los cuales 42,072 m2 corresponden a superficies construidas y 42,732 m2 a estacionamientos para los cuales cuenta con 5 puertas de acceso, 10 estacionamientos, 32 instalaciones entre oficinas administrativas, (dos de ellas aún en construcción) entre esas instalaciones se encuentran 105 salones y 34 laboratorios, otras instalaciones destinadas a talleres, auditorios, espacios deportivos, etc. Esta entrevista brindó información para seleccionar la muestra de edificios a observar.
Entrevista con ex Jefe de Planeación y Presupuesto. Menciona que existe en el presupuesto y planeación el rubro asignado para atención a la población con vulnerabilidad pero está pendiente su implementación ya que no existe una estrategia específica para llevarse a cabo. Tampoco existe un financiamiento a nivel federal. Cuando ha sido necesario hacer alguna infraestructura se realiza a través de ingresos propios y en general no existe una obligatoriedad de que se asigne un recurso a este rubro. A través del Departamento de Vinculación con TNM se elaboran reportes, pero no hay un programa institucional encargado ni personal especializado asignado para atender el tema. Sabe que se puede disponer de un presupuesto más no se sabe si es directamente para las personas con discapacidad o para infraestructura.

#### 3) Lista de Cotejo

LISTA DE COTEJO LA ACCESIBILIDAD CON CRITERIOS DE DISEÑO UNIVERSAL				
	Respecto a la accesibilidad a la Institución Educativa	Edificio J	Edificio II	Edificio S
1	¿Existe señalización adecuada desde el acceso del campus hasta los edificios	No	No	Si

<sup>5</sup> Semestre Ene-Jun 2017

<sup>6</sup> Responsables de Planeación, Presupuestos e Infraestructura,

<sup>7</sup> Más que responder a preguntas brinda planos y documentos de consulta de donde se extraen algunos datos importantes para la investigación.

principales? <sup>8</sup>			
---------------------------	--	--	--

Resultados de la Lista de Cotejo. Se evaluaron 150 indicadores en 3 edificios, de los cuales se encontraron


	Edificio J	Edificio II	Edificio S	Totales
Respuestas Si <sup>9</sup>	12	20	14	46
Respuestas No <sup>10</sup>	23	20	19	62
Respuestas parcial <sup>11</sup>	2	2	3	7
Respuestas No procede evaluar o no se evaluaron	13	8	14	35
	50	50	50	150

De 150 indicadores de la Lista de Cotejo para evaluar accesibilidad con criterios de Diseño Universal 35 no procedía evaluar o no se evaluaron. Por lo que de 115 indicadores que se evaluaron 46 (40%) cumplieron con la normatividad, 62 (54%) no cumplieron y 7 (6%) cumplieron parcialmente.

#### 4) Guía de Observación

Espacios reservados para personas con discapacidad en el ITCH

Monitoreo de la totalidad de estacionamientos del ITCH y los destinados exclusivamente para personas con discapacidad.

Lugar/Estacionamiento	Número espacios	Observaciones	Imagen
Estacionamiento Interior <sup>12</sup> Edificio de Posgrado	1	Dispone de rampa y señalamiento. Falta mantenimiento	

Resultados de Guía de Observación.

Se localizaron 16 cajones de estacionamiento con condiciones que van de mal estado hasta óptimo. Se evaluó la existencia de rampas, condiciones del piso, señalamiento, pintura, líneas, medidas y demás criterios de la normatividad mencionada.

A través de los resultados obtenidos se aprueba la Hipótesis planteada al inicio: Es viable la implementación de un programa acorde a la normativa internacional y nacional abocado la disminución de barreras físicas a corto plazo en el ITChihuahua.

#### Conclusiones

Se concluye además que no solo es viable sino necesaria la aplicación de un programa para la disminución de barreras físicas a la discapacidad.

En lo que respecta a la población con discapacidad, como lo muestran los datos, parece ir en aumento. En la institución se han matriculado más varones que mujeres con discapacidad y la discapacidad que más se presenta es la visual.

En lo que respecta al conocimiento de la normatividad, programación y presupuesto por parte de la institución, pese a la existencia de un amplio marco normativo nacional e institucional, existen muchas áreas de oportunidad ya que los proyectos que se llevan a cabo, porque si los hay, no obedecen a una planeación a largo plazo en armonía con las normas y estándares establecidos.

En lo que respecta a cajones de estacionamientos. Total de 774 Cajones de estacionamiento en los 10 parques vehiculares y un total de cajones de estacionamiento para personas con discapacidad de 16, por lo cual se cumple con el requisito de 1 estacionamiento por cada 50 cajones, sin embargo, en su mayoría requieren algunas adecuaciones, señalamientos y pintura.

En lo que respecta a las necesidades de las y los estudiantes con discapacidad, la infraestructura es importante en la accesibilidad y movilidad de las personas, sin embargo, las barreras arquitectónicas obstruyen la estancia, limitan el desarrollo educativo, personal y la convivencia con la comunidad tecnológica. Como se muestra en los resultados, se encontró con infraestructura que no responde a las necesidades de las personas con discapacidad, falta señalización, el piso esta averiado, algunas rampas no corresponden al estándar internacional, etc.

<sup>8</sup> Muestra de indicadores

<sup>9</sup> Si cumple con la normatividad

<sup>10</sup> No cumple con la normatividad

<sup>11</sup> Cumple parcialmente con la normatividad

<sup>12</sup> Muestra

### Recomendaciones

Con respecto a la población con discapacidad se sugiere continuar realizando investigación para ir definiendo con mayor precisión las características y necesidades de dicha población.

Por las instalaciones del ITChihuahua transitan diariamente más de 5,000 personas entre estudiantes, personal, proveedores y otros beneficiarios de sus servicios. Y la institución permanece abierta casi todo el año con actividades de escolares, extraescolares y de vinculación. De ahí la importancia de enfatizar la revisión de las condiciones estructurales que representan barreras a la discapacidad y riesgos de accidentes para quienes no presentan discapacidad.

Con respecto a los cajones de estacionamiento de uso exclusivo para personas con discapacidad, se podrían aprovechar algunos espacios enseguida de los que ya existen (al menos uno más), debido a que generalmente ya existe una rampa y señalamiento y de esta manera poder tener el doble de los actuales con similar infraestructura, tomando en cuenta que aún existen más espacios y terrenos que pueden ser aprovechados.

Para evidenciar los obstáculos de movilidad y accesibilidad para los estudiantes con discapacidad, se puede hacer un recorrido en su compañía para vivenciar las dificultades por las que viven día con día y registrarlas para que las autoridades tomen las medidas pertinentes.

Por último, es indispensable la elaboración de un proyecto integral de diagnóstico-atención a las barreras a la discapacidad que parta de los estándares y normatividad vigente a través de un plan institucional a largo plazo.

### Referencias

- Diario Oficial.** Reglamento de la ley general para la inclusión de las personas con discapacidad. Diario oficial de la federación (2012).
- Diario Oficial.** Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación. Secretaría de Gobernación. Diario oficial de la federación, 220, (2014).
- Diario Oficial.** Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad 2014-2018. Diario oficial de la federación (2014).
- Diario Oficial. (2016).** Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Educación, en materia de Educación Inclusiva. Diario oficial de la federación.
- Diario Oficial de la Federación.** Nueva Ley (2005).
- Moreno, Lourdes, Ana M<sup>a</sup> Iglesias, Paloma Martínez** La universidad virtual, una oportunidad Tecnológica de Inclusión. Universidad Carlos III de Madrid, 390 (2006).
- Navarro, N., Bach I.** II Congreso Nacional sobre Universidad y Discapacidad "Las bibliotecas universitarias como herramienta de aprendizaje en el espacio europeo de educación superior: necesidades de adaptación para discapacitados, Madrid. (2006 a).
- Navarro, N., Bach I.** II Congreso Nacional sobre Universidad y Discapacidad "Las bibliotecas universitarias como herramienta de aprendizaje en el espacio europeo de educación superior: necesidades de adaptación para discapacitados, Madrid. (2006 b).
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SEGOB-2015,** Personas con discapacidad. Acciones de prevención y condiciones de seguridad en materia de protección civil en situación de emergencia o desastre. Diario Oficial 2015
- Norma Mexicana NMX-R-025-SCFI.2015** en Igualdad Laboral y no Discriminación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-034-STPS-2016,** Condiciones de seguridad para el acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad en los centros de trabajo. Diario Oficial miércoles 20 de julio de 2016
- Norma Mexicana NMX-R-050-SCFI-2006.** Accesibilidad de las personas con discapacidad a espacios construidos de servicio al público. Especificaciones de seguridad. Secretaría de Economía. Dirección General de Normas. Diario Oficial 9 enero 2007
- Orero, P., Pérez-Ugena y Coromina, A., Storch de Gracia y Asensio, J. XI.** Reunión del real patronato sobre discapacidad - II Congreso nacional sobre universidad y discapacidad, RIID-LLSS, La formación de una súper red, Madrid
- Polo, M., López, M.** Barreras de acceso al medio físico de los estudiantes con discapacidad motora de la Univ. de Granada, España. (2005).
- Revista electrónica de Investigación Psicoeducativa.** ISSN: 1696-1095 No. 7,
- TecNM.** Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. (2015).
- Zubillaga del Río Ainara** Universidad Inclusiva: Cómo superar las barreras de aprendizaje y participación de los estudiantes con discapacidad en la universidad virtual. Universidad Complutense, Madrid. (2006 a).
- Zubillaga del Río Ainara** Universidad Inclusiva: Cómo superar las barreras de aprendizaje y participación de los estudiantes con discapacidad en la universidad virtual. Universidad Complutense, Madrid. (2006 b).

### Notas Biográficas

La **M.C.E Silvia Genoveva Hernández Valerio** es profesora de Economía del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Comercio Exterior en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Chihuahua, México. Ha presentado 5 artículos en congresos internacionales.

La **M.C. Rosalía Patricia Bejarano Meléndez** es profesora de Contabilidad del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Ciencias de Administración el Instituto Tecnológico de Chihuahua, ha presentado 1 artículo en congresos nacionales.

El **M.D.E. Iván René Domínguez Espinoza** es profesor de Ing. de Costos Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Administración de Negocios en la Universidad del Valle de México y Maestría en Derecho Económico en el Centro de Estudios Superiores del Norte en Chihuahua, Chihuahua, México.

La **M.T.F. Josefina Hernández Bernadett** es profesora de Fundamentos de Investigación y Taller de Ética del Instituto Tecnológico de Chihuahua. Su maestría en Terapia Familiar Sistémica en el Instituto Regional de Estudios de la Familia, en Chihuahua, Chihuahua, México. Ha presentado 4 artículos como coautora en congresos internacionales.

# Síntesis y caracterización de polvos de TiO<sub>2</sub> y dopados con níquel al 5%w producidos por sol-gel

Ing. David Herrera García<sup>1</sup>, Dra. Ma. Guadalupe Garnica Romo<sup>2</sup>, Dra. Maricela Villicaña Méndez<sup>3</sup>,  
Dra. Laura Lorena Díaz Flores<sup>4</sup>, Dr. Leandro García González<sup>5</sup>

**Resumen**—Se Caracterizaron polvos de TiO<sub>2</sub> dopados con Ni 5%w (TiO<sub>2</sub>/Ni) por sol gel. Las muestras fueron sintetizadas y secadas a 100°C y T<sub>1</sub> a 500°C. Las muestras secadas y tratadas se caracterizaron estructuralmente por (DRX), FTIR y se midió tamaño de partícula. Las muestras secadas presentan cristalización hacia la fase anatasa tanto de TiO<sub>2</sub> como la TiO<sub>2</sub>/Ni, mientras que a 500 °C, la muestra de TiO<sub>2</sub> presenta dos fases rutilo y anatasa, y la de TiO<sub>2</sub>/Ni presenta la fase anatasa y NiTiO<sub>3</sub> desapareciendo la fase rutilo, por FTIR se observan los enlaces característicos de Ti y O así como los relacionados con enlaces Ni-O y Ti, el tamaño de partícula es 40-60nm.

**Palabras clave**—TiO<sub>2</sub>, titanato de níquel, anatasa, sol gel.

## Introducción

El óxido de titanio es uno de los materiales más estudiados debido a su estabilidad y sus propiedades fisicoquímicas, electroquímicas, fotocatalíticas y ópticas, las cuales se pueden modificar al dopar con otro elemento o compuesto, por ejemplo: cobre, hidróxido de níquel, tungsteno, nanotubos de carbón (NTC), bario, etc. De los diversos compuestos obtenidos por dopaje, el sobresale el grupo de las ilmenitas MTiO<sub>3</sub> que se obtienen al dopar el óxido de titanio con un metal (Fe, Ba, Au, Ni, etc.), siendo el titanato de níquel una las más importantes debido las propiedades que presenta (ópticas, electroquímicas, tribológicas y fotocatalíticas) se considera un material multifuncional (Chellasami et.al. 2017, Nabanita et. al. 2015, Shokufeh et. al. 2014, y Wan et. al. 2012), que puede ser empleado en sensores, celdas de oxidación, pigmentos, películas protectoras, catalizadores, etc. (Xiaoning et. al. 2013, Wan et. al. 2013).

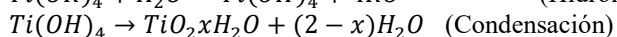
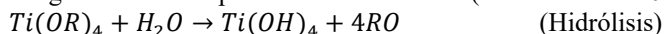
## Materiales

Como fuente de titanio se utilizó isopropóxido de titanio(IV) marca ALDRICH, alcohol isopropílico marca FERMONT, ácido acético glacial marca J.T. BAKER, ácido nítrico marca SIGMA-ALDRICH, agua desionizada y como fuente de níquel se utilizó nitrato de níquel hexahidratado marca MEYER.

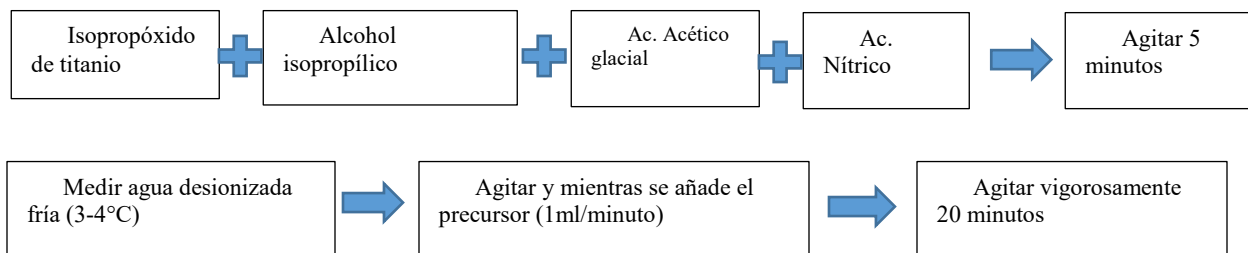
## Descripción del Método

### Síntesis de TiO<sub>2</sub>

La síntesis se realizó mediante el método sol-gel que consiste en un proceso de hidrólisis y condensación descrito de la siguiente manera para el óxido de titanio (Guzmán et al. 2007):



Preparación del precursor:



<sup>1</sup> Ing. David Herrera García estudiante Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, UMSNH., [herrera.ibq@gmail.com](mailto:herrera.ibq@gmail.com)

<sup>2</sup>Dra. Ma. Guadalupe Garnica Romo es Profesora Investigadora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Ingeniería Civil, [gromar05@hotmail.com](mailto:gromar05@hotmail.com), (autor corresponsal)

<sup>3</sup>Dra. Maricela Villicaña Méndez es Profesor Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Ingeniería Química [vimadinmx@yahoo.com.mx](mailto:vimadinmx@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> Dra. Laura Lorena Díaz Flores es Profesor e Investigador de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

<sup>5</sup>Dr. Leandro García González es Profesor Investigador de la Universidad Veracruzana; Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, [lgarciaglez@yahoo.com.mx](mailto:lgarciaglez@yahoo.com.mx)

### Dopaje del óxido de titanio

Para la síntesis del óxido de titanio con níquel, se siguió la metodología que se utilizó es modificada de la propuesta por Al-Shabander y Al- Ajaj 2016, y de lo realizado por Kharoubi et al. 2015. Los dopajes fueron de 2, 5 10% en peso respecto al titanio, como lo realizado por Wan et al. 2012. Las muestras se secaron a 100°C por 2 horas, posteriormente fueron calcinadas a 500°C por una hora como lo realizó Al- Shabander et al. 2016 y Y. Ochoa et al. 2009.

### Caracterización

Espectroscopia de Infrarrojo se realizó en un equipo Vertex 70 empleando el equipamiento ATR para medir el TiO<sub>2</sub>. Los parámetros empleados para las mediciones del Sol de TiO<sub>2</sub> fueron: Resolución de 4cm<sup>-1</sup>, tiempo de escaneo de 32 segundos, tiempo de escaneo del blanco 32 segundos y rango del análisis de 4700cm<sup>-1</sup> a 340cm<sup>-1</sup> como lo han realizado Pecharromán et al. 2003 y Nolan et al. 2009 entre otros más.

Difracción de rayos X se realizó en un equipo Bruker D8 Advance Davinci, que usa como fuente de radiación K- $\alpha$  con longitud de onda de 1.54nm. los parámetros similares a los descritos por S. Mahshid, 2007, que son los siguientes: Intervalo de 2 $\theta$ , Barrido de 15° a 90°, Paso de 0.02 s<sup>-1</sup>.

Medición de tamaño de partícula se realizó en un equipo Horiba Scientific nano practica modelo SZ-100. Las mediciones fueron a 90° usando en celdas desechables en agua desionizada y alcohol isopropílico. También se calculó el tamaño de cristal empleando la ecuación de Scherrer.  $t = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$

### Resultados y conclusión

#### Difracción de rayos X.

En la figura 1 se muestran los espectros de difracción de rayos-X para las muestras tratadas a 100°C, donde se muestra la presencia de TiO<sub>2</sub> en proceso de cristalización a su fase anatasa, así como la presencia de la fase brokita en menor medida, estas fases fueron identificadas con las fichas PDF 00-004-0477 TiO<sub>2</sub> Anatase, syn, PDF 00-003-0380 TiO<sub>2</sub> Bookite. Mientras que las muestras dopadas con níquel se puede apreciar una fase que corresponde NiTiO<sub>3</sub> la cual corresponde con la ficha PDF 04-010-7290 Titanium Nickel Oxide.

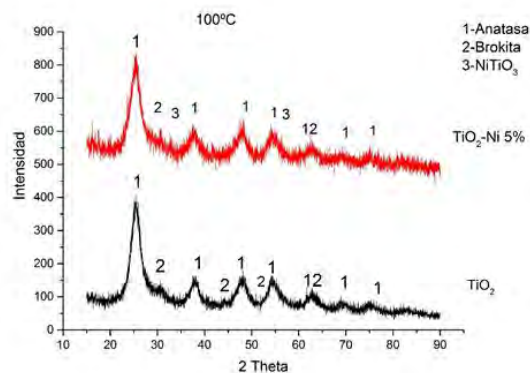


Figura 1 Espectro de difracción de rayos X muestras tratadas a 100°C

Los picos que corresponden al NiTiO<sub>3</sub> aumentan conforme a la concentración de níquel, este efecto se aprecia mejor en los espectros de difracción de rayos X de las muestras tratadas a 500°C (figura 2) debido a que éstas muestras fases cristalinas nítidas. En la figura 2 también podemos apreciar que la fase rutilo identificada con la ficha PDF 00-004-0551 TiO<sub>2</sub> Rutile, disminuye cuando se dopa con níquel.



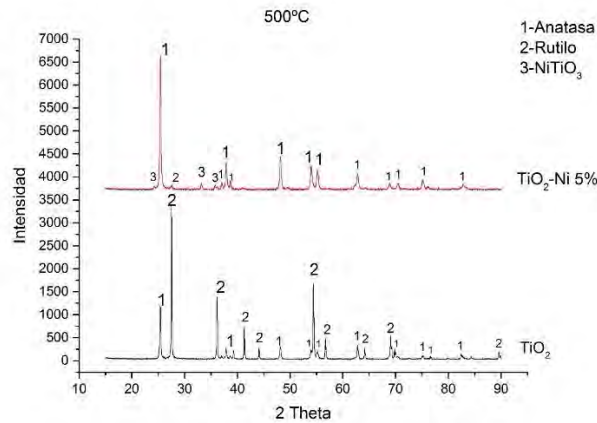


Figura 2 Espectro de difracción de rayos X muestras tratadas a 500°C

*Espectroscopia infrarroja*

Las bandas en los espectros de infrarrojo obtenidos, que se localizan entre 450 a 800 y en 1627cm<sup>-1</sup> se asocian a los enlaces Ti-O, Ti-O-Ti y TiO<sub>2</sub> descrito por Zhou et al. 2006 y Shabander et al. 2016 como se puede apreciar en la figura 3. La banda que se aprecia en 2340 cm<sup>-1</sup> fue de descrito como característico para TiO<sub>2</sub> por Benavides et al. en 2011 Las bandas entre 1036 y 1069 cm<sup>-1</sup> son asociados al enlace Ti-C, mientras que los enlaces C-H<sub>2</sub> se localizan cerca del 1400 cm<sup>-1</sup> (Guzmán et al. 2007). Las bandas en 1556 y 1762 cm<sup>-1</sup> indican enlaces C-N y las bandas en 1977 y 2025 cm<sup>-1</sup> se relacionan a enlaces CH<sub>2</sub> y C-C respectivamente en base lo descrito por Skoog. Respecto a los enlaces de Ni-O, Ni-TiO<sub>2</sub> los autores G. Zhou et al. 2006 y H. Qiao et al. 2009 los reportaron, los relaciona con las bandas entre 500 y 700 cm<sup>-1</sup>. Finalmente, Shabander et al. 2016 relaciona la banda de 1624 cm<sup>-1</sup> con el enlace de Ni-O-Ti el cual se puede apreciar en la figura 4.

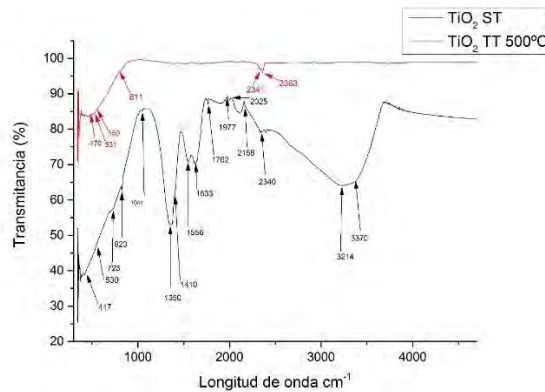


Figura 3 Espectro infrarrojo de polvos de TiO<sub>2</sub>

*Tamaño de partícula*

El análisis de tamaño de partícula realizado en isopropanol (figura 5) muestra que las partículas de TiO<sub>2</sub> presentan un tamaño mayor de 150 nm en cambio la muestra dopada con níquel al 5% en peso tienen partículas de 0.45nm.

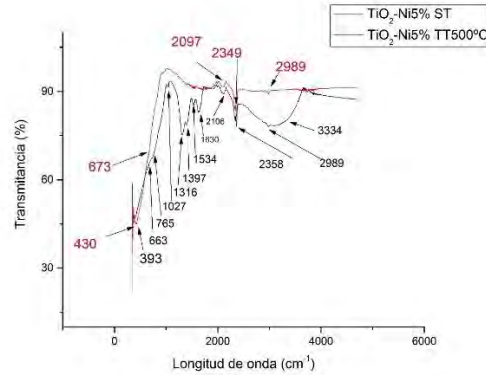


Figura 4 Espectro infrarrojo de polvos de TiO<sub>2</sub> dopados con níquel

En las muestras tratadas a 500°C el tamaño de las partículas usando alcohol isopropílico como solvente se obtuvieron los siguientes valores: 218.6 y 0.38 para TiO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub>-Ni5% respectivamente (figura 6).

*Tamaño de cristal*

La ecuación de Scherrer nos proporciona tamaño de cristal para las muestras tratadas a 100°C que fue de 1.5314, y 8.3538 para el TiO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub>-Ni5% respectivamente. El tamaño de cristal de las muestras tratadas a 500°C fue de 9.5131 nm para el TiO<sub>2</sub>, en tanto para la muestra dopada con níquel al 5 es de 5.6714 nm

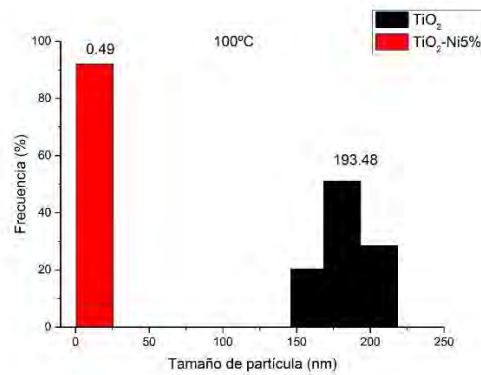


Figura 5 Tamaño de partícula muestras tratadas a 100°C

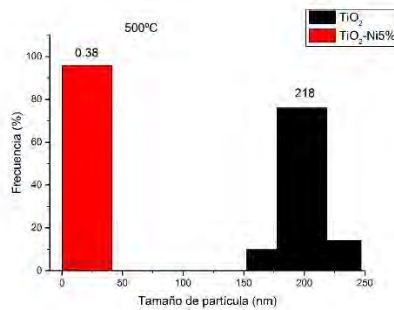


Figura 6 Tamaño de partícula muestras tratadas a 500°C

*Conclusión*

La síntesis de TiO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub> dopado con níquel 5 % w de Ni fue exitosa como lo confirman la caracterización mediante espectroscopia de infrarrojo y la difracción de rayos X, presenta la fase anatase para las muestras sin Ni y las dopadas con Ni muestran la fase de anatasa y titanato de níquel. El análisis de tamaño de partícula muestra diferentes tamaños de partículas para las mismas muestras, esta discrepancia se puede deber a la diferencia de afinidad con el solvente usado y la interacción de las partículas de cada

muestras para aglomerarse, sin embargo la mayoría presenta partículas del orden nanométrico, al igual que el tamaño de cristal.

## Referencias

- A.M. Guzmán, A. F. (2007). *REV. ACAD. COLOMB. CIENC.: VOLUMEN XXXI, NÚMERO 121*, 529-536.
- Abdelmalek Kharoubi, A. B. (2015). Characterization of Ni-doped TiO<sub>2</sub> thin films deposited by dip-coating technique. *The European Physical Journal Applied Physics*, 72: 30301.
- Ban M. Al-Shabander, E. A.-A. (2016). Study the photocatalytic behavior of TiO<sub>2</sub> nanoparticles doped with Ni synthesized by sol-gel method. *International Journal of Innovation in Engineering & Management* , Vol. 5 Issue 2, 37-42.
- Carlos Pecharromán, F. G.-E. (2003). Determination of texture by infrared spectroscopy in titanium oxide–anatase thin films. *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*.
- Guo-Wei Zhou, Y. S. (2006). Synthesis and characterization of Nickel Titanate NiTiO<sub>3</sub> Nanoparticles in CTAB Micelle. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 27:727-730.
- Hausinger, R. P. (1993). *Biochemistry of nickel*. New York: Springer.
- J. Benavides-Guerrero, M. B.-R.-A. (2011). Synthesis Of A Nanoceramic TiO<sub>2</sub> Matrix Reinforced With Carbon Nanotubes Using The Sol-Gel Technique. *Revista Colombiana de Física*, Vol. 43, No. 2, 490-493.
- M Grujić-Brojćin, M. J.-M. (2005). Infrared study of laser synthesized anatase TiO<sub>2</sub> nanopowders. *JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS*, 1415-1420.
- M. Teimouri\*, P. A. (2012). Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4). *Synthesis of Nickel-doped TiO<sub>2</sub> nano crystalline by the sol-gel method and influence of ultrasonic irradiation for the photo catalytic degradation of Tartrazine dye*, (págs. 954-955). 2012, Kish Island, I.R. Iran.
- Nabanita Pal, B. S. (2015). A highly efficient non-enzymatic glucose biosensor based on nanostructured NiTiO<sub>3</sub>-7NiO material. *New Journal of Chemistry*, 39: 8035-8043.
- Nolan, N., Pillai, S., & Seery, M. (2009). Spectroscopic Investigation of the Anatase-to-Rutile Transformation of Sol-Gel-Synthesized. *Material chemistry commons*.
- Prasetyo Hermawan, H. D. (2011). PHYSICAL CHARACTERIZATION OF Ni(II) DOPED TiO<sub>2</sub> NANOCRYSTAL. *Indo. J. Chem.*, 135 - 139.
- S. Mashid, M. A. (2007). Synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles by hydrolysis and peptization of titaniumisopropoxide solution. *Journal of Materials Processing Technology*, 189: 296-300.
- Shokufeh Moghiminia, H. F. (2014). Comparative optical and electrochemical studies of nanostructured NiTiO<sub>3</sub> and NiTiO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> prepared by a low temperature modified Sol-Gel route. *Electrochimica Acta*, 132: 512-523.
- Thangaduari, V. C. (2017). Structural and electrochemical investigation of nanostructured NiTiO<sub>3</sub> in acid enviroment. *Higher Education Press* , 11(2): 162-170.
- Vollath, D. (Segunda edición). *Nanomaterials an introduction to synthesis, properties and aplications*. Wiley-VCH.
- Xiaoling Li, J. Y. (2013). Nickel/Copper nanoparticles modified TiO<sub>2</sub> nanotubes for non-enzymatic glucose. *Sensors and Actuators B: Chemical* 181, 501– 508.
- Y. Ochoa, Y. O. (2009). Síntesis de TiO<sub>2</sub>, fase anatasa, por el método Pechini. *Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, S1 (3): 931-937.
- Yong Wan, Z. X. (2013). Sol-gel derived nickel-doped TiO<sub>2</sub> films as wear protection coatings. *Journal of Experimental Nanoscience*, Vol. 8, No. 5, 782.787.
- Yong Wana, Z. X. (2013). Sol–gel derived nickel-doped TiO<sub>2</sub> films as wear protection coatings. *Journal of Experimental Nanoscience*, Vol. 8, No. 5, 782–787.

# REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA PREDECIR LA CORROSIÓN DE ACEROS GRADO INDUSTRIAL

<sup>1</sup>Héctor Herrera Hernández\*, V.M. Landassuri Moreno<sup>1</sup>, H. Casarrubias Vargas<sup>1</sup>,  
J.G. Miranda Hernández<sup>1</sup>, Ramiro Espinoza Vega\*\*<sup>1</sup>, J. Morales Hernández<sup>2</sup>, J. Vargas Hernández<sup>1</sup>

**esumen**—La creciente demanda en la fabricación de materiales metálicos con propiedades deseadas para su uso en la industria de la transformación de productos, metal-mecánica, herramental, maquinaria o en la construcción, hace del acero el material idóneo por su alta resistencia mecánica, buena durabilidad y bajo costo de producción. Sin embargo, por la gran variedad de elementos de aleación que se le agrega para desempeñar cualquier servicio dentro de la industria, lo hace muy susceptible a un deterioro por corrosión electroquímica cuando se expone a las condiciones de trabajo. Esta es una de las razones que motivan a investigadores en la búsqueda de metodologías capaces de predecir la vida útil de los materiales contruidos de aceros antes de su falla por corrosión. Por lo que en este estudio se presentan resultados preliminares del uso de los algoritmos evolutivos para el diseño de redes neuronales artificiales, ambos siendo técnicas de inteligencia artificial, en espectros de series de tiempo ( $I$  vs  $t$ ) y ( $E$  vs  $t$ ) obtenidos de un estudio electroquímico para el acero 1045 inmerso en un medio ácido ( $H_2SO_4$  1M) en función del tiempo de exposición. Un análisis matemático basado en redes neuronales artificiales y de la teoría de fractal de Hurst para la predicción puede ser obtenido de los espectros de ruido electroquímico (series de tiempo) para evaluar el desempeño del acero industrial frente a la corrosión en un entorno agresivo de ácido sulfúrico.

**Palabras clave**—aceros industriales, corrosión, ruido electroquímico, inteligencia artificial, redes neuronales artificiales.

## Introducción

La ingeniería ha evolucionado en el transcurso del tiempo y continúa haciéndolo de manera que se busca un material metálico que sea eficiente para los diferentes usos industriales, como lo son los aceros. A través de la historia de los aceros, el progreso ha dependido del mejoramiento de los materiales usados en la industria ya sea por recubrimientos o por aleaciones para incrementar sus propiedades y características estructurales. Los metales y las aleaciones tienen muchas propiedades útiles en ingeniería, por lo cual sus aplicaciones en diseño están muy generalizadas. Por ejemplo, el hierro y sus aleaciones con otros materiales ya sean naturales o artificiales representan casi el 90 por ciento de la producción mundial en metales, sobre todo por su satisfactoria combinación de resistencia a la corrosión, tenacidad y ductilidad a costo relativamente bajo. Cada metal tiene propiedades especiales para los diseños de ingeniería y se usa después de realizar un análisis comparativo de costos con otros metales y materiales que ofrecen las mismas características.

Diferentes estudios resultan necesarios para evaluar las características superficiales o la resistencia a la corrosión de los materiales, a través de los cuales se puede determinar cuánto puede soportar su superficie al estar expuestos a medios corrosivos. Uno de estos estudios es el uso del ruido electroquímico donde se evalúan las oscilaciones en el tiempo del potencial ( $E$ ) y la corriente ( $I$ ) ocasionadas por las reacciones electroquímicas; de esta manera, el ruido electroquímico en potencial se define como las oscilaciones entre el potencial de un electrodo de trabajo con respecto a un electrodo de referencia, mientras que el ruido electroquímico en corriente es la oscilación de una corriente entre un electrodo de trabajo y un electrodo de referencia.

El uso de sistemas de reconocimiento de patrones e inteligencia artificial, que identifiquen de manera automática eventos relacionados a la corrosión, es un área que recientemente se está investigando. La combinación apropiada de técnicas matemáticas con la comprensión del fenómeno del mecanismo de corrosión y el aprendizaje automático de los sistemas computacionales, es un área de oportunidad y de gran interés para la ingeniería industrial debido a que se carece de descriptores que puedan ser utilizados de forma aplicada para el análisis de la corrosión de los aceros y su predicción, y de esta manera prolongar la vida útil del herramental para incrementar la productividad.

En el presente trabajo de investigación se pretende obtener una descripción cualitativa del fenómeno de corrosión para aceros industriales a través del uso de algoritmos evolutivos empleados en el diseño de redes neuronales artificiales, siendo éstas, técnicas de inteligencia artificial, en espectros de series de tiempo ( $I$  vs  $t$ ) y ( $E$  vs  $t$ ), donde el estudio electroquímico de los aceros expuestos en medios ácidos en conjunto con el análisis de redes neuronales artificiales, hace uso de algoritmos que generan descriptores característicos y donde es posible determinar el tipo de corrosión presente y su posible evolución a lo largo del tiempo (análisis predictivo). En este caso particular, se presenta

<sup>1</sup> \*Profesor investigador y autor de correspondencia: DR.3H, [hherrerah@uamex.mx](mailto:hherrerah@uamex.mx).

\*\*Alumno de ingeniería industrial, UAEM Valle de México.

la caracterización de las señales electroquímicas generadas por la perturbación en corriente  $I$  (Amp.) y potencial  $E$  (mV) a tiempos prolongados, las cuales podrán ser asociadas al proceso de corrosión mediante técnicas de inteligencia artificial. Ya que con ello se pretende obtener una descripción y detección de los eventos de corrosión para su control y monitoreo a lo largo del tiempo de exposición.

En particular, el estudio de ruido electroquímico es una línea de investigación relativamente nueva, que debido a su estado actual, es un área de oportunidad para realizar investigación aplicada y que luce muy prometedora debido a que existen problemas industriales, como la identificación de parámetros que caractericen tipos e intensidades de corrosión sobre los materiales; y descriptores con significado físico de tal suerte que se pueda asociar a un tipo de respuesta en la señal de corrosión con una interpretación física en particular. Que éstos a su vez se puedan correlacionar con los espectros de ruido o impedancia electroquímica.

El uso de sistemas de reconocimiento de patrones e inteligencia artificial, que identifiquen de manera automática eventos relacionados a la corrosión de metales, es un área que recientemente se está desarrollando por el grupo de investigadores de la UAEM-Valle de México en colaboración con el **Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ-unidad Querétaro)**. Referencia: Proyecto de Ciencia Básica Aplicada de la UAEM (**Evaluación Matemática de Aceros Industriales y su Comportamiento Electroquímico Mediante Inteligencia Artificial, registro 4365/2017/CI**). Por lo que en este trabajo de investigación se pretende obtener un análisis descriptivo cualitativa del fenómeno de corrosión para el acero industrial 1045 inmerso en un medio ácido y realizar un análisis electroquímico para generar descriptores característicos de la señal que permitan determinar el tipo y mecanismo de la corrosión que ocurre durante la interacción del metal con el ambiente corrosivo y su posible evolución a lo largo del tiempo (análisis predictivo).

### Descripción del Método

La etapa experimental comprende de varias pruebas o ensayos electroquímicos a diferentes tiempos de exposición. En primer lugar, se seleccionan los materiales a utilizar, siendo aceros industriales de aplicación típica que serán inmersos en una solución ácida ( $H_2SO_4$  1.0 M) a diferentes tiempos de exposición,  $t_1, \dots, t_n$  ( $t_n = 10,000$  s).

Se capturaron las diferentes series de tiempo asociadas al proceso de corrosión a distintos tiempos con los cuales generaron un conjunto de datos de un total de 10,000 segundos, clasificados en dos subconjuntos para propósitos distintos, uno para entrenamiento en una red neuronal y otro que fue usado para validación del sistema de inteligencia artificial. Esta propuesta contempla el estudio matemático de materiales metálicos a partir de su comportamiento electroquímico mediante técnicas fractales y wavelets con la finalidad de realizar una caracterización de los materiales de acuerdo a sus propiedades que permitan identificar rasgos característicos del comportamiento electroquímico que pueden ser identificados mediante técnicas de inteligencia artificial; basados en el comportamiento real e integridad de los materiales en base a la metodología experimental de la Figura 1. Esta metodología es una propuesta de la investigación que se realiza a los datos de ruido electroquímico para obtener la predicción de la durabilidad de los aceros expuestos a eventos corrosivos. Proyecto vigente y en operación.

Previo al entrenamiento del sistema artificial se estudiarán y determinarán de manera manual los pares segmento de la señal de ruido electroquímico y del evento de corrosión asociado. Una vez determinado estos segmentos de señales, serán analizados y categorizados de acuerdo a sus propiedades estadísticas, transformadas de Fourier, PSD, wavelet, etc. Su aparición a lo largo del tiempo será modelada mediante técnicas fractales, con lo cual se determinarán los diferentes parámetros de los modelos matemáticos usados en el análisis. Estos parámetros se usarán para el entrenamiento del sistema artificial, con el objetivo que el sistema aprenda a identificar el fenómeno de corrosión sobre una señal de ruido electroquímico y le permita evaluar el estado del material. Una vez creado el sistema de inteligencia artificial se medirá su rendimiento con respecto al conjunto de datos de prueba y se ajustará el sistema de ser necesario. Se realizó la predicción de los resultados de corrosión a tiempos intermedios de los considerados en los experimentos y se validó respecto del experimento real.

A las series de tiempo de potencial/corriente-tiempo se les removió la tendencia de ruido por el método de mínimos cuadrados para ser utilizadas en el análisis fractal de HURST y en el análisis del comportamiento de la señal. Por último, se evaluó el daño por corrosión mediante un análisis estructural asistido por microscopía óptica y correlacionado con los datos experimentales y matemáticos, para determinar la predicción.



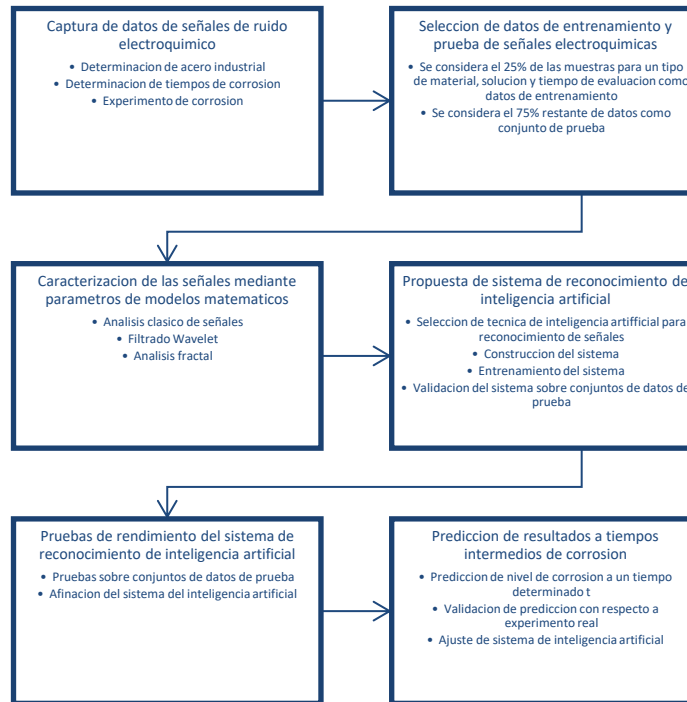


Figura 1. Diagrama a bloques de la metodología experimental propuesta de la Investigación del proyecto 4365/2017/CI registrado en la UAEM, vigencia 01/06/2017 al 01/06/2018.

## Comentarios Finales

### ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL

En la micrografía de la Figura 2, se muestra la microestructura del acero 1045, revelado con el reactivo de ataque Nital al 2% (2 ml HNO<sub>3</sub> + 100 ml etanol al 95%) para 2, 4, 6 y 8 segundos respectivamente. En esta imagen se muestra una fase blanca (FERRITA- Fe- $\alpha$ ) precipitada de forma acicular en el acero, de esa manera se establecen los límites de grano de la estructura, mientras que la fase oscura se relaciona a la precipitación del Fe<sub>3</sub>C con Fe- $\alpha$  (PERLITA). Las imágenes se encuentran clasificadas por tiempo de exposición y a la misma magnificación 50X. A 2 segundos es posible observar únicamente el límite de grano, sin embargo, a mayor tiempo se acentúa la fase ferrita y la perlita, configurando así la microestructura del acero 1045, el cual es muy típico para aplicación industrial.

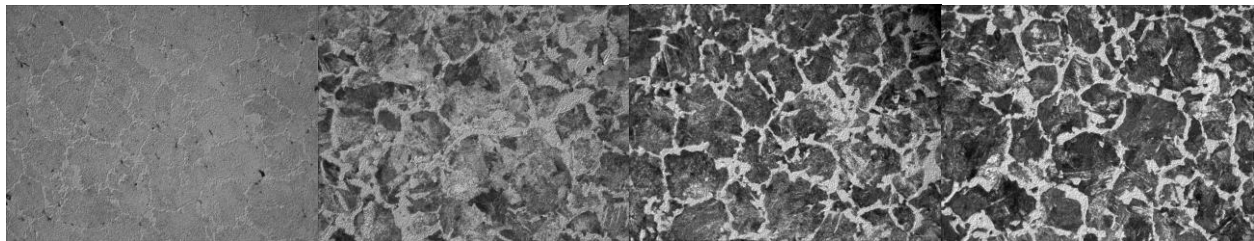
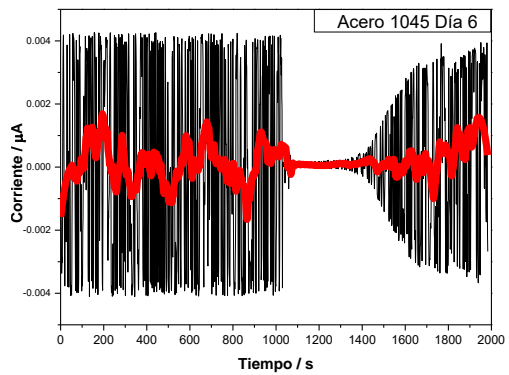
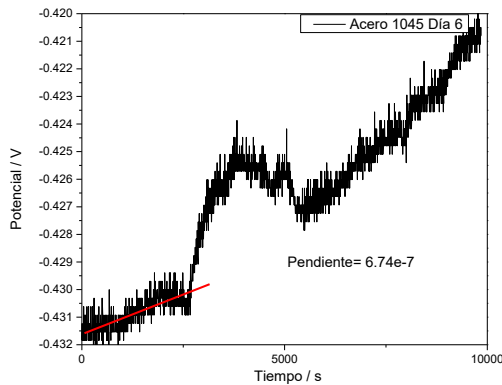
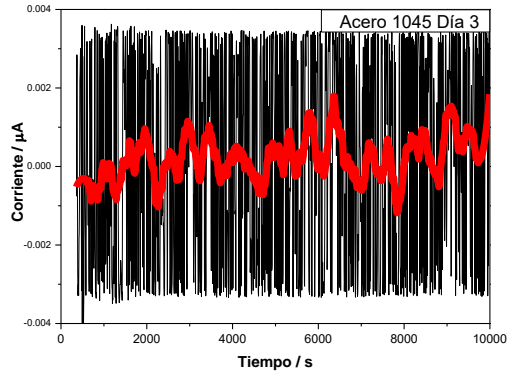
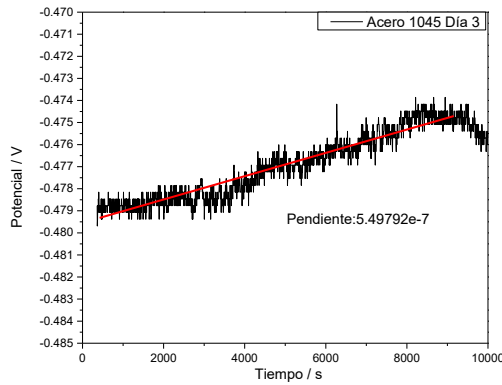
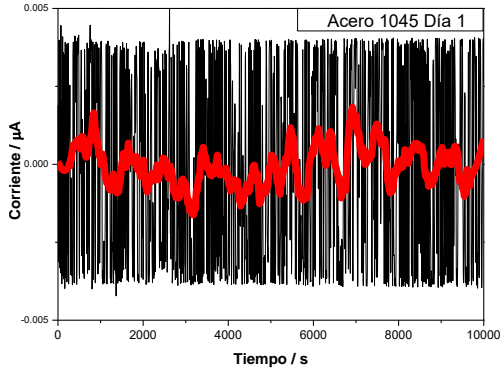
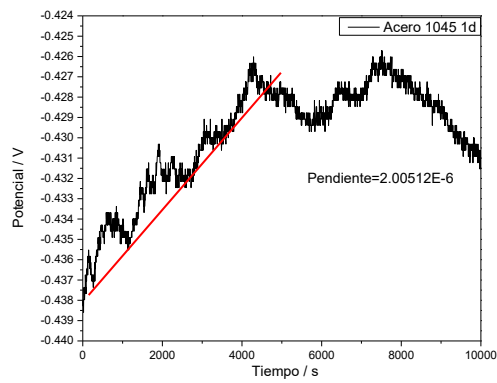
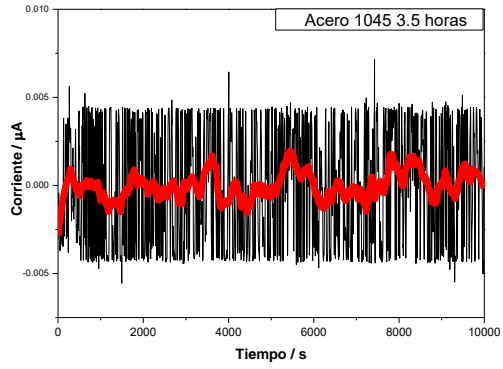
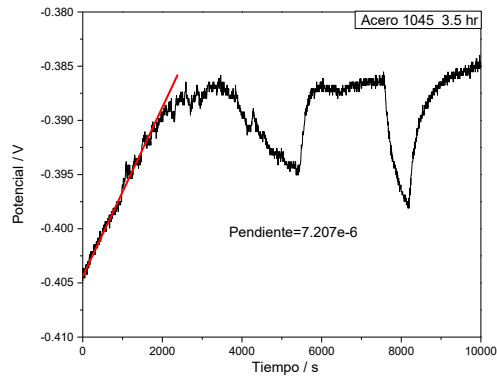


Figura 2. Evolución de los detalles microestructurales del acero 1045 revelado a 2, 4, 6 y 8 segundos con NITAL 2%.

### MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE RUIDO ELECTROQUÍMICO

En la Figura 3 se presentan la respuesta de señal de ruido electroquímico en corriente I ( $\mu$ A) y potencial E (mV) con respecto al tiempo de exposición (3.5h, 1d, 3d, 6d, 8d) en el medio ácido H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, para 10,000 segundos de perturbación del sistema. Se puede observar en las series de tiempo una variación en la intensidad y una variación de los valores de potencial de -390 mV a -458 mV, los cuales muestran una tendencia a valores negativos, por lo tanto, sugiere que la corrosión del acero pudiera ocurrir bajo estas condiciones. Desde las 3 horas hasta el día 6 de exposición en el medio ácido, se mantiene una tendencia a valores de potencial en un sentido positivo, indicando la formación de un recubrimiento de óxido sobre la superficie del acero, el cual podría romperse permitiendo que ocurra la corrosión del acero, esto se observa en el día 8. Este mecanismo es representado por la señal de la corriente que se caracteriza por un comportamiento periódico repetitivo con oscilaciones intensas durante el periodo de prueba.





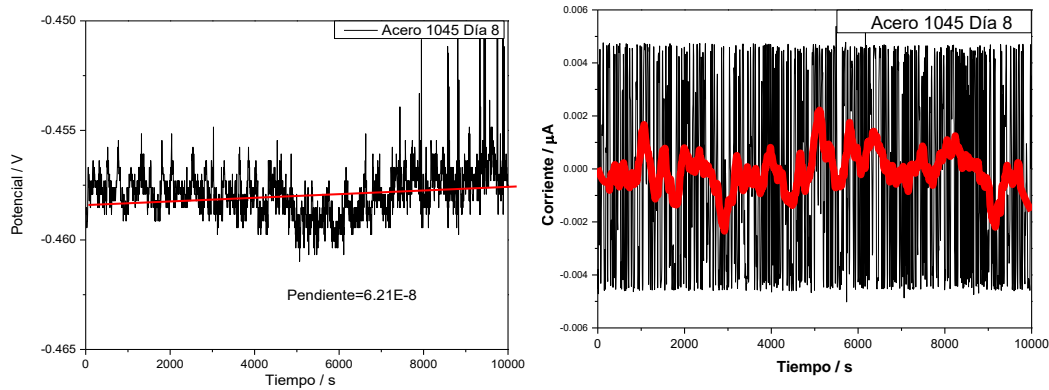


Figura 3. Espectros de series de tiempo (E vs. t, I vs. t) a 10,000 segundos de un acero 1045 inmerso a diferentes tiempos en H2SO4 1M.

**ANÁLISIS FRACTAL**

Esta técnica es usada para el análisis de datos de señales de ruido electroquímico y la identificación del tipo de corrosión, que depende de la herramienta matemática utilizada. Se ha aplicado el análisis fractal, mediante la técnica rango re-escalado, a la serie de tiempo asociada a la respuesta de ruido electroquímico en potencial  $E(mV)$  con la finalidad de encontrar un parámetro descriptor relacionado con el proceso de corrosión. Este análisis y descripción del material se basa en el coeficiente de HURST, el cual es usado para caracterizar la auto correlación de la señal. Al aplicar el análisis fractal sobre la serie de tiempo del ruido electroquímico, se determinan características de autosimilaridad o autoafinidad estadística, es decir, se encuentra que, a diferentes intervalos de tiempo, sus propiedades estadísticas permanecen invariantes. El comportamiento de la señal se caracteriza por el exponente de Hurst el cual puede variar entre 0 y 1. Si el exponente de Hurst está en el intervalo  $0 < H < 0.5$  indica que son procesos antipersistentes, si  $H = 0.5$  se tiene un proceso de camino aleatorio simple, para valores de  $H > 0.5$  y menores a uno indica que se tienen procesos persistentes. El trabajo de Zhang muestra que existe una relación entre el grado de corrosión y la dimensión fractal, coeficiente de Hurst, para la aleación de magnesio AZ91D durante el proceso de corrosión. En el trabajo de Sarmiento trabajando con hierro se muestra que el coeficiente de Hurst para valores mayores de 0.5 indican que la señal de ruido electroquímico es fuerte y persistente y se presenta el proceso de corrosión. Para un valor de  $H < 0.5$  la señal se comportó anti-persistente y la corrosión fue inhibida. Existen distintos métodos para calcular el coeficiente de Hurst, en este trabajo se utilizó el método del rango re-escalado el cual se define en base a la siguiente ecuación:

$$\frac{R}{S}(n) = \frac{1}{S(n)} \left\{ \max_{1 \leq k \leq n} \left( Y_k - \frac{k}{n} Y_n \right) - \min_{1 \leq k \leq n} \left( Y_k - \frac{k}{n} Y_n \right) \right\}$$

Donde para un conjunto de N observaciones,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , de la serie de tiempo, se determina un tamaño de

ventana  $n$  tal que se obtiene un subconjunto  $X_t = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_n\}$  donde  $1 < i < n$ . De donde se obtiene la suma parcial de

$$Y_k = \sum_{t=1}^k X_t \quad \text{y} \quad \bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t$$

los rangos entre el máximo y el mínimo  $1 \leq k \leq n$  la media  $\bar{X}_n$  y la varianza de la muestra.

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X}_n)^2$$

La Figura 4 presenta el análisis de Hurst para acero 1045 expuesto al medio. A la pendiente de la recta obtenida se le conoce como el exponente de Hurst. En la Tabla siguiente se presenta los valores del exponente de Hurst (H) obtenido para los distintos tiempos de exposición del acero 1045 al medio ácido. Para todos los casos el valor del exponente de Hurst indica que se presentan procesos de antipersistencia, es decir la corrosión del acero se ve controlada momentáneamente por un óxido superficial de  $Fe_2O_3$ .

Tiempo	3.5h	1d	3d	6d	8d
Coef. Hurst	0.30944	0.30407	0.2750	0.3053	0.2280

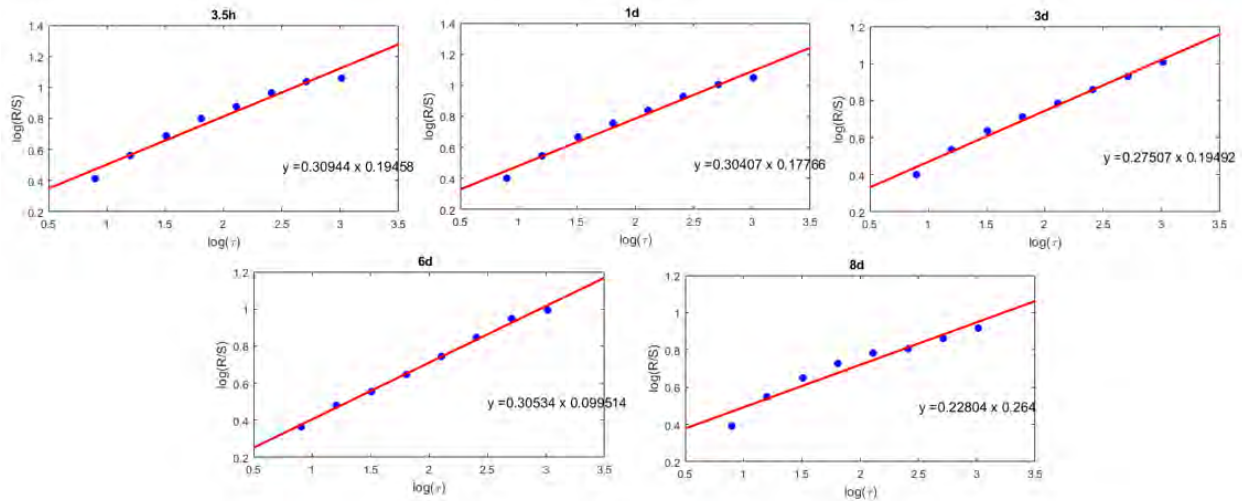


Figura 4. Análisis de HURST mediante rango re-escalado para la respuesta de ruido electroquímico del acero 1045 inmerso en una solución ácida ( $H_2SO_4$  1M) a distintos tiempos de exposición.

Finalmente, los análisis aplicados a las series de tiempo, permitieron identificar patrones muy característicos a la generación del proceso de corrosión o el mecanismo de la formación de un óxido de hierro. Sin embargo, se requiere de mediciones con tiempos prolongados para estimar el inicio de la corrosión en este tipo de aceros.

Por lo tanto, se continúa trabajando en la caracterización por ruido electroquímico y su respectivo tratamiento de los datos experimentales para los aceros 4140, 1018, T15, H3 y O2 en medio ácido, y establecer una red neuronal que pueda predecir el mecanismo de corrosión para cualquier tipo de acero. Por el momento, estos son resultados derivados del proyecto de investigación: Proyecto de Ciencia Básica Aplicada de la UAEM (**Evaluación Matemática de Aceros Industriales y su Comportamiento Electroquímico Mediante Inteligencia Artificial, registro 4365/2017/CI, vigencia 01/06/2017 a 01/06/2018**).

## Referencias

- Verdian, M. M., Raicissi, K., & Salehi, M. (2010). Electrochemical impedance spectroscopy of HVOF-sprayed NiTi intermetallic coatings deposited on AISI 1045 steel. *Journal of Alloys and Compounds*, 507(1), 42-46.
- Wierzhoch, T., Biefliski, P., & Sikorski, K. (1995). Formation and properties of multicomponent and composite borided layers on steel. *Surface and Coatings Technology*, 73(1-2), 121-124.
- B. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman and Company, 1977.
- K. Falconer, *Fractals: A Very Short Introduction*. Very Short Introductions, OUP Oxford, 2013.
- D. M. Mason, "The hurst phenomenon and the rescaled range statistic," *Stochastic Processes and their Applications*, vol. 126, no. 12, pp. 3790 – 3807, 2016.
- Z. Lin, "The law of the iterated logarithm for the rescaled R/S statistics without the second moment," *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 47, no. 8, pp. 1389 – 1396, 2004.
- E. Sarmiento, J.G. González-Rodríguez, J. Uruchurtu, O. Sarmiento, M. Menchaca. *Fractal Analysis of the Corrosion Inhibition of Carbon Steel in a Bromide Solution by Lithium Chromate*. *Int. J. Electrochem. Sci.* 4, 144-155 (2009).
- Zhang, T., Shao, Y., Meng, G. & Wang, F. (2007). Electrochemical noise analysis of the corrosion of AZ91D magnesium alloy in alkaline chloride solution, *Electrochimica Acta*, Vol. 53, No.17, 2007, pp. 561-568, ISSN: 0013-4686.
- W. Sánchez-Ortiz, H. Puebla, M. Palomar-Pardavé, H. Herrera-Hernández, M. Romero-Romo, J. Uruchurtu Chavarín. Análisis de las series de tiempo obtenidas por la técnica de ruido electroquímico en un sistema de corrosión en aceros sensibilizados. *Memorias del Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, CTS050*, pp. 319-329, (2010).

## Notas Biográficas

El **Dr. Héctor Herrera Hernández** es profesor investigador SNI-1 (CONACyT) adscrito a la Universidad Autónoma del Estado de México, quién es responsable del Laboratorio de Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales y Coordinador de investigación. Experto en la aplicación de la técnica de impedancia electroquímica para el monitoreo y control de la corrosión de los materiales que se utilizan en la industria. Líder del Proyecto de Ciencia Básica Aplicada de la UAEM (Evaluación Matemática de Aceros Industriales y su Comportamiento Electroquímico Mediante Inteligencia Artificial, registro 4365/2017/CI). Cuenta con publicaciones científicas en revistas de prestigio internacional JCR, Surface Review and Letters, Materials and Corrosion, Chaos, Solitons and Fractals, Electrochimica acta, Int. Journal of Electrochemical Sci., Corros. Sci., Journal of Solid State Electrochem., Materials Chemistry and Physics, entre otras. [hherrera@uaemex.mx](mailto:hherrera@uaemex.mx)

El **Dr. Victor M. Landassuri Moreno** es profesor e investigador de Ingeniería en Sistemas y Comunicaciones de la Universidad Autónoma del Estado de México (Centro Universitario del Valle de México). Terminó sus estudios de doctorado en la Universidad de Birmingham-Reino Unido, Inglaterra. Es responsable del Laboratorio de Cómputo de Alto Rendimiento, en donde realiza actividades de investigación y es autor de varias publicaciones en revistas de prestigio internacional en temas como redes neuronales artificiales para predicción, uso de nuevos algoritmos evolutivos, análisis por fractales, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial, programación evolutiva, entre otros. Ha tenido cargos académicos como coordinador de estudios avanzados y coordinador de la Maestría en Ciencias de la Computación. [vmlandasurrim@uaemex.mx](mailto:vmlandasurrim@uaemex.mx)

El **Dr. Heriberto Casarrubias Vargas** profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario del Valle de México. Terminó sus estudios de postgrado en el CINVESTAV Unidad Guadalajara, México. Entre las áreas de investigación que desarrolla se encuentran el análisis de datos, modelado matemático, procesamiento de señales, reconocimiento de patrones y procesamiento de imágenes digitales. [heribertocv@gmail.com](mailto:heribertocv@gmail.com)

El **Dr. José Guadalupe Miranda Hernández** es profesor-investigador de la Universidad Autónoma del Estado de México Plantel Valle de México, adscrito al área de Ingeniería Industrial. Investigador en el área de síntesis de nuevos materiales nanoestructurados por métodos no convencionales, desarrollo de materiales cerámicos y biomateriales para aplicaciones médicas. [jgmirandah@uaemex.mx](mailto:jgmirandah@uaemex.mx)

El **C. Ramiro Espinoza Vega** es alumno de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Estado de México (CU Valle de México). Actualmente desarrolla actividades de investigación para su tesis "Redes Neuronales Artificiales para el estudio electroquímico de recubrimientos metálicos obtenidos por difusión atómica" bajo la dirección del Dr. Héctor Herrera Hernández. Además, realizó una estancia de investigación en el CIDETEQ. [ramiroinn@hotmail.com](mailto:ramiroinn@hotmail.com)

El **Dr. Jorge Morales Hernández**, es investigador titular en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) donde ha desarrollado el área de recubrimientos funcionales resistentes a la corrosión-erosión aplicados en el estado sólido a través de las técnicas de rociado térmico y vaporización física (PVD). También ha integrado el laboratorio de corrosión a baja y alta temperatura donde es posible evaluar recubrimientos en condiciones estáticas y dinámicas como lo es la corrosión asistida bajo esfuerzos a diferentes temperaturas. [jmorales@cideteq.mx](mailto:jmorales@cideteq.mx)

El **Dr. Jesús Vargas Hernández** es profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México Plantel Valle de México, adscrito al área de Ingeniería Industrial. Cuenta con una Maestría en Ingeniería Metalúrgica por parte del Instituto Politécnico Nacional. Es Dr. En Tecnología Avanzada por parte del Instituto Politécnico Nacional y Dr. En Física por parte de la Universidad de Maine en Francia. Investigador en el área de fotocatalisis, celdas solares y materiales. [jesush7@hotmail.com](mailto:jesush7@hotmail.com)

# PLATAFORMA VIRTUAL DE UN PVTOL PARA EVALUAR ALGORITMOS DE CONTROL

Herrera López Mili Margarita<sup>1</sup>, David Lara Alabazares<sup>2</sup>,  
Federico Ampudia Ramírez<sup>3</sup> y Gerardo Romero Galván<sup>4</sup>

**Resumen**—Presentamos aquí el desarrollo de una plataforma virtual de un vehículo aéreo no tripulado del tipo planar con despegue y aterrizaje vertical conocido como PVTOL (planar vertical takeoff and landing). Se hace uso del diseño asistido por computadora (SOLIDWORKS) para construir la interface gráfica la cual se enlaza con SIMULINK MATLAB para crear un entorno y la animación del vehículo. En la simulación se implementa el modelo matemático simplificado y se le aplican dos estrategias de control para validar el desempeño de estas. Los resultados de plataforma son coincidentes con los obtenidos en la literatura, por lo tanto esta puede ser utilizada para fines didácticos y de validación rápida de nuevas estrategias de control.

**Palabras clave**—Control lineal, PVTOL, UAVS, Simulación.

## Introducción

El aumento, en los últimos años, en el estudio de los vehículos aéreos no tripulados o UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) se debe a que sus aplicaciones en la inspección, la vigilancia, el monitoreo y la seguridad se han extendido (Valavanis, 2007 y Lyon, 2004). La investigación en este campo ha madurado tecnológicamente, aunque el problema de control de UAVS es complejo debido a los nuevos requerimientos y misiones tanto en configuración de ala fija, helicópteros, dirigibles y entre otros tipos de aeronaves. La dinámica completa de estos artefactos, incluyendo la aerodinámica, la flexibilidad y la dinámica de los actuadores, es difícil de aplicar para efectos de control. Una opción viable para el diseño de control es considerar el modelo de despegue y aterrizaje vertical restringido a plano conocido como PVTOL (Planar Vertical Take-Off Landing), el cual tiene un número mínimo de estados y entradas, haciéndolo ideal para validar nuevos algoritmos de control (Fantoni et al, 2002). La literatura concerniente a esta configuración cita el trabajo pionero en el que se plantea un control retroalimentado basado en una aproximación de fase mínima del sistema PVTOL para obtener un seguimiento acotado y estabilidad asintótica (Hauser et al, 1992). Un control de seguimiento no lineal fue propuesto por (Al-Hiddabi et al, 1999) aplicado al maneuver agresivo y no agresivo en trayectorias circulares del vehículo. Un algoritmo de control robusto óptimo se utilizó en (Lin et al, 1999) en vuelo estacionario considerando la dinámica de fase no mínima. Un algoritmo de control con restricciones en la entrada se planteó en (Castillo et al, 2002) para que la aceleración del vehículo satisfaga consignas. Un control con dos niveles de funciones de saturación no lineales su uso en (Zavala et al, 2003) para estabilizar globalmente el PVTOL. En (Do et al, 2003) se diseñó un control con retroalimentación de salida basado en un observador no lineal para el seguimiento de una trayectoria de referencia. En (Wood et al, 2005 y Wood et al 2007) se usó el modelo PVTOL con efectos aerodinámicos para estabilizar un cohete con un control no lineal en cascada optimizado con un cambio de coordenadas del sistema, luego se usó una estructura en cascada alternativa minimizando el término de interconexión en lazo cerrado entre subsistemas. En (Rejón et al, 2006) se diseñó un observador discreto que estima la posición y velocidad angular a partir de la posición x-y para estabilizar localmente el vehículo en el punto de operación. En (Fryw et al, 2010) se desarrolló un observador de convergencia rápida en retroalimentación de salida con la técnica de control convergente de tiempo finito. (Ailon, A, 2014) estudió un control no lineal de entradas acotadas con funciones suaves en lugar de funciones saturación. Del compendio de documentos mencionados anteriormente, puede apreciarse que hay una variedad de técnicas de control para la estabilización del PVTOL cuyos resultados en su mayor parte han sido validados en forma de simulación numérica, y en algunos casos se han desarrollado plataformas experimentales. La elaboración de plataformas experimentales es una actividad que lleva tiempo y recursos permitiendo ver con claridad los resultados. Por otro lado los trabajos que se apoyan en la simulación solo aprecian los datos en forma de tablas o gráficas, sin la posibilidad de visualizar el comportamiento realista del sistema. Por lo tanto presentamos el desarrollo

<sup>1</sup>La Ing. Herrera López es estudiante de la Maestría en Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT). [bel\\_air@hotmail.co.jp](mailto:bel_air@hotmail.co.jp)

<sup>2</sup>El Dr. Lara Alabazares es Profesor investigador en la UAT, [dlara@docentes.uat.edu.mx](mailto:dlara@docentes.uat.edu.mx) además es profesor en el Instituto Tecnológico de Reynosa en el área de mecatrónica. (autor correspondiente)

<sup>3</sup>El Ing. Ampudia Ramírez es Académico en Universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte, [Federico.ampudia@gmail.com](mailto:Federico.ampudia@gmail.com)

<sup>4</sup>El Dr. Romero Galván es Profesor investigador en la UAT [gromero@docentes.uat.edu.mx](mailto:gromero@docentes.uat.edu.mx).

de una plataforma virtual animada de un PVTOL. La idea es utilizar el diseño asistido por computadora para elaborar un prototipo virtual el cual se enlaza con el programa SIMULINK de MatLab, para que de esta forma apreciar al momento de ejecutar la simulación el comportamiento del PVTOL. Este trabajo se organiza de la siguiente manera: La sección dos muestra la obtención del modelo dinámico, la sección tres brinda la metodología propuesta, mientras que en la sección cuatro se presentan los resultados de la simulación del PVTOL y finalmente, en la sección cinco, se presentan las conclusiones de este trabajo de investigación.

### Descripción del Método

#### Modelo Matemático del PVTOL

La dinámica de un cuerpo rígido en el espacio puede representarse por el siguiente grupo de ecuaciones diferenciales, que representan la posición (3), la fuerza (4) y los momentos (5) que actúan sobre el objeto (Stevens B. L. et al, 2003). La ecuación de cinemática (2) relaciona las velocidades angulares del marco de referencia inercial  $F_e$  y el marco del cuerpo  $F_b$ . La ecuación (1) representa matriz de rotación de  $F_b$  con respecto a  $F_e$  y está en función de los ángulos de Euler  $\Phi = [\phi \ \theta \ \psi]$ . La figura 1 muestra el esquema de fuerzas y momentos que actúan en el PVTOL consideradas en el modelado. Además debido a que el vehículo está restringido al plano y-z, la rotación de éste es sobre el eje x, en la misma figura se dan las matrices de rotación  $C_{b/n}$  y cinemática  $H(\phi)$ .

$$C_{b/n} = f_n(\Phi) \tag{1}$$

$$\dot{\phi} = H(\Phi) \omega_{b/e}^b \tag{2}$$

$${}^e P_{CM/T}^n = C_{n/b} v_{CM/e}^e \tag{3}$$

$${}^b \dot{V}_{CM/e}^b = (1/m) F_{A,T}^b + C_{b/n} g^n - \Omega_{b/e}^b V_{CM/e}^b \tag{4}$$

$${}^b \dot{\omega}_{b/e}^b = (J^b)^{-1} [M_{A/T}^b - \Omega_{b/e}^b J^b \omega_{b/e}^b] \tag{5}$$

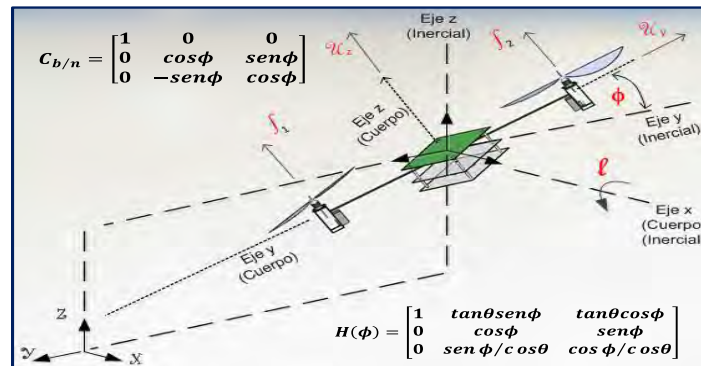


Figura 1. Esquema de Fuerzas y momentos del PVTOL.

La velocidad angular en el marco del cuerpo está dado por el vector  $\omega_{b/e}^b = [P \ Q \ R]^T$ . Asumiendo que el PVTOL rota solamente sobre el eje x, entonces se tiene solamente la componente P, por lo que la ecuación de cinemática se reduce de la siguiente forma  $\dot{\phi} = P$ . Sustituyendo  $C_{b/n}$ , y asumiendo que la velocidad de CM con respecto a  $F_e$  tiene componentes  $v_{CM/e}^e = [0 \ V_y \ V_z]^T$  y la posición del vehículo tiene componentes  $p_{cm} = [0 \ V_y \ V_z]^T$  entonces sustituyendo la ecuación (3), aplicando la inversa y derivando se obtiene:

$$\dot{V}_y = -\dot{\phi} \sin\phi \dot{Y} + \cos\phi \ddot{Y} + \dot{\phi} \cos\phi \dot{Z} + \sin\phi \ddot{Z} \quad \text{y} \quad \dot{V}_z = -\dot{\phi} \cos\phi \dot{Y} - \sin\phi \ddot{Y} - \dot{\phi} \sin\phi \dot{Z} + \cos\phi \ddot{Z} \tag{6}$$

El vector de fuerzas es  $F_{A,T} = [F_x \ F_y \ F_z]^T = [0 \ U_y \ U_z]^T$ , el vector de gravedad  $g^n = [0 \ 0 \ g_D]^T$  y la matriz producto punto  $\Omega_{b/e}^b$  es una matriz anti simétrica de elementos  $[P \ 0 \ 0]$ . Sustituyendo estos vectores en (4) resulta la ecuación de fuerzas siguiente:

$$\dot{V}_y = \frac{U_y}{m} + \sin\phi g_D + P V_z \quad \text{y} \quad \dot{V}_z = \frac{U_z}{m} + \cos\phi g_D + P V_y \tag{7}$$

Asociando (6) con (7) y resolviendo para la aceleración se obtienen las ecuaciones de la dinámica de traslación:

$$\ddot{Y} = \frac{U_z}{m} \sin\phi + \frac{U_y}{m} \cos\phi \quad \text{y} \quad \ddot{Z} = \frac{U_z}{m} \cos\phi + \frac{U_y}{m} \sin\phi - g_D \tag{8}$$



El vector de momentos se define como  $M_{A,T}^b = [\ell 0 0]^T$ . La matriz de inercia solamente tiene su diagonal principal como  $diag = [J_x \ 0 \ 0]$  los demás elementos son cero, por lo tanto la ecuación (5) se reduce solamente a  $\ddot{\phi} = \ell/J_x$ . La fuerza lateral  $U_y$  puede relacionarse al momento de balanceo  $\ell$  mediante una constante  $\epsilon_0$ , es decir  $U_y = \epsilon_0 \ell$ ; en realidad el termino  $\epsilon_0$  representa la aceleración de transporte, es decir, caracteriza el acoplamiento entre el momento angular y la aceleración angular del PVTOL. La constante  $g_D$  es la aceleración gravitacional, la cual va dirigida hacia abajo, por lo tanto puede usarse el termino  $-g$ . Bajo estas últimas consideraciones se tiene el modelo completo:

$$\dot{Y} = \frac{U_z}{m} \text{sen}\phi + \frac{\epsilon_0 \ell}{m} \text{cos}\phi, \quad \dot{Z} = \frac{U_z}{m} \text{cos}\phi + \frac{\epsilon_0 \ell}{m} \text{sen}\phi - g \quad \text{y} \quad \ddot{\phi} = \frac{\ell}{J_x} \quad (9)$$

Dividiendo el sistema entre  $g$  y definiendo las siguientes variables  $y = Y/g$ ,  $z = Z/g$ ,  $u_t = U_z/mg$ ,  $u_m = \ell/J_x$  y  $\epsilon = \epsilon_0 J_x/mg$ , se tiene lo que se conoce como el modelo normalizado:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= u_t \text{sen}\phi + \epsilon u_m \text{cos}\phi \\ \dot{z} &= u_t \text{cos}\phi + \epsilon u_m \text{sen}\phi - 1 \\ \ddot{\phi} &= u_m \end{aligned} \quad (10)$$

Este modelo será implementado en primer lugar en la simulación, cuyas variables interactuaran con el objeto importado del CAD.

### Algoritmos de Control

El control en lazo cerrado lo realiza el controlador, cuya implementación es un bloque o subrutina de un programa. Este actúa continuamente corrigiendo los efectos de desajuste de variable controlada debido a cambios en el valor deseado, en la carga y perturbaciones, enviando una señal de corrección, en función del error, a los actuadores con el propósito de restablecer la salida en el valores deseados. La forma en que el controlador determina la salida se llama modo de control. En este trabajo se aplicarán el controlador PID y el control basado en saturaciones anidadas.

**El control PID:** Este controlador reúne la acciones proporcional, derivativa e integral y la ecuación del controlador se describe como:

$$y = y_0 + K_p \left( e + \frac{1}{\tau_i} \int e \, dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right) \quad (11)$$

Donde  $y$ , es la salida del controlador,  $e = x_d - x_m$ , es el error o desviación,  $x_d$  es el punto de consigna,  $x_m$  es la señal de medida,  $K_p$  es la ganancia,  $\tau_i$  es el tiempo integral,  $\tau_d$  es el tiempo derivativo y  $y_0$  es la salida inicial del controlador, para  $t = 0$ . El diagrama a bloques de este control en simulación se muestra en la figura 2-a, y en el caso del PVTOL puede usarse como se muestra en la figura 2-b, en dos lazos relacionados. El primero el lazo interno que controla la posición angular, y el externo que controla la posición.

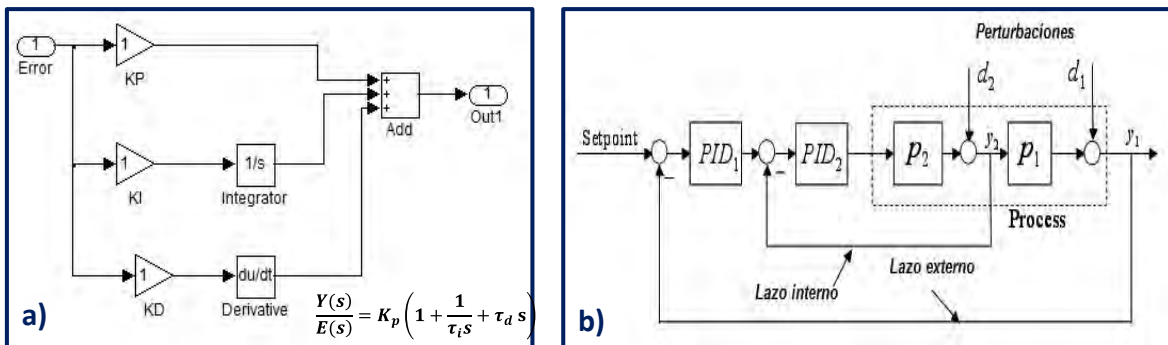


Figura 2. Control PID en simulación

**El controlador basado en saturaciones anidadas:** Este controlador usa la función saturación  $\sigma(x)$  como elemento principal, la cual se define de la siguiente manera (Teel, 1992), Sea  $a > 0$  una constante entonces:

$$\sigma(x) = \begin{cases} a & \forall x > a \\ x & \forall -a \leq x \leq a \\ -a & \forall x < -a \end{cases} \quad (12)$$

Esta ley de control, basada en Lyapunov (Khalil, 1996), es aplicable para sistemas que pueden ser representados como integradores en cascada, tal como el caso de (Castillo et al, 2004) en el que se asume que el coeficiente  $\epsilon = 0$ , y la altura está controlada, entonces queda un subsistema representado por cuatro integradores en cascada. La idea general

de esta ley de control es utilizar funciones de saturación donde  $a_1 < a_2 < a_3 \dots < a_n$ , es decir las cotas de la saturación previa son menores que las cotas de la saturación siguiente, de tal forma que cada variable de menos peso puede irse omitiendo en la saturación subsecuente dado a que será sustituido por la función de saturación anterior, tal como se muestra en la figura 3.

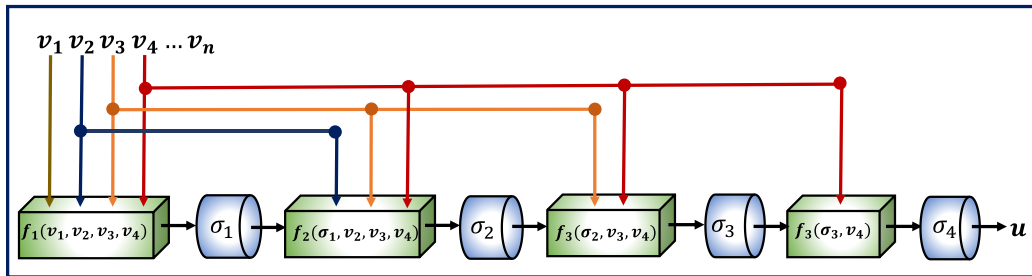


Figura 3. Esquema de la función saturación.

Por lo tanto la ley de control basada en saturaciones implementada en el PVTOL es la siguiente:

$$u_m = \sigma_1 \left( \dot{\phi} + \sigma_2 \left( \dot{\phi} + \phi + \sigma_3 \left( \dot{\phi} + 2\phi + \frac{\dot{y}}{g} + \sigma_3 \left( \dot{\phi} + 3\phi + 3\frac{\dot{y}}{g} + \frac{y}{g} \right) \right) \right) \right) \quad (13)$$

#### Diseño del PVTOL en un entorno virtual

En la actualidad se hace uso de distintos softwares de diseño para realizar entornos virtuales de sistemas físicos, tal como el que se pretende elaborar. Sin embargo existen algunos que se actualizan constantemente y son capaces de permitir simulaciones del funcionamiento que presentará el sistema antes de iniciar su implementación o construcción. Esto permite, además reducir costos y tiempo de manufactura puesto que la simulación permite detectar si el ensamblaje no funciona de la manera deseada. Por esta razón, se hizo uso del programa CAD SolidWorks para el diseño virtual de la plataforma de tipo PVTOL, Este software permite un fácil diseño de piezas en tres pasos generales, tal como se muestra en la figura 2(a) donde cada pieza se elabora realizando un croquis en el plano, luego se hace la extrusión de la pieza, (dependiendo de la forma este proceso se repite en diferentes caras o planos), finalmente se especifica el material y características del mismo. En las figuras 4b-e, podemos observar tanto el dibujo del bastidor principal, como el de la pala, el motor y el montaje de este último, respectivamente. Una vez finalizada la elaboración de cada uno de los elementos se procede a crear un ensamblaje, en donde, por medio de uniones se estructura el prototipo completo, tal y como se muestra en la figura 4f.

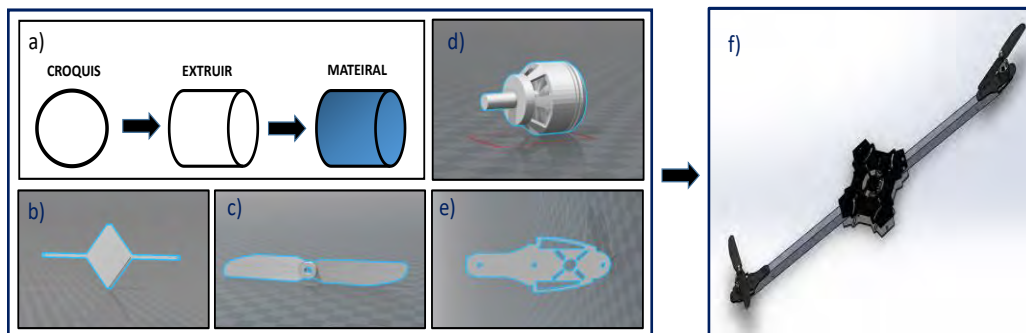


Figura 4. Principales piezas del PVTOL en tercera dimensión.

**Transferencia del modelo CAD a Matlab y Simulink:** Matlab es una herramienta computacional utilizada para resolver problemas matemáticos, particularmente los que involucran el control automático. Por esta razón será utilizado como plataforma para evaluar diferentes algoritmos de control, que con ayuda del SIMULINK que permite simular procesos a partir del modelo matemático y del SIMSCAPE que hace posible importar un objeto de SolidWorks hacia Matlab. Para realizar la importación o fusión, en primer lugar se deben instalar los complementos de ambos programas de desarrollo, el simmechanics y simscape. Luego se realiza la exportación a partir del diseño CAD,

creando archivos de simmechanics de segunda generación, cuyos tipos llevan extensiones \*.STL y \*.XML y serán reconocidos por Simscape en MATLAB. Para utilizar el ensamblaje en MATLAB se debe importar el archivo XML, el cual produce en forma inmediata un diagrama a bloques que representa el funcionamiento del mecanismo según las uniones a las que fueron sometidos los elementos durante la elaboración del ensamblaje en SolidWorks. En la figura 5-a se muestra parte del diagrama de bloques del prototipo arrojado por Simscape en Simulink. Una vez importado el diagrama a bloques del objeto de SolidWorks, este puede trabajar en conjunto con el diagrama a bloques del sistema modelado matemáticamente. Este sistema consta de la planta representada en función de transferencia o bien en espacio de estados. La ley de control puede ser desde un control PID o bien un control lineal o un control no lineal, según sea el caso de análisis. Es importante mencionar que la mayoría de modelos están basados en parámetros, los cuales deben estimarse experimentalmente o bien se toman de publicaciones existentes. En general, al ejecutar el conjunto en la simulación, permite al usuario observar las gráficas de las principales variables, así como la animación del prototipo, tal como se muestra en la siguiente figura 5-b

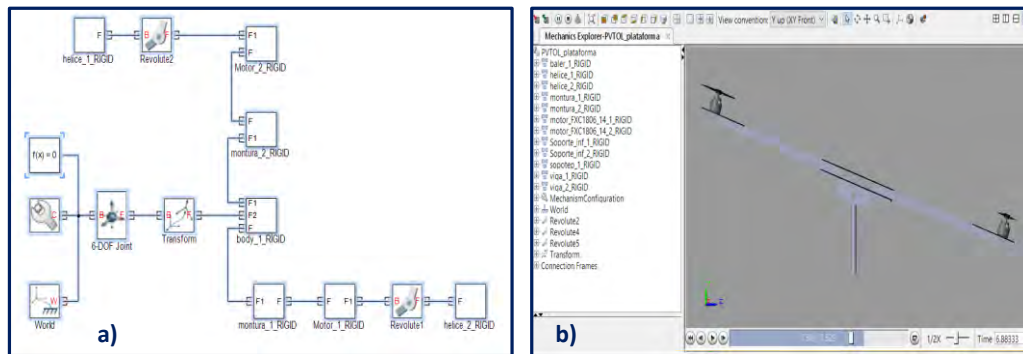


Figura 5. Transferencia a Simulink.

### Evaluación del sistema

La implementación del sistema en simulación, mostrado en la figura 5, consta esencialmente del bloque del modelo del PVTOL en el cual tiene como entradas  $U_1$  que representa la suma de las fuerzas colectivas de propulsión de los rotores, la cual tiene efecto directo en la posición vertical y es controlada en este caso por un controlador lineal del tipo PID. La segunda entrada  $U_2$  representa el momento o diferencias de fuerzas ejercidas por los rotores, la cual controla la posición angular así como la posición en el eje Y. En este caso el controlador basado en saturaciones es el que permite controlar estas dos variables o estados. Este bloque recibe los estados  $[\phi \ \dot{\phi} \ y \ \dot{y}]$  para calcular la ecuación (13). El bloque correspondiente a animación es que permite visualizar el comportamiento apegado a la realidad de la plataforma desarrollada en diseño asistido por computadora.

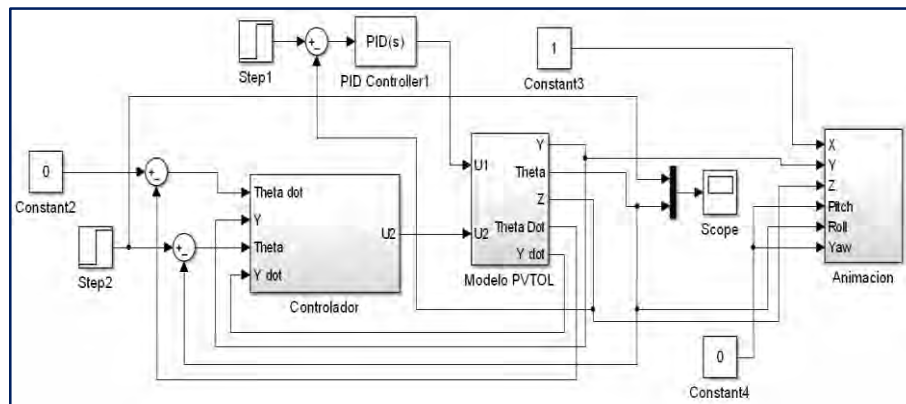


Figura 5. Implementación en simulación.

La respuesta de las salidas se muestra en las gráficas de la figura 6, en el que se cambia la consigna de la posición Y (figura 6-a) y esta es alcanzada después de 18 segundos. Se puede apreciar la respuesta de la posición angular cuando el vehículo intenta llegar a la posición Y asignada.

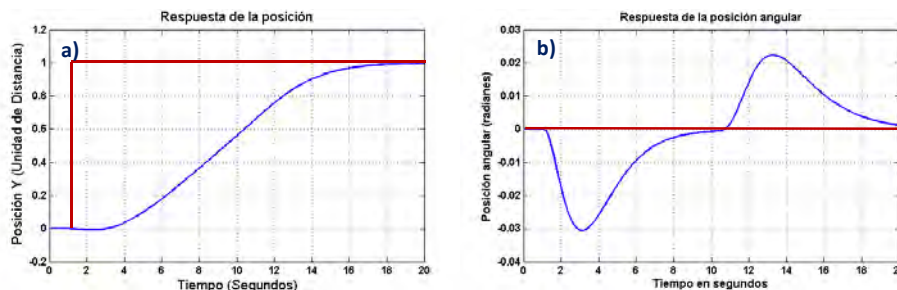


Figura 5. Respuesta de la posición Y y el ángulo de roll.

Además en el link [https://1drv.ms/v/s!As6rshImvzk0gzmedWcZLz\\_w90K3](https://1drv.ms/v/s!As6rshImvzk0gzmedWcZLz_w90K3) se puede observar una muestra de la animación del movimiento del PVTOL en el sentido del roll (inclinación).

### Conclusiones y Discusiones

La implementación del sistema en simulación, mostrado en las figuras previas ha demostrado la factibilidad de este tipo de desarrollos. La metodología consistió en obtener el modelo matemático el cual puede ser simplificado o bien lo más completo posible, dependiendo de los requerimientos de control. Se presentaron brevemente dos estrategias de control que se pueden emplear en forma práctica y que han sido probadas en varias publicaciones. El diseño de la plataforma del PVTOL en el programa SOLIDWORKS permitió visualizar cada componente y exportar este objeto para utilizarlo en MATLAB. En la simulación completa se implementó el modelo matemático junto con el controlador y el bloque de interface de simulación. Los parámetros de la simulación fueron tomados de la literatura existente y mencionada en la introducción. Los resultados de la simulación permitieron ver que los estados se comportan como se previó y son coincidentes con los obtenidos en la literatura. Como trabajo futuro se pueden probar otras estrategias de control para que se pueda utilizar para fines didácticos prototipaje rápido en software.

### Referencias

1. Valavanis, K. *Advances in Unmanned Aerial Vehicles* (1st Edition). The Netherlands: Springer, 2007
2. Lyon, D. A military perspective on small unmanned aerial vehicles. *IEEE instrumentation and measurement magazine*, 27-31, September 2004.
3. Fantoni, I., Lozano, R., & Castillo, P. A simple stabilization algorithm for the PVTOL aircraft. 15th IFAC World Congress, Spain., 2002.
4. Hauser, J., Sastry, S., & Meyer, G., Nonlinear control design for stability nonminimum phase systems: Application to V/STOL aircraft. *Automatica*, 28(4), 665–679., 1992
5. Al-hiddabi, S., Shen, J., & McClamroch, N. H., A study of flight maneuvers for the PVTOL aircraft model. *Proceedings of the American Control Conference*. San Diego, California, USA., 1999.
6. Lin, F., Zhang, W., & Brandt, R. Robust Hovering Control of a PVTOL. *Transactions on control systems technology*, 7(3), 343–351, 1999.
7. Castillo, P., Lozano, R., Fantoni, I., & Dzul A., Control design for the PVTOL aircraft with arbitrary bounds on the acceleration. *Proceedings of the 41st IEEE Conference on Decision and control*. Las Vegas, USA, 2002.
8. Zavala, A., Fantoni, I., & Lozano, R., Global stabilization of a PVTOL aircraft model with bounded inputs. *IJC*, 76(18), 1833–1844, 2003.
9. Do, K. D., Jiang, Z. P., & Pan, J. On global tracking control of a VTOL aircraft without velocity measurements. *IEEE TAC*, 48(12), 221, 2003.
10. Wood, R., Cazzolato, B., & Halim, D. A global non-linear control design for a PVTOL vehicle with aerodynamics. *Proceeding of the 44th IEEE conference on decision and control, and the European Control Conference*, Spain (pp. 7478–7483), 2005
11. Wood, R., & Cazzolato, B., An alternative nonlinear control law for the global stabilization of the PVTOL vehicle. *IEEE TAC*, 52(7), 2007
12. Rejón, V., & Aranda-Bricaire, E. Discrete-time stabilization of a PVTOL without roll angle and velocities measurement. *Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control* pp. 1521–1526. San Diego, CA, USA, 2006.
13. Fryw, M. T., Ding, S., Quin, C., & Lin. Fast convergent observer design for output feedback stabilisation of a planar vertical takeoff and landing aircraft. *IET Control Theory and Applications*, 4(4), 690–700, 2010.
14. Ailon, A., Simple tracking controllers for autonomous VTOL aircraft with bounded inputs. *IEEE TAC*, 55(3), 2010
15. Stevens, B. L., & Lewis, F. L., *Aircraft Control and Simulation*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2003.
16. A. R. Teel. Global stabilization and restricted tracking for multiple integrators with bounded controls. *Systems & Control Letters*, 18(3):165–171, March 1992
17. Khalil, H. K. (1996). *Nonlinear Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
18. Castillo, P., Dzul, A., & Lozano, R. Real-Time Stabilization and Tracking of a Four-Rotor Mini Rotorcraft. *IEEE Transactions on control system technology*, 12(4), 510–517, 2004

### Notas Biográficas

**Mily Herrera** Recibió el grado de ingeniero mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Reynosa en el 2015, actualmente es estudiante de Maestría en la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

**David Lara** Obtuvo el grado en I.E. en el IT de Cd. Madero en 1996, el grado de Maestría en Control en la UAT en el 2001 y Doctorado en Mecatrónica en la UTC, Francia en el 2007. Es profesor investigador en la UAT-Reynosa y su área de interés en el control mecatrónico y UAVs.

**Federico Ampudia** Recibió el grado de ingeniero mecatrónica en la Universidad Veracruzana en 2009, actualmente es estudiante de Maestría en la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

**Gerardo Romero** obtuvo los grados de ingeniero, maestro y doctorado en control automático en la Universidad Autónoma de Nuevo Leon en 1990, 1993 and 1997, respectivamente. Es el jefe de posgrado en la UAT-Reynosa desde 1999, su área de investigación es el control robusto.