

Síntesis de MOF-5 para la adsorción de hidrógeno, metano y dióxido de carbono

Ing. Viridiana Velasco Flores¹, Dra. Elba Ortiz², Dra. Sandra Loera Serna³

Resumen— *Metal-Organic Frameworks (MOFs)*, son una nueva clase de materiales cristalinos con porosidad intrínseca que son empleados como alternativa para el almacenamiento de gases como dióxido de carbono, metano e hidrógeno. En el siguiente trabajo se presentan los resultados obtenidos correspondientes a la adsorción de los gases mencionados para la MOF constituida por centros metálicos de zinc y el ligante orgánico 1,4-benzenodicarboxilato, sintetizada por una metodología a temperatura ambiente, con trietilamina como precursor, y una metodología a partir de altas temperaturas con la aplicación de ondas ultrasónicas. Dichos resultados indican que la máxima adsorción de dióxido de carbono, metano e hidrógeno se presentó en la MOF sintetizada por el método hidrotérmico apoyado de ondas ultrasónicas, con un valor máximo de 47.67 % peso de dióxido de carbono a 15.3 bar, 17.15% peso para metano a 12.11 bar y 11.56 % en peso para hidrógeno a 9.5 bar.

Palabras clave— Adsorción, metal organic framework, metano, dióxido de carbono, hidrógeno.

Introducción

La necesidad de investigar y desarrollar nuevos materiales que permitan el almacenamiento de gases en su estructura, es debido a la creciente contaminación atmosférica que se ha convertido en uno de los principales retos ambientales a enfrentar. Diversos efectos han sido ocasionados a través de los años por emisiones de contaminantes, los cuales han generado un impacto global negativo en la calidad del aire. La adsorción es considerada superior a otras técnicas para remover este tipo de fluidos contaminantes de corrientes gaseosas, debido a su eficiencia determinada por sus costos comparativamente bajos, la simplicidad del diseño, la operación fácil, los productos secundarios nocivos bajos, su capacidad de adsorción, la selectividad para compuestos específicos, la durabilidad y la fácil regeneración de adsorbentes (Zhou et al., 2007).

La MOF-5, en particular, ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos años debido a sus altas capacidades de almacenamiento de hidrógeno y otros gases de interés ambiental y/o energético, es por ello que se encuentra reportado un amplio conjunto de condiciones y procedimientos para la síntesis de dicho material cristalino.

A consecuencia de que las MOFs son materiales híbridos, cuyo tamaño de poro puede ser variado dependiendo del centro metálico y el ligante orgánico, la capacidad de adsorción de gases como dióxido de carbono, metano e hidrógeno aumenta a altas presiones, debido a que en presión atmosférica sólo se ve favorecida para sólidos con tamaño de poro menores de 0.8 nm y en presión de vacío se ve favorecida para sólidos con poros de 0.5 nm (Li et al., 2008). Es por ello que se determinaron propiedades características de la MOF-5 sintetizadas mediante, temperatura ambiente sin trietilamina, con trietilamina y sonicada, así como sus respectivas capacidades de adsorción de dióxido de carbono, metano e hidrógeno de cada sólido obtenido.

Descripción del Método

Síntesis a temperatura ambiente

Se pesaron 5.6732 g de acetato de zinc dihidratado y se diluyeron con 167 mL de DMF en un matraz Erlenmeyer. En otro matraz se agregó 1.7009 g de ácido tereftálico que se mezcló con 130 mL del mismo solvente. Una vez que se logró la disolución de los sólidos, la solución de acetato de zinc se agregó a la solución del ácido tereftálico gota a gota. Inmediatamente se observó la formación de una solución blanquizca la cual se dejó en agitación por 2 horas y media.

¹ Ing. Viridiana Velasco Flores es egresada de la carrera de ingeniería química de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México. vvflores83@gmail.com

² La Dra. Elba Ortiz es Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México mariaelbaortiz@gmail.com

³ La Dra. Sandra Loera Serna es Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México sls@correo.azc.uam.mx (autor corresponsal)

Una vez pasado el tiempo de agitación, se centrifugó por 40 minutos y el precipitado obtenido se dejó por 12 horas con 100 mL de DMF sin agitación para nuevamente ser centrifugada. A fin de remover el solvente, el precipitado permaneció en 200 mL de cloroformo durante 12 días cambiándolo alternadamente; el segundo, el tercero y por último el séptimo día, centrifugando por 60 minutos en cada día correspondiente.

Al observar que el sólido, una vez libre de cloroformo, era capaz de secarse en poco tiempo sin necesidad de bajas presiones y altas temperaturas, se propuso que una parte de él se dejara secar a temperatura ambiente y la otra parte se llevara a secado en 120°C y presión de vacío durante seis horas. Finalmente se prosiguió con los métodos de caracterización, propuestos anteriormente, para determinar diferencias entre el sólido pretratado y el sólido secado a temperatura ambiente.

Síntesis a temperatura ambiente con trietilamina

En esta síntesis, parecida a la anterior a excepción de la adición de trietilamina, se disolvieron 5.6643 g de acetato de zinc dihidratado en 166.67 mL de DMF. En otro matraz se agregó 1.6913 g de ácido tereftálico, 133.3 mL de DMF y 2.83 mL de trietilamina. Una vez diluidos los dos sólidos se agregó gota a gota la solución correspondiente al acetato de zinc.

Al igual que en el anterior método, la solución blanquizca formada se dejó en agitación por 2 horas y media. Una vez pasado el tiempo de agitación, se centrifugó la solución por 20 minutos y el precipitado obtenido se dejó por 12 horas con 100 mL de dimetilformamida, sin agitación para nuevamente ser centrifugada. El lavado del sólido formado se llevó a cabo de la misma manera que el anterior método, dejando el precipitado en cloroformo durante 12 días cambiándolo alternadamente; el segundo, el tercero y, por último, el séptimo día, centrifugando en cada uno de ellos durante 20 minutos.

Así mismo se observó que el sólido, una vez libre de cloroformo, era capaz de secarse en poco tiempo sin necesidad de bajas presiones y altas temperaturas. Es por ello que se propuso dejar secar a temperatura ambiente una parte del sólido mientras que la otra parte se llevó a secado a 120°C y presión de vacío durante seis horas. De igual manera se prosiguió con los métodos de caracterización para determinar diferencias entre el sólido pretratado y el sólido secado a temperatura ambiente.

Síntesis a altas temperaturas con ondas ultrasónicas.

En un vaso de precipitados se agregó 0.5 g de ácido tereftálico en 20 mL de DMF hasta su disolución. En un vaso aparte se agregó 1.6515 g de acetato de zinc y 10 mL de DMF. Al disolverse los dos sólidos, se mezclaron vertiendo gota a gota la solución de acetato de zinc. La solución se sometió a ondas de ultrasonido a tiempos variados mediante un sonicador marca Sonics VCX 750 [Figura 10]. En principio se sometió por cinco minutos a dichas ondas, después se añadieron 30 mL de etanol y se sonicó por otros cinco minutos. Pasado el tiempo, se adicionó 30 mL de agua desionizada y se volvió a sonicar pero esta vez por 30 minutos.

La solución se dejó en reflujo a 85°C por 24 horas, se centrifugó por 60 minutos y el precipitado se dejó en agitación por 24 horas con 250 mL de etanol. Este último procedimiento se repitió dos veces. Finalmente, el precipitado se dejó secar por 24 horas en estufa a 150°C.

Una vez obtenida las MOFs, se sometieron a pre-tratamiento con el fin de tener el sólido en las mejores condiciones, deshidratándolo para evitar que el solvente ocupe espacio en los poros de éste y que llegase a afectar la capacidad de adsorción del gas. La muestra se dejó en el equipo Belsorp-HP durante 6 horas a 120°C.

Ya realizadas la síntesis de la MOF de zinc, se determinaron las propiedades físicas y estructurales del material para poder aplicarlo a la respectiva adsorción de metano, dióxido de carbono e hidrógeno. En el Cuadro 1 se muestran algunas especificaciones de las síntesis, así como el nombre que tendrá cada una de ellas.

| Nombre de las muestra | Temperatura de síntesis (°C) | Solvente(s) utilizado(s) | Tiempo de síntesis |
|---|------------------------------|--------------------------|--|
| Zn₄O(BDC)₃TA | Ambiente | DMF | 2 h 30 min en agitación |
| Zn₄O(BDC)₃Tri | Ambiente | DMF | 2 h 30 min en agitación |
| Zn₄O(BDC)₃Sonicada | 85 | DMF/agua/EtOH | 40 min en sonicación y 24 h en calentamiento |

Cuadro 1. Características principales de las síntesis empleadas.

Resultados

Difracción de rayos X

Esta técnica permite determinar las dimensiones y el tipo de estructura que tendrá cada material obtenido.

En el caso del difractograma correspondiente a la síntesis a temperatura ambiente sin trietilamina, se observan que los picos concuerdan con una estructura hexagonal determinados a partir de la similitud con los índices de Miller determinados de la referencia (Pie-Xiu et al., 2008) la estructura se muestra en la Figura 1.

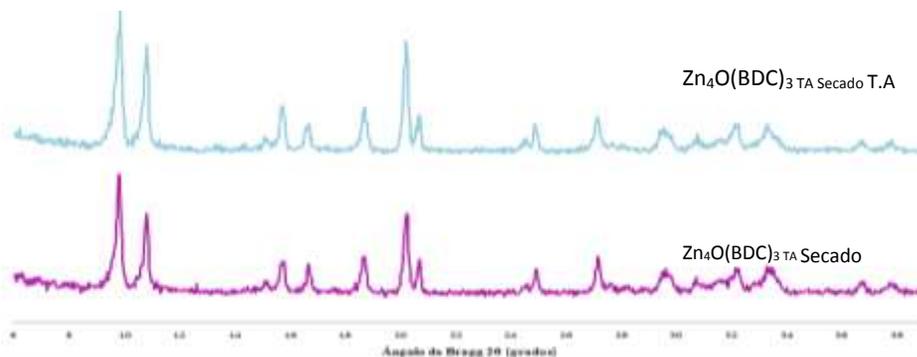


Figura 1. Difractograma de los cristales formados a temperatura ambiente sin la adición de trietilamina $Zn_4O(BDC)_3TA$, tanto para los sólidos secados a temperatura ambiente y a vacío.

En el caso de la síntesis a temperatura ambiente con trietilamina y por método con ondas ultrasónicas, se observó que la estructura tiene similitud entre ellas, obteniendo de la referencia que se trata de una estructura cúbica traslapada. En la Figura 2, se muestra la estructura teórica comparada con la obtenida de la síntesis a temperatura ambiente con trietilamina, la cual es similar en cuanto a la obtenida en la síntesis a altas temperaturas.

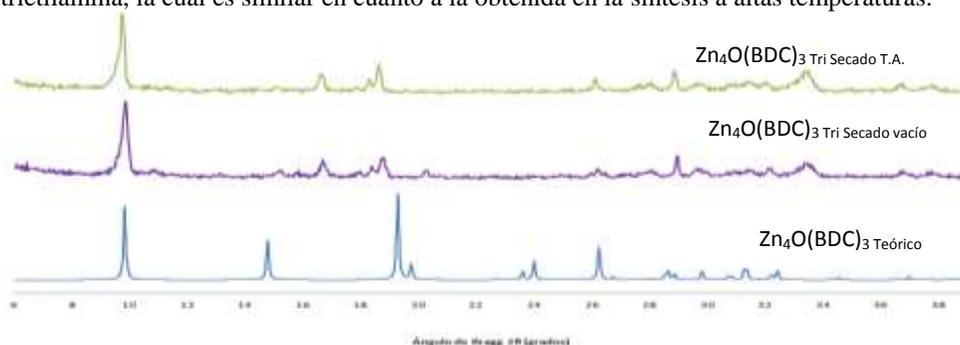


Figura 2. Difractograma de la MOF $Zn_4O(BDC)_3$ teórico y de los cristales formados a temperatura ambiente con la adición de trietilamina, tanto para los sólidos secados a temperatura ambiente y a vacío.

Microscopía electrónica de barrido

La técnica de microscopio electrónico de barrido, proporciona un micrograma que nos permite identificar las morfologías correspondientes a cada material obtenido por medio de cada una de las síntesis descritas anteriormente.

Se observaron morfologías diversas e irregulares dentro de las síntesis a temperatura ambiente.

En la síntesis con la adición de trietilamina se tuvieron, morfologías prismáticas de base rectangular con algunas incrustaciones laminares que en conjunto tienen un tamaño de partícula de 5 a 7 μm . Para el caso de la síntesis a temperatura ambiente sin trietilamina, se obtuvieron morfologías en forma de varillas y algunas otras volumétricas rectangulares e irregulares con tamaño de partícula cuyas dimensiones son de aproximadamente 38.5 x 19.3 μm . En el caso de los sólidos sonicados se muestran morfologías volumétricas irregulares formadas a partir de laminillas unidas, la mayoría menores a 3 μm . En la Figura 3 se muestran las morfologías correspondientes a la síntesis a temperatura ambiente con trietilamina y la síntesis sonicada.

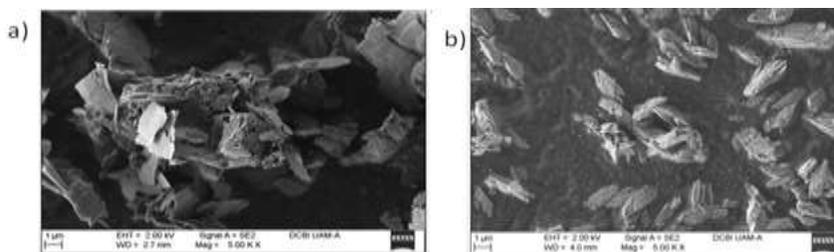


Figura 3. En el inciso a) se tiene la morfología correspondiente a la síntesis a temperatura ambiente con trietilamina, mientras que en el inciso b) se tiene la morfología correspondiente a la síntesis por sonicación.

Adsorción de nitrógeno

La técnica de fisisorción de nitrógeno, exhibe resultados interesantes sobre las propiedades texturales de estos materiales, como: área superficial y el volumen de poro. El área superficial se determinó por método BET con N₂ líquido a 77K a diferentes presiones relativas. La Figura 4 muestra a continuación, las isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno obtenidas en la caracterización de las MOF's sintetizadas a temperatura ambiente sin trietilamina, con trietilamina y sonicada.

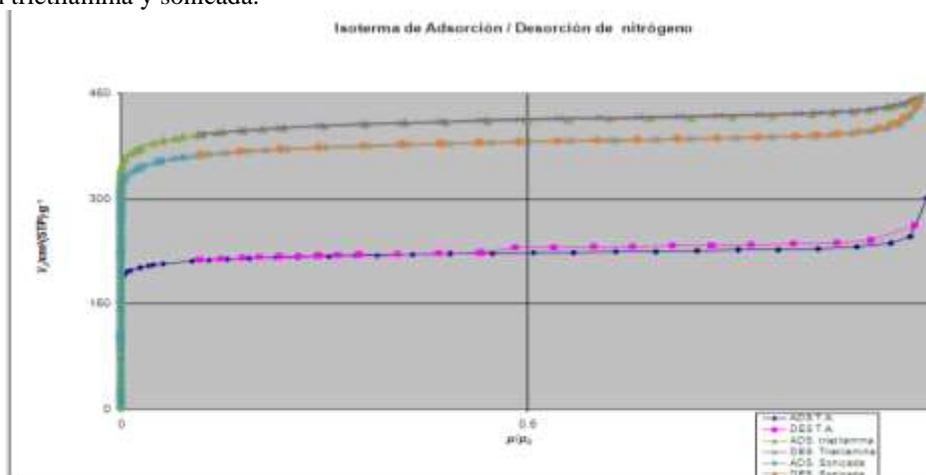


Figura 4. Isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno para cada una de las MOF de zinc sintetizadas.

De acuerdo con la Figura 4, todas las MOF's caracterizadas por fisisorción de nitrógeno presentaron isotermas del tipo I, la cual se relaciona con el comportamiento que corresponde a sólidos microporosos (Rouquerol et al., 1999). Todas las isotermas son cóncavas con respecto al eje de la presión relativa, lo que indica que todos estos sólidos sintetizados muestran un aumento en su capacidad de adsorción a bajas presiones. En la MOF sintetizada a temperatura ambiente sin trietilamina, se observa que la tuvo una baja adsorción en comparación con el resto, además de ser la única que posee histéresis lo que indica que los poros pueden tener estrechamientos o cuellos de botella que dificultan la entrada o salida de la molécula de gas en ellos. Es de esperarse que el área registrada para esta síntesis sea menor que el resto y que lo que le da explicación a la baja adsorción de nitrógeno.

Eficiencia en adsorción de gases

Se llevaron a cabo las adsorciones en cada una de las tres metodologías sintetizadas, llevando los sólidos a un previo tratamiento a una presión de vacío con una temperatura de 120 °C durante seis horas, esto para liberar los sitios activos de posibles solventes o compuestos que impidan la interacción del gas en los poros y modifiquen los resultados obtenidos.

Adsorción de metano

En la Figura 5, se muestran los porcentajes en peso adsorbidos de metano para las tres síntesis realizadas, llevándolas a una presión máxima de 9080.1 kPa en temperatura ambiente. En ella se puede apreciar que la adsorción lleva una tendencia lineal favorecida por la interacción que tiene el sólido con la molécula del gas, la cual entra sin dificultades a los poros. El mayor porcentaje de adsorción que se obtuvo fue el correspondiente a la MOF sintetizada por sonicación que reportó un 17.15 % en peso. Seguida de ella, se tiene la MOF sintetizada a

temperatura ambiente con trietilamina, la cual tiene un porcentaje de adsorción de 7.50 % W. Finalmente, el cristal que reportó la menor cantidad adsorbida, con un 3.20 % en peso, fue el obtenido por síntesis a temperatura ambiente sin la adición de trietilamina.

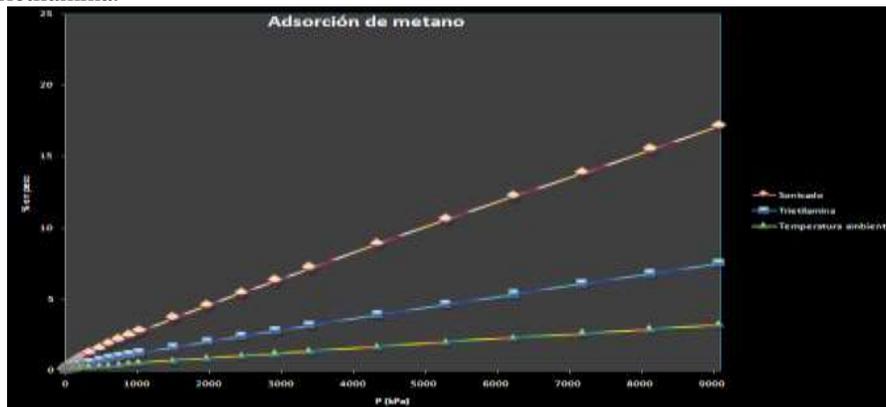


Figura 5. Porcentajes de adsorción de metano obtenidos para cada uno de los tres sólidos obtenidos.

Adsorción de dióxido de carbono

En el caso de las isotermas de adsorción de dióxido de carbono (Figura 6) se observa que no siguen una tendencia lineal como en el caso anterior, sino que la adsorción se ve favorecida a presiones bajas debido a la interacción que tiene la molécula de dióxido de carbono con los sitios activos, que se puede ver afectada por poseer un mayor tamaño que la molécula de metano, 116.3 pm. Pese a ello se obtuvieron altos porcentajes de adsorción, siendo nuevamente el método por sonicación el que reporta la mayor cantidad de gas adsorbido. Los porcentajes en peso adsorbidos de dióxido de carbono para las tres síntesis realizadas, con una presión máxima de 1529.6 kPa y temperatura ambiente, fueron: 47.66 % en peso para la síntesis por sonicación, 40.73 % en peso para la síntesis a temperatura ambiente con trietilamina, y 10.70 % en peso para la síntesis a temperatura ambiente sin trietilamina.

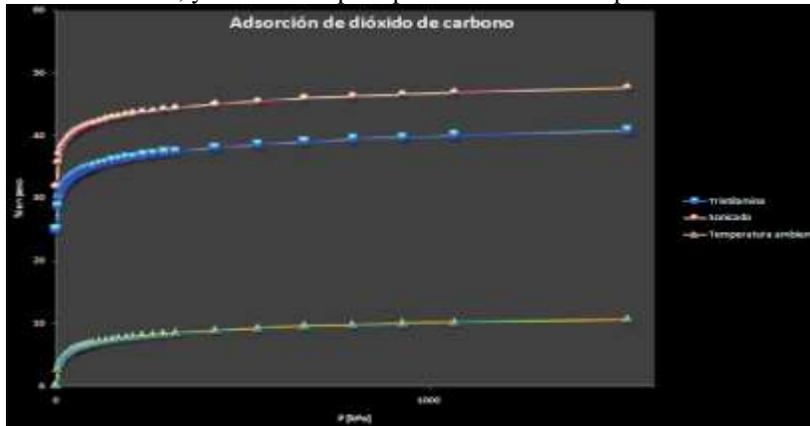


Figura 6. Porcentajes de adsorción de dióxido de carbono obtenidos para cada uno de los tres sólidos obtenidos.

Adsorción de hidrógeno

En la Figura 7, se puede observar que la isoterma correspondiente a la adsorción en la BASOLITE® Z12007 tiene adsorción que se ve favorecida a bajas presiones llegando a los primeros mil kPa se presenta una velocidad de adsorción mayor que después se desacelera hasta llegar a un porcentaje en peso de 10.47 %. En el caso de la adsorción para los sólidos sintetizados por sonicación y a temperatura ambiente con trietilamina, se observa que poseen una tendencia lineal, siendo éste último el que obtuvo los menores porcentajes de adsorción llegando a un máximo de 6.17 % en peso, mientras que para el sólido sonificado se obtuvieron los mayores porcentajes de adsorción, incluso mayor que el de la referencia, con un 11.56 % en peso.



Figura 7. Porcentajes de adsorción de hidrógeno obtenidos para la MOF de zinc comercial BASOLITE® Z1200, y para las síntesis por sonicación y a temperatura ambiente con trietilamina.

En este trabajo investigativo se estudió la capacidad de adsorción que tuvo la síntesis de la MOF de zinc a condiciones ambiente y a altas temperaturas. Los resultados de la experimentación muestran que las cantidades adsorbidas para CO₂, CH₄ e hidrógeno, fueron favorables. Para dióxido de carbono, la síntesis por sonicación registró valores de adsorción muy cercanas a la registrada en la bibliografía, mientras que en la adsorción de hidrógeno rebasó la cantidad máxima que registro de forma experimental la MOF comercial BASOLITE® Z1200.

Conclusiones

Los resultados demuestran que la necesidad de crear nuevos materiales capaces de retener en su estructura algunos gases, ya sea para su transportación como es el caso del hidrógeno, o para su almacenamiento para el control de la contaminación ambiental, como es el caso del dióxido de carbono y el metano, nos llevan a la búsqueda de materiales como MOF, los cuales son posibles de diseñar para el ajuste de las necesidades que requiera cada proceso. En este caso, la MOF de zinc sintetizada a partir de ondas ultrasónicas, resultó favorable para este propósito, se lograron adsorber cantidades significativas, en el caso de CO₂ se registraron valores cercanos al 50% peso, lo cual es aceptable dentro de los valores referenciados. Sin embargo, para metano, aún se tienen carencias dentro del diseño de los sitios activos, debido al impedimento estérico que presenta la molécula dentro de los poros del material, esto debido a que la molécula cuenta con una coordinación tetraédrica que dificulta la interacción dentro del material. Pese a ello, de igual forma se reportan valores cercanos a los reportados en la literatura. En el caso de la adsorción de hidrógeno, se obtuvieron valores inferiores que los que reportó la MOF de zinc comercial la cual se utilizó como referencia, BASOLITE® Z1200.

Referencias

- Li Z.-Q., Qui L.-G., Wang W., Xu T., Wu Y., Jiang X., Fabrication of nanosheets of a Fluorescent metal-organic framework [Zn(BDC)(H₂O)]_n (BDC=1,4-benzenedicarboxylate): Ultrasonic synthesis and sensing of ethylamine, *Inorg. Chem. Comm.*, vol. 11, 2008, 1375-1377.
- Pei-Xiu Yin, Jian Zhang, Zhao-Ji Li, Ye-Yan Quin, Jian-Kai Cheng, Yuan-Gen Yao, Coexistence of two aromatic bicarboxylate ligands with distinct conformations in a fluorescent zinc(II) polymer, *Inorg. Chem. Comm.* vol. 11, 2008, 134-137.
- Rouquerol F.; Rouquerol J.; Sing K. Adsorption by powder and porous solids. Editorial Academic Press, 1999, 204-212.
- Zhou W., Wu H., Hartman M.R., Yildirim T., Hydrogen and Methane Adsorption in Metal-Organic Frameworks: A High-Pressure Volumetric Study, *J. Phys. Chem.*, vol. 111, 2007, 16131-16137.

Diseño de una hoja electrónica de cálculo para el Sistema de Medición (MSA) por variables de la Metodología Six Sigma

Beatriz Jaqueline Velásquez Villa¹, Luis Alberto Hernández Sánchez² y
Jorge Luis Hernández Mortera³

Resumen— Six Sigma es una filosofía que tiene el propósito de reducir la variabilidad en los procesos mediante la aplicación de la metodología DMAIC. La fase de Medir se basa principalmente en el estudio de dos tipos de variabilidad: el sistema de medición (MSA) y el proceso mismo. MSA se divide en dos vertientes: variables y atributos dependiendo de las características del proceso. En el caso de variables, se aplica un estudio a características cuantitativas para determinar la variabilidad existente tomando en cuenta las especificaciones del cliente. Este trabajo presenta una aplicación de Excel® con Visual Basic para realizar un análisis MSA por variables en un lapso de tiempo corto y sin la necesidad de realizar formulas manualmente, una ventaja de esta aplicación es la accesibilidad del mismo en comparación con otros software ya que Excel® tiene una amplia aplicación.

Palabras clave—Six Sigma, DMAIC, MSA, reducción de variabilidad, R&R, ANOVA.

Introducción

Six Sigma es una metodología para medir la variabilidad en un proceso o en toda una organización y su objetivo es la reducción de la misma para apearse a los requerimientos del cliente. La variabilidad es algo que siempre existirá, ya que en la mayoría de los procesos intervienen las 6M: materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente (Gutierrez & De La Vara, 2009). Estos elementos provocan lo que se conoce como causas comunes que son difícil de identificar y eliminar. No obstante a largo plazo representan la mayor oportunidad de mejora cuando se logran controlar se puede decir que el proceso se encuentra bajo control estadístico. Por otra parte, también se puede encontrar las causas especiales, estas no están de manera permanente en el proceso por lo que a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello, pero en este caso el proceso no se encuentra bajo control. Es por ello que el objetivo principal de la etapa de medir de Six Sigma es descartar la variabilidad que pueden inferir tanto el trabajador como el instrumento. En este trabajo nos enfocaremos al Análisis del Sistema de Medición (MSA) por variables, el cual se puede realizar a través de dos métodos: Rangos y Medias y Análisis de Varianza (ANOVA) los cuales se ofrecen en una aplicación programada en el lenguaje de programación Microsoft® Visual Basic for applications® y la hoja de cálculo Microsoft® Excel® con la finalidad de obtener un diagnostico acerca del sistema de medición.

Generalidades

En la etapa de Medición se atiende con mayor detalle la variabilidad tanto del sistema de medición como la capacidad del proceso. Los errores de un sistema de medición pueden ser clasificados en 5 categorías: sesgo, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad y linealidad. Uno de los objetivos del MSA es obtener información relativa a la cantidad y tipos de variaciones de medición que interactúan con su medio ambiente. El estudio para evaluar el MSA es llamado R&R donde se determina el % de variación que aportan los factores de repetibilidad (gage o instrumento) y reproducibilidad (operario).

Existen algunos programas que proporcionan los indicadores de desempeño del MSA como lo es Minitab, la desventaja de este software es que arroja solo los resultados finales, es decir la tabla de resultados y no muestra el desarrollo completo, además que se debe contar con licencia para poder utilizarlo, lo que resultaría muy costoso.

Descripción del Método

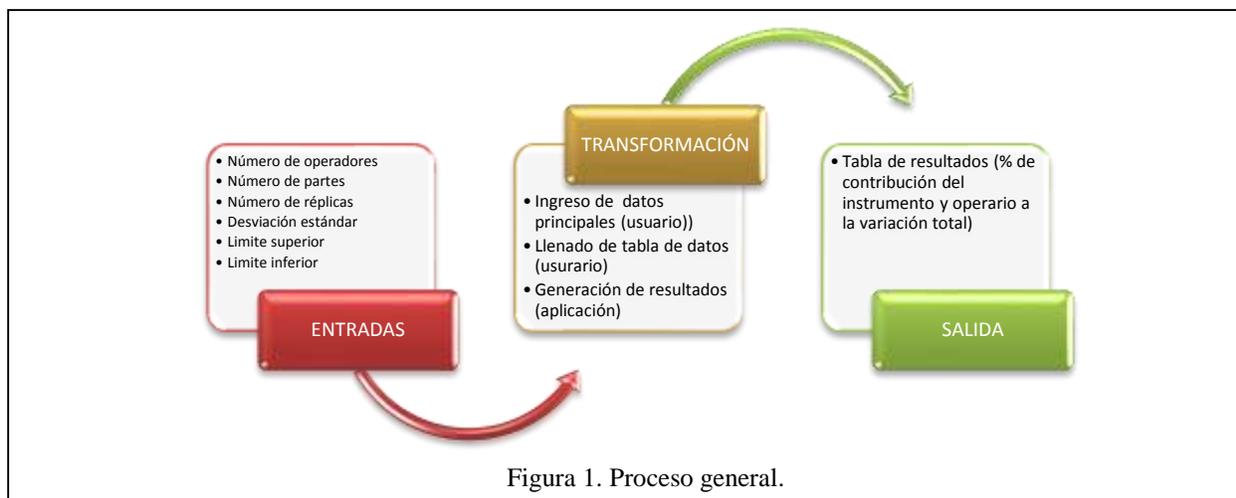
Arquitectura de la aplicación

En la figura 1 se muestra la arquitectura de la aplicación tanto para el método de Rangos y Medias como para el de ANOVA.

¹Beatriz Jaqueline Velásquez Villa es Alumna del Instituto Tecnológico de Orizaba, División de estudios de Posgrado e Investigación, Orizaba, Veracruz, México. jaquelin_velasquez@hotmail.com

²Luis Alberto Hernández Sánchez es Alumno del Instituto Tecnológico de Orizaba, División de estudios de Posgrado e Investigación, Orizaba, Veracruz, México. albertluis_123@hotmail.com

³Jorge Luis Hernández Mortera es Profesor del Instituto Tecnológico de Orizaba, División de estudios de Posgrado e Investigación, Orizaba, Veracruz, México. mortera60@yahoo.com.mx



Elementos de la hoja de cálculo

Esta se dividirá en 3 apartados, el primero son los elementos en común entre el método de Rangos y Medias, y ANOVA, el segundo apartado son los elementos del método de Rangos y Medias y por último el tercer apartado contiene los elementos del método ANOVA.

Elementos Comunes

1. Botón “Nuevo proyecto”

El objetivo principal de este botón es el de que el usuario pueda introducir los datos principales como lo son: número de operarios, operadores, partes, desviación estándar con la que se trabajara (opciones: 5.15 o 6), límite superior y límite inferior.

2. Botón “Generar resultados”

La función de este botón es de realizar los cálculos internos para poder mostrar la tabla de resultados.

3. Tabla inicial

En esta tabla se ingresa las mediciones realizadas a cada operario.

4. Tabla de resultados

Esta tabla nos ayudará a tener un diagnóstico sobre el sistema de medición, si son proporcionadas las especificaciones (límite superior e inferior) la columna de “% de la tolerancia” mostrará información acerca de la aportación que la repetibilidad, reproducibilidad y en general el sistema R&R tienen sobre la variabilidad total, si no son proporcionadas las especificaciones entonces la columna que facilitara la evaluación es la de “% de contribución (varianzas)”.

Elementos de Rango y Medias

1. Formulas (Parte 1)

Se desarrolla una diversidad de fórmulas como sumas, rangos, máximos, mínimos necesarias para determinar el límite de control superior y además verificar si los rangos de cada replica realizada se encuentran por debajo del mismo, si es así se puede continuar realizando el estudio, de lo contrario es necesario identificar la causa raíz, corregirla y repetir las mediciones usando los mismos operadores y medida de medición.

2. Formulas (Parte 2)

La otra parte de fórmulas se desarrolla ya que son necesarias para generar la tabla de resultados, donde se calcula la repetibilidad, reproducibilidad, variación debida al proceso (este resultado es un aproximado ya que se requiere de un estudio de capacidad para obtener un resultado más certero) y los anteriores pero tomando en cuenta las tolerancias (si es que se proporcionan).

Elementos del ANOVA

1. Tablas (Parte 1)

En primera instancia se desarrollan dos tablas, en la primera se acomodan los datos para obtener la suma de la (s) parte (s) y la suma del operador (es), en la segunda tabla se coloca la suma de la interacción parte operador, estas tablas se ejecutan para poder analizar la variación por separado y en conjunto.

2. Tablas (Parte 2)

En la segunda parte se construye la tabla del ANOVA en donde se calcula la suma de cuadrados, los grados de libertad y la variación de la parte, operador, interacción parte-operador y repetibilidad, al final se realiza una prueba F y se obtiene el valor de P para determinar que fuente de variación afecta el proceso. En caso de que la interacción parte-operador resulte no significativa genera otra ANOVA eliminando la fuente de variación parte-operador.

3. Tablas (Parte 3)

Finalmente se elabora una tabla en donde se concluye el estudio R&R del sistema de medición, en esta se calcula la desviación estándar, varianza, desviación estándar corregida, porcentaje de contribución de varianzas, porcentaje de variación (desviación estándar) y porcentaje de tolerancias (si es que existen tolerancias) de la repetibilidad, reproducibilidad, R&R, parte, interacción parte-operador (si es que no interviene en la variable).

Uso de la aplicación

A continuación se describe cada uno de los pasos que se llevan a cabo en la interfaz de la aplicación para el desarrollo del MSA por variables apoyado de imágenes para un mayor entendimiento.

1. Abrir el archivo de Excel® que contiene la aplicación MSA por variables.
2. Dar clic izquierdo sobre el botón “Nuevo proyecto”. Aparecerá una ventana como se muestra en la figura 2, estos campos deberán ser llenados por los usuarios. En caso de que algún campo no sea llenado aparecerá una ventana emergente que impedirá continuar con los cálculos:

Figura 2. Datos principales.

3. Generación de la tabla inicial:

- **Rangos y Medias:** Se mostrará una tabla en la hoja de Excel® como la que se expone en la figura 3, el usuario llenará los campos vacíos con las mediciones realizadas por cada operador, la columna de “rango” estará bloqueada ya que este cálculo lo realizará internamente la aplicación.

| ESTUDIO R&R: RANGOS Y MEDIAS (MÉTODO LARGO) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|-------|-------------------|---|---|------------|---|-------|----------------|---|--------------|----|----------------|---|
| E. L. = 25 | | E. S. = 40 | | Desv. Est. = 5.15 | | <table border="1" style="float: right;"> <tr><td>a = operador =</td><td>3</td></tr> <tr><td>n = Partes =</td><td>10</td></tr> <tr><td>b = Replicas =</td><td>2</td></tr> </table> | | | | a = operador = | 3 | n = Partes = | 10 | b = Replicas = | 2 |
| a = operador = | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| n = Partes = | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| b = Replicas = | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Operador | Operador 1 | | | Operador 2 | | | Operador 3 | | | | | | | | |
| Parte | 1 | 2 | Rango | 1 | 2 | Rango | 1 | 2 | Rango | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 3. Tabla inicial Rangos y Medias.

- **ANOVA:** Se mostrará una tabla en la hoja de Excel® como la que se expone en la figura 4, el usuario llenará los campos vacíos con las mediciones realizadas por cada operador.

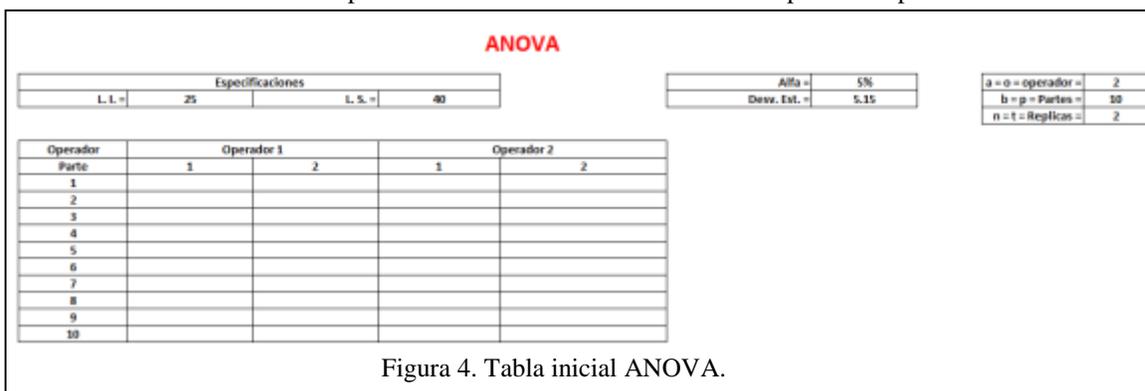


Figura 4. Tabla inicial ANOVA.

- Una vez que se completa el llenado de la tabla se da clic derecho sobre el botón “Generar resultados” y la aplicación realizará los cálculos internos necesarios para generar la tabla de resultados como se muestra en la figura 5 en el caso de Rangos y medias, y la figura 6 para el caso de ANOVA.

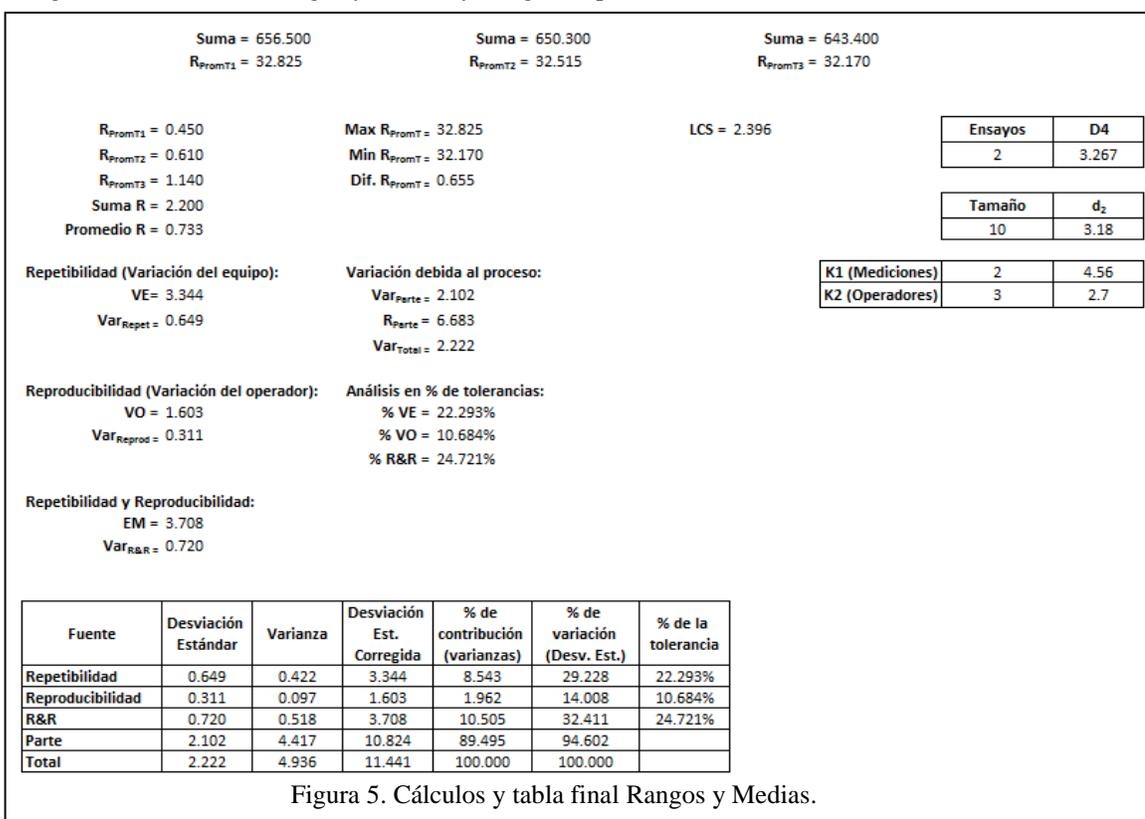


Figura 5. Cálculos y tabla final Rangos y Medias.

Interpretación de resultados

Como podemos observar los cálculos del estudio de Rangos y Medias y del ANOVA son distintos, pero en ambos casos obtenemos una tabla final que te muestra prácticamente los mismos resultados, solamente que en el ANOVA también se analiza la interacción parte-operador. Para facilitar la interpretación de estas tablas de resultados es necesario apoyarse de los porcentajes que muestra el cuadro 1.

| Análisis de variación | | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|----------|---------|
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | P |
| Operador | 0.225 | 1 | 0.225 | 0.80198 | 0.38115 |
| Parte | 146.525 | 9 | 16.281 | 58.02970 | 0.00000 |
| Parte-Operador | 2.525 | 9 | 0.281 | 3.74074 | 0.00671 |
| Repetibilidad | 1.500 | 20 | 0.075 | | |
| Total | 150.775 | 39 | | | |

Valor no significativo.
Interviene en la variable
Interviene en la variable

| R&R del sistema de medición | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|----------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Fuente | Desviación estándar | Varianza | Desv. Est. Corregida | % de contribución (Varianzas) | % de variación(Desv. Est.) | % de la tolerancia |
| Repetibilidad | 0.274 | 0.075 | 1.410 | 1.80 | 13.40 | 9.40 |
| Reproducibilidad | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R&R | 0.422 | 0.178 | 2.171 | 4.26 | 20.63 | 14.48 |
| Parte | 2.000 | 4.000 | 10.300 | 95.74 | 97.85 | 68.67 |
| Parte-Operador | 0.321 | 0.103 | 1.651 | 2.46 | 15.68 | 11.01 |
| Total | 2.044 | 4.178 | 10.526 | 100.00 | 100.00 | 70.18 |

Figura 6. Cálculos y tabla final Análisis de Varianza (ANOVA).

| Criterio de aceptación: | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Abajo de 10%: | Proceso excelente |
| De 10 a 20%: | Bueno, aceptable |
| De 20 a 30%: | Marginalmente aceptable |
| Arriba de 30% | Inaceptable y debe ser corregido |

Cuadro 1. Porcentajes de interpretación.

Analizaremos los resultados de la figura 6 con la ayuda del cuadro 1, observamos que el error de medición aporta el 14.48% de la tolerancia. De acuerdo con la interpretación de estos índices, el sistema de medición del tamaño de partícula tiene una calidad aceptable (es decir, su error de medición es regular), pero este error de medición representa 20.63% de la variación total observada; por lo tanto, de momento puede utilizarse en el trabajo, pero con el tiempo se debe mejorar la precisión de este sistema. De acuerdo al estudio, la repetibilidad tiene una mayor influencia en la variabilidad total, es decir el instrumento con un porcentaje del 9.40% por lo que prácticamente es bueno o aceptable, por ello se debe encontrar la causa raíz de este problema, podría ser que el instrumento es obsoleto, no es el adecuado, necesita calibración o mantenimiento, necesita una mayor discriminación, etc., para encontrar esto se pueden aplicar muchas herramientas de Ing. Industrial como lo es un diagrama de Ishikawa, Pareto, diagramas de relaciones, diagramas de árbol, entre muchas otras. También se puede deducir que el porcentaje de la reproducibilidad (operario) es aceptable pero más no excelente por lo que también existe una oportunidad de mejora.

Ventajas y Desventajas

Todo software y aplicaciones no pueden satisfacer al 100% las expectativas esperadas por los usuarios, por ello a continuación se muestran las ventajas y las desventajas de esta aplicación:

Ventajas

1. El ambiente en que se realizó la aplicación es muy amigable ya que fue realizado en Excel® y este programa es muy conocido por la mayoría de las personas.
2. La aplicación cuenta con las validaciones necesarias para que el usuario introduzca solo los datos que se requieren para que obtenga los resultados correctos.
3. Los resultados son generados de una manera muy rápida en tan solo segundos.
4. No es necesario realizar cálculos manualmente, todos son realizados por la aplicación.

Desventajas

1. No genera gráficas para poder facilitar la interpretación de los resultados.
2. La exportación de datos a otras plataformas se debe hacer manualmente.

Limitaciones

1. La aplicación requiere que el usuario tenga conocimientos de Six sigma y estadística.
2. La cantidad mínima de elementos que se requiere son los siguientes:
 - ✓ Muestras: 2
 - ✓ Operadores: 2
 - ✓ Replicas: 2

Comentarios Finales

Conclusiones

La aplicación que se ofrece permite obtener datos en pocos minutos y confiables, que pueden servir de apoyo por ejemplo: para aceptar un equipo de medición nuevo, una comparación de un dispositivo de medición contra otro, una base para evaluar el dispositivo que se sospecha es deficiente, una comparación para equipo de medición antes y después de su reparación, para evaluar la discriminación del dispositivo, un componente requerido para calcular la variación del proceso y el nivel de aceptabilidad para el proceso de producción, entre muchas otras alternativas.

Recomendaciones

Para asegurar que el beneficio derivado de dicha aplicación sea certera, se recomienda enfocar la atención en la calidad de los datos que se van a introducir, es decir si la calidad de los datos es baja, es muy probable que los resultados que arroje la aplicación sean muy bajos por lo que las mejoras tendrán poco impacto sobre el sistema. La calidad de los datos de medición es definida por las propiedades estadísticas de las múltiples mediciones obtenidas del sistema de medición operando bajo condiciones normales. Para poder tener una mayor visión al analizar la información se pueden construir las gráficas correspondientes. También es importante mencionar que las muestras seleccionadas tanto de operarios como de piezas sean totalmente aleatorias para que los resultados sean significativos.

Referencias

- Evans, J., & Lyndsay, W. (2008). Administración y control de la calidad. D. F., México: CENGAGE Learning.
Gómez, F., Vilar, J. F., & Tejero, M. (2003). Seis Sigma. Madrid, España: Fundación Confemetal.
Gutierrez, H., & De La Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. D. F., México: McGraw-Hill.
Heyzer, J., & Render, B. (2009). Principios de administración de operaciones. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Propuesta de Acciones para el Manejo de Residuos Tecnológicos en la SEDEMA de Xalapa, Veracruz

Biol. Xiomara Velázquez Landa¹, M.C. Leticia Garibay Pardo², M. C. Bertha María Rocío Hernández Suárez³

Resumen – El activo económico más importante dentro de las instituciones y empresas es la información. Ésta es contenida, procesada y manipulada a través de herramientas tecnológicas que con el paso del tiempo por actualización u obsolescencia programada, dan lugar a los Residuos Tecnológicos. El objetivo de este estudio es proponer acciones para el manejo integral y gestión final de los residuos tecnológicos de la SEDEMA de Xalapa, Veracruz. Se utilizó la metodología de caso de estudio con características cuantitativas, se vinculó el proyecto con la Dependencia y se determinaron las áreas en que se realizaría la cuantificación directa de sus insumos tecnológicos. La recopilación de datos sobre las características de equipos y periodicidad de renovación de éstos, tuvo como finalidad saber la vida útil de los equipos de cómputo, y se llevó a cabo mediante una entrevista con el responsable de la Unidad de Tecnologías de la Información de la Institución.

Palabras clave – Residuos Tecnológicos, SEDEMA, Tecnologías Verdes, Eco prácticas, Manejo de Residuos.

INTRODUCCIÓN

El activo económico más importante dentro de las instituciones y/o empresas es la información. Ésta es contenida, procesada y manipulada a través de herramientas tecnológicas; por ejemplo, computadoras, impresoras, escáneres, etc. Sin embargo, con el paso del tiempo por actualización u obsolescencia programada, las organizaciones renuevan sus equipos de cómputo, dando lugar a los residuos tecnológicos.

El progreso tecnológico ha contribuido a aumentar la diversidad y complejidad de los desechos que contaminan el medio ambiente. Gracias a la innovación tecnológica y la globalización del mercado, acelera su sustitución y por lo tanto su desecho, produciendo diariamente toneladas de Residuos Tecnológicos (Benitez, Ríquez, y Lara, 2010).

En la actualidad, la producción de aparatos electrónicos constituye el sector de mayor crecimiento de la industria manufacturera en los países desarrollados; lo cual genera anualmente toneladas de Residuos Electrónicos en el mundo, incluida la República Mexicana (SEMARNAT, 2012).

Se estima que en México se generan entre 150 mil y 180 mil toneladas de residuos electrónicos y eléctricos por año, lo que representa un problema de magnitud importante. Entre los aspectos más delicados se encuentra el vacío de información acerca de los patrones de consumo, el destino final de éstos desechos y la falta de infraestructura formal para su adecuado manejo en las diversas etapas (Benítez *et al.*, 2010).

En general las empresas e instituciones prefieren almacenar sus computadoras en bodegas, o desecharlas sin ningún beneficio, lo cual es peligroso; ya que para el proceso de manufactura de los aparatos electrónicos se emplean frecuentemente dos grupos de sustancias que son nocivas para la salud humana y para el ambiente: los compuestos orgánicos policromados, llamados también retardadores de flama (bifenilos polibrominados o éter difenil hexavalente), que se usan como aditivos en los plásticos; y metales pesados como plomo, mercurio, cadmio y cromo en la elaboración de los dispositivos electrónicos (Román, 2006).

Así mismo, en las grandes ciudades, sólo el 11% del material electrónico generado se recicla, frente a un 28% de otros tipos o clases de basura; el resto termina en basureros y, por consiguiente, hay filtraciones de plomo, cadmio y mercurio a las aguas subterráneas mediante los ciclos biogeoquímicos, aunque no se sabe en qué medida (Benítez *et al.*, 2010).

Por lo anterior, es importante realizar diagnósticos sobre residuos tecnológicos en las Instituciones, cuya finalidad sea generar propuestas orientadas a operar dichos residuos adecuadamente, así como sus componentes al final de su vida útil y que permitan una baja o nula liberación de sustancias tóxicas presentes en este tipo de residuos al ambiente. Es por ello, que el objetivo de éste trabajo sea realizar un diagnóstico sobre los residuos tecnológicos que se pueden generar en la renovación de los insumos computacionales en la SEDEMA de Xalapa y hacer una propuesta de acciones para el manejo y gestión final de sus desechos.

¹ Biol. Xiomara Velázquez Landa es alumna de la Especialización en Diagnóstico y Gestión Ambiental en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa. harlekin@live.com.mx (autor corresponsal).

² M.C. Leticia Garibay Pardo es Docente de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa. lgaribay@uv.mx

³ M. C. Bertha María Rocío Hernández Suárez es Coordinadora de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa. rociohdzs@hotmail.com

MÉTODO

El proyecto se llevó a cabo en tres fases, las cuales se intercalaron según fue necesario.

Fase 1: Vinculación con la Dependencia

Se contactó con el responsable de la Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental para gestionar los permisos de acceso a las instalaciones y entrevistas con el personal de la Dependencia.

Fase 2: Elección de las áreas a Diagnosticar

Se revisó el organigrama de la Institución, con la finalidad de identificar las áreas en las que se realizaría el diagnóstico. Con esto se determinó el número de equipos de cómputo que tiene los distintos departamentos que conforman a la SEDEMA de Xalapa, Veracruz y el número de equipos de cómputo que se dará de baja en la próxima renovación de estos. Para recabar la información, se utilizó el formato SEDEMA-ID-02 (formato de elaboración propia). Así mismo, los pesos de los equipos se obtuvieron de su información técnica; cabe mencionar que existían diferentes marcas de un mismo tipo de equipo tecnológico, por lo que se hizo un promedio de sus pesos.

Fase 3: Identificación de la periodicidad en la renovación de Insumos Tecnológicos

Los datos se obtuvieron mediante una entrevista al responsable de la Unidad de Tecnologías de la Información, identificando principalmente la periodicidad con que se renuevan los equipos computacionales en la Institución. Se analizaron las características de las computadoras (hardware y software) que existen en las áreas, y se observó su estado físico actual para determinar la vida útil de los equipos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1: Vinculación con la Dependencia

En un periodo de tres meses se hizo la vinculación por medio de oficios dirigidos a la Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental, con el fin de obtener los permisos para el acceso a las instalaciones de la Dependencia, efectuar entrevistas al personal y poder realizar el inventario de sus insumos tecnológicos.

Fase 2: Elección de las áreas a Diagnosticar

En un periodo de dos semanas, haciendo el conteo directo de insumos computacionales por departamentos de la SEDEMA de Xalapa, Veracruz; se obtuvo que existe un total de 77 computadoras de escritorio, 12 Laptops, 1 Fotocopiadora, 1 Fax, 3 Escáneres, 1 Plotter, 10 bocinas, 4 Servidores, 5 Switchs, 2 Módems, 2 UPS, 1 Firewall y 4 Routers; dando un total de 144 aparatos computacionales. De acuerdo con las entrevistas, la distribución de aparatos tecnológicos por departamentos se encuentra de la siguiente manera: se observa que los departamentos con más insumos tecnológicos son: Tecnologías de la Información con 17 aparatos en total, Prevención y Control de la Contaminación con 9 y Evaluación Ambiental con 11. Las áreas con menos insumos tecnológicos son: Coordinación DGIRA, Dirección de Recursos Naturales, Oficina del Secretario, Recepción de Documentos, y Fomento y Gestión Ambiental con 2 aparatos totales para cada departamento. Sin embargo, de acuerdo con la generación de residuos tecnológicos en pesos acumulados (Kg), podemos observar que los departamentos que más generarían desechos serían: la Unidad de Tecnologías de la Información (12.85%), Impacto y Riesgo Ambiental (6.65%), y Prevención y Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental (5.3%). Además, se observa que la mayor cantidad de generación de Residuos Tecnológicos estaría generada por todos los insumos computacionales que son compartidos entre departamentos (30.87%) y representan el 55.67% del total de residuos de este tipo generados en una renovación de sus insumos computacionales (figura 1).

En base a la información obtenida mediante entrevistas, la dependencia está utilizando entre 2 y 2.5 torretas de CD's y DVD's por semana. Desafortunadamente, no se llevan bitácoras que puedan cuantificar la cantidad exacta, así como tampoco qué departamentos utilizan mayormente éste tipo de almacenamiento externo. Se cree que el departamento de Impacto Ambiental, por las actividades que realiza, es el que requiere de más insumos de éste tipo. En cuanto a los cartuchos de tinta y tóner, requieren de entre 4 o 5 cartuchos por semana en las diferentes impresoras que tienen y 2 o 3 tóneres. Para disposición final de éstos residuos, se mantienen en la Unidad de Tecnologías de la Información y son desechadas como residuos sólidos urbanos.



Figura 1. Departamentos que generarían la mayor cantidad de Residuos Tecnológicos en la Dependencia.

Fase 3: Identificación de la periodicidad en la renovación de Insumos Tecnológicos

Las marcas de equipos computacionales (Computadoras de escritorio y Laptops) que utilizan en la institución varían; teniendo así marcas como HP, Acer, Gateway, Dell y ensambladas. Por las características de éstas, son de rendimiento medio y de acuerdo a las políticas de la SEDEMA de Xalapa, deberían cambiar sus insumos tecnológicos cada dos años. Sin embargo, según los datos recabados en entrevistas, la última vez que se hizo la renovación de equipos fue hace cinco años. Por las características de sus insumos tecnológicos en el caso de las computadoras y laptops se estima que podrían tener un tiempo de vida útil de 3-5 años aproximadamente, ya que les dan mantenimiento cada seis meses, lo cual ayuda a conservarlos en buen estado, y podrían implementar algunas eco prácticas y tecnologías verdes que aumentarían su rendimiento y vida útil, como por ejemplo: activar las modalidades ecológicas de las computadoras y laptops; la utilización de software de distribución libre, el cual no necesita de tantos requerimientos computacionales; contar con una red de impresoras virtuales para evitar el exceso de equipos físicos; imprimir únicamente los documentos necesarios en modo ecológico y utilizar en la medida de lo posible papel re-utilizado.

En éste periodo de tiempo se han reparado varias máquinas, algunas se han dado de baja y a otras se les han reemplazado piezas con partes funcionales de otros equipos que ya habían sido dados de baja, sin embargo no se tienen registros de éstos eventos, ya que no existe un control de reparación o cambio piezas de los equipos, exceptuando las ocasiones en las que se dan de baja definitiva los equipos. Cabe mencionar que ellos consideran como “un equipo completo” monitor, CPU, teclado y mouse en el caso de las computadoras de escritorio; para el caso de las laptops se considera al total del aparato más el cargador y su pila. Si se descompone una pieza o parte del equipo, se le da de baja por completo en el caso de las computadoras de escritorio.

Para dar de baja un equipo completo, ya sea una computadora de escritorio, laptop o cualquier otro insumo computacional, se entrega el dictamen técnico al Departamento de Recursos Materiales y Servicios Generales, por parte de la Unidad de Tecnologías de la Información, posteriormente se almacenan el equipo dado de baja en las oficinas de la misma unidad y finalmente los residuos tecnológicos son puestos a disposición final a SEFIPLAN de Xalapa, Veracruz.

Finalmente, si se hiciera la renovación de insumos tecnológicos en todas las áreas y departamentos, podrían producirse los siguientes desechos acumulados (Tabla 1):

Tabla 1. Estadísticas finales de los Residuos Tecnológicos que se podrían generar en la Dependencia.

| | |
|--|-----|
| No. de equipos | 144 |
| Peso Acumulado por Tipo de Equipo (Kg) | 256 |
| Peso Total Acumulado (Kg) | 962 |

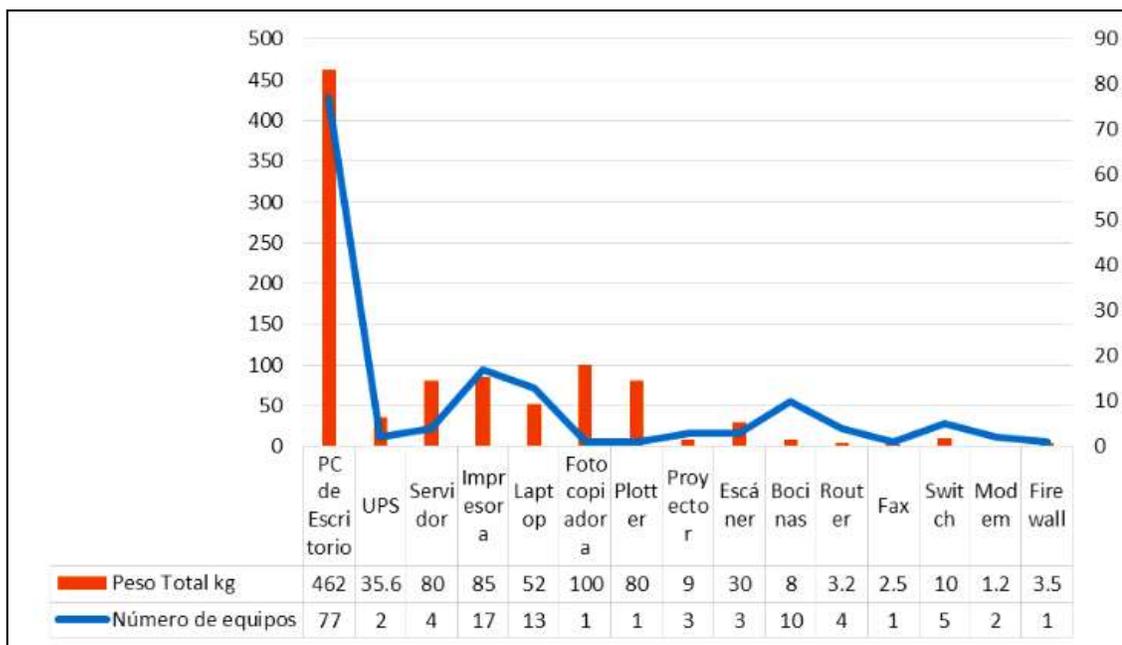


Figura 2. Relación de Pesos Acumulados por tipo de Equipos.

Como lo muestra la figura 2, se puede apreciar que el mayor peso acumulado de residuos tecnológicos totales (Tabla 1) se generará por acción de las computadoras de escritorio, seguido de la fotocopiadora y las impresoras, esto se deriva no necesariamente porque dichos aparatos sean los de mayor peso, sino porque son mayoría a comparación de la fotocopiadora que es la de mayor peso pero sólo se tiene un equipo inventariado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados analizados, se observa que la Dependencia generaría 962 kg de Residuos Tecnológicos acumulados, que representan 0.17% de los residuos eléctricos y electrónicos acopiados por la SEMARNAT en el programa del Reciclón de Eléctricos (periodo del 2009 al 2014). Sin embargo, como no se cuenta con datos de la cantidad que de residuos tecnológicos que provienen de la SEDEMA, no se puede especular sobre el monto que representaría de éste total.

En cuanto a la periodicidad con que deberían renovarse los insumos tecnológicos de la Institución, según su manual de procedimientos sería cada dos años; no obstante por las características que tienen actualmente sus equipos y con la ayuda de las tecnologías verdes y eco prácticas, podrían renovarse en un periodo de 3 a 5 años.

Además de los residuos tecnológicos que pueda generar la SEDEMA de Xalapa, existen otros desechos asociados al área informática como son los CD's, DVD's, cartuchos de tinta y tóner; los cuales representa onerosos gastos que pudieran reducirse si se realizara una reingeniería de procesos administrativos en los departamentos de la institución.

Para la planificación del plan de acciones se consideró las tareas de oficina y los impactos ambientales que se generan en cada una de éstas. Una vez establecido el marco normativo para el diseño de éste, se establecieron tres etapas básicas para el Manejo Integral de los Residuos Tecnológicos dentro de la Institución, los cuales se describen a continuación:

Reducir: Consiste en dar pláticas informativas sobre las Eco Prácticas al personal de todas las áreas y departamentos de la Institución con la intención de sensibilizar y concientizar. Además, se propone dar cursos de Tecnologías Verdes para la maximización de la vida útil de los insumos tecnológicos. Así mismo y en paralelo se puede desarrollar e implementar el programa de Eficiencia Energética.

Re-utilizar: Se plantea clasificar los componentes computacionales y acopiar aquellos que se consideren obsoletos en la bodega que se destine para éste fin.

Reciclar: Se formula el desarrollo del programa para la disposición final de Residuos Tecnológicos para acopiarlos en una bodega destinada para este propósito, así mismo se sugiere poner a disposición de la empresa REMSA estos desechos, como parte del programa del Reciclón de Residuos Electrónicos que se hace anualmente en la ciudad de Xalapa.

REFERENCIAS

Benítez, G., Rísquez, A. y Lara, M. (2010). “La Basura Electrónica: Computadoras, Teléfonos Celulares, Televisiones”. La Ciencia y el Hombre, XXIII (1). Recuperado el día 16 de abril de 2015 de La Ciencia y el Hombre: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol23num1/articulos/basuras/>

Román, G. (2006). “Diagnóstico sobre la Generación de Basura Electrónica en México”. Recuperado el día 15 de abril de 2015 de INECC: http://www.inecc.gob.mx/descargas/diag_basura_electronica.pdf

SEMARNAT. (2012). “Diagnostico Básico de Residuos para la Gestión Integral de los Residuos”. Recuperado el día 18 de abril de 2015 de INECC: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf

ELEMENTOS CLÁSICOS DE PERMANENCIA EN ECOTURISMO INDÍGENA DE LA SIERRA NORTE DE OAXACA, MÉXICO

Rosa María Velázquez-Sánchez Dr¹, Est. Jesús Gómez-Velázquez²

Resumen. Se analizaron los factores de medio natural y cultura incluidos en el proyecto de ecoturismo, sustentabilidad comunitaria y permanencia en 8 comunidades con destino eco-turístico en la región de la sierra norte del estado de Oaxaca, para analizar los aspectos de permanencia que identifican y expresan los habitantes y como contribuyen en la presencia del proyecto de ecoturismo. Con una entrevista estructurada con indicadores de sustentabilidad (Velázquez-Sánchez y Solana, 2013), categorías de “Comunalidad” (Martínez Luna, 2004) e indicadores de permanencia (Gómez y Robles, 2015) en las actividades de ecoturismo. Los resultados muestran en los 8 destinos ecoturísticos cultura propia, adecuación, cultura y cosmovisión (Comunalidad). Los habitantes manifiestan observar cambios por el ecoturismo y mejora económica, lo que resulta en la transición de la comunalidad al desarrollo, situación que Martínez (2003), prevé como estrategia de adecuación de los pueblos indígenas ante los embates del desarrollo.

Palabras Claves: Indicadores, Permanencia, Ecoturismo

Introducción

En México, la actividad turística tiene una mayor e importante participación en la economía del país. El turismo ocupa el segundo lugar en derrama económica después del petróleo. Una rama importante del sector turístico en México es el turismo de naturaleza, dividido en ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural. Estos han sido implementados como proyectos de desarrollo en varias comunidades con habitantes indígenas de la república mexicana en estados como Campeche, Michoacán, Hidalgo, Guerrero y Oaxaca. Oaxaca es un estado que está conformado por ocho regiones económicas y se localiza en la zona sur del país y se distingue por sus poblaciones con habitantes indígenas. De acuerdo a la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas CDI (2010), se encuentran registrados en el estado de Oaxaca, alrededor de 50 proyectos ecoturísticos, la mayoría en la región llamada Sierra Norte.

De acuerdo a Velázquez y colaboradores (2013), los proyectos de ecoturismo localizados en comunidades indígenas mexicanas apuntan hacia la sustentabilidad, tanto de los recursos naturales como de la “Comunalidad” (concepto definido por Martínez Luna, 2004) y que se refiere a la sustentabilidad comunitaria, a través de introducir acciones para la conservación de los recursos naturales y culturales de la comunidad, es decir sin alterar la estructura tradicional local. El interés de esta investigación fue analizar la forma en que los establecimientos para el ecoturismo permanecen a lo largo del tiempo, por determinadas características en el servicio y por la participación de la comunidad para responder a la pregunta. ¿Es posible la adecuación de lo propio (lo comunitario) con lo nuevo que propone el desarrollo de proyectos eco-turísticos para la permanencia del ecoturismo en comunidades indígenas?

La importancia de este trabajo radica en analizar y evaluar los indicadores de permanencia de los proyectos ecoturísticos localizados en comunidades indígenas de la región de la Sierra Norte de Oaxaca, México, de acuerdo con la sustentabilidad de la comunidad que cumple y se manifiesta en las categorías de “Comunalidad” (sustentabilidad comunitaria), descritas por Martínez Luna (2004), (cultura propia, adecuación, cultura y tecnología propia) y cómo éstos explican la percepción de desarrollo local en los habitantes de dichas comunidades.

¹ Rosa María Velázquez-Sánchez Dr es Profesora de Investigación en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca, romavesa205@yahoo.com.mx

² Est. Jesús Gómez-Velázquez es Estudiante de la Licenciatura en Turismo y Desarrollo Sustentable en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca, agame_velasquez@hotmail.com

Debido a la poca bibliografía disponible con respecto a estudios que aborden el análisis de la relación entre desarrollo y “Comunalidad” en la permanencia del ecoturismo, en este estudio se tomaron como base los antecedentes de Díaz (2000) y Martínez (2003) en términos de comunidad y desarrollo y los implementados por Velázquez-Sánchez y Solana (2013); Velázquez et al (2013), Velázquez et al (2014), Velázquez et al (2015) y Gómez y Robles (2014) en los que se observan resultados empíricos que permiten explicar los elementos de sustentabilidad comunitaria “Comunalidad” y la intervención que tienen en los proyectos de desarrollo para explicar la permanencia del ecoturismo en comunidades indígenas mexicanas y en particular en el estado de Oaxaca, se formuló la siguiente *Hipótesis del trabajo*:

Formulación. La situación del ecoturismo se encuentra entre el desarrollo y la Comunalidad (Velázquez y Solana, 2013). La mayoría de los destinos ecoturísticos se encuentran insertos en comunidades indígenas que se caracterizan por contar con hermosos paisajes naturales y elementos culturales. Sin embargo, existe una gran diferencia entre la perspectiva de permanencia en las empresas turísticas y de la permanencia del ecoturismo con la variable de “Comunalidad”, por lo que se plantea como pregunta de investigación ¿Cuáles son los aspectos de “Comunalidad” que integran los proyectos ecoturísticos de la Sierra Norte de Oaxaca, México que influyen en su permanencia?

Hipótesis. Los aspectos de comunalidad en el ecoturismo de las comunidades autóctonas de la Sierra Norte de Oaxaca influyen en los indicadores de permanencia.

Objetivo. Analizar los factores que influyen en la permanencia de los proyectos ecoturísticos de la Sierra Norte de Oaxaca, México.

Descripción del Método

En esta investigación cualitativa-cuantitativa, se analizaron los factores de medio natural y cultura incluidos en el proyecto de ecoturismo, sustentabilidad comunitaria y permanencia en 8 comunidades con destino eco-turístico en la región de la sierra norte del estado mexicano de Oaxaca, para analizar los aspectos de permanencia que identifican y expresan los habitantes y como contribuye en la permanencia del proyecto de ecoturismo.

Procedimiento

Se realizó una entrevista a profundidad aplicada a informantes clave de las comunidades incluidas en la investigación. Con los resultados de la entrevista y por medio de fenomenología se identificaron las categorías de sustentabilidad comunitaria y de permanencia. Después de revisar y definir las categorías identificadas en las expresiones de los informantes clave se analizaron los términos y los conceptos aportadas en la literatura y en los trabajos empíricos en los que se han analizado indicadores de las variables sustentabilidad de la comunidad desarrolladas por Velázquez-Sánchez y Solana (2013) y de acuerdo a las categorías de “Comunalidad” descritas por Martínez Luna (2004) y con la inclusión de indicadores de permanencia analizados por Gómez y Robles (2015) en las actividades de ecoturismo.

Como resultado del análisis fenomenológico se establecieron los elementos para construir un cuestionario para coleccionar la información de una muestra de las comunidades distribuidas y localizadas en la región de la sierra norte del estado mexicano de Oaxaca. En la Tabla 1, se pueden observar las variables sustentabilidad comunitaria con 4 categorías y con los indicadores que las definen y elementos clásicos para la permanencia que se tomaron como base para el diseño de una entrevista semiestructurada.

Tabla 1: Operacionalización de las variables sustentabilidad comunitaria y elementos clásicos para la permanencia.

| VARIABLES | CATEGORIAS | INDICADORES |
|---|--------------------|--|
| Sustentabilidad comunitaria (Comunalidad) | Cultura propia | Tecnología. Conocimiento. Producción y normatividad |
| | Adecuación Cultura | Social. Originalidad. Valores. Armonía. Medicina. Comida. Creatividad. Cosmovisión |
| | Tecnología propia | Materiales. |
| Elementos clásicos para la Permanencia | Autenticidad | -Originalidad -Filosofía |

| | | |
|--|--------------------|---|
| | Técnicas iniciales | -Servicios ofrecidos -Mercado a dirigirse -Atención al huésped -Sistemas de información -Administración |
| | Adaptación | -Elementos modernos -Competencia -Normatividad local -Cambio de propietarios/administración |

En esta tabla 1, se pueden observar las variables que se incluyeron en este estudio con sus respectivas categorías y con los indicadores que se contemplaron para observar cada una de ellas desde la perspectiva del actor y receptor del proyecto ecoturístico. Fuente: elaboración propia.

Después del diseño y aplicación de la entrevista a profundidad, fue elaborada una entrevista semi-estructurada. Las preguntas que se incluyeron en ella se formularon con base al cuadro operacional para las variables de sustentabilidad comunitaria y elementos clásicos de permanencia. Para la colecta de la información se entrevistó a 38 habitantes de 8 comunidades indígenas de la región de la Sierra Norte del estado de Oaxaca, México. La muestra se estratificó para incluir a las ocho comunidades en términos de número de habitantes, sin embargo, solo se tomaron en cuenta las entrevistas que fueron completas y en las que se logró la participación de la población. Con los datos colectados se integró una base de datos para su análisis y se procedió a realizar análisis factorial para observar el comportamiento de los indicadores en las categorías planteadas y probar la validez del instrumentos de recolección.

Resultados

Con los datos obtenidos se realizó el análisis sobre los factores de “Comunalidad” y elementos clásicos de Permanencia que se integran en los servicios de ecoturismo, pero principalmente la integración de los habitantes originarios en las mismas. Con la ayuda del análisis de la página de ecoturismo en la que se encuentran anunciados, se observó como resultado que en la promoción del destino ecoturístico no incluyen los aspectos de convivencia con la comunidad, pero si destacan aspectos de marketing.

A pesar de tomar como base resultados previos, los resultados obtenidos por la entrevista, arrojaron que en las 8 comunidades existe presencia de las categorías de la Variable “Comunalidad”: cultura propia, la adecuación, la cultura. Variable Sustentabilidad con indicadores de conductas hacia el cuidado del ambiente.

Los resultados de las variables Comunalidad y Sustentabilidad permiten comprobar que la cosmovisión en general pueden definir los principios para un desarrollo sustentable. En las variable Permanencia se pudieron identificar elementos tradicionales pero también modernos y muy destacable un elemento nuevo Adecuación, lo cual coincide con los planteamientos de Martínez (2014).

Los habitantes manifestaron que la preferencia de los visitantes se manifiesta por los elementos tradicionales incorporados al servicio, pero que principalmente son atraídos la belleza del medio natural y por la posibilidad de convivir con los habitantes originarios. Por lo que los elementos tradicionales y los indicadores de sustentabilidad y comunalidad pueden explicar permanencia del ecoturismo en la región analizada. Los datos se pueden observar en la Tabla 2, en la que se resumen las categorías y los indicadores resultado.

Tabla 2. Categoría e indicadores de las variables Sustentabilidad, “Comunalidad” y Permanencia en la Región de la Sierra Norte de Oaxaca.

| Permanencia | Sustentabilidad | Comunalidad |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Modernos, los entrevistados manifestaron que sus servicio turístico incluye aspectos de calidad establecidos fuera de la comunidad y que el trato | Conservación: en cuanto a las medidas de conservación cuentan con: <ul style="list-style-type: none"> • Un programa de reforestación destacando el pino. • Se prohíbe el uso de | <ul style="list-style-type: none"> • Cultura propia: los habitantes se dan a conocer como Zapotecos • Adecuación: aún se rigen por usos y costumbres. • Cultura: se realizan fiestas tradicionales y |

| | | |
|--|--|--------------------|
| <p>al turista debe tener ciertos modelos ya establecidos (integración de estándares universales de servicio) así como con el complemento de nuevas iniciativas de productos y servicios.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Tradicionales</i>, con el servicio austero desglosado en hospedaje, alimentos y bebidas. • <i>De Adaptación</i>, los entrevistados aceptan que existe una adaptación entre las prácticas modernas para el ecoturismo y las que están basadas en su cosmovisión de “Comunalidad” | <p>productos no biodegradables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separación de la basura • Reciclaje • Manejo de aguas residuales mediante pozos de absorción • Inventario de flora y fauna, así como reglamento del cuidado del medio ambiente. | <p>religiosas.</p> |
|--|--|--------------------|

En la Tabla 2, se presenta el concentrado de los indicadores que se desprendieron de las entrevistas realizadas tanto al informante clave, como a los habitantes de la región en torno a las tres variables analizadas en este estudio. Como se puede observar son muchos los indicadores identificados y manifestados por los entrevistados y que se vieron reflejados en el análisis factorial. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados permitieron conocer los indicadores de permanencia desde la perspectiva de los habitantes hacia la implementación del centro ecoturístico, lo consideran como económico, lo cual, hasta ahora ha ayudado a generar empleos e ingresos económicos, mediante los comedores particulares, así como el comedor comunitario con el que ellos cuentan, empleándose también para la limpieza de las cabañas y los particulares que tiene comercios.

En otro sentido ha ayudado a la conservación del medio ambiente y generado la unión de las comunidades. Se logró la llegada de la señal del celular. La pavimentación desde la ciudad de Oaxaca hasta el destino, que hasta el 2010 no se tenía. De esta manera se teme que a este paso la permanencia del ecoturismo observado en la Región de la Sierra Norte del estado mexicano de Oaxaca, ocasiona efectos negativos como la desculturización, pérdida de identidad y distorsión en la estructura de la comunidad, entre otras, sobre la cultura ya que al parecer se advierte el paso del desarrollo en términos de empresa eco turística con beneficios particulares.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten responder a la pregunta de investigación. La inclusión de elementos de turismo tradicional con elementos de “Comunalidad” permite lograr una armonía y posteriormente un valor de permanencia elevado; aunque en opinión de la comunidad pueden existir nuevas problemáticas previamente planteadas.

Los resultados permiten contribuir al cuerpo de la literatura con una metodología para evaluar la pertinencia de los proyectos turísticos en México. La evaluación de la importancia de los elementos de adaptación para la preferencia del visitante permite observar la ventaja que representa en la afluencia turística. También contribuye al conocimiento de la estrategia de la adecuación de las prácticas turísticas tradicionales en comunidades originarias.

Bibliografía

- Arevalo, J. M.** (s.f.). La tradición el patrimonio y la identidad. Recuperado el septiembre de 2013
- Broda.** (2001). Cosmovisión Indígena. Recuperado el 2013, de Cosmovisión Indígena.
- Duplan, Sergio L.** (2006) “Factibilidad Hotelera, Análisis y Evaluación” Editorial Trillas, Primera edición, 2006. ISBN 968-24-7369-1.

- Gómez y Marín.** (2012) Gómez García, Joas y Marín Pérez José Aramis “La innovación tecnológica en empresas comunitarias” Libro: Empresas Comunitarias, Pobreza y MiPyMes, Red interdisciplinaria IPN-UABJO. PP. 13-34. Oaxaca de Juárez, México, 2012.
- Gómez-Velázquez, J., & Robles-Maldonado, E.** (2015). Indicadores de permanencia en las empresas turísticas de Puerto Rico. Global Conference on Business and Finance Proceedings Winter 2015 ISSN 2168-0612 ISSN 1941-9589.
- Martínez Luna, J.** (2004). Comunalidad y desarrollo. Recuperado el 2013, de CULTURAS POPULARES <http://trabajaen.conaculta.gob.mx/convoca/anexos/comunalidad%20y%20desarrollo.pdf>
- Ortuño.** (1993). “Estudio del Turismo” Segunda edición. Editorial Porrúa. México, D.F.
- Rizo Rivas, José Mario** (2012) “La excelencia: Práctica empresarial Indispensable para lograr la permanencia” Copyright © 2014 Dofiscal Editores, S.A. de C.V.
- Rocha Centeno, Rogelio.** (1992). “Metodología de la investigación aplicada al turismo” Editorial Trillas/Turismo, Naulcalpan, México.
- Sánchez, V.** (s.f.). Conservación de la Biodiversidad. Recuperado el 2013, de Conservación de la Biodiversidad: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/3/1089/3.pdf>
- SEMARNAT.** (2006). Introducción al turismo comunitario. México: Segunda edición.
- Velázquez-Sánchez, Rosa María.** (2013) “La Sustentabilidad de las Comunidades Mexicanas en el Ecoturismo” *Revista Global de Negocios*, Vol. 1, No. 1, pp. 73-81, 2013
- Velázquez-Sánchez, R. M., & Ramos Soto, A. L.** (enero de 2013). Las instituciones microfinancieras en el desarrollo regional de Oaxaca. *Estudios interdisciplinarios de la organización*(3).
- Velázquez-Sánchez, R. M., Bohorquez Canseco, M. G., & Solana Vásquez, O. R.** (2013). Las microfinanzas en los indicadores de desarrollo local de comunidades indígenas del estado de Oaxaca. En U. A. Nicolas, *Tendencias en Administración. Finanzas e Informática* (pág. 128). 135: Universidad Autónoma de San Nicolas de Hidalgo.
- Velázquez-Sánchez, R. M., Gómez-Velázquez, J., & Flamenco Hernández, A.** (2014). The Eco-Tourism in the Coastal Region of Oaxaca. Between Developmen and Commonality. *Journal of Business and Economics*. vol 5, número 2. pp 185-195
- Velázquez-Sánchez, R. M., Gómez-Velázquez, J., Bohorquez Canseco M., Nuñez Contreras C.** (2014). Ecoturismo y Desarrollo Local en Comunidades Indígenas. *Revista Global de Negocios*. vol 3, número 3, pp 67-77
- Velázquez-Sánchez, R. M., Gómez-Velázquez, J., Gaytan Bohorquez L., Nuñez Contreras C.** (2014). Sustainable Development og Ecotourism in Mexico. *Economics World*, vol 2, 3, marzo, pp 56-68
- Villarreal.** (2007), “Turismo Feliz” Única edición. México, D.F.

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE SECADO PARA TEJAS CON LD

Dr. Sabino Velázquez Trujillo¹, Ing. Claudia B. Mandujano Venegas²,
Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez³ y Dr. Carlos Ríos Rojas⁴

Resumen— En este artículo, se desarrolla la metodología del diseño de un sistema de secado para tejas de arcilla en el cual se aprovecha el calor que es desechado por un horno de cocción durante su funcionamiento, empleando el control inteligente (lógica difusa). El control inteligente se ha vuelto más favorable y ha sido aplicado con éxito para el control de procesos industriales, principalmente se ha convertido en un tema muy discutido y un campo de investigación significativo para la calefacción del horno. Obteniendo como resultados un control eficiente, es decir; el secado uniforme e ideal de las tejas reduciendo tiempos, por consiguiente aumento de la producción, minimizando desperdicios de producto, energía y reducción de costos.

Palabras clave— Metodología, sistema de secado, Alfarería, Lógica Difusa (LD).

INTRODUCCIÓN

A través de la historia se ha visto la importancia que ha adquirido el ladrillo y las tejas como un material indispensable en la construcción (Afanador García, Ibarra Jaime, & López Durán, 2013), y un dominante en cuanto a cantidades de comercialización se refiere a nivel mundial. La principal materia prima en la elaboración de las piezas de mampostería es la arcilla, la cual es un material plástico natural en presencia de agua que permite ser moldeada para luego adquirir una dureza que aumenta considerablemente después de la cocción. Las propiedades de esta materia prima dependen del tamaño y/o la estructura de la misma; esta arcilla requiere del proceso de moldeado en las cuales de este proceso hacia el proceso de secado conservan un % de humedad y es necesario eliminarlo para efectuar la cocción con buenos resultados.

Los cambios evolutivos de los sistemas de control se dividen en tres etapas: primero el sistema de control on/off (encendido/apagado); en segundo el control PID; y por último, el control inteligente. Uno de los métodos más populares de control inteligente es el Control Lógico difuso, que utiliza la lógica difusa para convertir la estrategia de control lingüístico basado en el conocimiento experto en una estrategia de control automático. Ahora el Control Lógico difuso se ha vuelto más favorable que el control PID convencional (Rahman Shabaan, M. El-Metwally, M.A. Farghaly, & A. Sharawi, 2013); porque simplemente representa la realización de la estrategia de control humano, donde el control PID se basa en las formulaciones matemáticas (Elnour A/Alla Mohammed, 2013).

Recientemente, la llegada de los controladores de lógica difusa y de los controladores neuronales ha inspirado nuevos recursos para la posible realización de un mejor y más eficiente control. Ofrecen una ventaja clave sobre los sistemas de control adaptativo tradicionales. Es decir, que no requieren modelos matemáticos de las plantas. El concepto de la lógica difusa se ha aplicado con éxito para el control de procesos industriales. Convencionalmente, la selección de borrosa si-entonces reglas a menudo se basa en una cantidad sustancial de observación heurística para expresar conocimientos estrategia adecuada. En los últimos años, con el desarrollo continuo de la teoría borrosa y la teoría de redes neuronales, el control inteligente de la calefacción del horno se ha convertido en un tema candente y un campo de investigación importante. La tecnología del control difuso ha sido ampliamente utilizada en muchos campos, especialmente en el control de la temperatura de calentamiento del horno debido a su simplicidad, la flexibilidad, la practicidad, la estabilidad, alta precisión y alta robustez (Dequan, Guili, Zhiwei, & Peng, 2012).

En este trabajo, se desarrolla la metodología del diseño de un sistema de secado para tejas de arcilla en el cual se aprovechara el calor desechado por el horno de cocción y aplicando la lógica difusa; con el fin de mejorar la producción, minimizar desperdicios de producto, la energía y los costos. La metodología se describe en detalles.

1 El Dr. Sabino Velázquez Trujillo es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México sabinovelazquez1@hotmail.com (**autor corresponsal**)

2 La Ing. Claudia B. Mandujano Venegas es alumna del Programa de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México ecinereb-7@hotmail.com

3 El Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México enescobarg@hotmail.com

4 El Dr. Carlos Ríos Rojas es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México crios@ittg.edu.mx

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El método propuesto en esta investigación se propone de seis fases que se presentan en el diagrama de bloques de la Figura 1.

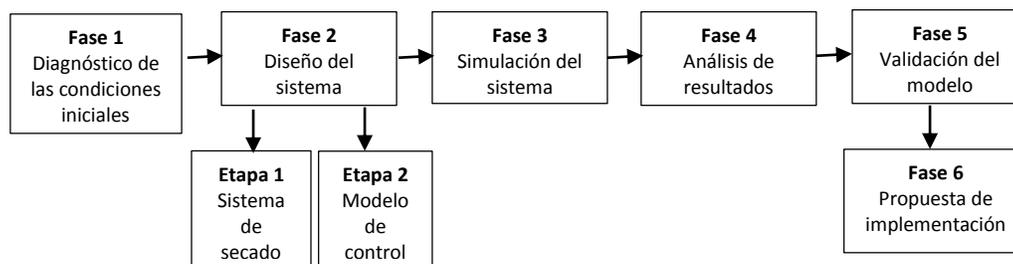


Figura 1. Metodología a utilizar

En los puntos siguientes se presenta con detalle en qué consiste cada una de las etapas mencionadas anteriormente.

Fase 1. Diagnóstico de las condiciones iniciales

En las industrias ladrilleras existen diversos elementos y/o factores que afectan a la producción (factores climáticos, condiciones de producción, procesos de secado y cocción actual, entre otros); en este primer paso de la metodología se identifican estos factores y se realizan los planos correspondientes de la distribución de la planta actual.

Fase 2. Diseño del sistema

Después de identificar los factores y variables que afectan al sistema, éstas se estructuran para generar el diseño de la distribución física; para facilitar el diseño, se pretende dividir en dos etapas, primero el diseño del sistema de secado, y el segundo el modelo de control (con variables difusas).

Sistema de secado

Durante esta fase se requieren de ciertos cálculos para el diseño del sistema de secado, por ejemplo; un análisis termodinámico para el funcionamiento del horno de cocción (CENGEL, 2004), un análisis para el diseño de los ductos de inducción del calor en el sistema, al mismo tiempo se requieren de mediciones de temperaturas tanto del horno como del área de la ubicación del sistema, la medición del tiempo de secado original de las tejas, entre otros.

Para el análisis termodinámico se utiliza la ecuación de la conservación de la energía para el flujo de un fluido se expresa como se indica en la ecuación 1:

$$Q = mC_p\Delta T \quad (1)$$

Donde:

Q = Es la transferencia de energía al sistema (J)

m = Masa del aire (Kg)

C_p = Calor específico del aire (J/Kg*°C)

ΔT = Diferencial de temperatura (°C)

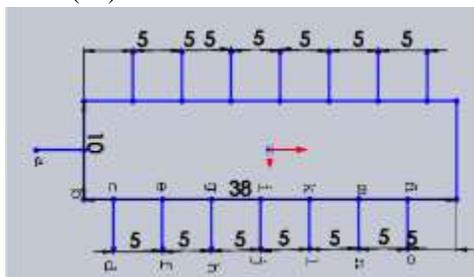


Figura 2. Distribución de ductos

El diseño de los ductos se basa en el método de caída de presión constante o método de igual fricción para la determinación del tamaño de cada uno de los ductos, la distribución a considerar se aprecia en la Figura 2.; cuando se aplica este método se requieren ciertos datos como: la caída de presión (f_s) de acuerdo con la velocidad deseada (\vec{U}) dependiendo del tipo de ducto y el caudal en el ducto (\vec{Q}) ecuación (2), las renovaciones de aire necesarias

dependiendo del sistema a utilizar, el volumen del sistema, el área del sistema ecuación (3), el diámetro equivalente del ducto ecuación (4), entre otros.

$$\vec{Q}_{PCM} = \text{volumen} * \text{Renovaciones} * \frac{3.28^3}{1} * \frac{1}{60} \left(\frac{ft^3}{min} \right) \quad (2)$$

$$\vec{Q} = \vec{U} * A \therefore A = \frac{\vec{Q}}{\vec{U}} \left(\frac{144in^2}{1ft^2} \right) \quad (in^2) \quad (3)$$

$$\phi_{eq} = \sqrt{\frac{4*A}{\pi}} \quad (in) \quad (4)$$

Para un ducto rectangular es buena práctica que la relación del lado mayor al menor sea hasta de **6 a 1** y esta relación nunca debe exceder de 10 a 1.

$$A = W * H \quad (5)$$

$$6H = W \quad (6)$$

Resolviendo las ecuaciones (5) y (6) se obtiene la ecuación (7), y a partir de esta se obtiene la ecuación (6).

$$H = \sqrt{\frac{A}{6}} \quad (7)$$

Modelo de control

El modelo de control a utilizar se muestra en la Figura 3, así mismo se explica en que consiste cada proceso. El primer bloque es un proceso de fusificación que convierte la señal a valores de pertenencia con respecto a funciones de membresía. Después pasa a través del sistema de reglas que gobiernan el proceso y le asigna a la entrada una salida de carácter difuso. El último bloque se encarga de transformar esto a valor de salida definido y concreto.



Figura 3. Diagrama del diseño del sistema de lógica difusa

Una vez identificados los factores influyentes, estas se estructuran en las variables difusas, las entradas y las salidas; es decir las variables que dependen para el funcionamiento del sistema y el resultado que se requiere del mismo sistema las cuales se mencionan enseguida (Robusté, 1969).

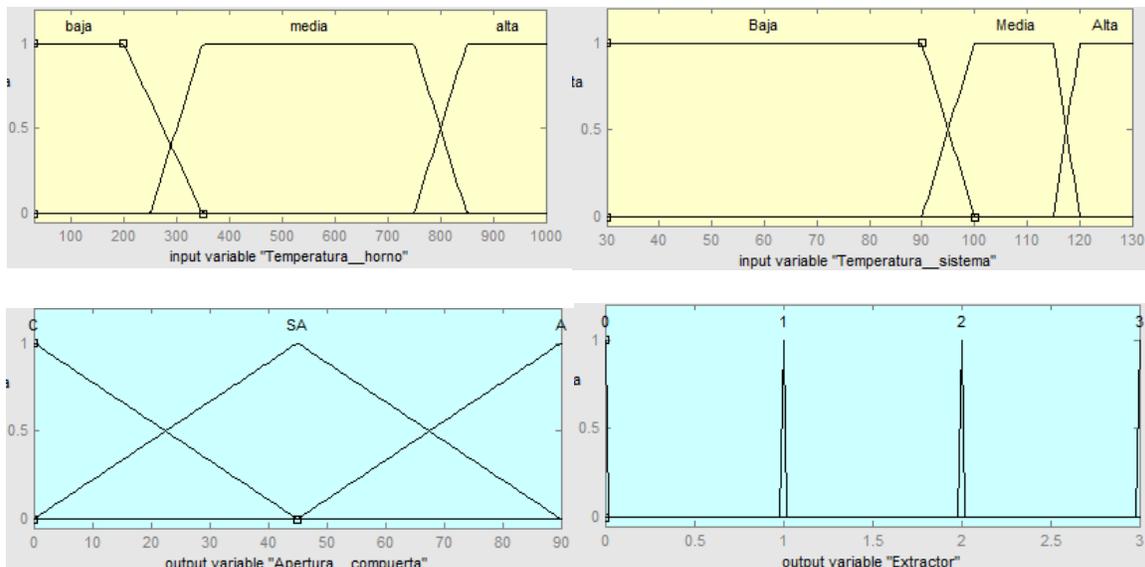


Figura 4. Variables de entrada y salida difusas

Como variables de entrada se consideran dos, la temperatura del horno de cocción y la temperatura del sistema de secado, declarándose en tres conjuntos difusos ambas “baja”, “media” y “alta”; la primera se mide en grados Celsius desde 27°C hasta 1000°C y la segunda de igual forma se mide en grados Celsius desde 27°C hasta 130°C. Con respecto a las variables de salida se consideran dos nuevamente, la primera para la apertura de la compuerta del acceso de calor al sistema declarándose en tres conjuntos difusos “cerrada”, “semi-abierta” y “abierta” midiéndose en grados que son 0°, 45° y 90°; y como segunda salida los extractores de humedad dividiéndose en cuatro conjuntos que son “0”, “1”, “2” y “3” los niveles del ventilador. Como se muestran en la figura 4.

Por último se desarrolla el juego de las reglas difusas con base a la interpretación del experto, las cuales se presentan en la Tabla 1.

| | | Temp. Secado | | |
|-------------|-------|---------------|-------------|--------------|
| | | Alta | Media | Baja |
| Temp. Horno | Alta | C= SA E= 3 | C= A E=2 | C= A E=0 |
| | Media | C=SA E=1 | C=A E= 0 | C= A E= 0 |
| | Baja | C= SA E= 0 | C= C E=0 | C= C E=0 |

Tabla 1. Juego de reglas difusas

Fase 3. Simulación del sistema

Se utiliza el software SolidWorks para realizar primeramente el diseño del sistema de secado y con la plataforma LabVIEW para desarrollar el control difuso, ya desarrollados ambos diseños se realiza la prueba de funcionamiento de cada una y unificados, es decir se hace la comunicación LabVIEW-SolidWorks. Para así ejecutar las corridas necesarias del sistema y obtener resultados del mismo.

Se ha denominado a esta etapa como diseño virtual, entendemos por diseño virtual “el uso de herramientas informáticas para generar información sobre la funcionalidad de un sistema”, la cual consiste en realizar una conexión entre ambos programas, controlando el modelo virtual del sistema en SolidWorks a través de LabVIEW, para generar información sobre la funcionalidad del sistema

Fase 4. Análisis de resultados

En esta etapa se tabulan y grafican las mediciones obtenidas por el sistema, se verifica y analiza el comportamiento del sistema para determinar las conclusiones y ajustes del mismo.

Fase 5. Validación del modelo

El modelo se tiene que validar para ver el nivel de confiabilidad que aporta, esto se pretende obtener comparando los resultados del secado, con el método actual (método cotidiano) y el modelo propuesto (método propuesto); utilizando la prueba de hipótesis. La hipótesis planteada es la siguiente, “Utilizando un proceso con control difuso se disminuirá el tiempo promedio de secado en las tejas”. Es decir:

$$H_0: \mu=104 \text{ h y } H_1: \mu<104 \text{ h}$$

Donde μ = Promedio del tiempo de secado en horas

Utilizando el estadístico t debido a que σ no se conoce, siendo de Cola izquierda con un nivel de significancia del 5%.

Fase 6. Propuesta de implementación

Una vez validado el modelo se realiza la propuesta de implementación en la que se le determinan los costos a la planta que requiera de este sistema.

COMENTARIOS FINALES

CONCLUSIONES

En la actualidad el desarrollo del control difuso en los sistemas beneficia en muchos aspectos no solo a las empresas sino también a la comunidad, es alarmante y el motivo principal para la aplicación de estas nuevas tecnologías es la contaminación debido a las predicciones declaradas; es por eso que se exponen nuevos métodos con el fin de reducir principalmente la contaminación del aire y los altos costos para las empresas.

EXPECTATIVAS

Con el diseño del sistema planteado anteriormente se pretende obtener principalmente la optimización de recursos y procesos de la empresa, al inicio se consideraría como una fuerte inversión pero al final se obtendrían las ganancias además de la disminución del desgaste físico y desperdicios que actualmente pesan en la empresa.

En un futuro se pretende desarrollar la implementación del sistema para la empresa CERAMITEX, empresa ladrillera ubicada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

REFERENCIAS

- Afanador García, N., Ibarra Jaime, A. C., & López Durán, C. A. (2013). Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. *Épsilon (20)*, 101-119.
- CENGEL, Y. A. (2004). *TRANSFERENCIA DE CALOR* (Segunda ed.). (J. H. Pérez, Trad.) México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Dequan, S., Guili, G., Zhiwei, G., & Peng, X. (2012). Application of Expert Fuzzy PID Method for Temperature Control of Heating Furnace. *International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE)*, 257-261.
- Elnour A/Alla Mohammed, M. (2013). PID and Fuzzy Logic in Temperature Control System. *International Conference on Computing, Electrical and Electronic Engineering*, 172-177.
- Rahman Shabaan, A., M. El-Metwally, S., M.A. Farghaly, M., & A. Sharawi, A. (2013). PID and Fuzzy Logic Optimized Control for Temperature in Infant Incubators. *Proceedings of International Conference on Modelling, Identification & Control (ICMIC)*, 53-59.
- Robusté, E. (1969). *El horno túnel al alcance del ceramista y del ladrillero* (Primera ed.). Barcelona, España: Ediciones ceac.

NOTAS BIOGRÁFICAS

El **Dr. Sabino Velázquez Trujillo** es Dr. En Ingeniería en el área de Procesos de Manufactura, egresado del Centro de Ingeniería y desarrollo Industrial: CIDESI de Querétaro, Querétaro; Maestro Investigador de tiempo completo de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y Árbitro de varias revistas.

La **Ing. Claudia B. Mandujano Venegas** es Ing. Mecánica egresada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y maestrante del Programa de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El **Dr. Elías Nefalí Escobar Gómez** es Dr. En Ingeniería en el área de Procesos de Manufactura, egresado del Centro de Ingeniería y desarrollo Industrial: CIDESI de Querétaro, Querétaro y Maestro Investigador de tiempo completo de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El **Dr. Carlos Ríos Rojas** es Dr. En Ciencias en Ingeniería Mecánica, egresado de INSA de Lyon Francia y Maestro Investigador de tiempo completo de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Retención del colorante textil alizarina en una red metal orgánica de cobre

Velazquillo Álvarez Liliana América¹, Dra. Loera Serna Sandra²,
Dra. Ortiz Romero V. María Elba³

Resumen— En este trabajo se presentan los resultados de la adsorción de alizarina utilizando una MOF (metal organic framework). Esta adsorción se desarrolló mediante dos metodologías: la adición de la MOF a una solución con una concentración conocida de colorante (posterior a la síntesis); y la adición del colorante al proceso de formación de la MOF (durante la síntesis). La estructura y morfología de la MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ muestra características y propiedades similares a la referencia teórica. La caracterización en todas las partes del proceso se realizó mediante DRX, SEM y ATG, para determinar las características estructurales, morfológicas y térmicas de las MOFs. El porcentaje de retención fue más del 90%, determinado mediante UV-Vis. Las metodologías de adsorción propuestas abren la posibilidad de considerar a la MOF de cobre como un material viable en términos del tratamiento de agua contaminada con colorantes textiles, debido a su alta capacidad de retención.

Introducción

Las redes metal orgánicas, mejor conocidas como MOF (por sus siglas en inglés: *metal organic framework*) son materiales que se han estudiado recientemente debido a su potencial en términos de capacidad de almacenamiento de gases, en la separación de líquidos, incluso en la administración de fármacos (Bourelly S. et al., 2009). Estas propiedades excepcionales surgen de la posibilidad de cambiar fácilmente ya sea su centro metálico o el ligante orgánico, ambas proporcionan estabilidad mecánica y térmica, y una estructura con geometría bien definida de naturaleza cristalina, las propiedades de la MOF se observan en el Cuadro 1 (Botas et al., 2012). Es por lo tanto posible ajustar el tamaño de poro, la forma y la conectividad por modificaciones sutiles de la molécula orgánica o ligante orgánico (Bourelly et al. 2009).

| | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|
|  | Estructura: | Cúbica |
| | Área superficial: | 692-1713 m ² /g |
| | Tamaño de poro: | 0.9nm y 0.35nm |
| | Temperatura de estabilización: | >575 K |
| | Tiempo de síntesis: | 12 a 18 hrs |

Cuadro 1. Propiedades de la MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$

El problema de la contaminación del agua es cada día más preocupante ya que el continuo crecimiento de la población humana, el desarrollo industrial, agrícola y comercial demandan cada vez mayor cantidad de agua, lo que ha provocado una sobreexplotación del recurso y la generación de agua residual ocasionando una mayor cantidad de factores que afectan el ecosistema (Piña, 2007).

El sector textil es uno de los principales generadores de contaminantes que se vierten al agua. En esta industria se utiliza una gran variedad de sustancias químicas que contaminan el agua de proceso, debido principalmente a que durante el proceso de acabado de telas e hilos, particularmente durante el teñido, el colorante no es fijado completamente y queda un residuo de colorante que no se fijó que varía del 12% al 30% dependiendo del tipo de colorante y del proceso usado para su fijación generando agua residual donde los contaminantes son extremadamente diversos y varían de acuerdo con el tipo de fibra, hilo o tela, proceso o productos químicos usados (Piña, 2007). Entre los colorantes más empleados dentro de la amplia gama de colorantes textiles para el teñido de fibras son los de tipo antraquinona, en particular la alizarina.

Se presenta una alternativa de remoción de colorantes aplicando la química de materiales por medio del uso de una red metal orgánica de cobre (MOF) para la adsorción de la alizarina. Se realizaron dos metodologías de retención del mencionado colorante en la estructura de la MOF de $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$, BTC: 1,3,5-benzenotricarboxilato,

¹ La Ing. Liliana America Velazquillo Álvarez es egresada de la carrera de ingeniería química de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México. kika-hp@hotmail.com

² La Dra. Loera Serna Sandra Profesora de Ingeniería Química en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, México sls@correo.azc.uam.mx (autor correspondiente)

³ La Dra. Ortiz Romero V. María Elba Profesora de Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, México mariaelbaortiz@gmail.com

una durante la síntesis de éste y otra en un proceso posterior a la síntesis de la MOF. Los materiales se caracterizaron mediante difracción de rayos X (DRX), análisis térmico gravimétrico (ATG) y microscopia electrónica de barrido (SEM).

La técnica de espectroscopia de ultra violeta-visible (UV-Vis) permitió determinar el grado de retención de los colorantes en cada metodología. El análisis de los resultados permitió emitir una resolución de la eficiencia de éste material inteligente.

Descripción del Método

Proceso de encapsulamiento posterior a la síntesis de la MOF:

- Síntesis de la MOF: Pesar 0.5 g de BTC y disolverlos completamente en 150 ml de agua. Pesar 0.86 g de nitrato de cobre y vertirlos en 40 ml de etanol hasta que esté completamente diluido. Agregar gota a gota de nitrato de cobre y vertirlo en 40 ml de etanol hasta que esté diluido completamente. Dejar en agitación durante 24 horas. Vertirlos en tubos y centrifugar la muestra durante 20 minutos. Introducir el sólido a la estufa a 50°C por 24 horas. Secar el sólido y triturarlos en un mortero hasta obtener un polvo.
- Encapsulamiento del colorante; posterior a la síntesis: Introducir la MOF en pretratamiento por 12 horas para la adsorción del colorante. Vertir la MOF pretratada en una solución agua-etanol más colorante con una cierta concentración. Mantener la solución de la MOF en agitación durante 24 horas. Vertirlos en tubos y centrifugar la muestra 20 minutos. Colocar el sólido en la estufa a 50°C durante 24 horas. Secar el sólido y triturarlos hasta obtener un polvo.

Proceso de adsorción durante la síntesis de la MOF:

Esta metodología trata de la adsorción del colorante a una concentración conocida mientras se forma el material cristalino y todo esto ocurre mientras se mezclan y se adicionan los reactivos. Mientras se adicionaba el colorante se consideró dos fases para la formación de la MOF

- Fase 1: Formación parte orgánica: Agregar BTC y bicarbonato de sodio más colorante. Agregar gota a gota nitrato de cobre con etanol. Agitación por 24 horas. Centrifugar durante 30 minutos y secar.
- Fase 1: Formación parte orgánica: Agregar BTC y bicarbonato de sodio más colorante. Agregar gota a gota nitrato de cobre con etanol. Agitación por 24 horas. Centrifugar durante 30 minutos y secar.

Resumen de resultados

- Difracción de rayos X (DRX)

Una vez realizada la síntesis de la MOF de cobre $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$, se procedió a realizar la caracterización de este material para verificar su estructura y así poder usarla en la adsorción del colorante. El parámetro de red calculado para esta MOF fue de 26.67 Å y un tamaño de cristal de 630.77 Å. Se realizó una comparación de los difractogramas de la MOF de cobre de referencia y los resultados DRX de los sólidos obtenidos en adsorción posterior y durante la síntesis, los resultados se muestran en la Figura 1. Los cuatro difractogramas de la Figura 1 corresponden a la estructura de $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ (Mof ref), debido a que presentan picos en las mismas posiciones del ángulo de Bragg; pero se observa que cuando la alizarina es absorbida durante la posterior a la síntesis (Ali-Post) y cuando la alizarina es absorbida durante la síntesis en la fase metálica (Ali-M) existe un ligero corrimiento en los picos debido a que el parámetro de red cambio, sin embargo siguen manteniendo la estructura cristalina de la MOF.

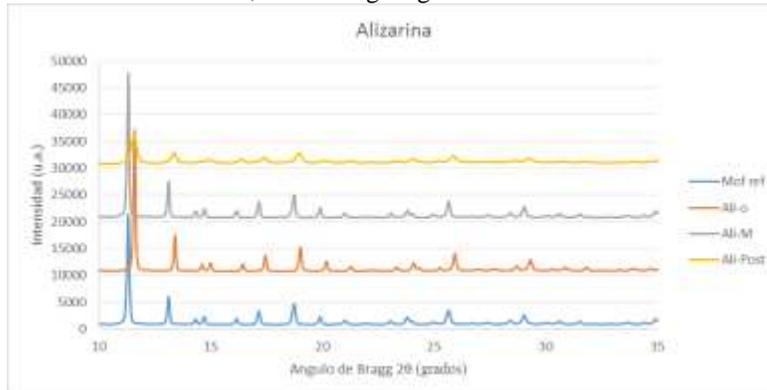


Figura 1. Difractogramas de la MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ de referencia (Mof ref) y de los cristales formados de las metodologías en las fases metálica (Ali-M), orgánica (Ali-O) y posterior a la síntesis (Ali-Post).

| Difractograma | a_0 [Å] | D [Å] |
|---------------|--------------|----------|
| Mof ref | 26.67 | 630.77 |
| Ali-O | 26.39 | 709.79 |
| Ali-M | 26.67 | 810.99 |
| Ali- Post | 26.47 | 437.18 |

Cuadro 2. Parámetros de red (a_0) y tamaño del cristal (D) de las MOF's en la alizarina.

De acuerdo con los resultados, se puede observar que las muestras tienen un parámetro de red similar, esto indica que el colorante reemplaza a las moléculas de agua. La muestra en donde la absorción del colorante se efectúa al agregarlo en la fase orgánica Ali-O presentó el parámetro de red menor, esto se puede atribuir a dos procesos: 1) a una mayor interacción entre las moléculas del colorante y la red de la MOF o 2) un desplazamiento de mayor cantidad de moléculas de agua y remplazo de estas por algunas moléculas de colorantes, lo que deja una red deshidratada con menor parámetro de red.

Con base en los resultados del Cuadro 2 se observa que con respecto a la MOF de referencia, en la metodología durante la síntesis en la fase orgánica y la fase metálica hubo un incremento en el tamaño del cristal, en la metodología posterior a la síntesis hubo una disminución en su tamaño del cristal esto debido al proceso. Es de esperarse que cualquier proceso posterior a la síntesis del material donde se someta el material a una solución acuosa de colorante en agua, pueda disminuir el tamaño de cristal, ya que no se favorecen condiciones de crecimiento del mismo, dada la polaridad del solvente, las condiciones de temperatura y presión.

b) Microscopia electrónica de barrido (SEM)

Metodología posterior a la síntesis

En la Figura 2, se muestran las micrografías de la MOF obtenida antes y después del proceso de adsorción de la alizarina. En la imagen (izquierda) se puede apreciar que la morfología de la MOF, muestra partículas aglomeradas sin ningún tipo de característica o forma definida pero cuando se hace un acercamiento se observan laminas rectangulares aglomeradas, desordenadas, cuyo diámetro varía entre 0.5 μm a 3 μm . Después de la adsorción del colorante se observa en la imagen (derecha) una aglomeración de partículas alargadas formando una morfología en forma de flor con tamaños que van de 0.64 μm a 1.04 μm .

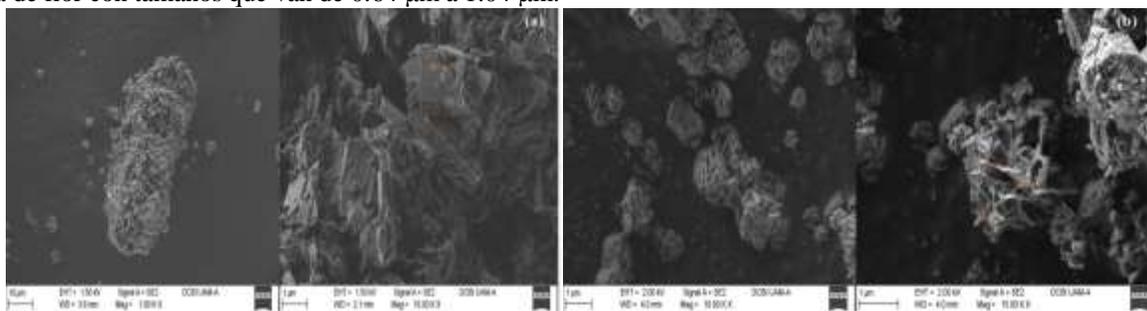


Figura 2. Micrografías de la MOF (izquierda) antes, (derecha) después de la adsorción de la alizarina.

Metodología durante la síntesis

La Figura 3 muestran las micrografías de los sólidos obtenidos durante la síntesis en la fase 1: formación en la parte orgánica y fase 2: formación en la parte metálica. En la imagen (izquierda) se observan partículas aglomeradas de 1 μm aproximadamente en forma de poliedros. En la imagen (derecha) se observan dos morfologías diferentes, la primera corresponden a poliedros con superficie rugosa de tamaño de 7.8 μm . Las segundas corresponden a láminas delgadas de forma rectangular con tamaño de 2.8 μm y 1.5 μm .

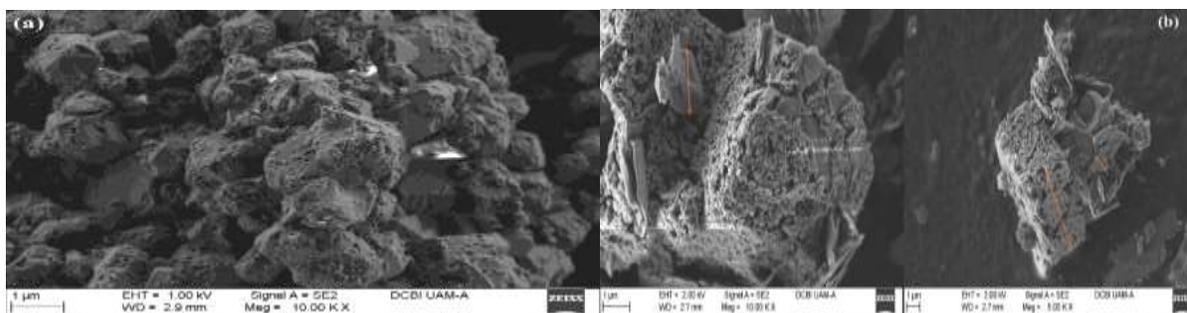


Figura 3. Micrografías de las muestras en la adsorción de la alizarina en fase metálica (izquierda) y en fase orgánica (derecha).

c) Análisis térmico gravimétrico (ATG)

La determinación de la pérdida de peso en función de la temperatura se efectuó mediante análisis térmico gravimétrico. Esta técnica se elaboró para la MOF de referencia y para las MOF que adsorbieron el colorante alizarina con respecto a las metodologías posterior a la síntesis y durante la síntesis en su fase orgánica y fase metálica.

En el Cuadro 3 se comparan los resultados obtenidos de los diferentes termogramas. La primera pérdida de peso es atribuida a las moléculas de solvente particularmente agua que se encuentra fisorbida en los poros de la MOF. Se observa que la MOF de referencia contiene un porcentaje de peso mayor asociado al solvente, es decir, que la MOF esta hidratada. Cuando el colorante se adsorbe en la estructura mediante las diferentes metodologías el porcentaje de moléculas de agua disminuye, este resultado sugiere que las moléculas de alizarina remplazan las moléculas de agua, es posible la generación de interacciones entre la MOF y la alizarina. Otro indicio de la retención de las moléculas de alizarina en la MOF es el porcentaje de material remanente, para la MOF de referencia el remanente sólo es CuO, mientras que el porcentaje aumenta considerablemente en los sólidos que contienen colorante, debido a la presencia de alizarina, ya que su temperatura de ebullición es mayor a la temperatura de descomposición de la MOF y muy probablemente la adsorción aumente dicha temperatura manteniendo a las moléculas aun después de 450 °C.

| Muestra | % de pérdida de peso a 100 °C | Temperatura de degradación [°C] | % de remanente |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|
| MOF referencia | 31.00 | 320.00 | 22.89 |
| Alizarina Posterior a la síntesis | 17.40 | 337.52 | 29.78 |
| Alizarina Fase orgánica | 21.07 | 317.74 | 23.06 |
| Alizarina Fase metálica | 22.60 | 318.11 | 31.73 |

Cuadro 3. Parámetros del proceso del colorante alizarina.

d) Espectrofotometría de UV-Vis

Para la determinación de la concentración del colorante, se utilizó la Ley de Beer-Lambert (Abril et al., 2007) primero se realizó una curva de calibración de la alizarina Figura 4, y mediante la ecuación de la recta obtenida se obtuvo el valor de la concentración a partir de las lecturas en el equipo.

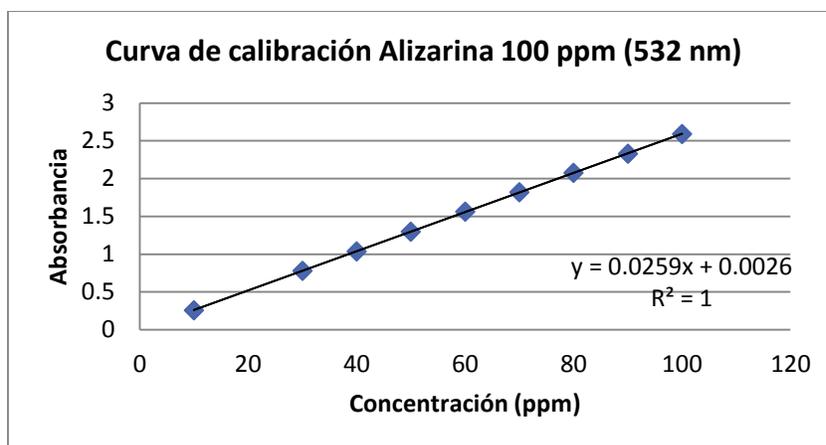


Figura 4. Curva de calibración de la alizarina a 532 nm.

| Muestra | % Retención |
|-----------------------------------|-------------|
| Alizarina Posterior a la síntesis | 94.8 |
| Alizarina Fase orgánica | 98.21 |
| Alizarina Fase metálica | 99.29 |

Cuadro 4. Muestra los valores de remoción obtenidos en las diferentes metodologías.

El cuadro 4 muestra los valores de remoción obtenidos en las diferentes metodologías, en este caso se observa un porcentaje de retención en todos los procesos superiores al 90%.

Todos los sólidos sintetizados tienen la estructura de la MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$. El parámetro de red de la mayoría de las estructuras se mantiene y sólo el de Ali-Post y Ali-O disminuye y el de AliS-O aumenta. Este resultado sugiere que la estructura de la MOF no se modifica cuando se lleva a cabo el procedimiento de retención del colorante, la variación en el parámetro de red no es significativa como para relacionarla con la retención del colorante en las cavidades de la red.

La alizarina tiene un menor tamaño de cristal en el proceso post-síntesis (Ali-Post). Cabe señalar que la forma de la molécula de colorante, así como los grupos funcionales presentes determina las características de la adsorción en las MOF y las propiedades fisicoquímicas que de ella resulten. Adicionalmente, los procedimientos descritos se realizaron por triplicado para corroborar la reproducibilidad de las metodologías propuestas.

El análisis térmico gravimétrico, permitió la determinación de la pérdida de peso en función de la temperatura. La MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ pierde en promedio el 31 % de su peso a una temperatura de 100°C , esta pérdida está asociada a la liberación de moléculas de solvente (agua y etanol) ocluidas en los poros de la red. Existen moléculas de agua fisisorbidas que se liberan a 100°C , y otras moléculas de agua quimisorbidas que se liberan a una temperatura mayor y que generalmente se encuentran coordinadas a los átomos de cobre de la estructura (Loera et al., 2013). Cuando el colorante se absorbe en la MOF, todos los sólidos presentan una disminución en la pérdida de peso a 100°C , en algunos sólidos casi llega a la mitad comparado con la referencia. Este resultado se atribuye a la presencia del colorante, en los sitios que en la MOF de referencia, se encontraban ocupados por moléculas de agua. Es probable que una gran cantidad de solvente se reemplace con las moléculas de colorante en caso de encontrarse encapsuladas en la red de la MOF. La temperatura de degradación de las muestras que contiene alizarina no varía considerablemente, se ha observado que algunas moléculas aumentan la temperatura de degradación de las MOF, brindándoles estabilidad térmica a la estructura, como ocurre en la metodología posterior a la síntesis (Coronas et al., 2012). El porcentaje de peso remanente una vez realizado el proceso de degradación se debe principalmente al óxido de cobre, en el caso de la MOF de referencia este es de 22.89 %, cuando el colorante está presente en la estructura la cantidad de materia remanente aumenta debido a que la molécula de colorante no se descompone a la misma temperatura que la red y está presente en el material remanente.

La morfología de los materiales obtenidos es variable así como el tamaño de partícula determinado mediante SEM. Los sólidos tienen tamaños que van desde 0.5 a 3 μm , con formaciones de varillas, laminas, aglomeraciones en forma de flor y algunas irregulares.

Es posible entonces proponer un mecanismo de adsorción de moléculas de colorante alizarina en la MOF de cobre. La Figura 5 muestra el mecanismo propuesto para la adsorción de alizarina, en este se observa la formación de interacción de tipo puente de hidrógeno entre los oxígenos coordinados a los átomos de cobre y los grupos $-\text{OH}$

de la molécula de alizarina, de acuerdo con el esquema sería posible entonces la interacción para formar dos enlaces de hidrogeno por molécula de alizarina.

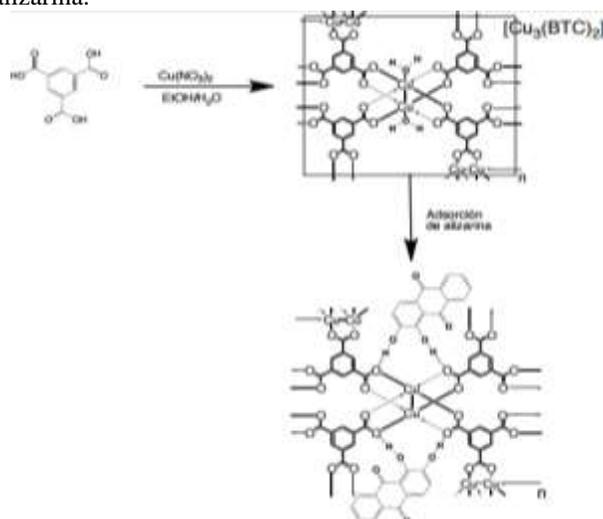


Figura 5. Mecanismo de adsorción de alizarina en la MOF $Cu_3(BTC)_2$.

Conclusiones

En este trabajo se presenta una opción factible de encapsulamiento de colorantes de acuerdo con dos metodologías, posterior a la síntesis y durante la síntesis, para el proceso de remoción del colorante textil alizarina, haciendo uso de materiales porosos MOF de cobre. Con porcentajes de retención que llegan a superar el 90 %.

Todas la metodología propuestas resultaron en materiales estructurados del tipo $Cu_3(BTC)_2$, con ligeras variaciones en el parámetro de red. Los resultados de las diversas técnicas de caracterización realizadas sugieren que las moléculas de agua presentes en la MOF son remplazadas por las moléculas de colorante y que en el caso de la alizarina, se generan fuertes interacciones entre la red y la molécula de tipo puente de hidrógeno. El mecanismo de adsorción de alizarina no depende del precursor de la MOF donde se agregue o la metodología de adsorción. Sin embargo, la mayor retención se obtiene cuando el colorante forma parte de los precursores de la MOF.

En el caso del proceso posterior a la síntesis existe mayor impedimento estérico, debido al tamaño de la molécula lo que dificulta la difusión de la misma en los poros de la MOF. Cuando el colorante se incorpora en los precursores de la MOF, las moléculas quedan atrapadas en las cavidades y se forma la estructura tridimensional, retenido más del 90 % de la concentración inicial.

Es importante proseguir con la investigación de las MOF's para la adsorción de colorantes textiles, ya que los parámetros de síntesis pueden modularse para mejorar la retención de los mismos. A su vez, la generación de sitios activos que provoquen fuertes interacciones entre la red y las moléculas de colorante podrían aumentar la capacidad de retención y con ello convertir las MOF en el mejor candidato para la remoción de estas moléculas en agua contaminada.

Referencias

- Abril N., Bárcena A., Fernández E., Galván A., Jorrín J., Peinado J., Toribio F., Meléndez V. y Túnez I., "Espectrofotetría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas, Tesis para Bioquímica y Biología Molecular," *Campus Universitario de Rabanales, Córdoba*, 2007.
- Botas A., Calleja G., Orcajo G. y Sánchez M., "Materiales MOF para el almacenamiento de hidrógeno," *An. Quím.*, Vol. 108, 13–20, 2012.
- Bourelly S., Devic T., Férey G., Filinchuk Y., Horcajada P., Llewellyn L., Loera S., Maurin G., Rosenbach N., Serre C. y Vincent D., "Complex adsorption of short linear Alkanes in the flexible metal-organic-framework MIL-53(Fe)," *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 131, 13002–13008, 2009.
- Coronas J., Galve A., Liédana N., Rubio C. y Téllez C., "CAF@ZIF-8: One-Step Encapsulation of Caffeine in MOF," *ACS Appl.Mater.Interfaces*, Vol. 4, 5016–502, 2012.
- Loera S., López L., López R., Flores J. y Beltrán H., "An alkaline one-pot metathesis reaction to give a $[Cu_3(BTC)_2]$ MOF at r.t., with free Cu coordination sites and enhanced hydrogen uptake properties," *RSC Advances*, Vol. 3, 10962–10972, 2013.
- Piña S., "Decoloración biológica del colorante azul directo 2 en un filtro anaerobio/aerobio," *Tesis para optar por el grado de Ingeniería Química, Universidad Nacional Autónoma de México*, 2007.

NUEVAS TÉCNICAS DOCUMENTADAS DE SELECCIÓN DE PERSONAL

LGDN. Ana Cristina Villarreal Toral¹, I.I. Ana Karen Córdoba Schettino²,
IQ Diana Damaris Allende Vicente³ Dr. Ángel Machorro Rodríguez⁴.

Resumen:

Las organizaciones actuales al verse más inmersas cada día en un entorno competitivo de magnitudes mundiales, es que buscan allegarse de Capital Humano que no solo este bien capacitado y sea capaz de desarrollar la tarea encomendadas, sino que también, cuente con el perfil idóneo para la vacante que se está ofertando y tenga el potencial de ofrecer a la empresa actitudes, aptitudes y su participación asertivos que tengan proyección a futuro y que aseguren un colaborador valioso y que podrá aportar a la empresa. Es por ello que las empresas han desarrollado nuevos mecanismos de selección de personal, para que, a partir de ellos desarrollen nuevas ideas propias de sus empresas que den como resultado el seleccionar al mejor candidato; que no solo haya cumplido con todo el proceso; sino que sea el que tenga el potencial de ser un elemento valioso y con aporte a la empresa.

Palabras clave: Selección, Proceso Empresa

Introducción

La dinámica diaria de las organizaciones se encuentra inmersa en un entorno sumamente competitivo, razón por la cual busca que todos sus procesos sean llevados a cabo de al mejor manera, para lo cual también esta consiente que debe cuidar todos los procesos que se desarrollen en la misma, para lo cual el proceso de selección de personal es parte crucial para el desarrollo exitoso de las empresas. Esto se debe gracias a que es finalmente el capital humano quien es parta medular de la empresa y quien sacra adelante el trabajo a desarrollar.

Al paso del tiempo, es la misma sociedad la que ha cambiado sus necesidades y exigencias, lo cual se ha reflejado en las modas, tendencias y técnicas que en determinado momento se llegan a implementar, ya que el aspecto social influye significativamente en tendencias incluso empresariales. Razón por la cual la administración va evolucionando de la mano de a sociedad. Actualmente nos enfrentamos a un mundo meramente globalizado donde la información gracias a las redes de internet fluye en cuestión de segundos al igual que los procesos empresariales y pro la tanto las necesidades y requerimientos a cumplir por parte de las empresas y organizaciones. Es por eso que se ha volteado a los procesos de selección de personal donde se busca a un candidato idóneo a cubrir no solo una vacante, sino que es la búsqueda de una nueva persona que formara parte de la organización.

Desarrollo del Tema:

La selección de personal es aquel procedimiento que sigue después del reclutamiento de personal donde ya se atrajeron a los candidatos idóneos a ocupar el puesto vacante, y sólo resta seleccionar quien o quienes ocuparan las vacantes. De igual manera se define como la escogencia del hombre adecuado para el cargo adecuado, o, más ampliamente, entre los candidatos reclutados, aquellos más adecuados a los cargos existentes en la empresa, con miras a mantener o aumentar la eficiencia y el desempeño del personal". (Chiavenato, 2003)

Es en este proceso que se decide a quien se seleccionara de tal manera que no se afecte la estructura de la empresa, pero se trate de hacer al nuevo integrante parte de ella, además de cuidar que los interese personales del nuevo integrante vallan de la mano con la empresa.

¹LGDN. Ana Cristina Villarreal Toral Alumna de tiempo completo de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Contacto: ancrvillarreal@hotmail.com

² I.I. Ana Karen Córdoba Schettino Alumna de tiempo completo de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Contacto: karen_schettino@hotmail.com

³I.Q. Diana Damaris Allende Vicente Alumna de tiempo completo de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Orizaba. Contacto:

⁴ Dr. Ángel Machorro Rodríguez Profesor de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba. Contacto: anmar51@hotmail.com

Para el encargado de llevar a cabo el proceso, debe tener especial cuidado en quien seleccionara, considerando factores tales como competencias profesionales, preparación académica, experiencia laboral, aptitudes, recomendaciones, antecedentes de trabajos e incluso revisión de la referencias personales.

Para esta etapa algunos seleccionadores siguen algunos pasos tales como:

- Verificar que el candidato cubra la competencias mínimas necesarias a ocupar la vacante
- Evaluación de la competencias y alguna cuantificación personal que debe darse para cual acá son necesarias algunas pruebas de conocimientos y de carácter psicológico
- Tener una escala de puntaje o calificación de los candidatos
- Evaluar cualidades y aptitudes tales como la iniciativa

También algunos reclutadores analizan lenguaje corporal, hacen preguntas de trabajos anteriores, o preguntas enfocadas a saber que se haría en caso de determinadas circunstancias.

Es importante resaltar que es un proceso de sumo cuidado que puede ser realizado por personal de la empresa del departamento de recursos humanos o bien por fuentes externas como agencias de búsqueda de empleo que busquen ante todo seleccionar a el mejor candidato a ocupar la vacante ofrecida.

Importancia de la selección

Las empresas hoy en día se preocupan por cuidar cada uno de sus procesos, y el proceso de selección no es la excepción, la importancia de el radica en que es acá donde después de reclutar a el personal que cubre con los requisitos mínimos para cubrir el puesto vacante, se busca elegir al mejor de ellos para ser finalmente contratado. Cabe resaltar que no siempre un candidato que cubra todos los requisitos para ser contratado necesariamente es el mejor, ya que existe la etapa de reclutamiento antes, y tal como se ilustra en su definición como el proceso de identificar e interesar candidatos capacitados para llenar las vacantes de la organización. El proceso de reclutamiento se inicia con la búsqueda de candidatos y termina cuando se reciben las solicitudes de empleo. (Werther, 2000) Pero primero hay que allegarse de los candidatos a ser seleccionados.

Las políticas de reclutamiento y selección son algunos de los aspectos que se toman en cuenta para el reclutamiento en un banco, en este se establecen los objetivos principales, el marco normativo de la institución o empresa. Las ventajas de tener ciertas políticas de reclutamiento y selección en la institución ayudan a contar con personal idóneo para el puesto así como atraer al mejor potencial humano.

Al estar inmersos en una sociedad tan cambiante y globalizada las empresas han buscado alternativas de selección de personal que incluso puedan incluir factores tales como el buen uso de las TIC'S, solidez en valores o actitud de trabajo en equipo, adaptación al cambio, su manera de reaccionar ante las adversidades y la actitud.

Características del proceso de Reclutamiento y Selección del personal aplicables:

- Comité de Selección: Se designa un comité que se encargara de la selección de los candidatos al puesto.
- Evaluación: en este punto se evalúan los resultados de las pruebas realizadas a cada uno de los aspirantes.
- Informe de Resultados: a finalizar las pruebas de los aspirantes y ya con los resultados de las evaluaciones una vez finaliza se informan a la gerencia.
- Elección: por último se realiza la elección del aspirante con los mejores resultados en las evaluaciones, así como cumplan con las necesidades del puesto.

Para poder seleccionar el personal, ya habiendo pasado por el reclutamiento se deben buscar diversas fuentes tales como agencias de empleo y outsourcing, bases de datos, contactos con universidades, avisos en periódicos, por ciertas algunas de las estrategias, para allegarse de es personal que se busca pueda ser seleccionado para la vacante. Aunque actualmente se usan otro tipo de estrategias tal como el recurrir al outsourcing, sitios de internet de búsqueda de empleo, cazadores de talentos y redes sociales en específico LinkedIn la cual se especializa en perfiles profesionales.

A continuación se ilustran dos procesos de selección usados en diferentes empresas de diversos giros para comentar algunas de las nuevas técnicas de selección de personal que se encuentran documentadas.

Proceso de selección para una Empresa a Nivel Mundial

Existen empresas con presencia en todo el mundo, en las cuales para ocupar puestos jerárquicamente altos y al día, se ha optado por contratar personal joven, pero que tenga características netamente proactivas, es en ellas donde a pesar de los filtros convencionales de selección de personales tales como exámenes psicométricos se les hacen otro tipo de pruebas.

El hecho de saber cómo reaccionarían ante una situación de crisis ha sido la estrategia empleada para determinar al final del proceso de selección el candidato idóneo. De tres posibles candidatos fuertes a ocupar la vacante, estos son puestos a prueba ante una situación de contingencia y emergencia: es decir como reaccionarían ante un enfermo o un ataque por enfermedad. La menra en que los candidatos actúan determina que tan rápida es su respuesta ante momentos de crisis donde deben tomarse decisiones rápidas, donde finalmente el más rápido en su actuar y pensar es el contratado. El departamento de recursos humanos justifica este actuar porque hoy en día ente un entorno tan ambiente se pueda dar situaciones inesperadas donde se necesita actuar rápido y pensar de manera acertada en el diario vivir de la empresa.

Políticas de selección y reclutamiento para una Empresa Bancaria

El objetivo de las políticas son tres, dotar de recursos humanos idóneos para cada puesto, propiciar y mantener el crecimiento de carrera y por ultimo garantiza la transparencia en los procesos de reclutamiento y selección de personal.

El ejemplo citado a continuación es el proceso de reclutamiento en la empresa bancaria

- 1.- El proceso de selección inicia a través de una empresa de “outsourcing”
- 2.- Se realizan pruebas piloto sobre confianza y atención al cliente
- 3.- Al aprobar el filtro se canaliza al personal directamente al Banco
- 4.- El primer paso que inicia el banco es una entrevista con el candidato para detectar nivel de seguridad personal, amabilidad, atención a clientes y pronta respuesta a cualquier situación inesperada.
- 5.- Al ser aceptado por el grupo directivo se envía al candidato a RH para recopilar información personal y presentar los exámenes médicos y socioeconómicos
- 6.- En este punto el candidato lleva 3 semanas realizando pruebas para ser acreedor a la vacante, y es en este momento cuando se realiza una prueba de un banco modelo, que tendrá una duración de 1 semana y tendrá evaluación diaria, para poder continuar con el proceso de selección, siempre y cuando se apruebe con un promedio superior al 8.5 y con una presentación impecable y ejecutiva
- 7.- Al haber concluido con todos estos filtros, se les entrega a los candidatos un reconocimiento, por su participación, y regresan al primer punto en donde vuelven a ser candidatos a selección para determinar quién es el más adecuado para cubrir dicha vacante.

Así como estas dos empresas arriba comentadas, existen diversas nuevas técnicas de selección que emplean las empresas y organizaciones para verificar que los candidatos atraídos gracias al proceso de reclutamiento sean seleccionados y finalmente se escoja al mejor para ocupar la vacante.

Conclusiones y recomendaciones

La selección de personal es un proceso por el cual las empresas buscan allegarse de aquel talento humano necesario para poder ayudar a potencializar sus empresas, razón por la cual este proceso no debe ser tomado a la ligera, puesto que el capital humano de una organización es el elemento as importante de esta. Ante esto es que para poder llevar a cabo este proceso y escoger no solo a los mejores candidatos que cubran los requerimientos del puesto, sino a aquellos que tengan los talentos y habilidades necesarias, tales que puedan llegarlas a potencializar en un futuro. Para ello es necesario la correcta selección de personal y la importancia que debe dársele, por lo que las empresas han recurrido a nuevas técnicas documentadas de la misma en las que se incluye el seleccionar personal de acuerdo a sus habilidades, que tan serviciales o espíritu de equipo puedan tener, sus reacciones ante situaciones que no entran dentro de sus actividades delimitadas, la opción de buscar externamente por medio de un outsourcing.

Ante esto es que quienes finalmente deben tomar la decisión de seleccionar a Él candidato a contratar deben prestar atención a los distintos filtros por los cuales pasarán los candidatos para poder tomar la decisión del mejor y que este a su vez tenga la factibilidad de desarrollar un acertado plan de carrera en la nueva organización de la cual formara parte.

Referencias consultadas

Chiavenato. (2003). *Gestión del talento Humano*. México: Mc Graw Hill.

CEMLA (2012) www.cemla.org/actividades/2014/.../2014-05-xi-reunion-rrhh-05.pdf

PYMES Y AUTONOMOS (2013) <http://www.pymesyautonomos.com/management/el-caso-heineken-vale-todo-en-los-procesos-de-seleccion>

María Virginia Flóres Ortiz (2005) <http://www.gestiopolis.com/las-fuentes-de-reclutamiento-del-personal/>

George Bohlander, Scott Snell, Artur Sherman (2001) *Administración de 4 Recursos Humanos*. International Thompson Editores S.A. México

Robert L. Mathis. John H. Jackson (2003) *Fundamentos de Administración de Recursos Humanos*. International Thompson Editores. México

Enseñar ciencia en los Institutos Tecnológicos de Veracruz: un acercamiento a sus modelos didácticos

Dr. Manuel Villarruel Fuentes¹, ME. Ismael Hernández Arano², MA. Doreidy Melgarejo Galindo³,
Lic. Fernando Pérez Santiago⁴ y Estudiante Nahum David Fernández Hernández⁵

Resumen. A la entrada del presente siglo la ciencia y la tecnología se han convertido en un imperativo categórico, el cual se vincula con el desarrollo y progreso de las sociedades. Pese a ello, los métodos didácticos empleados para formar los nuevos cuadros de investigadores siguen sujetos a las premisas de una educación tradicionalista, enciclopédica, que sienta sus bases en la tradición conductista, de enfoque positivista. Es por ello que se plantea una revisión comparativa entre las formas y medios con que actualmente se alfabetiza científicamente a los estudiantes del nivel superior tecnológico de Veracruz, a la vez que se proponen nuevas formas de abordaje didáctico, centrados en el estudiante, el contexto, los medios, los recursos, las estrategias y desde el nuevo papel del maestro de ciencias, en busca de consolidar una cultura científica-tecnológica dentro de los Institutos Tecnológicos del estado.

Palabras clave. Alfabetismo, científico, didáctica, enseñanza, aprendizaje.

Introducción

Para quienes están familiarizados con el campo de la educación como actividad profesional saben que existe una larga tradición didáctica, cuyos orígenes se remontan a la Grecia antigua. Esto ha permitido que la didáctica se constituya en un campo teórico fuertemente consolidado en sus conceptos, sus premisas básicas y sus campos de desempeño, pero sobre todo, le ha otorgado la posibilidad de integrar su propio objeto de estudio, centrado particularmente en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje, entendido como proceso y producto.

Con un amplio discurrir histórico-social, y bajo sólidos fundamentos metodológicos, la didáctica ha encontrado el estado de «ciencia normal» que se precisa para ser atendida desde los enfoques empíricos y analíticos –paradigma positivista-, pero también desde los márgenes del arquetipo cultural-humanista, dotándola de un amplio espectro de intervención. De aquí que exista la necesidad de integrarla a toda propuesta educativa, particularmente cuando ésta se consagra en un modelo que se despliega a nivel nacional, tal como ocurre con el Modelo Educativo Para el Siglo XXI, vigente en el Tecnológico Nacional de México.

Bajo este contexto, y en función a la necesidad de formar los nuevos cuadros de científicos y tecnólogos que se reclaman socialmente –pero también desde las políticas educativas de Estado-, la función de la didáctica trasciende sus alcances tradicionales, para situarse como un conjunto de estrategias formadoras, comprometidas con la alfabetización científico-tecnológica del futuro profesionista, a quien se le exige cubrir los aspectos disciplinarios propios de la carrera que cursa, pero además, desarrollar metahabilidades para la investigación, así como pensamientos de alto nivel o metacognitivos. Ello complejiza su desarrollo, y hace necesario reconfigurar sus aspectos primarios, para alcanzar una nueva estructura teórico-operativa que desde luego demanda delimitar sus campos de injerencia, así como caracterizar los nuevos contextos problemáticos que deberá atender. Se trata de una «nueva didáctica», que por sobrevenir de hechos educativos inéditos tiene que ser evaluada en sus objetivos y metas.

Es de esta forma que la simple idea de alcanzar altos niveles de alfabetización científica dentro de los programas académicos que se ofertan en el Tecnológico Nacional de México, hace indispensable el diseño de propuestas modélicas, que en principio deben ser innovadoras, ajustadas a los contextos específicos de actuación, alineadas con los marcos normativos operantes y desde luego a los recursos disponibles con que cuentan maestros y estudiantes dentro de sus planteles.

¹ Doctor en Educación. Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Miembro del Sistema Nacional de investigadores y del Consejo Mexicano de Investigación Educativa, dr.villarruel.fuentes@gmail.com

² Maestro en Educación. Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Coordinador de Educación a Distancia, itug.ismael@hotmail.com

³ Maestra en Administración. Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Jefa de la División de Estudios Profesionales, doremg@hotmail.com

⁴ Licenciado en Administración. Investigador Adjunto al Grupo de Investigación Socioeducativa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Santiago_fps@hotmail.com

⁵ Estudiante del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, colaborador dentro del Grupo de Investigación Socioeducativa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, nahumfernandez6f@gmail.com

Bajo estas premisas es que se presenta una serie de propuestas didácticas derivadas de los diagnósticos realizados por el grupo de investigación socioeducativa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, quien desde hace cinco años desarrolla la línea denominada «Educación, Ciencia, Sociedad y Tecnología Para un Desarrollo Humano Sostenido». El objetivo rector del presente estudio es el de coadyuvar a la integración de una cultura científico-tecnológica dentro del sistema educativo tecnológico en el estado de Veracruz, México.

Descripción del Método

Fundamentos de la propuesta

Al tratarse de un modelo que se asume flexible y adaptativo, centrado en el desarrollo de habilidades teórico y procedimentales, que integra como objetivos formativos el desarrollo de valores que se reflejan en actitudes positivas hacia el trabajo colaborativo y cooperativo, la base sustancial está centrada en la enseñanza-aprendizaje basado en la investigación. Al respecto, es necesario destacar que existen diversas modalidades de este enfoque, las cuales incluyen (ITESM, 2010): a) enseñanza guiada por la investigación (Research-led), donde el currículo está dominado por los intereses de la institución; b) enseñanza orientada a la investigación (Research-oriented), en la que el alumno aprende acerca de los procesos de investigación, cómo se crea el conocimiento en la mente del investigador; c) enseñanza basada en investigación (Research-based), dirigida a que los estudiantes actúen como investigadores y aprenden habilidades asociadas, donde el currículo está dominado por actividades fundamentadas en la búsqueda, bajo una enseñanza que se orienta a respaldar a los estudiantes a fin de que comprendan los fenómenos de la forma en que lo hacen los expertos; d) aprendizaje basado en la indagación (Inquiry-based learning), el que conecta el aprendizaje del estudiante en el contexto de un problema específico.

La idea fundamental es diversificar las actividades de enseñanza y aprendizaje, para lo cual se contempla de acuerdo con Boyer (1990): 1) el descubrimiento de nuevas ideas, al asumir autonomía en las rutas heurísticas que deben seguirse para alcanzar el abordaje cognitivo de los contextos problemáticos; 2) la investigación minuciosa de problemas, a partir de su delimitación y planteamiento bajo razonamientos lógico-formales y analógicos-deductivos; 3) la exposición reveladora de problemas, sustentado por ejercicios de expresión oral y escrita –pensar en el papel-; 4) la explicación informada de teorías, con dominios temático-disciplinarios que se expresen a partir de pensamientos de alto nivel; 5) la síntesis unificadora de aspectos divergentes, que demuestren la adquisición de un pensamiento profundo y complejo; 6) la aplicación de teorías a problemas prácticos, bajo un diálogo de saberes que opere a través de ejercicios dialécticos dirigidos a la aprehensión de lo real; y 7) la enseñanza académica, entendida como la concreción de hechos educativos que se constituyen de múltiples dimensiones: el sujeto, el contexto, los recursos, las estrategias, los contenidos. Todo ello soportado por un aprendizaje basado en proyectos, el cual se centra en tareas específicas que se desarrollan de manera permanente a lo largo de los cursos-taller, y que incluyen: a) plantear y refinar preguntas; b) debatir y problematizar ideas; c) hacer predicciones basadas en teorías; d) planear y diseñar estudios –preexperimentos, cuasiexperimentos, experimentos, estudios de caso, entre otros-, bajo distintas metodologías; e) obtener y analizar evidencias empíricas –datos preferentemente-; f) establecer conclusiones, claras y puntuales; g) comunicar ideas y descubrimientos, entendiéndolo como una función social del científico (Villarruel-Fuentes, 2013); h) hacer nuevas preguntas, a partir de lo ya concluido; i) generar artefactos como una forma de relacionar ciencia y tecnología con criterios de innovación.

El objetivo de la propuesta reside en atender cómo se enseña y cómo se aprende bajo entornos de investigación, lo que recupera la importancia de la ciencia escolar o ciencia del aula, y faculta la unificación del binomio ciencia e investigación, entendidas como entidades naturalmente separadas por sus bases y desarrollos. Además de reivindicar el papel del maestro que enseña ciencias, quien de manera continua se justifica dentro de las instituciones a partir de sus publicaciones, asistencia a congresos, conferencias, dirección de tesis, entre otras, sin que su currículo vital refleje su práctica docente o la calidad de su docencia, la cual debe fortalecerse a partir de los modelos didácticos que emplee, tal como el que aquí se presenta, el cual recoge las condiciones de una investigación centrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia. Morales (2010), siguiendo a Boyer (1990), puntualizan en que: “El énfasis (o el tema u objeto de la investigación) no está en el contenido enseñado sino en el proceso para aprenderlo” (p.56).

Es necesario puntualizar que estas directrices trascienden los habituales modelos centrados exclusivamente en la investigación, donde desde el binomio experto-aprendiz se intenta explicar el aprendizaje por descubrimiento, así como el desarrollo de experticias adquiridas por reiteración de conductas –modelados-, definiéndolo como significativo en la medida en que replican procedimientos y rutas cognitivas.

Bases operativas del modelo

La operación del modelo se fundamenta en tres estructuras no jerárquicas: 1) la integración de comunidades de diálogo, de aprendizaje y de práctica, las cuales aseguran una evolución conceptual basada en el diálogo y la asimilación de habitus (Bourdieu, 2000) propias de una cultura científica y de investigación, que se caracteriza por

sus rituales y formas de asociación, de acordar y discordar, propios de las comunidades científicas; 2) la gestión y negociación de saberes, misma que asegura un alto grado de autonomía cognitiva y autogestión de los aprendizajes; 3) la integración de escenarios de aprendizaje a partir de los entornos cotidianos en los que se materializa el hecho educativo, los cuales no son *per se* espacios para el aprendizaje, a no ser que sean configurados para ello. Esta condición aceptada como mínima, tiene el propósito de colocar al estudiante en condición de aprendizaje, convirtiéndole en aprendiz a partir de situaciones concretas. Asimismo, el maestro se ve sujeto a las vicisitudes del proceso didáctico y su instrumentación, convirtiéndose a la vez en mediador didáctico y co-aprendiz (Figura 1).



Figura 1. Configuración de comunidades educativas para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Entornos para la interacción, gestión y negociación de saberes bajo escenarios significativos, orientados bajo proyectos de investigación.

Como se señaló anteriormente, no existe una secuencia subordinada, sino tres momentos que se imbrican en una presencia no lineal, sino espiral, que mantiene a los protagonistas –maestros y estudiantes–, en constante actividad conceptual y operativa. Estas estrategias aseguran el dinamismo indispensable para pasar de la inactividad a la reactividad, y de ahí a la proactividad, antecedente necesario para alcanzar la indispensable interactividad, posición clave para sostener el interés y la motivación de los estudiantes.

Bajo este nivel de intervención didáctica, la integración de comunidades educativas cooperativas habrá de evolucionar hacia comunidades colaborativas, donde la zona de desarrollo próximo pueda alcanzar su máxima expresión; esta zona se define de la siguiente manera:

No es otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz. (Vigotsky, 1979, p. 133)

Con ello se supera el reduccionismo derivado del psicologismo y el organicismo, que sitúa el desarrollo solo en la psique del individuo, así como en sus funciones biológicas –de acuerdo con Piaget–. Sin dejar de reconocer el papel que ambas teorías juegan en el desarrollo de una cultura que explica al ser humano como un sujeto biopsicosocial, la presente propuesta conjuga el aprendizaje y la enseñanza como vías para alcanzar dicha zona, ya que con ella también es posible lograr una constitución progresiva de las funciones psicológicas superiores. Desde estas orientaciones la ciencia se convierte en una práctica cultural. Se reconoce así que pensar y hacer ciencia son procesos sociales.

Varios requerimientos son indispensables para operar el presente modelo didáctico para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia: 1) la formación científica del maestro que enseña ciencia; el cual debe estar familiarizado con los procesos de pensamiento y las formas de operar mentalmente dentro de la realidad; 2) una suficiente experiencia en el campo de la investigación; determinada por la continua realización de proyectos, bajo distintas

metodologías y estrategias empíricas de indagación; 3) una adecuada formación didáctica, particularmente en el campo de la ciencias experimentales y no experimentales. Nadie da lo que no tiene: quien enseña ciencia debe estarla generando.

A continuación se muestra el itinerario metodológico que se debe seguir a fin de alcanzar el aprendizaje significativo que se concreta con el modelo; se trata de la secuencia didáctica, su planeación e instrumentación, la cual debe adaptarse a los contextos de actuación que en cada plantel educativo existen (Figura 2). Se considera como base el campo de las ciencias agrícolas solo para fines ilustrativos.

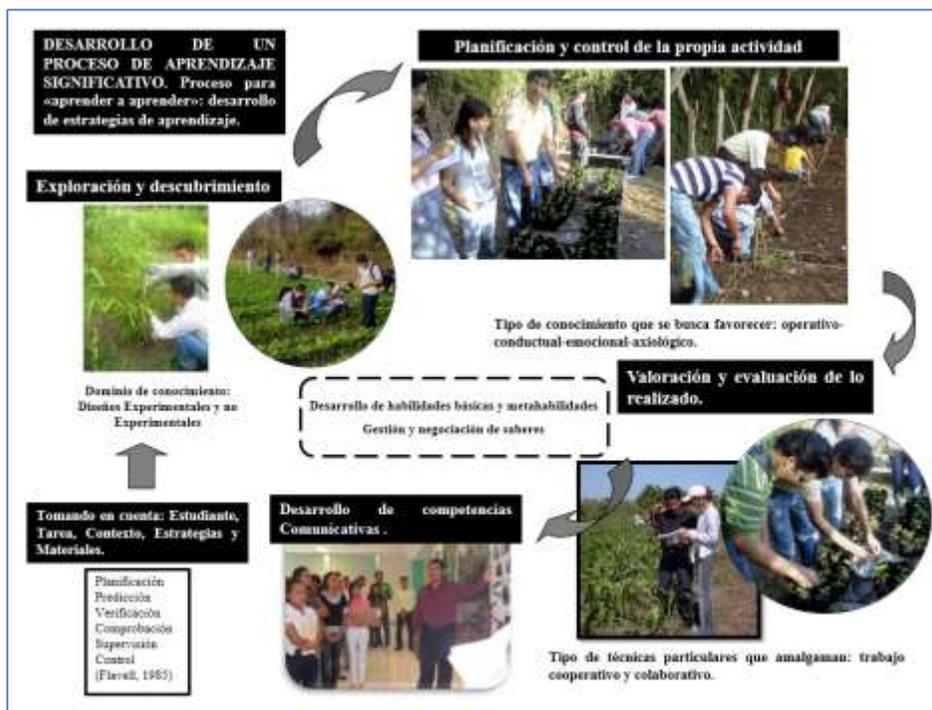


Figura 2. Secuencia didáctica para un aprendizaje significativo.

La clave del proceso y sus productos estriba en la interdependencia positiva que se establece entre los participantes, su motivación y la disposición a participar en las distintas etapas constructivas, las cuales aunque ajustadas a un patrón pre-establecido, no son lineales, generándose un amplio margen de autonomía e independencia dentro de ellas. La autonomía a saber se expresa como “la capacidad de tomar decisiones, actuar de forma independiente y reflexionar de manera crítica y objetiva” (Arumí-Ribas, 2009, p. 151). De acuerdo a Rampillon (1997) toda reflexión consciente incluye tanto los conocimientos y saberes como los procesos necesarios para adquirirlos, lo que conduce necesariamente a un proceso de autorregulación, sin el cual es imposible alcanzar el aprendizaje de por vida.

Adicionalmente, es necesario desplegar una serie de estrategias pre-instruccionales y pos-instruccionales, a fin de ampliar el espectro de la secuencia didáctica. Ello asegurará el andamiaje necesario entre los saberes previos de los estudiantes y los nuevos conocimientos, así como se puede verificar el nivel de transferencia alcanzado en cada una de las etapas.

Comentarios Finales

Las nuevas tendencias teóricas establecen con puntualidad la necesidad de incorporar los saberes previos de los estudiantes dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, entendido como «conocimiento ordinario o común». De la misma manera, las «metodologías difusas» que poseen brindan un marco referencial importante al momento de operar lo planeado en las secuencias didácticas. Las propuestas modélicas formuladas a partir del déficit cognitivo no brindan todo el respaldo que se necesita para enseñar ciencia, por ello deben reconsiderarse. Los estudiantes no son recipientes vacíos que debe llenarse de contenidos, aforismos y principios legaliformes, propios de la «gran ciencia».

Sobre esta base conceptual y metodológica dos aspectos deben ser incorporados a las dinámicas de formación científica: el reto cognitivo y la disonancia cognitiva (Festinger, 1957). Para ello el maestro debe incorporar la problematización permanente y el debate de nivel. Respecto al conflicto cognitivo en ambientes de aprendizaje cooperativo, Underhill (1991) establece que: 1. El conflicto cognitivo y la curiosidad son los principales mecanismos que motivan a los estudiantes a aprender; 2. La interacción con los compañeros es el principal factor para producir el conflicto cognitivo; 3. El conflicto cognitivo promueve la actividad reflexiva (metacognitiva); 4. La reflexión es el factor principal para estimular la reestructuración cognitiva; 5. Las afirmaciones 1, 2, 3 y 4 integran un ciclo; 6. El ciclo siempre ocurre dentro y se retroalimenta con la experiencia del estudiante; 7. Este ciclo habilita a los estudiantes para que asuman el control de su propio aprendizaje. Con todo ello el conflicto cognitivo no se deriva necesariamente de una actividad –como por ejemplo el feed-back-, ni la reestructuración del conocimiento es el resultado seguro de un conflicto cognitivo.

Conclusiones

La educación científica del egresado de un Instituto Tecnológico no debe verse como una condición sucedánea a su formación disciplinar. La simple idea de incorporar algunas asignaturas dentro de la retícula curricular no asegura el logro del perfil científico del nuevo profesionista. Tampoco ha sido funcional el incorporar contenidos científicos de manera transversal dentro de las materias genéricas. Estas condiciones han operado en contra de la práctica educativa de los maestros que enseñan ciencia. Si a ello se le suma el hecho de que los maestros en el nivel superior no cuentan con una sólida formación didáctica, entonces es posible dimensionar la problemática vigente.

Es por eso que se deben proponer modelos que vinculen la enseñanza con el aprendizaje, superando con ello el discurso que pregona una educación basada exclusivamente en el aprendizaje, sobre todo si se trata de una ciencia que debe ser explicada, pero también comprendida. Enseñar ciencia no es lo mismo que enseñar en la ciencia, o más aún, sobre ciencia.

Referencias

- Arumí-Ribas, M. (2009). Nuevos retos en la formación de intérpretes: la integración del componente metacognitivo en el aula. *TRANS. Revista de Traductología*, 13, 149-162
- Bourdieu, P. (2000). *Cosas dichas*. Barcelona: Gedisa.
- Boyer, E.L. (1990). *Scholarship Reconsidered: Priorities of the Professoriate*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Flavell, J.H. (1985). *Cognitive Development*. U.S.A.: Prentice-Hall.
- Festinger, L. (1957). *A Theory of cognitive dissonance*. Stanford, CA.: Stanford University Press
- ITESM. (2010). *Investigación e Innovación Educativas*. Centro Virtual de Técnicas Didácticas. Recuperado de: http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abi/qes.htm
- Morales, V. P. (2010). Investigación e innovación educativa. *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio Educativo REICE*, 8 (2), 47-73.
- Rampillon, U. (1997). Be aware of awareness – oder Beware of awareness? Gedanken zur Metakognition im Fremdsprachenunterricht der Sekundarstufe I. En U. Rampillon y P. Zimmermann (eds). *Strategien und Techniken beim Erwerb Fremder Sprachen*: Hueber, pp. 173-194.
- Underhill, R. (1991). Two layers of constructivist curricular interaction. En E. Von Glasersfeld (Ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education* (pp. 229-248). Dordrecht, Holland: Kluwer.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de las funciones psicológicas superiores*. Barcelona: Grijalbo.
- Villarruel-Fuentes, M. (2013). Divulgar ciencia: compromiso social del investigador. *Revista TRILOGÍA, Ciencia, Tecnología, Sociedad*, 8, 67-76.

Notas Biográficas

El **Dr. Manuel Villarruel Fuentes** ha desempeñado diversos cargos dentro del ámbito de la investigación científica: fue Presidente de la Red Estatal de Investigación Educativa y Presidente del Comité Estatal de Investigación y Desarrollo Tecnológico dentro de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria en Veracruz, Jefe del Departamento de Desarrollo Académico y Jefe del Departamento de Desarrollo Tecnológico en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Actualmente preside la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa en el Tecnológico Nacional de México en Veracruz. Ha sido maestro invitado a programas de posgrado en seis universidades distintas en México.

El **ME. Ismael Hernández Arano** es Licenciado en Administración por la Universidad Autónoma de Veracruz. Realizó sus estudios de posgrado en la Universidad Cristóbal Colón obteniendo el grado de Maestro en Educación. Cuenta con Diplomados en Informática y Comercio Electrónico por la Universidad Veracruzana. Actualmente se desempeña como docente de tiempo completo a nivel superior en el IT de Úrsulo Galván. Es miembro del Cuerpo Académico de Investigación “Cultura Empresarial y Desarrollo Social Sustentable”. Es coordinador de la modalidad de Educación a Distancia, así como administrador de la plataforma virtual educativa Moodle.

La **Mtra. Doreidy Melgarejo Galindo** es Licenciada en Administración por el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG), y Maestra en Administración por Universidad de Estudios Profesionales (IEU). Integrante del Doctorado en Administración y Desarrollo Empresarial del Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica. Actualmente labora en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, realizando funciones de docencia a nivel licenciatura en el área de Ciencias Económico-Administrativas, donde además se desempeña como Jefa de Departamento de División de Estudios Profesionales y Coordinadora de Extensión y Vinculación Interinstitucional de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa (REVIIE).

El **Lic. Fernando Pérez Santiago** es Licenciado en Administración con Especialidad en Gestión Empresarial. Durante su formación académica fue seleccionado por la Academia Mexicana de Ciencias en el XXIII y XXIV Verano de Investigación Científica, ingresando al Instituto de Investigación en Educación de la Universidad Veracruzana, y por segunda ocasión, en el Centro de Estudios Sociológicos de El Colegio de México, A.C. Fue finalista en el Concurso Nacional de Innovación Tecnológica en su fase Nacional celebrado en Celaya, Guanajuato. Actualmente es miembro fundador de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa.

David Nahum Fernández Hernández es estudiante de la carrera de Licenciado en Administración en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Participa como colaborador en el cuerpo académico “Cultura Empresarial y Desarrollo Social Sustentable”.

La enseñanza de la ciencia desde la percepción del estudiante del Nivel Superior Tecnológico en Veracruz

Dr. Manuel Villarruel Fuentes¹, MC. Rómulo Chávez Morales², ME. Loida Melgarejo Galindo³,
ME. Rosalía Janeth Castro Lara⁴ Lic. Fernando Pérez Santiago⁵

Resumen. Sobre la base de los resultados obtenidos en un proyecto avalado y financiado por el Tecnológico Nacional de México, se pudo determinar el tipo de percepciones que poseían los estudiantes próximos a egresar de un programa académico cursado en un Instituto Tecnológico del estado de Veracruz. Las evidencias encontradas demuestran un marcado déficit en torno a las ideas y criterios básicos que debe poseer un estudiante alfabetizado científicamente. En este sentido se asume la necesidad de integrar una propuesta que impulse y consolide una cultura científico-tecnológica dentro del sistema educativo tecnológico, en el entendido de que con ello se estará innovando, a la vez que se asegura un mayor avance en los procesos de alfabetización científica de los futuros profesionistas.

Palabras clave. Alfabetismo, científico, didáctica, enseñanza, aprendizaje.

Introducción

Actualmente la Educación Superior Tecnológica en México (como en gran parte de América Latina), se ve sujeta a nuevas exigencias, mismas que condicionan el accionar cotidiano de sus protagonistas –maestros y estudiantes principalmente-, quienes enfrentan el reto de concretar en la práctica nuevas tareas, muchas de ellas inéditas para su tiempo. Propósitos que por su complejidad superan las tradicionales formas con las cuales se concretaba la educación escolarizada del siglo XX.

En medio de esta revolución educativa, estigmatizada por conceptos tan polisémicos como «innovación», «integración» o «competencia», frecuentemente se pasa por alto que el diseño curricular, y las estrategias didácticas que le acompañan, precisan de una evaluación continua, la cual evidencie los logros alcanzados y ponga al descubierto los aciertos, pero también las carencias, dentro del proceso.

Se trata de pensar y operar los programas académicos sobre la base de un modelo de escuela que en realidad atienda las exigencias propias de la educación superior, para desde ahí concebir las formas de abordar cualquier evaluación, por compleja que sea. Evaluar sin haber cubierto este requisito trastoca el sentido y la intención del proceso, sesgándolo hacia la llana justificación de lo que se hace, sin pretensiones de mejorarlo.

Partir de diagnósticos claros y puntuales, permitirá alcanzar altos grados de racionalidad en los juicios de valor que emanen de la evaluación. Para ello se necesita de un abordaje objetivo de la realidad educativa, que recupere las premisas del saber institucional, el pedagógico y del sentido común, este último de vital importancia, ya que refleja el pulso bajo el cual late la vida institucional, su cultura y los rituales que la hacen posible. Sobre ello descansa el éxito de los estudios sobre percepción social, los que enfocados a la ciencia y tecnología dejan entrever el sentir de los protagonistas, quienes en su conjunto construyen simbolismos que definen el cauce de sus acciones, expresadas en prácticas socialmente aceptadas y validadas en una matriz conceptual y operativa que deja en claro lo que es aprobado y tiene valor para la comunidad (Villarruel-Fuentes *et al.*, 2014).

Se habla así de cultura científica, la que a decir de Vaccarezza (2008) se entiende como:

...comprensión de la dinámica social de la ciencia, de manera que se tejen, en una interrelación entre productores de conocimientos científicos y otros grupos sociales, todos ellos como partícipes del devenir de la cultura, produciendo significados cuyos orígenes y justificaciones provienen desde distintas prácticas, intereses, códigos normativos y relaciones de poder, entendiéndose como un devenir continuo. (p. 110)

¹ Doctor en Educación. Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Miembro del Sistema Nacional de investigadores y del Consejo Mexicano de investigación Educativa, dr.villarruel.fuentes@gmail.com

² Maestro en Ciencias. Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Coordinador de la Oficina de Investigación Educativa, romulo.chavez@gmail.com

³ Maestra en Educación. Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Jefa del Departamento de Ciencias Básicas, loidamelgarejo@hotmail.com

⁴ Maestra en Educación. Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, rossy.itug@hotmail.com

⁵ Licenciado en Administración. Investigador Adjunto al Grupo de Investigación Socioeducativa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Santiago_fps91@hotmail.com

Como se puede apreciar, “La ciencia, además de ser *parte* de nuestro patrimonio cultural, es también una *forma* de cultura” (Jiménez-Aleixandre, s/f, p. 2).

Sobre esta base en el periodo 2013-2014 se llevó a cabo un proyecto de investigación, avalado y financiado por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica –hoy Tecnológico Nacional de México–, donde se pudo constatar las percepciones que poseían los estudiantes, próximos a egresar de los institutos tecnológicos del estado de Veracruz, respecto a la ciencia y la tecnología, asociadas a los principales indicadores socioculturales.

Con base en la evidencia encontrada fue posible concluir que en lo general los estudiantes del nivel superior tecnológico de Veracruz muestran un bajo nivel de reflexión en torno a los riesgos y peligros que representa la ciencia y la tecnología. Soslayan la relación existente entre sociedad y medio ambiente, con lo que demuestran carecer de una visión holística, integral de los procesos científicos, mostrando una visión reduccionista de la ciencia, al desligarla de sus atributos sistémicos.

Por otra parte, no identifican con precisión las características inherentes a la ciencia y la tecnología, lo que les lleva a suponer que «lo que pasa en la ciencia pasa en la tecnología», incluyendo desde luego sus riesgos. Esto se puede derivar de la falsa creencia que define a la tecnología como ciencia aplicada.

En general los estudiantes mostraron un sentido utilitarista y funcional de la ciencia y la tecnología, disociándolas de los procesos de desarrollo nacional, debido aparentemente a que no alcanzan a entender las formas en que en México operan las instancias encargadas de su organización, como tampoco parecieron enlazar sus funciones con la dimensión social.

Sobre esta base se hace necesario proponer alternativas que impulsen una cultura científico-tecnológica del más alto nivel organizacional, que diversifique no solo las estrategias y acciones educativas, sino que definan un nuevo rumbo institucional, que asegure el logro exitoso de las metas y proyectos formativos. Ferrer y León (2015) establecen que:

...la cultura científica va más allá que la “alfabetización” en ciencia. Datos, conceptos, teorías, inventos, etc. forman parte de la información mínima de un ciudadano educado. Pero el concepto de cultura científica trasciende el acopio de información que podamos adquirir, que por demás siempre será poca para el caudal de conocimiento científico acumulado por la humanidad solamente en las últimas décadas. Más que el conocimiento, la comprensión de la ciencia como producción intelectual y social, son fundamentales para pensar en la cultura científica del ciudadano del siglo XXI. (p.2)

De esta forma, a continuación se explicita lo que se define como un «plan maestro de mejora continua», el cual debe sentar las bases de un nuevo proyecto educativo, centrado en el desarrollo de los nuevos científicos y tecnólogos que Veracruz y México necesitan.

Descripción del Método

Fundamentos de la propuesta

En la educación también la forma es fondo. Si como forma se entiende a los programas de estudio y como fondo a la didáctica que los hace posible. Basándose en ello, la educación superior tecnológica debe entenderse en coordenadas mucho más extensas, ampliando el vasto escenario que la hace posible, que la interpreta y define en medio de los márgenes de una retórica eficientista y pragmática que condiciona sus referentes de éxito. Para ello es necesario aceptar que la investigación educativa aporta perspectivas de entendimiento acerca de los procesos, de sus productos y de las circunstancias que concurren en cada hecho educativo.

Sobre esta base, la evidencia resultante de la investigación referida deja entrever la necesidad de impulsar una cultura científica que sirva como sustrato a los esfuerzos institucionales que el sistema tecnológico realiza a partir de sus programas de formación docente, desarrollo curricular y abordajes didácticos, tales como los que se plasman dentro del servicio social, las residencias profesionales, las actividades complementarias y más recientemente, las estrategias integradoras concretadas a partir de proyectos.

Para que ello pueda ser posible es necesario atender una serie de circunstancias, las que alineadas podrán servir como ejes articuladores para el diseño de un plan estratégico.

1. Entender que la educación científica y tecnológica requieren de una didáctica específica que la haga posible, la cual no está contemplada dentro del modelo educativo vigente.
2. Reconocer que saber investigar no acredita a una persona para enseñar y viceversa, lo que plantea la necesidad de que los maestros adquirieran un capital de habilidades en torno a cada campo de desempeño (docencia e investigación).

3. Aceptar que los espacios físicos contenidos dentro de las instituciones (laboratorios, talleres, viveros, invernaderos, entre otros) no son *per se* escenarios para el aprendizaje, ya que es el docente quien los debe convertir en ello, a partir de sus habilidades para la enseñanza y el aprendizaje.

4. Asumir que el aprendiz debe encontrar en la educación científica los elementos que le permitan acceder a una educación integral, caracterizada por el desarrollo de pensamiento de alto nivel y metahabilidades para la investigación.

5. Basado en lo anterior, es necesario entender que ciencia e investigación son dos cosas distintas, por lo que las estrategias didácticas para su desarrollo deben ser diferenciadas, pero a su vez integradas dentro de cada tarea didáctica o práctica pedagógica.

6. Considerar que las Tecnologías de la Información y la Comunicación son una valiosa herramienta, pero que su manejo educativo involucra el desarrollo de soportes didácticos que aseguren el uso reflexivo de las mismas, a partir de considerarlas «artefactos» que potencian las habilidades del maestro y los aprendices y no entes autónomos que resuelven problemas por sí mismos.

7. Entender que el desarrollo de proyectos de investigación, con la consabida inclusión de estudiantes en ellos, es el primer paso en un programa de formación para la investigación, pero que no garantiza la adecuada alfabetización científica de los aprendices, sobre todo si únicamente se les asigna tareas rutinarias, excluyéndolos de las etapas creativas.

8. Valorar la necesidad de alinear las actividades académicas de cada ciclo escolar, con el proceso de la investigación científica, yendo de su gestión a la difusión y divulgación de lo que se planea, se hace y se produce, pasando por un proceso que involucra la generación de foros, publicaciones, integración de redes, diseño de nuevos programas y proyectos, primero hacia el interior del propio plantel.

9. Darle la debida importancia a las instancias administrativas encargadas de la investigación educativa (como es el caso de la coordinación de investigación educativa, inserta en el Departamento de Desarrollo Académico), lo que en la mayoría de los planteles no se hace.

10. Integrar, a partir de las academias del plantel, diversas comunidades de aprendizaje y diálogo, para finalmente constituir comunidades de práctica, vinculadas a la investigación científica.

Bases operativas del modelo

Bajo los asertos de Gallego-Badillo (2004):

...un modelo es una estructura conceptual que sugiere un marco de ideas para un conjunto de descripciones que de otra manera no podrían ser sistematizadas. El modelo cumple esta función en virtud de que una de manera inferencial, las proposiciones que afirman algo sobre los fenómenos que en él se integran. De esta manera, su estructura es diferente de la que se supone existe en el conjunto de fenómenos de la naturaleza. El modelo concebido en esta forma, impulsa la inteligibilidad y ayuda a la comprensión de los fenómenos, ya que proporciona los canales de interconexión entre hechos que sin la existencia de los lazos inferenciales, podrían permanecer aislados e independientes unos de otros. (p. 303)

Basándose en ello, el siguiente esquema muestra el diseño de la propuesta institucional, bajo la cual se propone impulsar la cultura científica dentro de los Institutos Tecnológicos de Veracruz, en el entendido de que toda la estructura organizativa es homogénea dentro de ellos, lo cual permite su integración funcional.

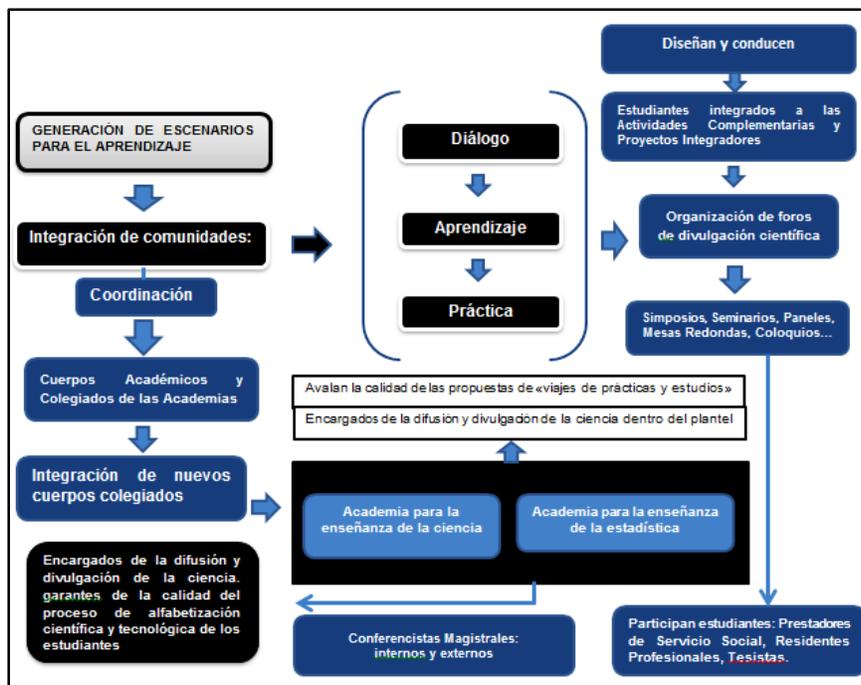


Figura 1. Modelo de intervención para el fomento y consolidación de la cultura científica y tecnológica dentro de los institutos tecnológicos del estado de Veracruz, México.

Las dinámicas de trabajo deberán estar articuladas sobre la base de tres ejes principales: 1) el funcionamiento integral de los cuerpos académicos constituidos y en marcha dentro de los institutos, los que deberán atender responsabilidades de difusión y divulgación de la ciencia y la tecnología; 2) la constitución de nuevos cuerpos colegiados, con al menos dos figuras constituidas, la academia para la enseñanza de la ciencia y la academia para la enseñanza de la estadística, encargadas de orientar, coordinar y evaluar los procesos y productos logrados; y 3) la integración de «comunidades de diálogo» desarrolladas a partir de los cuerpos académicos y colegiados, los cuales en el corto tiempo deberán trascender hacia la constitución de «comunidades de aprendizaje», impulsadas por las actividades de difusión y divulgación que les serán propias; y finalmente, su consolidación a través de la presencia de «comunidades de práctica», vinculadas en específico a las actividades de investigación científica y tecnológica.

Como estrategia maestra del modelo se deberá incorporar a los estudiantes, en su calidad de aprendices, a todas las etapas y fases del modelo. Sin ello no será posible alcanzar los objetivos rectores. La idea de convertir los eventos propuestos en escenarios de aprendizaje, permitirá poner a los estudiantes en condiciones de experimentar las vivencias que son parte de proceso formativo del novel investigador, sus hábitos y los rituales que le caracterizan. Para que ello funcione a cabalidad, los estudiantes deberán integrarse a las fases creativas de los eventos y foros, a su diseño, gestión, coordinación, desarrollo y evaluación.

Comentarios Finales

Es necesario destacar que las instancias administrativas de cada Tecnológico deberán facilitar el libre tránsito de las estrategias y acciones, siempre conducidas en el marco de la institucionalidad y los referentes normativos. Bajo ninguna circunstancia serán un obstáculo para el logro de las metas propuestas. Este requerimiento, si bien parece obvio, puede no serlo en todos los casos. La necesidad de operar sobre programas y proyectos precisa de una política interna de trabajo que privilegie el desarrollo de la cultura científica.

Se propone adicionalmente, contar con un responsable directo de la gestión administrativa, ya que en la práctica fragmentar las responsabilidades de coordinación, a partir de las llamadas «jefaturas de proyectos» incorporados a cada programa académico, ha demostrado no ser del todo funcional.

Adicionalmente, se recomienda que quienes asuman estas responsabilidades administrativas tengan la experiencia suficiente (y no solo la formación) para ello. La necesidad de que tanto los maestros investigadores (en su calidad de expertos), como los estudiantes aprendices cuenten con interlocutores válidos es una necesidad insoslayable.

Finalmente no pasar por alto que aunque todos los maestros que enseñan ciencia tienen un método para ello, eso no basta. En los conceptos de Campanario y Moya (1999):

Cómo enseñar más eficazmente es un problema abierto. Por tanto, es conveniente abandonar la noción de método de enseñanza y cambiarla por estrategia de enseñanza. Estas estrategias de enseñanza se concretan en unas actividades de enseñanza en las que «se maneja cierta información procedente de unas determinadas fuentes, mediante procedimientos concretos (asociados a unos medios didácticos) y en relación con unas metas explícitas o implícitas» (García y Cañal, 1995, p. 7). (p. 180)

Medios didácticos que deben ser entendidos en su acepción más amplia, concretados en modelos. Metas que deberán ser individuales, pero también colectivas e institucionales.

Conclusiones

Alineado con todo lo anterior, es necesario que cada tecnológico cuente con un «programa para la formación de investigadores», a partir del cual se consolide el trabajo científico de calidad. Es necesario abandonar las zonas de confort propias del contexto de la ciencia escolar tradicional. El axioma que establece que todo maestro posgraduado es *per se* un investigador científico es un paralogismo difícil de sostener en la realidad. En lo cotidiano es común observar como en muchas ocasiones este tipo de maestro desconoce los fundamentos de la ciencia, su naturaleza y sentido sociocultural. Parten de la idea de que manejar un microscopio es ciencia, se recrean en una supuesta complejidad de los procesos de medición y encubren deficiencias metodológicas valiéndose de la estadística, llegando incluso a llamar ciencia a los aforismos que repiten de memoria a sus estudiantes, tomados de literatura poco confiable. Inclusive hay quienes proclaman una aparente «complejidad» que hace inexpugnable el aprendizaje de la ciencia; se trata de «enturbiar el agua para que parezca más profunda». Esto es en parte lo que aleja al estudiante del campo científico. Nada de esto debe ocurrir dentro de los institutos tecnológicos.

Referencias

Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*. 17 (2), 179-192.

Ferrer, A. y León, G. (2015). Cultura científica y comunicación de la ciencia. *Razón y Palabra, Revista Digital de Comunicología*. 65, 1-7. Recuperado de: http://www.razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/aferrer_gleon.html

Gallego-Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 3 (3), 301-319.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (s/f). La cultura científica en las clases de ciencias: comunidades de aprendizaje. Recuperado de: <http://quark.prbb.org/28-29/028057.htm>

Vaccarezza, L. S. (2008). Exploraciones en torno al concepto de cultura científica. En FECYT, Resúmenes del Congreso Iberoamericano de Ciudadanía y Políticas Públicas de Ciencia y Tecnología. Madrid.

Villarruel-Fuentes, M., Castrejón-Sánchez, B., Chávez-Morales, R., Melgarejo-Galindo, L. y Hernández-Arano, I. (2014). Percepciones sobre ciencia y tecnología en estudiantes del nivel superior tecnológico de Veracruz. México: Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

Notas Biográficas

El **Dr. Manuel Villarruel Fuentes** ha desempeñado diversos cargos dentro del ámbito de la investigación científica: fue Presidente de la Red Estatal de Investigación Educativa y Presidente del Comité Estatal de Investigación y Desarrollo Tecnológico dentro de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria en Veracruz, Jefe del Departamento de Desarrollo Académico y Jefe del Departamento de Desarrollo Tecnológico en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Actualmente preside la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa en el Tecnológico Nacional de México en Veracruz. Ha sido maestro invitado a programas de posgrado en seis universidades distintas en México.

El **MC. Rómulo Chávez Morales** es Profesor-Investigador en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, donde coordina la Oficina de Investigación Educativa. Ha desempeñado los cargos de Jefe de la División de Estudios Profesionales y Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Actualmente es Vicepresidente de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa del Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

La **Mtra. Loida Melgarejo Galindo** realizó sus estudios de posgrado a nivel Maestría en Educación en la Universidad Mexicana (UNIMEX). Labora en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, donde realiza actividades de docencia a nivel licenciatura en el área de Ciencias Económico-Administrativas, donde se desempeñó como Jefa del Departamento de Desarrollo Académico. Actualmente es Jefa del

Departamento de Ciencias Básicas de dicho instituto. Colabora en el proyecto de investigación de la línea “Sistemas de Calidad, Productividad y Cultura Administrativa Empresarial”, e integra el Doctora en Administración y Desarrollo Empresarial del Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica y colabora en la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa en el Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

La **Mtra. Rosalía Janeth Castro Lara** realizó sus estudios de posgrado a nivel de Maestría en Educación en la Universidad Cristóbal Colón (UCC). Labora en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, donde realiza labores de docencia a nivel licenciatura en el área de Ciencias Básicas, así mismo colabora en el proyecto de investigación de la línea “Sistemas de Calidad, Productividad y Cultura Administrativa Empresarial”, conjuntamente es integrante del Doctorado en Educación en el Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica y colabora en la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa en el Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

El **Lic. Fernando Pérez Santiago** es Licenciado en Administración con Especialidad en Gestión Empresarial. Durante su formación académica fue seleccionado por la Academia Mexicana de Ciencias en el XXIII y XXIV Verano de Investigación Científica, ingresando al Instituto de Investigación en Educación de la Universidad Veracruzana, y por segunda ocasión, en el Centro de Estudios Sociológicos de El Colegio de México, A.C. Fue finalista en el Concurso Nacional de Innovación Tecnológica en su fase Nacional celebrado en Celaya, Guanajuato. Actualmente es miembro fundador de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa.

Análisis de la porosidad de suelos arenosos por medio de imágenes multiescalares para la propuesta óptima de cimentaciones

Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro¹, Dr. Rolando Salgado Estrada², Oscar Velázquez Camino³,
Dr. Luis Marín⁴, Dr. Alejandro Vázquez Santacruz⁵

Resumen— Las cimentaciones son parte fundamental de sustento de las obras de ingeniería civil, para ello, si no se selecciona de manera adecuada pueden generar fallas estructurales disminuyendo su periodo de vida útil. Para tener la mejor selección se tienen que analizar todas las variables necesarias, en este caso, en esta investigación por medio de imágenes multiescalares tomadas en microscopio electrónico de barrido (SEM) se analiza de manera directa la porosidad del suelo arenoso y posteriormente se realiza una comparación a nivel macroescala mediante diversos parámetros estadísticos (medias, desviación estándar, etc) con los ensayos técnicos convencionales, con la finalidad de comprobar su factibilidad. Esta investigación se comprueba que si el suelo no está sujeto a un tratamiento especial de mejoramiento ya sea por procesos de compactación está sujeto a reacomodos de suelo donde se desplantan las cimentaciones.

Palabras claves— Cimentaciones, SEM, multiescalares, microestructura, macroescala.

Introducción

Los medios porosos se encuentran presentes tanto en nuestra vida diaria como en las diferentes ramas de la ciencia y tecnología, la cual consiste de poros o huecos generalmente interconectados a manera de red dentro de una matriz sólida. Estos medios porosos son de interés en diferentes disciplinas tales como: la agricultura, la química, la medicina, la ciencia de materiales, la ingeniería del petróleo, etc. (Avila, 2005). Es por ello, que la caracterización de la estructura de los sólidos porosos y de los procesos que en ellos ocurren tiene gran interés tanto científico como económico en su análisis experimental y teórico (Atzeni et al, 2007). En los últimos años la simulación por computadora ha sido una herramienta aplicada para la caracterización de los sistemas porosos (Blanck et al, 2008). El medio poroso se distribuye de forma continua y tortuosa y lo componen tres fases bien diferenciadas: sólida, líquida y gaseosa. La primera, denominada matriz, está formada por las partículas minerales y orgánicas del suelo; las otras dos, compuestas por agua y aire ocupan los espacios huecos, poros, entre las partículas sólidas del suelo (Buenfil, 2007). Las partículas minerales de la fase sólida varían en tamaño. Los suelos arenosos son sueltos y relativamente inertes mientras que los arcillosos son suelos más complejos. La ordenación de los agregados del suelo, atendiendo a la forma, el tamaño, la disposición, y el grado de cohesión y compactación de las partículas sólidas, define la estructura del mismo. Estas variables condicionan las diversas propiedades de los suelos pues determinan la proporción y tamaño de los poros (Burland et al, 1977). La capacidad de un suelo para retener y dejar pasar el agua y el aire se denomina porosidad y depende de la composición, de la textura y de la estructura del suelo. La permeabilidad del suelo se relaciona con la forma y distribución del tamaño de poros (Castleman et al, 1996). Los poros difieren en forma y en tamaño. La interconexión entre ellos varía con el tipo de suelo, con la actividad biológica y con las prácticas que en él se realicen (obras de ingeniería, cultivos, etc.).

¹ Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro es Profesor en Licenciatura de Ingeniería Civil y Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. szamora@uv.mx

² Dr. Rolando Salgado Estrada es Profesor en Licenciatura de Ingeniería Civil y Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. rsalgado@uv.mx

³ Dr. Oscar Velázquez Camilo es Profesor en Licenciatura de Ingeniería Química y Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. ovelazquez@uv.mx

⁴ Dr. Luis Felipe Marín Profesor en Licenciatura de Informática y Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. lmartin@uv.mx

⁵ Dr. Alejandro Vázquez Santacruz Profesor en Licenciatura de Ingeniería Mecatrónica y Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. asantacruz@uv.mx

La porosidad de los materiales porosos compuestos por un tamaño de partícula uniforme depende de su compactación (Cervantes, 2002). Cuanto más amplio es el rango en el tamaño de partícula más pequeña será su porosidad. La porosidad también depende de la forma de las partículas sólidas. El tamaño de poro afecta a la retención del agua en el suelo (Cetin et al, 2004). En el medio poroso natural, la porosidad producida por la acción de los factores climáticos suele denominarse porosidad primaria. La presencia de fracturas entre los materiales aumenta su porosidad. A ésta última se la denomina “porosidad secundaria” (Chaler, 2008). Los medios porosos, en este caso el del suelo arenoso, es de primordial su análisis ya que estos repercuten en los comportamientos a nivel macro de las obras de ingeniería que se construyen sobre él; estos comportamiento se pretende representarlo mediante modelos matemáticos producto de los análisis de campo, laboratorio, estadísticos y fractal. Las arenas del Golfo de México (zona de Veracruz) son depósitos eólicos que poseen espesores considerables y se tiene la formación entre granos trayectorias de poros conectados de diferentes diámetros favoreciendo los flujos de agua, mismos que provocan daños en las estructuras de las obras de Ingeniería cuando se colocan cargas estructurales. Para entender el comportamiento de estas arenas, es necesario medir sus propiedades microscópicas, físicas y mecánicas para la creación de modelos matemáticos que nos dictaminen su comportamiento, que finalmente, ayudará en la creación de soluciones técnicas para las cimentaciones de las obras de Ingeniería en el Puerto de Veracruz.

En la presente investigación se realiza un análisis del sistema solido/poro por medio de imágenes multiescalares tomadas con microscopio electrónico de Barrido (SEM). Las imágenes multiescalares corresponden a un suelo de textura arenosa tomadas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Veracruzana, Campus Veracruz. Con el análisis realizado se pretende estudiar el comportamiento microscópico de poros y su geometría en la masa de suelo y con el fin de realizar recomendaciones técnicas constructivas.

Descripción del Método

Muestreo de suelo Arenoso

En las Instalaciones de la Facultad de Ingeniería se realizó un sondeo tipo a cielo abierto (PCA), de dimensiones aproximadas de 1.5 m de ancho, 4 m de largo y 3.50 m de profundidad (Foto 1a); posteriormente se realizó un muestreo inalterado en un cubo de dimensiones de 20 cm (Foto 1b y 1c).

Imágenes multiescalares con SEM

Las muestras inalteradas de textura arenosa fueron llevadas a las instalaciones del Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (MICRONA). Las imágenes multiescalares fueron tomadas con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) a las escalas de 50, 500, 1000, 5000, 10000 y 20000 (Foto 2a, 2b, 2c y 2d).



Foto 1. Actividades de muestreo de suelo de textura arenosa: (a) realización de sondeo tipo a cielo abierto; (b) labrado de muestra inalterada a una profundidad de 1.50 m; y (c) protección de la muestra inalterada.

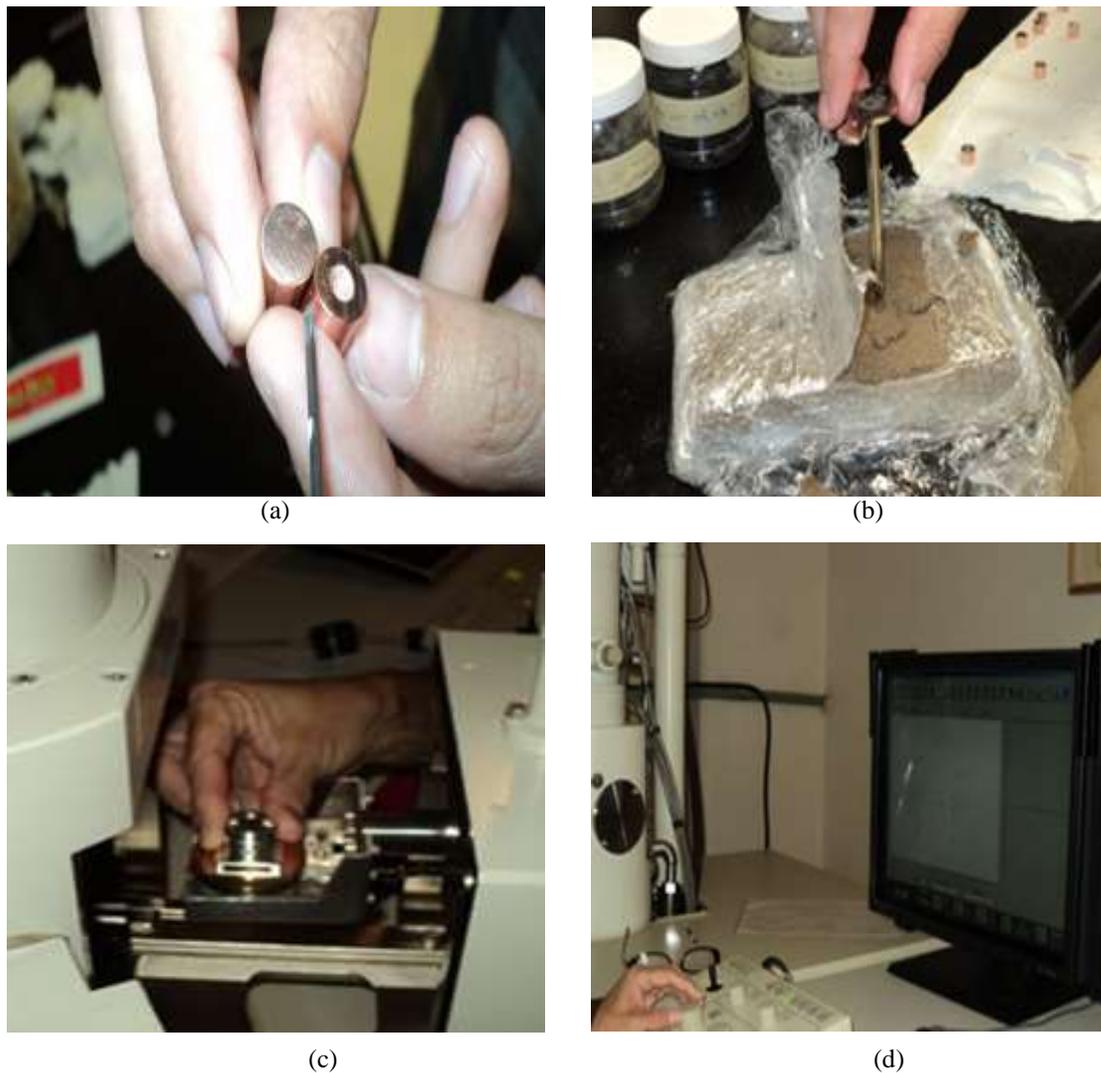


Foto 2. Toma de imágenes multiescalares en el SEM: (a) Portamuestras de cobre con orificio en el centro; (b) Extracción de muestras con el quitabocado; (c) Colocación de la muestra en el interior del SEM; (d) y finalmente se procedió a la toma de imágenes multiescalares.

Áreas de sistema sólido/poro

Con la ayuda del software asistido por computadora, se procedió a determinar las áreas correspondientes al sistema de poros y sólidos. En la Foto 3a se observa la imagen original de escala x50, en la Foto 3b se muestra las áreas marcadas que componen el sistema poro; y finalmente en la Foto 3c se muestra el esqueleto del sistema sólido/poro. En total se analizaron 31 imágenes.

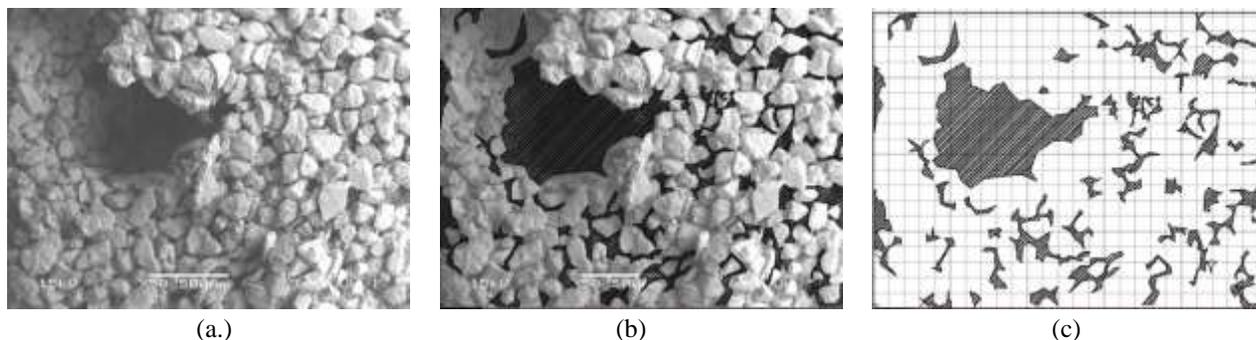


Foto 3. Imagen multiescalar original de escala x50 (a); (b) Vista de las áreas que componen los poros; y (c) vista del esqueleto que conforman los poros.

Análisis de sistema solido/poro

Con la ayuda del software EXCELL se realizaron los análisis estadísticos entre ellos la media aritmética, desviación estándar así como las correlaciones correspondientes buscando líneas de regresión lineales, exponenciales, logarítmicas y polinomiales.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

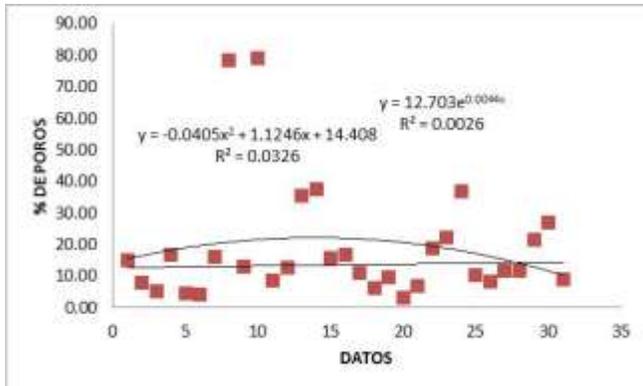
En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis de las imágenes multiescales. Se tiene el siguiente análisis de toda la información obtenida de todas las escalas analizadas: en cuanto poros se tiene un 3.18% como mínimo, un 79.18% como valor máximo, este valor máximo corresponde a los macroporos medidos en imágenes de escalas mayores de 5000x y 10000x, ya que estos poros ocupan la mayor parte del área de la imágenes analizada. Se presenta un promedio de porosidad del 18.79%. En cuanto a los sólidos se tiene un valor mínimo de 20.82% y un máximo de 96.82%. En ambos casos se tiene una desviación estándar de 18.45, valor que no indica la dispersión de los datos dentro del sistema solido/poro muy alto confirmando la heterogeneidad y lo complejo del análisis de este sistema en el suelo y poder predecir con precisión sería complicado.

Tabla 1. Resultados de la extracción de áreas de las imágenes multiescales tomadas con SEM del sistema solido/poro.

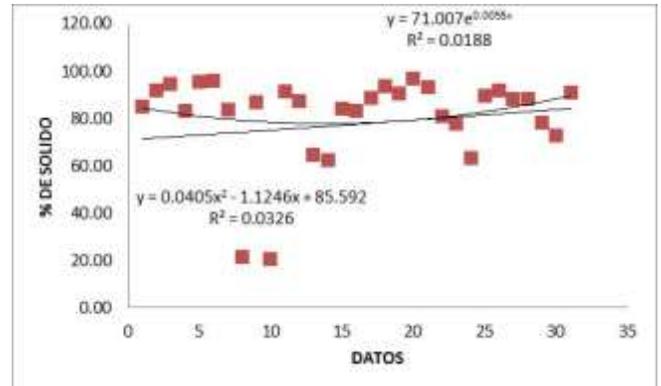
| No. De imagen | IMAGEN | ESCALA | %POROS | %SOLIDOS | No. De imagen | IMAGEN | ESCALA | %POROS | %SOLIDOS |
|---------------|------------|--------|--------|----------|---------------|-------------|--------|--------|----------|
| 8 | 1 LBC 50 1 | 50 | 78.27 | 21.73 | 16 | 2 LBC 1000 | 1000 | 16.66 | 83.34 |
| 9 | 1 LBC 50 | 50 | 13.22 | 86.78 | 17 | 3 lbc 1000 | 1000 | 11.15 | 88.85 |
| 10 | 2 lbc 50 1 | 50 | 79.18 | 20.82 | 18 | 4 LBC 1000 | 1000 | 6.14 | 93.86 |
| 11 | 2 lbc 50 | 50 | 8.72 | 91.28 | 19 | 5 LBC 1000 | 1000 | 9.62 | 90.38 |
| 12 | 3 lbc 50 | 50 | 12.73 | 87.27 | 20 | 6 LBC1000 | 1000 | 3.18 | 96.82 |
| 13 | 4 LBC 50 | 50 | 35.42 | 64.58 | 21 | 7 LBC 1000 | 1000 | 6.91 | 93.09 |
| 14 | 5 LBC 50 | 50 | 37.55 | 62.45 | 22 | 1 LBC 5000 | 5000 | 18.83 | 81.17 |
| 1 | 1 mtz 500 | 500 | 15.04 | 84.96 | 23 | 2 LBC 5000 | 5000 | 22.33 | 77.67 |
| 2 | 2 LBC 500 | 500 | 8.13 | 91.87 | 24 | 3 LBC 5000 | 5000 | 36.92 | 63.08 |
| 3 | 3 LBC 500 | 500 | 5.27 | 94.73 | 25 | 4 LBC 5000 | 5000 | 10.49 | 89.51 |
| 4 | 4 LBC 500 | 500 | 16.67 | 83.33 | 26 | 5 LBC 5000 | 5000 | 8.36 | 91.64 |
| 5 | 5 LBC 500 | 500 | 4.45 | 95.55 | 27 | 6 LBC 5000 | 5000 | 11.65 | 88.35 |
| 6 | 6 LBC 500 | 500 | 4.27 | 95.73 | 28 | 1 LBC 10000 | 10000 | 11.67 | 88.33 |
| 7 | 7 LBC 500 | 500 | 16.19 | 83.81 | 29 | 2 LBC 10000 | 10000 | 21.73 | 78.27 |
| 15 | 1 lbc 1000 | 1000 | 15.75 | 84.25 | 30 | 3 LBC 10000 | 10000 | 27.01 | 72.99 |
| | | | | | 31 | 4 LBC 10000 | 10000 | 8.88 | 91.12 |

Correlaciones de las variables sólido/poro con la escala de análisis

En la Figura 1 se muestran las correlaciones realizadas con todos los datos obtenidos sin tomar en cuenta la escala de análisis; en la Figura 1a se muestra la correlación del sistema de poro y en la Figura 1b se muestra la correlación del sistema poro, dichas gráficas se confirma el grado de complejidad y heterogeneidad de la masa de suelo de textura arenosa, los datos no muestran correlaciones adecuadas. Se observan puntos fuera de la nube de puntos que corresponden a los macroporos analizado a escalas grandes tales como 5000x y 10000x. En la Figura 2a y 2b se muestra las correlaciones que se tiene de cada sistema sólido y poro con respecto a la escala, mostrando estas las conclusiones del complejo de análisis del suelo con diversas escalas. En otro contexto, se analizó el sistema de poro/sólido con las diversas escalas, donde la mejor escala de análisis para el sistema sólido/poro se tiene a la escala 1000x, obteniendo correlaciones en modelos logarítmicos de $R^2=0.73$ y en modelos lineales de $R^2=0.72$, como se muestra en la Figura 3a y 3b.

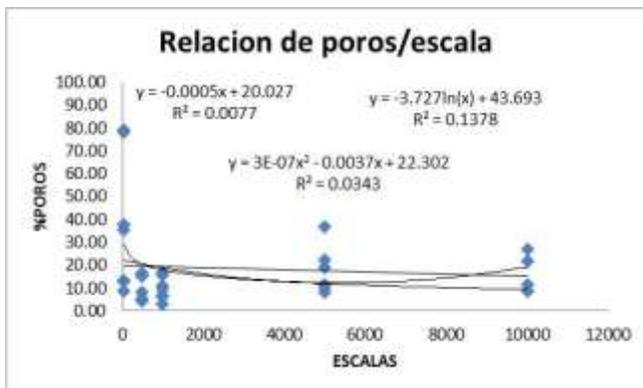


(a)

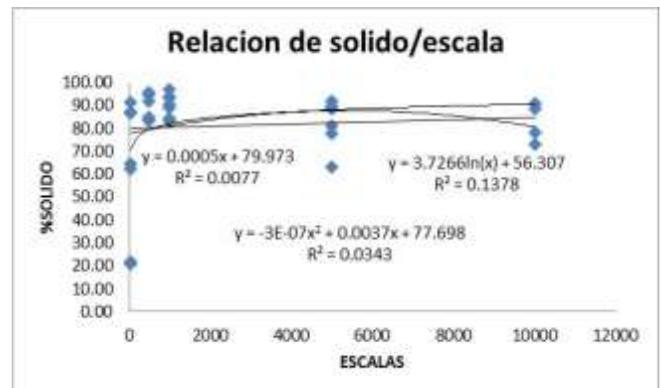


(b)

Figura 1. En estas graficas se muestran las correlaciones establecidas: (a) Sistema Poros y (b) sistema Sólido



(a)



(b)

Figura 2. En estas graficas se muestran las correlaciones del sistema sólido/poros con la escala: (a) Sistema Poros y (b) sistema Sólido.

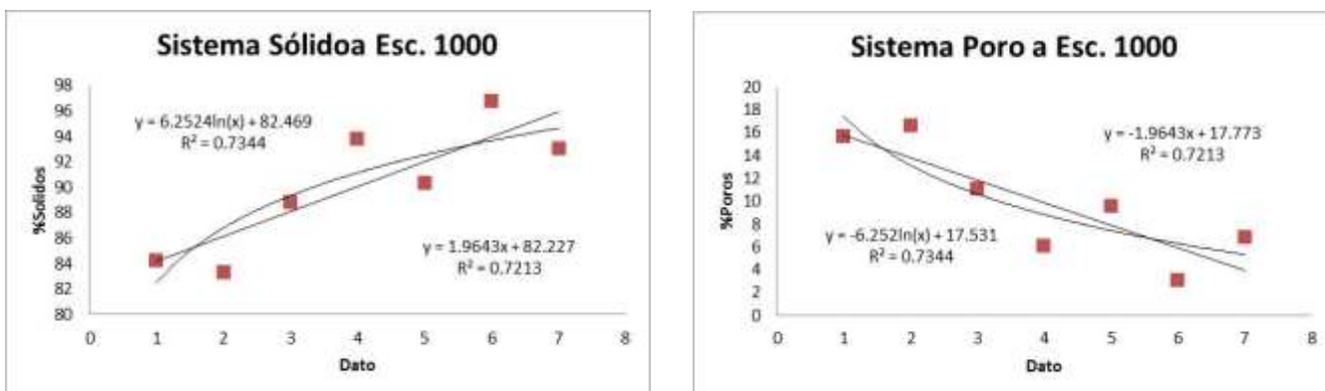


Figura 3. En estas graficas se muestran las correlaciones del sistema solido/poros a una escala de análisis de 1000x: (a) Sistema Poros y (b) sistema Sólido

Conclusiones

Con el análisis realizado del sistema sólido/poro queda en claro la complejidad y heterogeneidad de este sistema. Las escalas de análisis muestran las diferentes formas de cómo están integrados los poros y la masa sólida. Mismo que debido a esa condición compleja se necesitan tener más parámetros de análisis a nivel microscópico.

Con el análisis microscópico realizado se pueden optar por recomendaciones de cimentación adecuadas para este tipo de suelo de textura arenosa, siendo en este caso, un porcentaje de poros promedio 18.45%, mismo que se traducen en asentamientos o hundimiento de las estructuras, la intensidad depende de la cantidad de carga estructural de la infraestructura.

La mejor escala de análisis de la porosidad del suelo resulto en un aumento de 1000x, donde se mostraron correlaciones logarítmicas o lineales de alto precisión mostrando una R^2 superior a 0.70.

Recomendaciones

Se recomienda realizar más análisis microscópico con más imágenes para hacer conclusiones más certeras, mismas que están en proceso para ampliar la presente investigación.

Referencias

- Ávila A. G. (2005). "Estudio de la retracción y el agrietamiento de arcillas. Aplicación a la arcilla de Bogotá". Universidad Politécnica de Cataluña, departamento 708 Ingeniería Cartográfica DEL TERRENY I Geofísica.
- Atzeni C., Pia G., Sanna U. and Spanu N. (2007). "A fractal model of the porous microstructure of earth-based materials". Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali, Università degli Studi di Cagliari, via Marengo 3, 09123 Cagliari, Italy.
- Blank A. L., Hunt A. G. and Skinner T. E. (2008), "A numerical procedure to calculate hydraulic conductivity for an arbitrary pore size distribution", Dep. of physics Wright State Univ., Dayton, 2008.
- Buenfil B. C. M. (2007). "Caracterización experimental del comportamiento hidromecánico de una arcilla compactada". Universidad Politécnica de Cataluña, departamento 708 Ingeniería Cartográfica DEL TERRENY I Geofísica.
- Burland J. B., Broms, B. B. and De Mello V. F. B. (1977), "Behaviour of foundations and structures: State of the art report", Proc. 9th Int. Conf. on Soil Mech. And Found. Eng., vol. 2, Tokyo, pp 495-546.
- Burland, J. B. (1997), "Assessment of risk of damage to buildings due to tunneling and excavatio, earthquake geotechnical engineering", Inshara (ed), Balkema, Rotterdam, pp 1189-1201.
- Castleman A. W., Snyder E. M. and Buzza S. A. (1996). "Intense field-matter interactions: multiple lionization of clusters". Department of chemistry, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania.
- Cervantes Albarrán J. R. (2002). "Modelación del flujo de agua en suelos expansivos". Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias.
- Cetin H., Söylemez M. and Pérez M. (2004). "Geotechnical properties of tire-cohesive clayey soil mixtures as fill material". Department of Geology, Cukurova University, Adana, Turkey.
- Chaler M. C. (2008). "El arte matemático. La geometría fractal", ciencia fácil serie de artículos de divulgación sobre temas básicos de la ciencia.

LA INCUBADORA DE EMPRESAS COMO OPCIÓN PARA ACCELERAR EL CRECIMIENTO Y ASEGURAR EL ÉXITO DE PROYECTOS EMPRENDEDORES

Esperanza Cotera Regalado¹, Miguel Zavala López², Adriana Mercedes Ruíz Reynoso³,
María Concepción Rodríguez Mercado⁴

Resumen — Existen emprendedores que logran crear una empresa exitosa, pero también existen algunos que lo intentan sin lograrlo, de tal manera que es necesario, que cuenten con un apoyo que garantice el éxito o crecimiento de su proyecto de negocio, en este caso la Incubadora de Empresas (IE) es la mejor opción para acelerar y asegurar el éxito de cualquier proyecto, debido a que no solo presta un lugar donde se pueda incubar un negocio, sino que asesora y puede conseguir financiamiento para estos, sin olvidar que ayudan a la elaboración de un Plan de Negocios (PN) y como éste ayuda a lograr que el emprendedor no fracase tan fácilmente en la puesta en marcha de su proyecto, lo más importante en esta investigación es conocer lo que es una incubadora, el tipo de ayuda que ofrece y conocer algunos casos de éxito para asegurar que efectivamente es una buena opción

Palabras clave: incubadora, emprendedores, proyectos, PyMEs

Introducción

Incubadora de empresas

Existen emprendedores con ideas originales y viables pero no todos logran el objetivo principal que es contar con un negocio exitoso, por lo que en esta investigación lo que se pretende es mostrar que la Incubadora de Empresas (IE) es una buena opción para acelerar y asegurar el éxito de los proyectos, es necesario conocer lo que es una Incubadora de acuerdo con diversos autores, por otro lado es necesario conocer lo que es un plan de negocios (PN) que garantice el éxito, también es prudente definir lo que es un emprendedor y sus características ya que construir un equipo y unirlo a los recursos requiere de habilidades de liderazgo de parte del emprendedor, otro punto importante para la comprensión del tema que se está investigando es conocer las características que distinguen a un emprendedor ya que este debe tener buen cuidado en escoger y enunciar las Misión, la Visión y los Valores que no sólo embellecerán la imagen de la empresa sino que serán adecuados para el tipo de negocio, las PyMEs son otro punto ya que son el motor de la economía de cada país tomando en cuenta sus principales características. Debido a que la ventaja en tiempos actuales para los emprendedores es la oportunidad que tienen de desarrollar proyectos que conviertan en negocios viables a partir de las necesidades que no están atendidas y de las que se pueden mejorar, se considera que la Incubadora es parte fundamental en el apoyo profesional para llevar a cabo la idea de negocio.

Desarrollo

Incubadora de empresas

Existen emprendedores con ideas originales y viables pero no todos logran el objetivo principal que es crear negocios exitosos, así que en esta investigación lo que se pretende es mostrar que la IE es una buena opción

¹ Maestra en Administración, Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, peracotera@hotmail.com

² Maestro en Educación Superior, Plantel de la Escuela Preparatoria Sor Juana Inés de la Cruz, UAEM

³

Universidad Autónoma del Estado de México, Plantel de la Escuela Preparatoria “Sor Juana Inés de la Cruz, Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, Centro Universitario UAEM Ecatepec,

para acelerar y asegurar el éxito de los proyectos, primeramente es necesario saber lo que es una incubadora, y según Dieckow (2007): “Pueden definirse como establecimientos en los cuales un grupo de nuevas empresas y otras en crecimiento operan bajo un mismo techo con alquileres que están a su alcance compartiendo servicios (teléfono, fax, internet, secretarías, fotocopiadoras, recepción, entre otras) recibiendo también asesoría especializada en gestión empresarial” (p. 174).

No obstante Alexander (2010) menciona que las IE son un apoyo a negocios para acelerar el desarrollo exitoso de empresas nuevas y jóvenes, ofreciéndoles a los empresarios una variedad de servicios y recursos enfocados. En México nacen en 1990, en la Ciudad de Ensenada Baja California. Del año 2000 a la fecha, se han creado por parte del Gobierno Federal, diferentes organismos cuya finalidad ha sido la creación de nuevas empresas y a su vez, la generación de más y mejores empleos.

De acuerdo con Wompner (2007) las incubadoras de negocios son organismos de apoyo a los nuevos emprendimientos, asesorando y prestando infraestructura para que una empresa en formación reduzca los riesgos, costos de puesta en marcha y el proceso natural de aprendizaje llevado a cabo por las personas a cargo de la nueva empresa (p. 3).

Así que en opinión de Cuevas y Castillo (2008) las incubadoras de negocios son centros que ofrecen servicios de asesoría, infraestructura y financiamiento a los emprendedores. En las incubadoras de negocios las ideas de la creación de empresas adquieren cuerpo y forma a través de la elaboración de planes de negocios y su puesta en marcha (p. 231).

Efectivamente las Incubadoras ofrecen tanto infraestructura, financiamiento, tutoría, asesoría especializada, consultoría, capacitación, información, orientación, enlaces de negocios y apoyo en la elaboración de un PN que garantice a los emprendedores la creación de un negocio exitoso, que garantice la posibilidad de recibir un financiamiento.

Según el SNIE (2012) la incubadora ayudará a preparar un plan de negocio que acompañará al empresario en el proceso de creación de la empresa proporcionando consultoría en las diversas áreas que se necesita manejar al ser empresario (mercadotecnia, contabilidad, diseño gráfico e industrial, etc.). Algunas de ellas incluso ofrecen espacios físicos para que se emprenda el negocio como un verdadero empresario. Se debe de tomar en cuenta que lo que ofrece una incubadora no es financiamiento, sino la oportunidad de entrenar para enfrentar la vida empresarial de manera más sólida y estructurada a través de la capacitación y consultoría especializada.

Otro punto importante dentro de esta investigación es saber cómo es que ayuda la IE a los emprendedores a crear una empresa que ayude económicamente a cada región, permitiéndole generar no solo empleo al emprendedor sino generarlos para la población, de tal manera que es necesario ver qué tipo de apoyos o servicios ofrece, por ejemplo según: La Red de Incubadoras de Empresas del Tecnológico de Monterrey (2011) a través de su Modelo de Incubación, ofrece a sus emprendedores y empresarios acompañamiento durante las 3 etapas, así como diversos servicios que los ayudarán a lograr la consolidación de sus ideas de negocio, recibiendo soporte integral a través de:

- Tutoría personalizada
- Asesoría especializada en áreas como:
 - Administración
 - Mercadotecnia y ventas
 - Contabilidad y finanzas
 - Comercio exterior
 - Legal
 - Tecnología
- Capacitación empresarial
- Enlaces de negocios
- Vinculación con oportunidades de financiamiento e inversión
- Vinculación con centros de investigación y laboratorios del Tecnológico de Monterrey

Tabla 1. Apoyos de la IE de la UAEM

| Servicios | Descripción |
|----------------------|---|
| Servicio de albergue | Consiste en proporcionar una oficina equipada con mobiliario y equipo, e incluye una asesoría gratuita a la semana con cualquiera de los tutores, basada en el modelo de Incubación INCUBASK – UAEM |
| Tutorías y asesorías | Consiste en brindar asesorías a proyectos nuevos o empresas en |

| | |
|---|--|
| empresariales | operación, en las áreas de; mercadotecnia, técnica, administrativa y económica financiera, basadas en el modelo de incubación INCUBASK – UAEM |
| Servicio de incubación en la IE de la UAEM de Toluca | Servicio de Incubación dirigido a empresas y emprendedores para el desarrollo de sus negocios (asesoría, tutoría y consultoría) |
| Gestión y evaluación de convenios | Se elabora y envía propuesta de instrumento legal solicitado por los diferentes espacios universitarios Autorizada la propuesta tramitamos ante la oficina del abogado general la impresión de originales para su suscripción Ya suscrito el instrumento legal, en un plazo perentorio, se le da seguimiento y se evalúan sus resultados |
| Servicio de promoción y canalización de los productos y servicios universitarios entre los sectores público, privado y social | Promoción de los productos y servicios universitarios entre los sectores público, privado y social así como su canalización a los organismos académicos correspondientes, cuando esta sea requerida |

Fuente: elaboración propia con datos de la página de la UAEMex (2009)

Como se puede observar y analizando las dos opciones en cuanto a los servicios de la Incubadora, las dos escuelas coinciden en los servicios que se ofrecen así que su trabajo es principalmente apoyar a los emprendedores a consolidar su idea y convertirlos en empresarios a través de ayuda profesional para crear un plan de negocios que posteriormente ayudará a la empresa a impulsar su desarrollo económico

Plan de negocios

Un PN es la principal arma para garantizar el éxito esperado en las empresas y en opinión de Castelán y Oros (2011) es un documento de análisis, realizado por el empresario, cuya finalidad es la de documentar la información más importante relacionada con la empresa y su mercado. El plan de negocios tiene entre sus características ser un documento demostrativo de las áreas de oportunidades, en el que se evidencia la rentabilidad y viabilidad de un proyecto (p. 1).

De acuerdo con Rey (2009) un PN es “un documento formal que resume toda la información necesaria para plantear y evaluar el desarrollo de un nuevo proyecto empresarial” por lo que asegura que un emprendedor, a la hora de plantear un nuevo negocio, inicia el proceso de creación del mismo mediante el análisis de 3 o 4 ideas básicas como aprovechar una oportunidad que se le presenta, analizar el entorno y hacer algunos números sencillos que determinarán la pre factibilidad del proyecto (p.4).

Analizando a estos autores se puede notar que un PN es un documento que ayuda a cualquier persona a trabajar en un proyecto o idea que se tiene para poder emprender un negocio viable, de tal manera que con la elaboración del plan es mucho más fácil contar con las bases para lograr el éxito, por lo que la incubadora forma parte de una de las principales estrategias ya que esta se encarga de apoyar en la elaboración del plan y con esto se garantiza la aceleración al éxito.

Emprendedores y emprendedurismo

Primeramente es necesario definir lo que es un emprendedor y según Giurfa (2010) esta palabra proviene del vocablo francés “entrepreneur”, y se podría traducir al español como pionero. En cuanto a su utilización como indicativo de personas especiales, hay dos posibles orígenes: algunas versiones indican que desde el siglo 16 se comenzó a llamar emprendedor a toda persona que, como Cristóbal Colón, se lanzaba a la aventura de viajar al nuevo mundo, sin ninguna certeza de lo que su viaje le deparaba, e incluso sin saber si lograrían volver (p. 7).

Pero otra definición o versión se dio en el siglo XVIII por el economista irlandés-francés Richard Cantillon, que lo define de la siguiente manera: “un agente económico que compra medios de producción a determinado precio, a fin de combinarlos y crear un nuevo producto” por otro lado el economista Francés J. B. Say dijo que el emprendedor era también un líder que atraía a otras personas, con el objetivo fundamental de construir grandes organizaciones productivas (Giurfa, 2010).

En opinión de Wompner (2008) el proceso emprendedor implica identificar una oportunidad para emprender, encontrar la forma de aprovecharla, formar un equipo adecuado y obtener los recursos necesarios para sacarla adelante. Para moldear esta oportunidad el equipo debe ser creativo al visualizar un nuevo producto, nuevo mercado o un nuevo canal de distribución para un producto antiguo. Obtener los recursos para la empresa, que usualmente son de fuentes externas, requiere de fuertes habilidades para comunicar el potencial de la oportunidad a aquellos que poseen los recursos. Construir el equipo y unirlos a los recursos

requiere de habilidades de liderazgo de parte del emprendedor. Finalmente, en el corazón de todo el proceso está el plan de negocios: el modelo conceptual de producción, marketing, distribución, recursos humanos, alianzas, financiamiento y otros requisitos para iniciar la empresa.

Otro punto importante para la comprensión del tema que se está investigando es conocer las características que distinguen a un emprendedor y de acuerdo con Ibarra y Castillo (2013) se trata de un individuo innovador que no necesariamente es quien descubre los conceptos o los inventa, sino principalmente los desarrolla dentro del proceso de inserción de los mismos en la realidad económica. Así, la innovación es la principal herramienta que garantiza el éxito del emprendedor. Es decir, el emprendedor es el sujeto de la actividad innovadora y la iniciativa, pudiéndosele descubrir o encontrar en cualquier nivel jerárquico de la organización formal e informal de las empresas (p. 52).

De acuerdo con Cuevas y Castillo (2008) Lo importante es que el emprendedor logre comprender cuáles son los principios y valores que guíen su empresa. El asesor debe tener buen cuidado en escoger y enunciar la Misión, la Visión y los Valores que no sólo embellecerán la imagen de la empresa sino que serán adecuados para el tipo de negocio (p. 233).

Por lo anteriormente mencionado se puede decir que el emprendedurismo es parte fundamental para el desarrollo de cada economía y que ha tomado importancia relevante y en México se está trabajando implementado programas donde los jóvenes, amas de casa o cualquier persona puedan proponer proyectos de empresas en lugar de emplearse, lo que los convertiría en sus propios jefes.

Las PyMEs en México

Un factor importante dentro de la economía de México son las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) ya que estas empiezan a formarse para generar empleos aunque en su mayoría el éxito no es el que se espera porque efectivamente muchas no cuentan con el apoyo necesario y por lo regular fracasan al poco tiempo de estar en marcha, de acuerdo a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) son aquellas que tienen hasta 250 empleados para su funcionamiento, y tienen el principal objetivo de mejorar el empleo para combatir la pobreza, aunque en el entorno internacional han sido afectadas por los países en vías de desarrollo debido a su estructura sencilla y sus finanzas limitadas, a pesar de que son consideradas en la actualidad como las creadoras de empleos y que representan un 90% de la economía, aunque existen obstáculos que no les permiten el crecimiento deseado (Ávila, 2014).

De acuerdo con Rangel y Moreno (2012) Las pequeñas y medianas empresas comparten ciertas características distintivas sin embargo son una parte fundamental para la economía en México. Son empresas independientes pero con un alto impacto en el mercado aunque la mayoría de estas se enfoca en el sector de comercio y servicio, también se pueden encontrar estas clases de entidades en el sector industrial pero en una menor escala ya que el entorno de este sector tiende a ser muy costoso y laborioso que solo pueden manejar empresas con mayor capital y de mayor personal, pero existen pequeñas industrias que elaboran de una manera más exacta y más artesanal (p. 1).

Por otro lado Cuevas y Castillo (2008) aseguran que la implementación de la ética de los negocios y la responsabilidad social de la empresa dentro del proceso de incubación y post-incubación pueden contribuir de igual modo al éxito de la Pymes. El hecho crucial es que se busca la permanencia de la Pymes mexicanas en el mercado. Al hacerlo la Pymes continuarán asumiendo el principio de responsabilidad que el poder sobre los recursos y los hombres le confiere en el círculo de sus actividades (p. 235).

Se han desarrollado programas orientados a fomentar el desarrollo de las PyMEs y son para cubrir cada una de las etapas de maduración por lo que se propone crear proyectos piloto de fomento empresarial: creando centros de apoyo, impulso a la innovación empresarial y el desarrollo tecnológico, la creación de nuevas empresas, el financiamiento de proyecto de inversión productiva, como elemento fundamental para el crecimiento empresarial y resulta básico para el fomento de las PyMEs (Rodríguez, 2007).

Pero que son las PyMEs, según Aguilar y Martínez (2013) son compañías pequeñas locales o regionales, establecidas con el propósito de promover el desarrollo económico nacional y para ser llamadas así deben cumplir con ciertas características como: tener menos de 250 empleados contratados y por contratar y no pueden otras organizaciones participar con más del 25% del capital accionario, estas empresas son muy importante ya que son las que contribuyen con más del 95% de las exportaciones de los países (p. 1).

De acuerdo con los autores anteriores una PyME es aquella que es fundamental para el desarrollo económico de cada región con el propósito general de mejorar el empleo pero que le hace falta que se aplique realmente para lograr dicho objetivo, así que dentro de cada país éstas generan el 90% de empleos, pero es evidente que una Incubadora sería un gran apoyo para fortalecer aquellas debilidades y convertirlas en fortalezas y las amenazas convertirlas en oportunidades.

La Importancia general de las PyMEs de acuerdo con Regalado (2007) es no solo por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios, sino también por la flexibilidad de adaptarse a los cambios tecnológicos y gran potencial de generación de empleos. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza.

Ahora bien es evidente que el objetivo principal de las personas es trabajar para poder ganar dinero y satisfacer sus necesidades pero actualmente surge un interés en generar empleo para mejorar las condiciones no solo individuales sino mejorar las condiciones de la región, por lo que las PyMEs son el mejor camino para lograrlo y nuevos emprendedores se están ocupando de esto.

Comentarios finales

Como se pudo observar gracias a la información recabada en cuanto a incubadora, PyMEs, PN, y emprendedurismo, es muy importante conocer los apoyos que ofrece y el trabajo que realiza la IE en la elaboración de un PN, porque esto ayudará a garantizar el éxito de las empresas nuevas, todo esto con el desempeño de los emprendedores, así que se puede decir que efectivamente la IE se considera como opción para acelerar el crecimiento y asegurar el éxito de proyectos emprendedores.

Es importante señalar que el emprendedurismo encierra ciertos elementos que intervienen en el ser humano para desarrollar las capacidades y actitudes de percibir en términos laborales la vida diaria y así poder resolver cada problema que se presente, impulsando además el avance social y económico de los ciudadanos que se están preparando para realizar cualquier proyecto.

Conclusiones

Es evidente notar que una Incubadora debe de ser capaz de ayudar a los nuevos emprendedores a realizar su PN que lo acompañará en el proceso de creación de su empresa proporcionando consultoría en diversas áreas que se necesitan manejar, por ejemplo mercadotecnia, contabilidad, diseño gráfico e industrial, etc. esto y menciona que estas Incubadoras en ocasiones ofrece espacios físicos para que se emprenda un negocio, se debe de tomar en cuenta también que una Incubadora no ofrece financiamiento, sino la oportunidad de entrenar al emprendedor para enfrentar la vida empresarial de manera más sólida a través de la capacitación y consultoría especializada que estas ofrecen.

Así que para que una empresa en formación reduzca sus riesgos, sus costos de puesta en marcha y el proceso natural de aprendizaje llevado a cabo por las personas a cargo de la nueva empresa es necesario tener el apoyo de una IE.

Recomendaciones

Como en la actualidad existe una creciente necesidad de generar fuentes de empleo, se obliga a las personas a incursionar en pequeños negocios o buscar asociarse para emprender para dar una solución a su inestable economía, sin embargo, muchas de estas pequeñas empresas se realizan sin tener el conocimiento técnico o administrativo suficiente para ser más eficiente. Por lo que es recomendable que cualquier persona que desee crear un negocio, se acerque a las incubadoras donde les podrán ofrecer el apoyo que se necesita para llevar a cabo la idea de negocio.

Bibliografía

Aguilar M. M. y Martínez A. K. (2013) *Las PYMES ante el proceso de la globalización*", en Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2013/pymes.html>

Alexander P. (2010) Presentación Incubadora de Empresas México Cumbre de Negocios. Disponible en: <http://es.slideshare.net/palexgar/presentacion-incubadora-de-empresas-mexico-numbre-de-negocios-2-3>

Ávila H. E. (2014) *"Las PYMES en México: desarrollo y competitividad"*, en Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2014/cooperacion.html>

Castelán V. y Oros M. (2011) Importancia de un plan de negocios. En contribuciones a la Economía. Disponible en: <http://www.eumed.net/ce/2011b/cvom.html>

Cuevas M. R. y Castillo T. E. (2012) La ética de los negocios y la responsabilidad social de la empresa como una herramienta para la incubación de las PyMEs. De Montemayor. Bijarro y Estrada (2012) Política y gestión pública para el estudio municipal: óptica académica. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2008a/356/LAS%20PYMES%20Y%20EL%20DESTINO%20DE%20SUS%20EMPLEADOS.htm>

Dieckow L. M. (2007) Factores de gestión claves para la incursión, continuidad y éxito en el agroturismo en misiones, Argentina. Tesis doctorales de economía. Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2007/lmd/incubadora%20de%20empresas.htm>

Giurfa J. A. (2010) I Estudio de Desarrollo Emprendedor de la Población Joven en la Provincia de Tacna. Serie de Documentos de Trabajo. Universidad Privada de Tacna. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010b/710/Introduccion.htm>

Ibarra M. A. y Castillo G. A. (2013) emprendimiento para creación de empresas con Responsabilidad Social Empresarial (RSE). Biblioteca virtual. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2014/1363/emprendimiento.html>

Rangel P. S. y Moreno G. S. (2012) Protocolo de investigación: Las PyMEs y su eficacia en México. Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/pymes-mexico.html>

Regalado H. R. (2007) Las MiPyMEs en Latinoamérica estudios e investigaciones en la organización Latinoamericana de administración. Biblioteca virtual de Derecho Economía y Ciencias Sociales. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/274/31.htm>

Rey D. M. (2009) Plan de negocios: creación de IMPRIMEX Argentina S. A. Biblioteca virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009a/497/Creacion%20de%20un%20Plan%20de%20Negocios.htm>

Rodríguez M. H. (2007) Las políticas de desarrollo local en el marco del fomento de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs). Revista OIDLES. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/oidles/01/Minier.htm>

SNIE (2012) Conceptos Básicos. Disponibles en: <http://siem.gob.mx/snie/DefinicionesSNIE.asp>

Tecnológico de Monterrey (2011) servicios de Incubación. Disponible en: <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/ITESM/Tecnologico+de+Monterrey/Emprendimiento/Red+de+Incubadoras+de+Empresas/Servicios+de+incubacion/>

Wompner F. (2007) Un modelo de incubadora de negocios universitaria: en la ruta de la innovación organizacional. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cl/2007/fw-incub.htm>

Wompner F. (2008) Educación superior para el emprendimiento. Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cl/2008/fhwg.htm>

Factores y Herramientas Importantes en Lean Healthcare

Bioing. Carlos Alberto Zepeda Lugo¹, Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza²,
Dra. Yolanda Angélica Báez López³, Dr. Jorge Limón Romero⁴ y Dra. Aidé Maldonado Macías⁵

Resumen— *Lean manufacturing* o manufactura esbelta es una estrategia para la eliminación del desperdicio, reducir costos y mejorar la calidad en procesos. El propósito del presente estudio es explorar la implementación de *lean* en el sector servicio, específicamente en el sector salud de Baja California, México por medio del análisis de las herramientas y técnicas así como los factores críticos y los desafíos en la implementación exitosa de *lean* en el sector salud. Para comprender la aplicabilidad *Lean* en el sector salud se llevó a cabo una revisión extensiva de literatura. Los resultados abarcan información sobre la estructura del sector salud, el valor no agregado a los procesos que crean desperdicios son más difíciles de identificar que en la industria. Adicionalmente se identifica que los siete desperdicios que maneja la industria son los mismo que en servicio, como sobreproducción, defectos, espera, transporte, inventario, sobre procesamiento y movimiento. Hay varias herramientas y técnicas *lean*, que ayudarán a eliminar estos siete desperdicios. Algunas herramientas identificadas dentro de los entornos hospitalarios, fueron el VSM, mapeo de procesos, 5S, Kanban, gestión visual entre otras.

Palabras clave—*healthcare, lean, calidad hospitalaria, factores de éxito, herramientas de éxito.*

Introducción

En este mundo contemporáneo, se está dando un cambio acelerado en la gestión empresarial afectando a todas las organizaciones y a los gerentes (Burnes, 2004). Las organizaciones intentan ser más descentralizadas así como transformar sus políticas tradicionales implementando diferentes herramientas estratégicas para mejorar las operaciones (Burnes, 2004 y Kotter, 2007). Las organizaciones luchan para satisfacer la creciente presión de la competencia y para seguir siendo competitivos, muchos de ellos están adoptando la estrategia *lean* como una herramienta para mejorar su posición. La literatura ilustra que *lean* se ha hecho popular debido a la eficiencia mostrada en las empresas manufactureras japonesas (Womack y Jones y Roos, 1990). El concepto de *lean* fue desarrollado e introducido por primera vez por el ejecutivo de Toyota, Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno mediante la identificación de diferentes tipos de desperdicios dentro del sistema de producción (Black y Miller, 2008). Sin embargo, hoy en día ha evolucionado como un enfoque de gestión para mejorar todos los procesos a lo largo de toda la industria (Taleghani, 2010). Las operaciones del sector servicio son cada vez más importante en la economía mundial debido a la creciente necesidad y demanda de prestación de servicios de calidad (Frozen Food Digest, 2002 y Bowen y Youngdahl, 1998). La aplicación de *lean* mejora la productividad de los empleados en un 30%, lo que implica un servicio de calidad a los clientes (The Staff of the Corporate Executive Board, 2010). No obstante, a pesar de este hecho, las organizaciones aun no ofrecen servicios de calidad a los clientes (Piercy y Rich, 2009). Una de las razones por la que la estrategia *lean* no ha sido tan aplicada en el área de servicios es porque las organizaciones piensan que es exclusiva de la industria manufacturera (George, 2003).

A pesar de que el proceso de implementación *lean* en el servicio es complicado, en el sector salud, existen desperdicios o actividades que no agregan valor (ANV) a los procesos que pueden ser eliminados con la estrategia *lean healthcare* (LH). Algunos de los desperdicios encontrados en la literatura son, el tiempo de espera, sobre procesamiento, defectos, inventario, movimiento, sobre- producción y transporte (Rinehart 2013, Woodard et al. 2005, Womack et al. 2005, Craven et al. 2006, Buesa 2009, Hilton et al. 2008, Porres et al. 2008). Cabe mencionar que no todos los desperdicios pueden eliminarse, pero con su reducción es posible impactar favorablemente el sistema productivo (Pérez et al. 2011). En el cuadro número 1 se encuentra una breve descripción de las ANV y su relación con el sector salud.

¹ Carlos Alberto Zepeda Lugo es estudiante de posgrado en la Universidad Autónoma de Baja California czepeda@uabc.edu.mx (autor corresponsal).

² El Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza es Profesor Investigador de Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma de Baja California, México diegotlapa@uabc.edu.mx

³ La Dra. Yolanda Angélica Báez López es Profesor Investigador de Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma de Baja California, México yolanda@uabc.edu.mx

⁴ El Dr. Jorge Limón Romero es Profesor Investigador de Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma de Baja California, México jorge.limon@uabc.edu.mx

⁵ La Dra. Aidé Maldonado Macías es Profesor Investigador de Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez amaldona@uacj.mx

| Desperdicio | Ejemplos sector salud |
|---------------------|---|
| Defectos | - Re-admisión por error en medicamentos. - Repetir pruebas debido a que la información correcta no fue proporcionada. |
| Espera | Espera de: - Pacientes. - Personal. - Resultados, recetas y medicamentos. - Médicos atiendan pacientes (consulta). |
| Transporte | - Personal camina de un lugar a otro a recoger notas. - Equipamiento ubicado en lugares lejanos, en vez de estar ubicados en el lugar que se utilizan. |
| Sobre-procesamiento | - Duplicación de información. - Preguntar a los pacientes cierta información varias veces. |
| Inventario | - Exceso de material que no está siendo utilizado. - Listas de esperas. |
| Movimiento | - Movimiento del personal en busca de papeleo. - Almacenamiento de material en extremos opuestos de la habitación. - No tener equipo básico en cada sala de examen. |
| Sobre-producción | - Solicitar pruebas innecesarias a los distintos departamentos. |

Tabla 1. Descripción de los desperdicios más comunes en los procesos y su relación con el sector salud. Adaptada de Westwood et al. 2007, *Going Lean in the NHS. Institute for Innovation and Improvement*.

Lean healthcare es una estrategia adaptada de la metodología *Lean* de la industria manufacturera. Wellman et al. (2010) Proponen una serie de puntos que deben ser considerados para implementar de manera exitosa la metodología, estos son:

- i. Compromiso de la gerencia.
- ii. Creación de liderazgo.
- iii. Sistema de recursos humanos.
- iv. Sistema financiero.
- v. Sistema operativo.
- vi. Métodos y la integración de herramientas.
- vii. Infraestructura y una oficina especialista en el área *lean*.
- viii. El compromiso del médico.
- ix. Compromiso de la junta directiva (CEO).
- x. Enfoque al paciente.
- xi. Cadena de suministro y desarrollo de proveedores.
- xii. Intensidad de los esfuerzos en la aplicación LH.
- xiii. Sistemas visuales.

Con la implementación exitosa de LH, los beneficios que genera al hospital y a los pacientes son muchos y significativos. De acuerdo a Zlotowska y Wise (2015) gracias a la implementación exitosa de LH en el centro regional de nefrología *Dializa* en Polonia, el personal creó lugares útiles para el almacenamiento de elementos necesarios para hacer más fácil su trabajo debido a que están ahora en espacios disponibles más cercanos y reportan una reducción de al menos uno de los siete desperdicios (transporte, inventario, movimiento, etc.) en consecuencia la satisfacción de los pacientes y empleados ha aumentado. Jones y Mitchell (2006) proporcionan otro ejemplo de la implementación exitosa de LH en el centro de emergencias Flinders, Australia. Debido a una mala estrategia en el año 2003, alrededor de 1000 pacientes esperaban 8 horas para recibir tratamiento y gracias a una buena implementación se logró reducir hasta 25% en la espera, simplificando el procesos y reduciendo la presión del personal en la sala de emergencias. Black y Miller (2008) presentan el ejemplo del centro médico Virginia Mason en

Estados Unidos, donde se aplicaron varias herramientas lean como 3p, VSM, *Takt Time* entre otras para mejorar la satisfacción del paciente. Algunos beneficios remarcables fueron, la reducción del tiempo de espera de pacientes en un 14%, incrementaron la cantidad de pacientes atendidos un 57% y redujeron el recorrido del personal hasta un 61%. A pesar de que *lean* ha demostrado un gran éxito en las organizaciones existen muchos retos por delante para su ejecución (Worley y Doolen, 2006).

Objetivos

- i. Comparar las prácticas exitosas de LH en diferentes hospitales y comprender como puede ser aplicable para mejorar los procesos sanitarios.
- ii. Identificar los factores críticos de éxito (FCE) en la implementación de LH.
- iii. Identificar las herramientas y técnicas (HT) aplicables en el sector salud de LH.

Métodos

Se llevó a cabo una búsqueda temática para identificar los principales temas y conceptos de la literatura seleccionada. El protocolo de la revisión literaria se diseñó en torno a la intención de obtener una amplia comprensión del fenómeno LH, en donde se ha aplicado, en qué países y con qué resultados, y qué temas son inherentes a su implementación. El protocolo incluye fuentes de datos, los criterios para la inclusión y la organización de los resultados.

Fuente de datos

Se realizó una búsqueda de documentos y publicaciones mediante la combinación de las siguientes palabras clave: *lean approach, lean process, lean methodology, lean method, lean transformation, lean philosophy, lean principles, lean practices, lean processimprovement, lean management, lean healthcare, lean thinking, lean production, lean Six Sigma, toyota management system, health system*. Los artículos que fueron incluidos en esta investigación son los que contenían alguno de los términos anteriores ya fuera en el título, el resumen o palabras clave. Además estos debían ser publicados en revistas de revisión por pares.

Conjunto de obras

Los estudios se agruparon en dos grandes bloques en función del tipo: caso de estudio o teórico como se muestra en la tabla número 2. En esta investigación, el bloque de casos de estudio incluían trabajos que reportan datos documentados sobre el proceso de implementación y sus resultados, y el grupo teórico incluyen más reflexiones conceptuales sobre temas específicos relacionados a LH. En consecuencia, en el primer grupo, los datos fueron obtenidos respectó a los efectos de LH en el rendimiento del sector salud, un análisis transversal comparativo entre organizaciones dentro de un país o entre diferentes países; tipos de especialidad clínica, servicios de emergencia o actividades de apoyo; aplicación conjunta o paralela con otros enfoques y técnicas de mejora de calidad; y la extensión de la aplicación LH. El segundo bloque se centró en reflexiones teóricas sobre temas específicos con LH.

| Organización de documentos | |
|------------------------------------|---|
| Casos de estudio | Teórico |
| Aproximación total o parcial. | <i>Lean healthcare</i> y el cambio en procesos. |
| Niveles de atención. | <i>Lean healthcare</i> y otros procesos. |
| Países y otras técnicas de mejora. | Técnicas de mejora. |
| Impacto del rendimiento. | Evaluación crítica. |

Tabla 2. Organización de publicaciones.

Resultados

De un total de 80 artículos revisados se hizo una clasificación como se puede apreciar en la tabla número 3, de donde se observa que el 46.25% pertenece a artículos teóricos, 36.25% son casos de estudio, 16.35% entran en la clasificación de otros y solo un 1.25% a un trabajo de tesis. Además de la clasificación anterior se realizó una tabla comparativa, ver tabla número 4, entre los países que generan más publicaciones referentes a LH.

| Tipo de documento | Cantidad |
|-------------------|----------|
| Artículo | 37 |
| Caso de estudio | 29 |
| Tesis | 1 |
| Otro | 13 |
| Total | 80 |

Tabla 3. Cantidad de publicaciones y su clasificación.

Del total de literatura que se utilizó para esta investigación, Estados Unidos es el país que genera más publicaciones de LH con un 60% de productividad, en segundo lugar está el Reino Unido (UK) con tan solo 8.75% de generación y en tercer lugar se encuentra Italia con 5% de ahí encontramos que Suecia genera solo un 3.75%. Los países como España, Indonesia, Canadá y Taiwán comparten un 2.5%, Polonia, Kosovo, Noruega, Dinamarca, Egipto, Turquía, Francia, Holanda, Australia y México tiene un porcentaje de 1.25%

| País | Generación de artículos por país |
|-----------|----------------------------------|
| USA | 48 |
| UK | 7 |
| Italia | 4 |
| Suecia | 3 |
| España | 2 |
| Indonesia | 2 |
| Canadá | 2 |
| Taiwán | 2 |
| Polonia | 1 |
| Kosovo | 1 |
| Noruega | 1 |
| Dinamarca | 1 |
| Egipto | 1 |
| Turquía | 1 |
| Francia | 1 |
| Holanda | 1 |
| México | 1 |
| Australia | 1 |
| TOTAL | 80 |

Tabla 4. Cantidad de publicaciones por país.

Factores críticos de éxito

Abdullah y Tari (2008) enfatizaron la importancia de los FCE para impulsar el impacto positivo en la mejora de la calidad, estos factores son el compromiso de la dirección, la participación de los empleados, la formación o educación, los incentivos y el reconocimiento. Todos estos factores fueron aportados originalmente por Deming y

Juran, gurús de la calidad. En esta investigación encontramos 61 FCE en la implementación exitosa de LH, acto siguiente se elaboró un análisis de Pareto para discriminar los FCE más importantes. Obtuvimos un resultado de 19 FCE al finalizar el análisis que pueden ser apreciados en la tabla 5.

| Factores Críticos de Éxito | Observaciones | % | |
|--|---------------|-----------|------|
| | | Acumulado | % |
| Cambio de Cultura | 33 | 12.5 | 12.5 |
| Involucramiento Trabajadores | 33 | 24.9 | 12.5 |
| Entrenamiento | 29 | 35.8 | 10.9 |
| Involucramiento de la gerencia | 26 | 45.7 | 9.8 |
| Liderazgo | 18 | 52.5 | 6.8 |
| La estructura del staff y la comunicación | 15 | 58.1 | 5.7 |
| Asesoría experto | 11 | 62.3 | 4.2 |
| Disponibilidad /adecuación de equipos | 8 | 65.3 | 3.0 |
| Servicio de Calidad | 5 | 67.2 | 1.9 |
| Asociación con los clientes y proveedores | 5 | 69.1 | 1.9 |
| <i>Feedback</i> | 4 | 70.6 | 1.5 |
| Empoderamiento | 4 | 72.1 | 1.5 |
| Conocimiento de los estándares de desempeño requeridos | 3 | 73.2 | 1.1 |
| Innovación | 3 | 74.3 | 1.1 |
| Proceso | 3 | 75.5 | 1.1 |
| Eficiencia y eficacia en uso de recursos | 3 | 76.6 | 1.1 |
| Bienestar financiero | 3 | 77.7 | 1.1 |
| Medio ambiente | 3 | 78.9 | 1.1 |
| Políticas de Instalaciones | 3 | 80 | 1.1 |

Tabla 5. Lista de factores críticos de éxito en la implementación de *lean healthcare*.

Herramientas y técnicas exitosas en la implementación de LH

En esta investigación encontramos 60 HT en la implementación exitosa de LH, acto siguiente se elaboró un análisis de Pareto para discriminar las HT más importantes. Obtuvimos un resultado de 22 HT más importantes al final: *Value Stream Mapping* (VSM), 5's, DMAIC, *Kaizen*, Procedimiento de operación estándar, Voz del cliente VOC, PDCA, Gestión Visual, Pareto, *Benchmark*, Diagrama causa efecto, FMEA, Análisis de causa raíz, SIPOC, Cartas de control, 5 porqués, *Gemba*, Diagrama de flujo, *Just In Time*, *Kanban*, Flujo continuo, ANOVA.

Comentarios Finales

Conclusiones

Lean healthcare es una estrategia que ha impactado de manera positiva en el sector salud, y si una organización sanitaria busca mejorar sus procesos no debe de dudar en implementar esta metodología. Es importante mencionar que para que se logre una implementación exitosa debe tomar en cuenta los factores críticos de éxito como lo son el cambio de cultura en su organización, el involucramiento de los empleados y la alta dirección así como entrenar a los empleados. Algunas de las herramientas y técnicas mas importantes para implementar *lean healthcare* son el VSM, 5's, DMAIC, eventos *kaizen*, el ciclo PDCA entre otras.

Referencias

- Abdullah, M. M., Uli, J. & Tari, J. J. (2008). The influence of soft factors on quality improvement and performance: Perceptions from managers. *The TQM Journal*, 20(5), 436-452.
- Black, J. R. y Miller, D. (2008). *Toyota Way to Healthcare Excellence: Increase Efficiency and Improve Quality with Lean*.
- Bowen, D. E. y Youngdahl, W. E. (1998). Lean service: in defense of a production line approach. *International Journal of Service Industry Management*, 9(3), 207-225.
- Buesa, R. J. (2009). Adapting lean to histology laboratories. *Annals of diagnostic pathology*, 13(5), 322-333.
- Burnes, B. (2004). *Managing Change: A strategic Approach to Organizational Dynamics*. London: Financial Times.
- Craven, E. D., Clark, J., Cramer, M., Corwin, M. D., Steven, J., Cooper, M. D., & Reich, M. (2006). New York-Presbyterian Hospital uses Six Sigma to build a culture of quality and innovation. *Journal of Organizational Excellence*, 25(4), 11-19.
- Frozen Food Digest. (2002). The services sector: its role in world food production and trade. AllBusiness.com, Inc., <<http://www.allbusiness.com/management/businesssupport-services/315977-1.html>>.
- Garcia-Porres, J., Ortiz-Posadas, M. R., & Pimentel-Aguilar, A. B. (2008, August). Lean Six Sigma applied to a process innovation in a Mexican health institute's imaging department. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 5125-5128). IEEE.
- George, M. J. (2003). *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. [e-book.] McGraw-Hill, New York.
- Hilton, R., Balla, M., & Sohal, A. S. (2008). Factors critical to the success of a Six-Sigma quality program in an Australian hospital. *Total Quality Management*, 19(9), 887-902.
- Jones, D. & Mitchell, A. (2006). *Lean thinking for the NHS*. NHS Confederation, <http://www.Leanuk.org/downloads/health/Lean_thinking_for_the_nhs_leaflet.pdf>.
- Kotter, J.R. (2007). Leading change - Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, 85(1), 1-10.
- Pérez Rave, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M.,.... & Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 396-408.
- Piercy, N. & Rich, N. (2009). High quality and low cost: the Lean service center. *European Journal of Marketing*, 43(11/12), 1477-1497.
- Rinehart, B. (2012). Applying lean principles in healthcare. *Radiology management*, 19-29.
- Taleghani, M. (2010). Success and Failure Issues to Lead Lean Manufacturing Implementation. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 62.
- The Staff of the Corporate Executive Board. (2010). *Bloomberg Businessweek*, <http://www.businessweek.com/managing/content/mar2009/ca2009036_859937.htm>.
- Wellman, J., Jeffries, H., & Hagan, P. (2010). *Leading the Lean healthcare journey: Driving culture change to increase value*. CRC Press.
- Womack, J., Miller, D. (2005) *Going lean in health care*. Cambridge, MA: Institute for Healthcare Improvement.
- Womack, J., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. Rawson Associates, New York, N.Y.
- Woodard, T. D. (2005). Addressing variation in hospital quality: is Six Sigma the answer?. *Journal of Healthcare Management*, 50(4), 226.
- Worley, M. J. & Doolen, L. T. (2006). The role of communication and management support in a Lean manufacturing implementation. *Management Decision*, 44(2), 228-245.
- Zlotows, K., Wise, A. (2015). Polish Dialysis Center Employees Use Visual Management to Increase Safety, Improve Organization of Medical Facility.

Correlación de contaminantes ambientales con el desempeño de recubrimiento epóxico

Daniel Gutiérrez Ramos MA¹, Noemi Monserrato Goñi Vera² y Marcos Andrés Jiménez Moreno³

Resumen— Con el fin de correlacionar el efecto de contaminantes ambientales y condiciones meteorológicas sobre el deterioro del recubrimiento epóxico catalizado de dos componentes en el ambiente marino y tropical del municipio de Paraíso, Tabasco, México, se ha estudiado en pruebas de campo el desempeño de la capa anticorrosiva orgánica. Para ello el recubrimiento fue adherido a placas de acero SAE1018 y expuestas a través de una estación de monitoreo a la atmósfera de prueba durante 9 meses. Se midieron las concentraciones de SO₂, Cl, humedad relativa, temperatura y se registraron los tiempos de radiación y precipitación pluvial. Los recubrimientos mostraron una ligera degradación en el tiempo de ensayo mostrando una repuesta sinérgica con los factores ambientales, sin embargo se identificó que el mecanismo de protección y por lo tanto el de falla dependen del tiempo de ensayo. Detalles que son discutidos en esta investigación.

Palabras clave— recubrimientos, epóxico, contaminantes ambientales, corrosión.

Introducción

La optimización técnico-económica de los recubrimientos utilizados en tuberías y estructuras de acero en ambientes marinos y tropicales es una preocupación permanente para las compañías petroleras. En la actualidad se construyen dispositivos usados en procedimientos experimentales siguiendo normas internacionales¹⁻³ combinando dos o tres parámetros ambientales con la finalidad de simular la degradación de recubrimientos para al aire libre, sin embargo se ha reportado que a partir de pruebas de laboratorio a corto plazo la fiabilidad de los resultados imposibilitan la predicción sobre la vida de servicio de un recubrimiento.⁴ Desde este punto de vista, las pruebas comparativas de laboratorio son muy útiles, pero no pueden sustituir a la experiencia adquirida en el campo.

Las actuaciones de los diversos tipos de recubrimientos utilizados para proteger las tuberías y canalizaciones verticales enterradas y offshore se presentan a través de historias de caso experimentado por las empresas formuladoras de sistemas de recubrimientos, esmaltes bituminosas, epoxi adherido por fusión, poliamidaepoxi reforzada con fibra de vidrio, y cauchos son las familias de sistemas recubrimiento considerados usualmente en la industria. El comportamiento general y las fallas encontradas en pruebas controladas en laboratorios son revisados para cada uno de los fabricantes, sugiriendo su uso y aplicaciones. Dentro de la normatividad NRF- 053- PEMEX se señala sistemas de recubrimientos recomendados para cada ambiente corrosivo dentro de México identificando el epóxico catalizado, que es empleado en esta investigación por constituir un recubrimiento empleado contra el deterioro atmosférico marino de estructuras metálicas. El desempeño en servicio de las mismas depende en gran medida de la naturaleza de estos recubrimientos orgánicos y del efecto que tiene en su capacidad anticorrosiva a diversos factores ambientales y meteorológicos.⁵ De este punto de vista la incidencia de la radiación solar, contaminantes, humedad y temperatura del ambiente influyen sobre los recubrimientos orgánicos⁶ Es decir, la fracción ultravioleta entre 295 y 400 nm en combinación con los ciclos de humedad y contaminantes ambientales perturba las cadenas poliméricas del recubrimiento orgánico^{7,8} afectando la permeabilidad, propiedades mecánicas y la estructura del polímero,⁹ tales variaciones generan que el recubrimiento manifieste caleo, cambios de color, brillo y rugosidad de la superficie entre otros.¹⁰⁻¹² Por otro lado, para que exista procesos de corrosión es necesario la promoción de reacciones químicas y electroquímicas en la zonas de adhesión del recubrimiento con el electrolito, dichas reacciones son asociadas con la absorción de agua dentro del material,¹³⁻¹⁵ debido a la permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.¹⁶ Pues se ha reportado que la absorción de agua dentro del material puede originar expansión volumétrica bajo película por la presencia de producto de corrosión o acumulación de humedad.^{17, 18} Lo anterior genera esfuerzos que conducen a delaminación, fatiga, ampollamiento osmótico en combinación de iones cloruros y sulfatos, debido a los efectos potenciales que estos ejercen durante el tiempo de vida de los recubrimientos. También influyen en la degradación del recubrimiento la temperatura. Sin embargo se tiene reportado que la temperatura que se registra ambientalmente no coincide con la que se presenta en la superficie de la pintura, debido a la influencia de los componentes del

¹ Daniel Gutiérrez Ramos es Profesor de Corrosión interior en la Universidad Tecnológica de Tabasco.
investigaciondgr@gmail.com (autor correspondiente)

² Noemi Monserrato Goñi Vera es Profesor de Fluidos de control y Electroquímica en la Universidad Tecnológica de Tabasco,

³ Marcos Andrés Jiménez Moreno es Profesor en la Universidad Tecnológica de Tabasco, Área: Fluidos de perforación

recubrimiento y de la conductividad térmica del sustrato; esta diferencia entre la temperatura ambiente y la que se registra en la superficie genera incertidumbres en los resultados del estudio.

Finalmente, en el presente trabajo se presentan los resultados de la evaluación del comportamiento anticorrosivo del sistema epóxico catalizado aplicado sobre placas de acero al carbono SAE 1036 por aspersión convencional, sometido a condiciones atmosféricas marinas por medio de estaciones de monitoreo.

Descripción del Método

Se preparó metalográficamente de acuerdo al estándar ASTM G1 probetas de acero al carbono SAE 1036, cada probeta se cortó a un tamaño de 20x10x2 mm y se limó con lijas de carburo de silicio grado 600, además se utilizó limpieza con abrasivo (arena silica) para generar una rugosidad entre 2- 5 mils en la superficie de cada probeta de estudio. Posteriormente, fueron validados los perfiles de anclaje empleando micrómetro Modelo 223-125 Marca Miltutuyo. Las probetas de acero fueron cubiertas con epóxido catalizado curadas acorde a la ficha técnica del proveedor industrial. Se validaron los espesores de película húmeda y seca utilizando Elcometer Modelo 126 y 3240.

Las probetas de ensayo fueron expuestas a la intemperie en la Ranchería Las Flores, Paraíso, Tabasco durante 9 meses en estación de monitoreo. Cada 30 días se retiraron 3 probetas del rack, intercambiando captadores de sulfatos y cloruros situados en el sitio de exposición. Las superficies del recubrimiento fue inspeccionada en base a la ASTM D714, D6602, D610y 654, D3359 para detectar posibles fallas en el recubrimiento fue determinado con kit de adherencia Marca Elcometer Modelo 1540. Para el estudio del comportamiento anticorrosivo de los recubrimientos en el tiempo se registraron los ciclos de humedad, temperatura y precipitación pluvial y acompañada de chequeos visuales subjetivos por dependencia de la experiencia de la persona que realiza el chequeo.



(a)



(b)

Fig. 1 Estación de monitoreo

(a) Rack de trabajo

(b) Retiro de platos de sulfatación.

Los parámetros atmosféricos fueron obtenidos de las Estaciones del Servicio Meteorológico Nacional simultáneamente captadores de agentes contaminantes fueron instalada en las inmediaciones del área de exposición de los especímenes. Para determinar los contaminantes atmosféricos, iones cloruro (Cl⁻) y compuestos de azufre (SO_x). La velocidad de deposición de los compuestos de azufre se determinó por el método de candela húmeda y platos de sulfatación de conformidad con lo que estipula la norma ISO 9225, con base a lo estipulado en la norma ISO 8407

Resultados obtenidos

Los resultados de inspección superficial y de adherencia obtenidos a partir de la exposición natural del recubrimiento epóxico de referencia se compararon con los resultados de las concentraciones de contaminantes ambientales captados en platos de sulfatación y cloruros instalados a la intemperie por 9 meses. Como un punto de interés, la influencia del sulfato sobre la vida útil del recubrimiento de referencia se investigó. En este trabajo, la estación de monitoreo se instaló en la intemperie de la Ranchería de las Flores, en Paraíso, Tabasco.

Temperatura y humedad.

Los cambios de temperatura registrados durante 9 meses en el sitio de monitoreo a corresponden a la tabla siguiente:

| Meses | Temperatura media °C | Días exposición solar | Días de precipitación | Precipitación promedio. (cm) | Tiempo de humectación. (hrs) |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Agosto | 30 | 26 | 5 | 27 |
| Septiembre | 28.8 | 14 | 16 | 46 | 190.40 |
| Octubre | 27.7 | 17 | 14 | 28 | 146.30 |
| Noviembre | 25 | 22 | 8 | 46 | 150 |
| Diciembre | 25.5 | 18 | 13 | 2 | 130 |
| Enero | 23 | 16 | 15 | 22 | 135.2 |
| Febrero | 24 | 27 | 6 | 3.5 | 110 |
| Marzo | 26 | 20 | 11 | 19 | 110 |
| Abril | 31 | 28 | 2 | 52 | 96 |
| Mayo | 31 | 28 | 3 | 10 | 100 |

Cuadro 1. Relación de temperaturas y condiciones ambientales expuestas del recubrimiento.

El recubrimiento evaluado se muestra en el siguiente cuadro, la aplicación fue por aspersión convencional en base a las recomendaciones del proveedor industrial y especificaciones técnicas del producto, generándose la siguiente característica en las probetas de estudio.

| | Parámetros | | |
|---------------|-------------------|---|--------------------------------|
| | Tipo | Espesor película seca mínima ASTM D3359 | Perfil de anclaje ASTM D4417-B |
| Recubrimiento | Epóxico poliamida | 2 mils | 5.0-5.8 mils |

Se retiraron de la estación de monitoreo 27 probetas en un periodo de 9 meses, evaluándose el desempeño anticorrosivo en base a la normatividad.

Fallas de recubrimiento.

Aunque se tiene reportado que la radiación ultravioleta¹⁹ tiene un efecto sobre el desempeño anticorrosivo del recubrimiento, la inspección visual y la evaluación del epóxico realizado sobre las probetas durante 9 meses de exposición natural, presentaron un buen desempeño, sin observarse defectos superficiales visibles. En el cuadro 3 se aprecia claramente la inexistencia de fallas en este tiempo, aun con las condiciones de radiaciones solares y gradientes de temperatura que en los ambientes tropicales se generan.

| Falla de recubrimiento | Parámetros | |
|------------------------|-----------------------|------------------|
| | Norma para evaluación | Resultados |
| Ampollamiento | ASTMD714 | Tamaño 10 |
| Cuartamiento | ASTM D660 | Inexistente |
| Grado de corrosión | ASTM D610 | Grado10 |
| Corrosión en incisión | ASTM D1654 | Inexistente |
| Prueba de adherencia | ASTM D3559-90 | Clasificación 5B |

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de las 27 probetas cubiertas con epóxico.

Velocidad de depositación de iones.

Las condiciones ambientales de Ranchería las Flores, en Paraíso Tabasco se distinguen dos periodos en el año: la temporada de lluvias, que trae consigo el incremento de vientos^{15,16} y por consiguiente aumento en el número de olas que rompen en la costa y que está relacionado con el aumento de la concentración de iones cloruro en el aire. Mientras que la temporada de seca (marzo, abril y mayo) los vientos disminuyen, en consecuencia afecta la velocidad de depositación de los iones cloruro y sulfato (cuadro 2).

| MES | Velocidad de depositación | | |
|------------|---|--|-------------------------------------|
| | Iones cloruro. (mg/m ² día) | Iones sulfato (mg/m ² día) | Concentración ppm de ión sulfato |
| Septiembre | 3969.504017 | 0.1770 | 1.05 |
| Octubre | 44701.67293 | 1.5190 | 6.74 |
| Noviembre | 513.9538654 | 1.4756 | 6.97 |
| Diciembre | 3716.116147 | 0.6591 | 2.66 |
| Enero | 2538.18557 | 0.4661 | 1.81 |
| Febrero | 20271.0295 | 0.8892 | 3.53 |
| Marzo | 1919.514157 | 0.7294 | 3.16 |
| Abril | 1517.212053 | 0.7012 | 3.10 |
| Mayo | 1510.773054 | 0.7532 | 3.35 |

Cuadro 4. Concentraciones de contaminantes ambientales del área de Monitoreo, Ranchería Las Flores, Paraíso. Tabasco.

El intervalo de valores de salinidad encontrado en el lugar de experimentación (513 - 44000 mg Cl⁻¹ /m².día) no cubre todos los valores de salinidad posibles en este tipo de atmósferas. Así pues, para realizar un análisis de la relación existente entre ambas variables para un intervalo de salinidades más amplio, se procedió a realizar una recopilación de parejas de datos de salinidad atmosférica tomados del sitio de monitoreo de la exposición. El cuadro 4 recoge esta información obtenida en este estudio mostrando una clara relación lineal.

Cada mes, los datos se resumían en diferentes categorías por considerar importante para el análisis de la correlación meteorológica, en total de la cantidad de lluvia (mm), la temperatura media, el tiempo: de radiación solar y de

condensación de agua en la superficie del recubrimiento para compararlos con el desempeño anticorrosivo del recubrimiento.

| Estación | Parámetros (promedios) | |
|----------|---|--------------------------------------|
| | Concentración de iones cloruros (mg/m ² día) | Concentración de iones sulfato.(ppm) |
| luvia | 13225 | 4.54 |
| Seca | 5551 | 2.92 |

Cuadro 5. Relación de concentraciones de iones sulfato y cloruro con 2 estaciones climatológica.

Conclusiones

Aunque la radiación solar, tiempo de humectación, gradiente de temperatura y contaminantes ambientales son elementos controlante del deterioro de recubrimientos anticorrosivos orgánicos en ambiente tropical marino, las probetas de estudio que fueron expuestas durante 9 meses en la Ranchería, Las Flores en Paraíso, Tabasco no Manifiestan deterioro superficial visible en el recubrimiento. Los resultados de la evaluación superficial descartan la presencia de absorción de agua por el recubrimiento y refuerza la idea de la inexistencia de difusión del electrolito debido a la permeabilidad de este. Además se identificó que las velocidades de deposición de iones cloruros y sulfatos presenta una correlación con las estaciones de lluvia y seca, identificándose la influencia en la brisa marina (cuadro Estación de lluvia y seca /concentración de iones sulfato y cloruro).

Se confirma que la simple evaluación superficial normada por la ASTM en recubrimientos expuestos por 9 meses en pruebas de intemperismo es insuficiente para identificar fallas en el.

Es importante estudiar la pérdida de adhesión del recubrimiento en pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica.

Recomendaciones

La comparación del envejecimiento natural (9 meses) con los datos meteorológicos y cuantificación de los iones cloruros y sulfatos serán correlacionados con espectroscopia de impedancia electroquímica, con el propósito de identificar fallas no visibles en la superficie del recubrimiento. En este sentido dicha técnica electroquímica permitirá si existe la posibilidad de asociar la absorción de agua dentro del material con la existencia de permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.

Agradecimiento.

Este trabajo está siendo financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a través del proyecto: Correlación de contaminantes y factores ambientales en el desempeño y funcionalidad de sistemas de recubrimientos en la atmósfera corrosiva del municipio de Paraíso, Tabasco.

Referencias

- 1.- G. Buchheit., "Corrosión Resistant Coating and Paints" in Handbook of Enviromental Degratation of Materials, 1995, vol. 1, M. Kutz, Ed. 2nd ed. New York: William Andrew Publishing.2005, pp.367-384pág. 85.
- 2.- P. Robergem Handbook of Corrosion Engineering, New York: Mc GrawjILL, 2000.
- 3.- U. Schulz, P. Trubiroha, U. Schernau, H. Baumgart, Progress in Organic. Coating. 40 (2000) 151.
- 4 S. Brunne, P.Richner O. Guseva. "Test equipment Accelerated wheathering device life prediction for organic coating" Polymer Testing, vol. 24, no. 1, pp. 25-31 Feb. 2005.
- 5.- F. Deflorian. S. Rossi, L. Fedrizzi. Progress in Organic Coatings 59 (2007) 244–250
- 6.- Cidepint, "Protección de Superficies Metálicas Parte I," in Protección de Superficies Metálicas, La Plata, Argentina: CIDEPINT, 2005.
- 7 X. Shi and S. G. Croll, "Recovery of surface defects on epoxy coatings and implications for the use of accelerated weathering," Progress in Organic Coatings, vol. 2, no. 67, pp. 120-128, Feb. 2010

- 8 X. Yang and X. Ding, "Prediction of outdoor weathering performance of polypropylene filaments by accelerated weathering tests," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 2, no. 24, pp. 103–109, 2006..
- 9.-K. M. White, R. M. Fischer, and W. D. Ketola, "An Analysis of the Effect of Irradiance on the Weathering of Polymeric Materials," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 71-82..
- 10.- A. Lost, D. Najjar, and R. Hellouin, "Modelling of the Vickers hardness of paint coatings deposited on metallic substrates," *Surface and Coatings Technology*, vol. 165, no. 2, pp. 126-132, Feb. 2003
- 11 D. X. Gu, Stanley, W. E. Byrd, B. Dickens, I. Vaca-Trigo, W. Q. Meeker, T. Nguyen, J. W. Chin, and J. W. Martin, "Linking Accelerated Laboratory Test with Outdoor Performance Results for a Model Epoxy Coating System," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 3-28.
- 12 S. T. Kyvelidis, L. Lykouropoulos, and N. Kouloumbi, "Digital system for detecting, classifying, and fast retrieving corrosion generated defects," *Journal of Coatings Technology*, vol. 73, no. 915, pp. 67-73, Ap. 2001.
- 14 I. Vaca-Trigo and W. Q. Meeker, "A Statistical Model for Linking Field and Laboratory Exposure Results for a Model Coating," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 29-43..
- 15 I. Cole, Paterson. D, Ganther, Holistic model for atmospheric corrosion Part 1 "*Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts*". *Corros. Eng. Sci. Technol.*, 38, 129-134, 2003.
16. D. A. Bayliss and D. H. Deacon, "Testing of coatings," in *Steelwork Corrosion Control*, T. Francis, Ed., 2nd ed. New York: Spon Press, 2002, pp. 367-403
17. ISO 9225:2012. "Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres".
18. M. E. M. Almeida, "Minimisation of steel atmospheric corrosion: Updated structure of intervention," *Progress in Organic Coatings*, vol. 54, no. 2, pp. 81-90, Oct. 2005.
19. N. Romero, O.Rincón, M. Sánchez, Evaluation of duplex coatings system in tropical marine environments. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* v.30 n. Especial Maracaibo. ISSN 0254-0770. Nov. 2007

Notas Biográficas

El profesor **Daniel Gutiérrez Ramos** es docente de Química del área de Prevención de Corrosión, estudia postgrado en Nanotecnología, y realiza un estudio de espectroscopía de impedancia electroquímica en recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas. Participó en el estudio de curvas de Tafel en placas de acero al carbono SAE 1032 presentado en el Congreso Academia Journals Celaya 2014

La **Mtra. Noemi Monserrato Goñi Vera** es profesora investigadora en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Maestra en Ingeniería Administrativa, y docente de asignaturas relacionadas con el desarrollo petrolero en relación a la corrosión y a los fluidos de perforación, como Electroquímica, Fluidos de Control y Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

El Físico **Marcos Andrés Jiménez Moreno**, es docente en la Universidad Tecnológica de Tabasco, área Fluidos de Perforación; y en la Universidad Politécnica del Golfo de México en la Ingeniería en Seguridad y Automatización Industrial, forma parte de un equipo multidisciplinario formado por la UJAT-DACB, UPC, UTTAB y UPGM, trabajando áreas de Mecatrónica, Automatización, Petrolera, Seguridad, Física y Matemáticas.

Correlación de contaminantes ambientales con el desempeño de recubrimiento inorgánico

Ing. Noemi Monserrato Goñi Vera¹, Ing. Elsa Emilia Uicab Córdoba², Quím. Gabriel Ramón Hernández³

Resumen— Este proyecto tiene el objetivo de correlacionar el efecto de contaminantes ambientales y condiciones meteorológicas sobre el deterioro del recubrimiento inorgánico de zinc en un ambiente rural y tropical del municipio de Jalapa, Tabasco. México, se realizaron pruebas de campo el desempeño de la capa anticorrosiva inorgánica. Para ello el recubrimiento fue adherido a placas de acero SAE1018 y expuestas a través de una estación de monitoreo a la atmósfera de prueba durante 9 meses. Se evaluaron las concentraciones de SO₂, Cl⁻ humedad relativa, temperatura y se registraron los tiempos de radiación y precipitación pluvial. El recubrimiento mostró un desempeño aceptable en el tiempo de ensayo con los factores ambientales, aspectos que son discutidos en este documento.

Palabras clave—corrosión, acero, contaminantes atmosféricos, ambiente tropical, recubrimiento.

Introducción

El uso adecuado de los recubrimientos utilizados en tuberías y estructuras de acero en ambientes marinos y tropicales es una inquietud indeleble para las compañías dedicadas al petróleo. Actualmente se realizan experimentos siguiendo normas internacionales¹⁻³ combinando algunos parámetros ambientales con el objetivo de simular la degradación de recubrimientos para al aire libre, sin embargo se ha reportado que a partir de pruebas de laboratorio a corto plazo la integridad de los resultados imposibilitan la predicción sobre la vida de servicio de un recubrimiento.⁴ Desde este punto de vista, las pruebas comparativas de laboratorio son muy útiles, pero no pueden sustituir a la experiencia adquirida en el campo.

Los desempeños de los diversos tipos de recubrimientos utilizados para proteger las tuberías y canalizaciones verticales enterradas y offshore se presentan a través de historias de caso experimentado por las empresas formuladoras de sistemas de recubrimientos. Esmaltes bituminosas, epoxi adherido por fusión, poliamidaepoxi reforzada con fibra de vidrio, y cauchos son las familias de sistemas recubrimiento considerados en la industria. El comportamiento general y las fallas encontradas en pruebas controladas en laboratorios son revisados para cada uno de los fabricantes, sugiriendo su uso y aplicaciones. Dentro de la normatividad NRF- 053- PEMEX señala sistemas de recubrimientos recomendados para cada ambiente corrosivo dentro de México. Identificando el inorgánico catalizado que es empleado en esta investigación por constituir un recubrimiento empleado contra el deterioro atmosférico marino de estructuras metálicas. El desempeño en servicio de las mismas depende en gran medida de la naturaleza de estos recubrimientos orgánicos y del efecto que tiene en su capacidad anticorrosiva a diversos factores ambientales y meteorológicos.⁵ De este punto de vista la incidencia de la radiación solar, contaminantes, humedad y temperatura del ambiente influyen sobre los recubrimientos orgánicos⁶ Es decir, la fracción ultravioleta entre 295 y 400 nm en combinación con los ciclos de humedad y contaminantes ambientales perturba las cadenas poliméricas del recubrimiento orgánico^{7,8} afectando la permeabilidad, propiedades mecánicas y la estructura del polímero,⁹ tales variaciones generan que el recubrimiento manifieste caleo, cambios de color, brillo y rugosidad de la superficie entre otros.¹⁰⁻¹² Por otro lado, para que exista procesos de corrosión es necesario la promoción de reacciones químicas y electroquímicas en la zonas de adhesión del recubrimiento con el electrolito, dichas reacciones son asociadas con la absorción de agua dentro del material,¹³⁻¹⁵ debido a la permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.¹⁶ Pues se ha reportado que la absorción de agua dentro del material puede originar expansión volumétrica bajo película por la presencia de producto de corrosión o acumulación de humedad.^{17, 18} Lo anterior genera esfuerzos que conducen a delaminación, fatiga, ampollamiento osmótico en combinación de iones cloruros y sulfatos, debido a los efectos potenciales que estos ejercen durante el tiempo de vida de los recubrimientos. También influyen en la degradación del recubrimiento la temperatura.

¹ La Ing. Noemi Monserrato Goñi Vera colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesora de tiempo completo en la División de Química, área: Fluidos de perforación. noemimgv@hotmail.com

² La Ing. Elsa Emilia Uicab Córdoba colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesor de tiempo completo en la División de Química, área: Prevención de corrosión. uicab@hotmail.com

³ El Quím. Gabriel Ramón Hernández colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesor de tiempo completo en la División de Química, área: Fluidos de perforación. gabogrh@gmail.com

Sin embargo se tiene reportado que la temperatura que se registra ambientalmente no coincide con la que se presenta en la superficie de la pintura, debido a la influencia de los componentes del recubrimiento y de la conductividad térmica del sustrato; esta diferencia entre la temperatura ambiente y la que se registra en la superficie genera incertidumbres en los resultados del estudio.

Finalmente, en el presente trabajo se presentan los resultados de la evaluación del comportamiento anticorrosivo del sistema inorgánico catalizado aplicado sobre placas de acero al carbono SAE 1036 por aspersión convencional, sometido a condiciones atmosféricas marinas por medio de estaciones de monitoreo.

Descripción del Método

Se preparó metalográficamente de acuerdo al estándar ASTM G1 probetas de acero al carbono SAE 1036, cada probeta se cortó a un tamaño de 20x10x2 mm y se limó con lijas de carburo de silicio grado 600, además fueron recubiertas con recubrimiento inorgánico y después curado acorde a la ficha técnica del proveedor industrial. Posteriormente, fueron validados empleando el instrumento Elcometer Modelo 126 y 3240, los espesores de película húmeda y seca del recubrimiento de referencia.

Las probetas de ensayo fueron expuestas a la intemperie del Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa, Tabasco, durante 9 meses en estaciones de monitoreo. Cada 30 días se retiraron 3 probetas de la estación de monitoreo, intercambiando captadores de sulfatos y cloruros situados en el sitio de exposición. La superficie del recubrimiento fue inspeccionada en base a la ASTM D714, D6602, D610 y 654, D3359 y determinado la adherencia empleando Elcometer Modelo 1540. Para el estudio del comportamiento anticorrosivo de los recubrimientos en el tiempo se registraron los ciclos de humedad, temperatura y precipitación pluvial y acompañada de chequeos visuales subjetivos por dependencia de la experiencia de la persona que realiza el chequeo.



(a)

Fig. 1 Estación de monitoreo



(b)

Fig. 2 Rack de trabajo

Los parámetros atmosféricos fueron obtenidos de las Estaciones del Servicio Meteorológico Nacional simultáneamente captadores de agentes contaminantes fueron instalada en las inmediaciones del área de exposición de los especímenes. Para determinar los contaminantes atmosféricos, iones cloruro (Cl^-) y compuestos de azufre (SO_x). La velocidad de deposición de los compuestos de azufre se determinó por el método de candela húmeda y platos de sulfatación de conformidad con lo que estipula la norma ISO 9225, con base a lo estipulado en la norma ISO 8407

Resultados obtenidos

Los resultados de inspección superficial y de adherencia obtenidos a partir de la exposición natural del recubrimiento inorgánico de referencia se compararon con los resultados de las concentraciones de contaminantes ambientales

captados en platos de sulfatación y cloruros instalados a la intemperie en los 9 meses. Como un punto de interés especial, la influencia del sulfato sobre la vida útil del recubrimiento de referencia se investigó. En este trabajo, la estación de monitoreo se instaló en la intemperie del Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa, Tabasco.

Temperatura y humedad.

Los cambios de temperatura durante 9 meses del sitio de monitoreo se aprecian en la siguiente tabla:

| Meses | Temperatura media °C | Días exposición solar | Días de precipitación | Precipitación promedio. (cm) | Tiempo de humectación. (hrs) |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Agosto | 30 | 26 | 5 | 17 |
| Septiembre | 28 | 14 | 16 | 13 | 168 |
| Octubre | 27 | 17 | 14 | 27 | 166 |
| Noviembre | 25 | 22 | 8 | 46 | 144 |
| Diciembre | 23 | 18 | 13 | 2 | 163 |
| Enero | 23 | 17 | 14 | 23 | 166 |
| Febrero | 23 | 22 | 6 | 3 | 242 |
| Marzo | 26 | 20 | 11 | 18 | 157 |
| Abril | 30 | 28 | 2 | 52 | 126 |
| Mayo | 30 | 28 | 3 | 10 | 133 |

Cuadro 1. Relación de temperaturas y condiciones ambientales expuestas del recubrimiento.

Las características del recubrimiento evaluado se muestran en el siguiente cuadro, la aplicación fue por aspersión convencional en base a las recomendaciones del proveedor industrial y especificaciones técnicas del producto.

| | Parámetros | | |
|---------------|------------|----------------|----------|
| | Tipo | Espesor húmedo | Relación |
| Recubrimiento | Inorgánico | 0.4428 | 0,78580 |

Cuadro 2. Sistema de recubrimiento aplicado en probetas

Se retiraron de la estación de monitoreo 27 probetas en un periodo de 9 meses, evaluándose el desempeño anticorrosivo en base a la normatividad.

Fallas de recubrimiento

| Falla de recubrimiento | Parámetros | |
|------------------------|-----------------------|-------------|
| | Norma para evaluación | Resultados |
| Ampollamiento | ASTMD714 | Tamaño 10 |
| Cuartamiento | ASTM D660 | Inexistente |
| Grado de corrosión | ASTM D610 | Grado10 |
| Corrosión en incisión | ASTM D1654 | Inexistente |
| Prueba de adherencia | ASTM D3559-90 | Aprobado |

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de las 27 probetas cubiertas con epóxico.

Aunque se tiene reportado que la radiación ultravioleta¹⁹ tiene un efecto sobre el desempeño anticorrosivo del recubrimiento, la inspección visual y la evaluación del inorgánico realizado sobre las probetas durante 9 meses de exposición natural, presentaron un buen desempeño, sin observarse defectos superficiales visibles. En el cuadro 3 se aprecia claramente la inexistencia de fallas en este tiempo, aun con las condiciones de radiaciones solares y gradientes de temperatura que en los ambientes tropicales húmedos se generan.

Las condiciones ambientales del Campo Agave del municipio de Jalapa, Tabasco se distinguen dos periodos en el año: la temporada de lluvias, que trae consigo el incremento de vientos^{15,16} Mientras que la temporada de seca (marzo, abril y mayo) los vientos disminuyen, en consecuencia afecta la velocidad de deposición de los iones cloruro y sulfato (cuadro 2).

| MES | Iones cloruro. (mg/m ² día) | Iones sulfato (mg/m ² día) |
|------------|--|---------------------------------------|
| Agosto | 3679.5077 | 0.2048747 |
| Septiembre | 2347.2474 | 0.3584170 |
| Octubre | 415.613531 | 0.9538942 |
| Noviembre | 782.663322 | 0.8398786 |
| Diciembre | 457.964478 | 0.4284623 |
| Enero | 3228.72135 | 0.7234614 |
| Febrero | 20271.0296 | 0.0953835 |
| Marzo | 4454.67819 | 0.5149103 |
| Abril | 4454.67819 | 0.5149103 |
| Mayo | 4454.67819 | 0.5149103 |

Cuadro 4. Concentraciones de contaminantes ambientales del área de Monitoreo, Campo Agave, Jalapa, Tabasco.

El intervalo de valores de salinidad encontrado en el lugar de experimentación (5 - 41.3 mg Cl⁻¹ /m².día) no cubre todos los valores de salinidad posibles en este tipo de atmósferas. La norma ISO 9223 considera salinidades atmosféricas hasta 1.500 mg Cl⁻¹/m².día. Así pues, para realizar un análisis de la relación existente entre ambas variables para un intervalo de salinidades más amplio, se procedió a realizar una recopilación de parejas de datos de salinidad atmosférica y su efecto en el recubrimiento inorgánico, tomados de la evaluación del desempeño y la base de datos meteorológica.

Conclusiones

Aunque la radiación solar, tiempo de humectación, gradiente de temperatura y contaminantes ambientales son elementos controlantes del deterioro de recubrimientos anticorrosivos inorgánicos en ambiente tropical húmedo, las probetas de estudio que fueron expuestas durante 9 meses en el Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa,

Tabasco, no manifiestan deterioro superficial visible en el recubrimiento. Los resultados de la evaluación superficial descartan la presencia de absorción de agua por el recubrimiento y refuerza la idea de la inexistencia de difusión del electrolito debido a la permeabilidad de este. Además se identificó que las velocidades de deposición de iones cloruros y sulfatos presenta una correlación con las estaciones de lluvia y seca.

Se confirma que la simple evaluación superficial normada por la ASTM en recubrimientos expuestos por 9 meses en pruebas de intemperismo es insuficiente para identificar fallas en él.

Es importante estudiar la pérdida de adhesión del recubrimiento en pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica.

Recomendaciones

La comparación del envejecimiento natural (9 meses) con los datos meteorológicos y cuantificación de los iones cloruros y sulfatos serán correlacionados con espectroscopia de impedancia electroquímica, con el propósito de identificar fallas no visibles en la superficie del recubrimiento. En este sentido dicha técnica electroquímica permitirá saber si existe la posibilidad de asociar la absorción de agua dentro del material con la existencia de permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.

Agradecimiento.

Este trabajo está siendo financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a través del proyecto: Correlación de contaminantes y factores ambientales en el desempeño y funcionalidad de sistemas de recubrimientos en la atmósfera corrosiva del Campo Agave del municipio de Jalapa, Tabasco.

Referencias

- 1.- G. Buchheit., "Corrosión Resistant Coating and Paints" in Handbook of Environmental Degradation of Materials, 1995, vol. 1, M. Kutz, Ed. 2nd ed. New York: William Andrew Publishing, 2005, pp.367-384pág. 85.
- 2.- P. Robergem Handbook of Corrosion Engineering, New York: Mc GrawHILL, 2000.
- 3.- U. Schulz, P. Trubiroha, U. Schernau, H. Baumgart, Progress in Organic. Coating, 40 (2000) 151.
- 4 S. Brunne, P. Richner O. Guseva. "Test equipment Accelerated weathering device life prediction for organic coating" Polymer Testing, vol. 24, no. 1, pp. 25-31 Feb. 2005.
- 5.- F. Deflorian. S. Rossi, L. Fedrizzi. Progress in Organic Coatings 59 (2007) 244-250
- 6.- Cidepint, "Protección de Superficies Metálicas Parte I," in Protección de Superficies Metálicas, La Plata, Argentina: CIDEPINT, 2005.
- 7 X. Shi and S. G. Croll, "Recovery of surface defects on epoxy coatings and implications for the use of accelerated weathering," Progress in Organic Coatings, vol. 2, no. 67, pp. 120-128, Feb. 2010
- 8 X. Yang and X. Ding, "Prediction of outdoor weathering performance of polypropylene filaments by accelerated weathering tests," Geotextiles and Geomembranes, vol. 2, no. 24, pp. 103-109, 2006..
- 9.-K. M. White, R. M. Fischer, and W. D. Ketola, "An Analysis of the Effect of Irradiance on the Weathering of Polymeric Materials," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives Ed., New York: Springer, 2009, pp. 71-82..
- 10.- A. Lost, D. Najjar, and R. Hellouin, "Modelling of the Vickers hardness of paint coatings deposited on metallic substrates," Surface and Coatings Technology, vol. 165, no. 2, pp. 126-132, Feb. 2003
- 11 D. X. Gu, Stanley, W. E. Byrd, B. Dickens, I. Vaca-Trigo, W. Q. Meeker, T. Nguyen, J. W. Chin, and J. W. Martin, "Linking Accelerated Laboratory Test with Outdoor Performance Results for a Model Epoxy Coating System," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed., New York: Springer, 2009, pp. 3-28.
- 12 S. T. Kyvelidis, L. Lykouropoulos, and N. Kouloumbi, "Digital system for detecting, classifying, and fast retrieving corrosion generated defects," Journal of Coatings Technology, vol. 73, no. 915, pp. 67-73, Ap. 2001.
- 14 I. Vaca-Trigo and W. Q. Meeker, "A Statistical Model for Linking Field and Laboratory Exposure Results for a Model Coating," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed., New York: Springer, 2009, pp. 29-43..
- 15 I. Cole, Paterson. D, Ganther, Holistic model for atmospheric corrosion Part 1 "Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts". Corros. Eng. Sci. Technol., 38, 129-134, 2003.
16. D. A. Bayliss and D. H. Deacon, "Testing of coatings," in Steelwork Corrosion Control, T. Francis, Ed., 2nd ed. New York: Spon Press, 2002, pp. 367-403
17. ISO 9225:2012. "Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres".

18. M. E. M. Almeida, "Minimisation of steel atmospheric corrosion: Updated structure of intervention," Progress in Organic Coatings, vol. 54, no. 2, pp. 81-90, Oct. 2005.

19. N. Romero, O.Rincón, M. Sánchez, Evaluation of duplex coatings system in tropical marine environments. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia v.30 n. Especial Maracaibo. ISSN 0254-0770. Nov. 2007

Notas Biográficas

La **Mtra. Noemi Monserrato Goñi Vera** es profesora investigadora en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Maestra en Ingeniería Administrativa, y docente de asignaturas relacionadas con el desarrollo petrolero en relación a la corrosión y a los fluidos de perforación, como Electroquímica, Fluidos de Control y Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

La **MIPA Elsa Emilia Uicab Córdoba** tiene Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental y es Profesor Investigador de la División de Química en la UTTAB. Participó con la ponencia "Evaluación de la corrosión interior y exterior de materiales de acero al carbono y aluminio en dos regiones del clima tropical húmedo de Tabasco, en el 48° Congreso Mexicano de Química, Y el 32° Congreso Nacional de Educación Química 2013. Actualmente realiza un estudio sobre el desempeño de recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas.

El **Mtro. Gabriel Ramón Hernández** es profesor investigador en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Estudiante de la maestría en Nanotecnología. En la actualidad realiza un estudio sobre el desempeño de recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas.