

# Realidad Aumentada 3D como Técnica de Aprendizaje para la Materia de Ciencias Naturales

Lic.Magdiel Valverde Valentin<sup>1</sup>, M en A. Elva Bernal Rodríguez<sup>2</sup>

**Resumen**— En este artículo se presentan los resultados de una investigación en torno al nivel educativo, relacionado con la materia de Ciencias Naturales de sexto año de primaria. Se requiere proporcionar nuevas prácticas, fomentar la creatividad y promover el interés del proceso de enseñanza, que los alumnos se han más creativos y autónomos, que desarrollen valores y habilidades útiles para su futuro, que tengan acceso a nuevos desarrollos tecnológicos y que se han participes de aportar sus ideas de innovación afrontando nuevos retos de desarrollo.

Existen gran número de alternativas y estrategias de aprendizaje que nos permiten transmitir el conocimiento, sin embargo, aún se pueden evidenciar dificultades en algunas áreas del conocimiento, La brecha digital que existe entre la tecnología y la educación es cada vez más notable, la falta de una formación profesional y el bajo nivel educativo reducen la capacidad de desarrollo en la Innovación y transformación digital.

**Palabras clave**— Desarrollo, tecnología, implementación, herramientas.

## Introducción

Uno de los avances tecnológicos que pronto estará en la vanguardia deseada es la Realidad aumentada conocida como AR o realidad mixta por sus siglas en inglés Augmented Reality. Que significa incrementar o añadir, es atribuida a un científico e investigador llamado Thomas Caudell mientras desarrollaba uno de los aviones más famosos del mundo el Boeing 747 en los años de 1992 la cual no tenía mayor tendencia, con el paso de los años la realidad aumentada ya es una realidad, se estima que tendrá mayor presencia en todos los sectores industriales, con el paso del tiempo se ha ido perfeccionando obteniendo grandes resultados. (Educación., 2015)

En el 2016 surgía pokémon Go, un video juego que consistía en buscar y capturar diferentes personajes alcanzo la cifra de 45 millones de usuarios diarios activos lo cual popularizo la RA.

En el 2012 Google presento las primeras gafas las cuales no tuvieron el éxito deseado ya que los consumidores no entendían la utilidad y el beneficio que esto les aportaba, lo cierto es que abrió camino para nuevas aportaciones en su uso. Hoy en día algunas empresas están sustituyendo el uso de teléfonos móviles por gafas de realidad aumentada.

El propósito principal de la Realidad Aumentada es incrementar o añadir información a su entorno, mejorar el mundo real con una serie de objetos dentro de la realidad del usuario, fusionar en un solo plano la información que ven nuestros ojos con otros datos provenientes de sensores y demás artilugios y dispositivos, siendo el más importante en la actualidad, las gafas de realidad aumentada. Las cuales permiten obtener información concreta y relevante de aquello que se está mirando con el mundo real, de manera contextualizada, y siempre con el objetivo de comprender mejor todo lo que nos rodea.

Uno de los grandes desafíos será que estemos preparados para el futuro, que todos tengan acceso a nuevos desarrollos tecnológico y que se amos participes de aportar grandes ideas de innovación afrontando nuevos retos de desarrollos.

<sup>1</sup> Lic.Magdiel Valverde Valentin estudiante de posgrado del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Estado de México [magdieltesci@gmail.com](mailto:magdieltesci@gmail.com) (autor corresponsal).

<sup>2</sup> M en A. Elva Bernal Rodríguez es Profesora de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Estado de México [mtra.elva.bernal@tesci.edu.mx](mailto:mtra.elva.bernal@tesci.edu.mx)



Figura 1. App de Banxico para billetes Fuente:  
Banxico.

En la figura 1 mostramos la aplicación de Banxico que permite fortalecer la comunicación con la población mediante la difusión de los elementos de seguridad y elementos artísticos de los billetes mexicanos de una forma didáctica e interactiva, busca generar nuevas experiencias con los usuarios. (Banxico, s.f.).

Actualmente estas aplicaciones interactivas se incluyen a modo de ilustraciones en textos escritos, en productos difundidos con estrategias de marketing, en juegos y de una forma subsidiaria, en productos educativos. Algunas de las posibilidades se vinculan de forma secundaria con la formación, como son las aplicaciones para la traducción de idiomas o la inclusión como guías enriquecidas de RA en museos. Como un derivado del M-learning, estos equipos producen una nueva dinámica que modifica tanto las formas como los contenidos educativos, son nuevas metodologías que localizan aún más los escenarios formativos tradicionales. (Carlos, Prendes Espinosa, 2015)

Hay varios autores que hablan de niveles de RA (Estebanell, Ferrés, Cornellà & Codina, 2012; Lens-Fitzgerald, 2009; Reinoso, 2012; Rice, 2009). Se pueden entender los niveles como una forma de medir la complejidad de las tecnologías involucradas en el desarrollo de sistemas de RA. En principio, a más nivel, mayores son las posibilidades de las aplicaciones. Entre los diferentes autores hay algunos cambios de criterio en cuanto a los niveles que presentan y dónde caería alguna de las tecnologías que se comentan. En este punto es de destacar, por ejemplo, que tanto Reinoso (2012) como Estebanell (2012) introducen la activación mediante imágenes como realidad aumentada markerless mientras que Lens-Fitzgerald (2009) considera este tipo de RA como nivel 1 (no markerless). Rice (2009) incluso advierte de que el término markerless fue utilizado más que nada como una campaña de marketing por parte de las empresas para distinguir el uso de imágenes del uso de las marcas o patrones predefinidos en la activación de las aplicaciones de RA. Para el propósito de este trabajo se ha optado por la utilización del esquema de LensFitzgerald cofundador de Layar, uno de los navegadores de RA más importantes del mundo, escribió un artículo en 2009 donde define los niveles de la RA. Mencionando cuatro niveles (del 0 al 3). (Carlos, Prendes Espinosa, 2015)

Niveles de la RA	Nombre	Imagen	Descripción
0	Códigos de barra		Los códigos son hiperenlaces a otros contenidos
1	Basado en marcadores		reconocimiento de patrones 2D
2	Basada en GPS-brújula		conseguimos localizar la situación y la orientación
3	Visión aumentada		Gafas
4	Lentes de contacto		interfaces directos al nervio óptico y el cerebro

Figura 2. Niveles de la RA.

La tabla de la figura 2, mostramos la clasificación de la RA de acuerdo a algunos autores.

## Descripción del Método

### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

En el campo de la educación son diversos y recientes los análisis vinculados a la Realidad Aumentada, Como se muestra en la figura 2 En estos estudios se detecta cómo la tecnología juega un papel importante en la propia evolución de la RA, se pueden implementar para diferentes giros a los niveles que se presentan, Actualmente países como Nicaragua y España están adaptando esta herramienta como parte del proceso de aprendizaje lo cual hacen mención que es una prometedora tecnología ya presente en muchas aulas, que puede ayudar a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El proyecto de Realidad Aumentada 3D como Técnica de Aprendizaje para la Materia de Ciencias Naturales se desarrolla con la finalidad de cubrir una problemática del aprendizaje, de acuerdo al estudio del plan nacional para la evaluación de los aprendizajes realizado por la secretaria de educación pública, resultados de la última prueba PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes), observamos los altos retos que tiene México, con una puntuación por debajo del mínimo en las áreas (matemáticas, ciencias y 33.9% de los estudiantes tienen conocimientos insuficientes en lectura y comunicación) sólo el 2% del tiempo total de clases en la Ciudad de México se ocupan las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. En las escuelas solo se destina el 10% al debate o discusión entre alumnos. (Consejo Nacional de Evaluación y de la Política del desarrollo social, 2018). Demuestra que hace falta un cambio, apoyar a los docentes para que puedan llevar a cabo nuevas prácticas de enseñanza. Para solventar estos problemas, el empleo de modelos digitales constituye una alternativa viable, al ser fácilmente accesibles desde un Smartphone, tabletas u ordenadores.

### *Referencias bibliográficas*

Otros autores ofrecen elaboraciones del concepto más complejos que contienen más elementos de discernimiento. Así por ejemplo De Pedro (2011) explica la RA como «aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando Al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por ordenador. De este modo, la realidad física se combina con elementos virtuales disponiéndose de una realidad mixta en tiempo real. En esta definición, mucho más amplia, observamos la aparición de conceptos de gran trascendencia en los entornos de RA como son la interacción, la realidad mixta o el tiempo real. Uno de los gurús de la RA da lo que él delimita como una definición funcional (únicamente se fija en para qué sirve la RA) y la define como objetos virtuales o anotaciones que pueden ser superpuestos en el mundo real como si realmente existieran.

Aunque sencilla y fácil de entender, esta definición incluye los mismos elementos que la anterior pero comprimidos en esa expresión de como si realmente existieran. (Carlos, Prendes Espinosa, 2015) Por su parte Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche y Olabe (2007) afirman que «la realidad aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta. Otros autores se fijan más en qué tipo de hardware o dispositivos se pueden utilizar para los sistemas de RA. Así Fombona, Pascual y Madeira (2012) afirman: «la realidad aumentada amplía las imágenes de la realidad, a partir de su captura por la cámara de un equipo informático o dispositivo móvil avanzado, que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos». (Carlos, Prendes Espinosa, 2015)

Está claro que si se analizan todas estas aportaciones de los diferentes autores se obtiene una imagen bastante clara de lo que es la RA, pero sin duda si se quiere una definición técnica, completa y precisa debemos atenernos a la ya clásica que otro de los gurús dio en su famoso artículo de 1997 «A survey of augmented reality». En este artículo Azuma (1997) nos dice textualmente lo siguiente: « para evitar limitar la realidad aumentada a tecnologías específicas, este artículo la define como sistemas que tienen las tres siguientes características: 1) Combina lo real y lo virtual. 2) Interactiva y en tiempo real. 3) Registrada en 3D». Estas tres características delimitan de forma clara lo que es o no es un sistema de RA. Específicamente se excluyen los sistemas 2D y se obliga a la interactividad en tiempo real: el usuario debe poder provocar acciones en el entorno y que el entorno se vea modificado y se lo haga saber a su vez al usuario. (Carlos, Prendes Espinosa, 2015).

## Comentarios Finales

Es importante realizar una pauta, en el sentido de saber lo mucho o poco que utilizan el acceso de la tecnología para partir de un punto en común. Con el objetivo de analizar y recopilar la información se hace uso de la encuesta, como propósito fundamental es la recolección de datos a partir de las respuestas que hayan emitido los encuestados, Conocer la situación actual y como el proyecto puede beneficiar a cierto grupo de estudiantes, tomando en cuenta los pros y contras que en el transcurso se puedan ir originando.

Es muy difícil avanzar si no sabemos dónde reside el problema. Necesitamos analizar los resultados de forma crítica y objetiva que nos ayude a ver que funciona y que no. Se pretende alcanzar la posibilidad de materializar cosas no observables, como movimientos de imágenes o la representación de casos que no son posibles de realizar en el mundo real, Existe gran número de alternativas y estrategias de aprendizaje que nos permiten transmitir el conocimiento, sin embargo, aún se pueden evidenciar dificultades en algunas áreas del conocimiento en cuanto a disponibilidad y forma de transmitirlo.

Para el desarrollo de la presente investigación y de acuerdo a la problemática a abordar, se utiliza una metodología ágil XP o Programación Extrema, una de sus características es que permite adaptar la forma de trabajo a las condiciones del proyecto, consiguiendo flexibilidad e inmediatez en la respuesta para amoldar el proyecto y su desarrollo a las circunstancias específicas del entorno.

### Resumen de resultados

De acuerdo al análisis de los resultados de la investigación, realizada a 50 alumnos de nivel primaria es importante introducir nuevas prácticas de aprendizaje.



Figura 3. Numero de encuestados

En la grafica de la figura 3 mostramos el número de los participantes, 50 alumnos de 6° de educación primaria, ya que son el objetivo de estudio, la investigación da como pauta que es el año donde los niños aprenden más o se quedan solo con lo que tienen. En esta parte de resultados es conveniente desarrollar una herramienta digital utilizando la Realidad Aumentada 3D, que aporte mejoras a la enseñanza entorno a la materia de Ciencias Naturales.

El contenido tiene que ser relevante con información simple a sus respuestas, con el diseño de entornos que favorezcan el aprendizaje, diseñar las actividades pensando en los contenidos de interés, basar las técnicas del diseño en conocimientos acumulados sobre la percepción, presentar una estructura sólida que permita un número ilimitado de opciones las cuales proporcionen la libertad de elección pero sin perderse en la información.



Figura 4. Parte del Sistema, Realidad Aumentada 3D como Técnica de Aprendizaje para la Materia de Ciencias Naturales.

En la figura 4 proporcionamos una imagen del prototipo de la herramienta digital para el apoyo en las aulas educativas, se muestra parte del sistema con imágenes con movimiento para la interacción con el usuario a si mismo cuenta con diferentes apartados para modificar o agregar nuevos temas.

### Conclusión

Al concluir el prototipo los resultados obtenidos fueron favorables, la innovación permite adoptar modelos de aprendizaje constructivistas en donde la transmisión del conocimiento se presenta al resolver una situación problemática partiendo de un saber adquirido previamente, la creación de estímulos motivantes para el estudiante a observar una realidad inmediata de un modo diferente. De esta manera, la RA permite visualizar procesos complejos, que bien por su naturaleza científica, no son fáciles de aprender. Incorporar este mecanismo tecnológico, es una oportunidad fascinante para difundir el conocimiento.

La enseñanza se ha vuelto exigente dado que las herramientas actuales permiten que el estudiante acceda a la información más fácil y rápido, por lo cual, los docentes deben ser examinadores y saber de dónde se adquiere esta información para lograr que el estudiante genere análisis crítico.

### Referencias

Realidad aumentada: el futuro del aprendizaje en el aula. [www.bbc.com](http://www.bbc.com)  
SARA BORONDO lunes, 30 septiembre 2019 Las gafas de realidad aumentada se preparan para sustituir a los móviles, [www.elcorreo.com](http://www.elcorreo.com) <http://educa.banxico.org.mx/apps/app-billetes-monedas.html>

Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación. N° 46. Enero 2015. ISSN: 1133-8482. E-ISSN: 2171-7966. doi: <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>

Artículo de investigación Melo, I. M. (2018). Realidad aumentada y aplicaciones. TIA, 6(1), pp. 28-35 ISSN: 23448288 Vol. 6 No. 1 Enero - junio 2018 Bogotá-Colombia.

Estebanell, Ferrés, Cornellà & Codina, 2012; Lens-Fitzgerald, 2009; Reinoso, 2012; Rice, 2009)

Espinosa, C. P. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas.

### Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Cómo consideras el acceso de la tecnología en tu escuela?
2. ¿Conoces o has escuchado sobre Realidad Aumentada?
3. ¿Has tenido alguna experiencia con imágenes en movimiento?
4. ¿Te gustaría aprender con imágenes en 3D?
5. ¿Aprender de una manera interactiva y entretenida haría tu proceso de aprendizaje más efectivo?
6. ¿Conoces alguna herramienta de Realidad Aumentada?
7. Consideras que tu aprendizaje puede ser más efectivo con el uso de una plataforma digital
8. ¿Cómo te gustaría que fueran tus clases?
9. ¿Consideras que el uso de imágenes en 3D puede mejorar tu experiencia educativa?

# Aire Acondicionado y su Impacto Energético en Coatzacoalcos

Raúl Vázquez González<sup>1</sup>, Dr. Jorge Alberto Andaverde Arredondo<sup>2</sup>,  
Mtro. César Arturo Ramírez Dolores<sup>3</sup> y Dr. Daniel Ramón López Liévano<sup>4</sup>

**Resumen**— El uso de los sistemas comunes para acondicionamiento térmico se ha convertido en un problema latente por el consumo eléctrico excesivo que estos demandan. Sin embargo, el crecimiento de los entornos urbanos, las necesidades por diversas patologías y temas de salubridad, las temperaturas elevadas en las regiones situadas entre los trópicos (Cáncer y Capricornio) y regiones con climas cálidos, son un foco de atención especial por la recurrente implementación de sistemas de aire acondicionado (A/C) y ventilación. Los resultados de esta investigación desarrollada en la Ciudad costera de Coatzacoalcos, Veracruz (clima: cálido – húmedo). Han permitido identificar los tipos de sistemas usados para enfriamiento y ventilación, el tipo de construcción de viviendas, sus configuraciones e influencia en la carga térmica, así como la opinión pública referente a la tecnología de A/C que se ofrece actualmente en el mercado, sus fallos comunes y el requerimiento de bienestar térmico en función temporal.

**Palabras clave**—Confort térmico, Coatzacoalcos, Climas cálidos, Aire acondicionado.

## Introducción

El confort térmico se ha estudiado desde diferentes perspectivas en los últimos 40 años, sin embargo, el hombre siempre ha buscado la satisfacción térmica, desde la época de la antigua Mesopotamia se diseñaron túneles de viento que proveían aire a menor temperatura al interior de los espacios que habitaban los miembros de las familias reales. En la actualidad el confort térmico ha tomado un papel significativo en el desarrollo de las sociedades, Wu et al. (2018), manifiestan resultados interesantes sobre la reacción a la sensación térmica de los usuarios de un edificio de oficinas en China, en condiciones de verano cálido e invierno frío, este tipo de estudios han sido tendencia en la última década, la prevalencia del usuario, el tiempo que destina al desarrollo de sus actividades y como la envolvente arquitectónica en conjunto con la climatología local merma en el desarrollo de sus tareas, incluso en el bienestar dentro de viviendas, como es el caso reportado por Medrano y Escobedo (2017), quienes incluso ya establecen técnicas para conjugar la eficiencia energética con el confort térmico en construcciones de interés social y en diversos climas, como es el caso de estudio de De Dear et al. (2018), quienes analizan la adaptación térmica de los usuarios en un clima húmedo subtropical en Australia. Por otra parte, Nguyen et al. (2012) desarrollan un modelo de confort térmico adaptativo con base en su estudio realizado en el clima cálido húmedo del Sureste de Asia. A pesar del desarrollo de modelos de confort como los compilados por Attia y Carlucci (2015), las ecotecnologías no han tenido un impulso significativo al menos en México, ante esta situación Ramírez et al. (2020) revisaron y compilaron en su investigación las técnicas pasivas de arquitectura que reducen la carga térmica en diversos tipos de edificios, en este estudio se consideran edificios de México, sin embargo, las técnicas activas y de consumo energético siguen siendo la primera opción de los usuarios finales.

Ante las necesidades ya expresadas, surge la motivación de este producto de investigación, es imperante destacar la necesidad que se tiene en las regiones costeras de México sobre el enfriamiento y la ventilación, cuales son los factores que influyen para el uso de sistemas de acondicionamiento de aire y como es la percepción de los usuarios, es importante resaltar que no toda la población mexicana puede tener acceso al servicio de energía eléctrica (Cobaxin et al., 2021), así como tampoco a sistemas de acondicionamiento de aire, ante esto los individuos se han adaptado a sus condiciones climáticas con el pasar de los años, empleando diversas estrategias como diferentes tipos de vestimenta, calzado, horarios particulares para el desarrollo de actividades al aire libre, e incluso la ingesta de líquidos, esto último se sustenta en la teoría de la adaptación térmica, la cual ha sido estudiada y desarrollada por diferentes autores, siendo las publicaciones de: Nicol y Roaf (1996), Nicol y Humphreys. (1998), De Dear et al.

<sup>1</sup> Raúl Vázquez González es Alumno de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, México. [zS16014942@estudiantes.uv.mx](mailto:zS16014942@estudiantes.uv.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Jorge Alberto Andaverde Arredondo es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. [jandaverde@uv.mx](mailto:jandaverde@uv.mx)

<sup>3</sup> El M.I. César Arturo Ramírez Dolores es Alumno del Doctorado en Ingeniería (Energía) de la Universidad Nacional Autónoma de México, sede Temixco. [carado@ier.unam.mx](mailto:carado@ier.unam.mx) (autor correspondiente)

<sup>4</sup> El Dr. Daniel Ramón López Liévano es Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. [daneilopez@uv.mx](mailto:daneilopez@uv.mx)

(2020), Parkinson et al. (2020), ejemplos de alto valor para la comprensión de esta teoría.

El objetivo de esta investigación se centra en conocer la necesidad (requerimiento) que tiene una muestra representativa de individuos sobre el confort térmico, haciendo especial énfasis en el uso de sistemas de aire acondicionado (Split y convencional tipo ventana), así como ventiladores de pedestal y techo, este estudio se desarrolla a partir de un instrumento aplicado a estudiantes universitarios, con un total de 80 preguntas, se recurrió también a visitar tiendas departamentales para conocer los productos que se ofertan en la región y el análisis somero de la climatología local en función del tiempo.

### Descripción del Método

Esta investigación se ha efectuado considerando la opinión pública y la información relevante reportada en literatura especializada. El método empleado para lograr el objetivo propuesto, se centra en las siguientes tareas específicas:

(a) Se ha creado un cuestionario y se aplicó a una muestra de estudiantes universitarios ( $n = 80$ ) referente a tres tópicos relevantes: I. Sistema de ventilación y/o A/C, II. Materiales de construcción de vivienda y III. Costos por servicio eléctrico y de mantenimiento al A/C.

b) Se ha identificado la variabilidad térmica en función del tiempo de la región de estudio (Coatzacoalcos, Ver.), esta variabilidad toma en cuenta las temperaturas máximas y de confort térmico en función de un modelo adaptativo propio de un clima cálido – húmedo.

El modelo adaptativo (Ecuación 1) corresponde al establecido por Singh et al. (2015), construido para un clima cálido húmedo, con un rango de aplicación de 10 a 35°C y una temperatura de equilibrio de 26.69°C. Este modelo fue desarrollado para edificios de la India.

$$T_c = 22.69 + 0.15 (T_{EXT}) \quad (1)$$

Dónde:

$T_c$ : Temperatura de confort térmico (°C)

$T_{EXT}$ : Temperatura exterior o temperatura ambiente (°C)

c) Se han identificado diversos conjuntos de respuestas que caracterizan a la región estudiada.

### Resumen de resultados

A continuación se presentan las respuestas de mayor impacto que se obtuvieron por parte del público encuestado, el sistema de ventilación que los encuestados declaran tener instalado en su vivienda se presenta en la Figura 1.

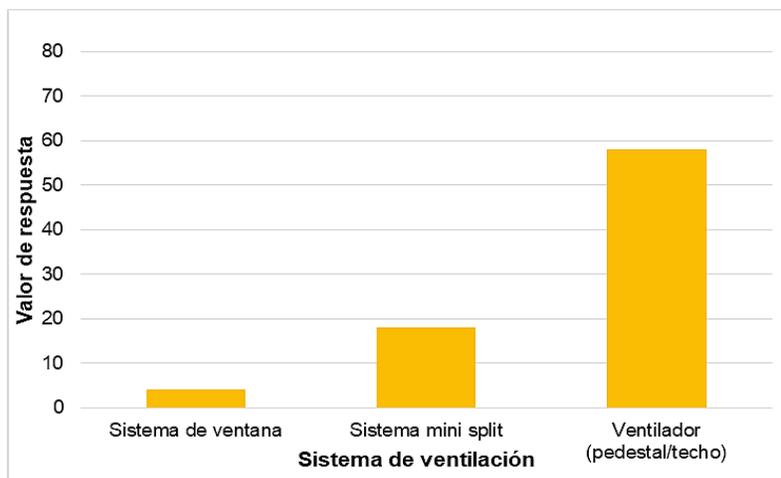


Figura 1. Sistemas de ventilación declarados por la muestra de análisis. Fuente: Propia.

Considerando las respuestas obtenidas, los ventiladores son la tecnología de mayor uso por parte de los individuos que integran la muestra de análisis. Siendo un total de 58 casos que afirman el uso de esta tecnología para la remoción de calor, seguido por 18 casos de sistema mini split y 4 para el sistema típico de ventana.

Continuando con el análisis de resultados se reportan también características de la construcción de las viviendas, en la Figura 2 se reporta el número de habitaciones que componen una vivienda común del sitio analizado.

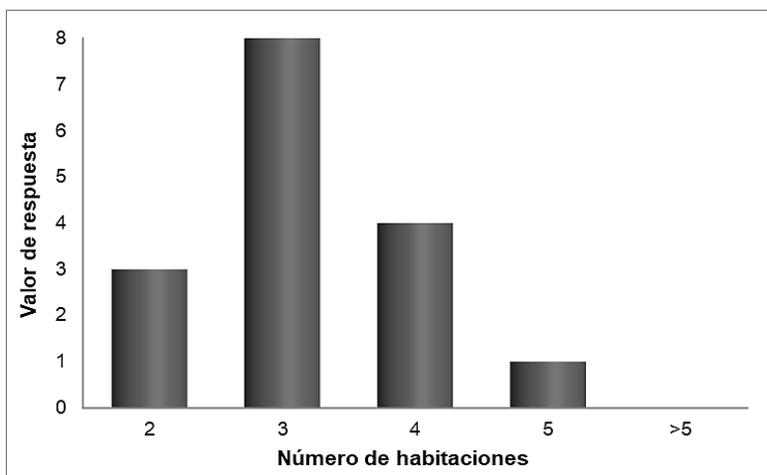


Figura 2. Número de habitaciones en viviendas. Fuente: Propia.

El número de habitaciones de mayor respuesta es tres, posteriormente se reportan cuatro y dos habitaciones, sin embargo, en la muestra analizada no se declaran viviendas con más de cinco habitaciones, la mayoría de los casos reportados corresponden a viviendas de interés social.

Los resultados de esta investigación también incluyen un parámetro relevante, aquellos usuarios que tienen sistemas de A/C en sus viviendas, indican que son las habitaciones (dormitorios) las secciones en donde se tienen instaladas las mayores cantidades de estos equipos. La siguiente sección corresponde a la sala y por último en menor proporción el comedor. Otro parámetro que se obtuvo en este análisis fue el material con el que está construido el techo de las viviendas, en la Figura 3 se presenta la proporción por tipo de materiales declarados por los votantes.

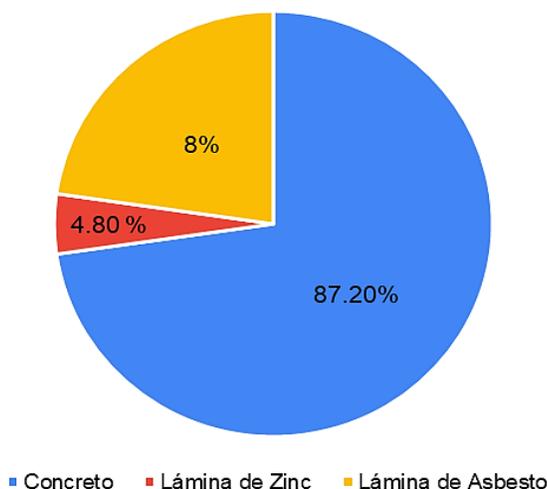


Figura 3. Material de construcción de techos. Fuente: Propia.

Como se presenta en la Figura 3, la mayoría de las viviendas tienen un techo de concreto, sin embargo, también hay techos elaborados de lámina tanto de Zinc como de asbesto, este dato es relevante debido a que nos puede indicar la necesidad de enfriamiento de un espacio construido en función del material del techo ya que esta área es

posiblemente una de las de mayor captación de energía en función de la trayectoria solar. Otro dato significativo corresponde al uso intensivo del sistema de aire acondicionado (sistema de ventana o mini Split) es de 12 horas, siendo continuo durante el horario nocturno y en algunos casos se reporta un uso ocasional en la tarde hasta la noche. Ante la necesidad de proveer acondicionamiento de aire a las viviendas de la región analizada es relevante también conocer los costos de mantenimiento de los equipos (sistema de ventana o mini Split), los cuales oscilan desde \$400.00 hasta \$1,200.00 pesos mexicanos, los fallos comunes que reportan los individuos analizados se declaran en la Tabla I.

Fallo declarado por usuarios	Tipo
Pérdida de gas refrigerante	Mecánico
Enfriamiento débil por escasos de refrigerante	
Fallas de condensador	
Bajas presiones en el sistema de compresión	
Problemas de encendido y apagado	Electrónico

Cuadro 1. Fallos comunes declarados por los usuarios. Fuente: Propia.

Los fallos declarados por los usuarios indican que los de tipo mecánico son de mayor incidencia, sobre todo en el sistema de desplazamiento del gas refrigerante, sin embargo, otro dato relevante a destacar es el daño al cuerpo (estructura envolvente) de las unidades Split o convencional, ya que la presencia de un ambiente salino acelera el fenómeno de corrosión, por lo tanto, en este tipo de regiones el daño al cuerpo de un sistema de A/C es común y afecta directamente a la vida útil. Como parte del proceso de investigación, fue necesario realizar visitas a tiendas departamentales ubicadas en la misma región de estudio, con la finalidad de conocer si en la gama productos de acondicionamiento de aire se venden equipos ahorradores de energía, en este caso, ocho tiendas diferentes reportan que dentro de sus catálogos cuentan con equipos ahorradores de tecnología inverter. Una pregunta interesante realizada a los vendedores departamentales fue la siguiente: ¿Debería comercializarse otro tipo de tecnología de menor consumo eléctrico para aire acondicionado? Las respuestas obtenidas por parte de los especialistas en ventas indican que el 75% de la muestra están de acuerdo en que sí se debe comercializar otro tipo de tecnología, incluso expresan que esto sería un beneficio social, podría generar mayor competencia entre fabricantes y tiendas departamentales y podría reducir los costos de otros equipos disponibles en el mercado actualmente, sin embargo, el 25% restante que opina lo contrario, externan la idea de que a mayor eficiencia, mayor costo de adquisición, por lo tanto será un problema económico para los usuarios finales.

Se expresa también el requerimiento de confort térmico por medio de la temperatura máxima reportada, en este caso se ha analizado la variabilidad de la temperatura del último año con un registro de datos completo (2009) reportado por la Comisión Nacional del Agua (2021). En este análisis fue necesario aplicar el modelo de confort térmico establecido por Singh et al. (2015). En la Figura 4. Se observa de forma gráfica el comportamiento de la temperatura máxima y la temperatura de confort térmico.

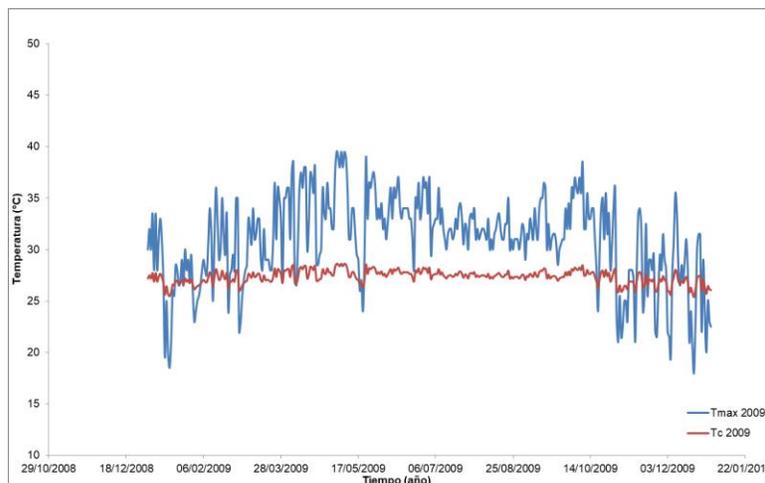


Figura 4. Temperatura máxima Vs temperatura de confort térmico (Coatzacoalcos, Ver).

Fuente: Modificado de CONAGUA (2021).

En la Figura 4 se observa que en los extremos, es decir, inicio y fin del invierno es el periodo en que se tienen intervalos ocasionales de temperatura máxima inferior a la del confort térmico, sin embargo, en la primavera y el verano se tienen temperaturas superiores a las de confort térmico, los gradientes térmicos en estas estaciones oscilan entre los 4 a 10 °C, lo cual denota una necesidad de confort térmico significativa.

### Conclusiones

Los resultados demuestran que en el área de estudio el requerimiento de confort térmico es una necesidad primordial para el desarrollo de la mayoría de actividades de la sociedad. Los resultados de mayor impacto denotan que en la mayor parte del año los individuos de esta región necesitan de sistemas de ventilación y aire acondicionado, pero no todos tienen acceso a este tipo de dispositivos, en tanto por el alto costo por consumo de electricidad, como por la ausencia de subsidios para la adquisición.

Por otra parte, la mayoría de los fallos que reportan los usuarios se deben a aspectos mecánicos. Es importante destacar que los mismos expertos en ventas de sistemas de aire acondicionado expresan la necesidad de ofrecer al mercado otro tipo de tecnología diferente a los sistemas convencionales y Split. Por lo tanto, existe la necesidad de crear equipos capaces de proveer temperaturas de confort o cercanas a estas, estos equipos podrían ser ecotecnologías como los techos verdes e incluso un sistema cuyo principio es proveer aire a menor temperatura es el intercambiador de calor aire agua o aire tierra, conjugando esta necesidad con la geología del área de estudio podría diseñarse un modelo de intercambiador de calor apto para el requerimiento de confort que los usuarios demandan, amigable con el medio ambiente y de costo accesible.

Como trabajos a futuro se espera poder replicar este instrumento a otra muestra de estudiantes, ampliar el margen de la investigación a regiones circundantes y sin zona costera para conocer la opinión de los individuos, de igual manera se deberá hacer un estudio correlacional en función de las variables climatológicas, la investigación sobre ecotecnologías de impacto positivo en esta región es otro tema que deberá desarrollarse a profundidad para los siguientes años.

### Referencias

- Attia, S. y Carlucci, S. (2015). "Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate". *Energy and Buildings*, 102, 117-128.
- Cobaxin, E. Ramírez, C. A. Lugo, L. A. Hernández, T. López, D. (2021). "Análisis de la Relación Energía y Sociedad en Regiones con Potencial Solar de México". *Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Autónomo*, 15 de Abril de 2021.
- Comisión Nacional del Agua. (2021). Información Estadística Climatológica. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacionestadistica-climatologica>
- De Dear, R. Kim, J. Parkinson, T. (2018) "Residential adaptive comfort in a humid subtropical climate-Sydney Australia". *Energy and Buildings*, 158, 1296-1305.
- De Dear, R. Xiong, J. Kim, J. Cao, B. (2020) "A review of adaptive thermal comfort research since 1998". *Energy and Buildings*, 109893.
- Medrano, L. Escobedo, A. (2017). "Social housing retrofit: Improving energy efficiency and thermal comfort for the housing stock recovery in Mexico". *Energy Procedia*, 121, 41-48.
- Nicol, J. F. Roaf, S. (1996). "Pioneering new indoor temperature standards: the Pakistan project". *Energy and Buildings*, 23, 169-174.
- Nicol, J. F. Humphreys, M. (1998). "Understanding the adaptive approach to thermal comfort". *ASHRAE Transactions*, 104, 991-1004.
- Nguyen, A. T. Singh, M. K. Reiter, S. (2012). "An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia". *Building and Environment*, 56, 291-300.
- Parkinson, T. De Dear, R. Brager, G. (2020). "Nudging the adaptive thermal comfort model". *Energy and Buildings*, 260, 109559.
- Ramírez, C. A. Andaverde, J. A. Alcalá, G. Velasco, F. López, D. (2020). "A Review of the Techniques Used to Reduce the Thermal Load of Buildings in Mexico's Warm Climate". *Chemical Engineering Transactions*, 81, 1375-1380.
- Singh, M. K. Mahapatra, S. Teller, J. (2015). "Development of thermal comfort models for various climatic zones of North-East India". *Sustainable Cities and Society*, 14, 133-145.
- Wu, T. Cao, B. Zhu, Y. (2018). "A field study on thermal comfort and air-conditioning energy use in an office building in Guangzhou": *Energy and Buildings*, 168, 428-437.

### Notas Biográficas

**Raúl Vázquez González** es Alumno activo del programa en Ingeniería Mecánica de la Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos.

El **Dr. Jorge Alberto Andaverde Arredondo** es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos. Su Doctorado lo obtuvo en el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, ha publicado más de 20 artículos en revistas revisadas por pares. Ha presentado más de 15 memorias en congresos nacionales e internacionales y actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

El **M.I. César Arturo Ramírez Dolores** es Alumno del Doctorado en Ingeniería (Energía) en la Universidad Nacional Autónoma de México. Obtuvo su grado de Maestría en Ingeniería Energética en la Universidad Veracruzana, ha impulsado estudios referentes a energía, confort y uso de edificios. Ha publicado más de 10 artículos en revistas revisadas por pares y diversas memorias en congresos nacionales e internacionales. Es miembro activo del Padrón Veracruzano de Investigadores.

El **Dr. Daniel Ramón López Liévano** es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos. Obtuvo su Doctorado en Ciencias en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, del Instituto Politécnico Nacional. El Dr. López-Liévano ha publicado diversos artículos y memorias en congresos nacionales e internacionales, así mismo es asesor de empresas del sector petrolero y energético.

## Perspectiva de género del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo: Habilidades Tecnológicas

Dr. Juan Humberto Vela Quintero<sup>1</sup>, M.C. José Fernando Hernández González<sup>2</sup>,  
M.C. Víctor Manuel Cortez Sánchez<sup>3</sup> y M.A.N. Fernando Valenzuela Rosales<sup>4</sup>

**Resumen-** La presente investigación tiene como objetivo conocer información respecto al nivel de habilidades tecnológicas del género del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo y su importancia fue contribuir al conocimiento de los factores que definen una actitud frente a las herramientas tecnológicas para impartir cátedra en forma digital. El diseño de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, con enfoque no experimental, transversal, se elaboró un cuestionario centrado en 29 ítems relacionados al dominio de habilidades tecnológicas, se realizaron 176 encuestas cubriendo la muestra, se utilizó el software denominado IBM SPSS Statistics V.20, y aplicando la técnica análisis para dos muestras independientes, se analizaron las variables relacionadas para conocer las habilidades tecnológicas por género. Se concluye que se rechazan dos hipótesis nulas de las ocho planteadas y en general los docentes del género masculino presentan mayores dominios de habilidades tecnológicas.

**Palabras clave-** Habilidades tecnológicas, Género, Docentes, Educación Superior,

### Introducción

Los constantes cambios en las economías mundiales han orillado a las instituciones públicas y privadas a reformular estrategias enfocadas a su supervivencia, estrategias competitivas que las ayuden a ser más productivas y que aporten utilidades que las impulsen a ser rentables, se ven en la necesidad de optimizar los recursos tanto financieros como humanos, materiales y tecnológicos en el corto y mediano plazo.

Zambrano et al. (2016) afirma que para hacer frente a cambios de un entorno global los gobiernos y organismos implicados en la educación superior deben implementar estrategias para mejorar la eficiencia de las instituciones educativas que aseguren la correcta utilización de los recursos y el desempeño de actividades docentes. Además, diversos estudios han demostrado la importancia del uso de las nuevas tecnologías dentro del nivel superior por los beneficios en los procesos de aprendizaje - enseñanza (Área, 2008; Gisbert & Esteve, 2011).

La presente investigación tiene como objetivo conocer información respecto al nivel de habilidades tecnológicas del género en el Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo y su importancia fue contribuir al conocimiento de los factores que definen una actitud frente a las herramientas tecnológicas para impartir cátedra en forma digital. El trabajo se estructuró en cuatro apartados: el primero aborda la fundamentación teórica y conceptual de este estudio; el segundo describe el enfoque metodológico que guio la investigación; el tercero detalla los resultados del modelo propuesto; y por último se presentan las conclusiones.

<sup>1</sup>El Dr. Juan Humberto Vela Quintero es Catedrático del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. [juanhumberto.vq@nlaredo.tecnm.mx](mailto:juanhumberto.vq@nlaredo.tecnm.mx).

<sup>2</sup>El M.C. José Fernando Hernández González Catedrático del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. [josefernando.hg@nlaredo.tecnm.mx](mailto:josefernando.hg@nlaredo.tecnm.mx).

<sup>3</sup>El M.C. Víctor Manuel Cortez Sánchez es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. [victormanuel.cs@nlaredo.tecnm.mx](mailto:victormanuel.cs@nlaredo.tecnm.mx).

<sup>4</sup>El M.A.N. Fernando Valenzuela Rosales es Jefe del departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. [fernando.vr@nlaredo.tecnm.mx](mailto:fernando.vr@nlaredo.tecnm.mx).

### Desarrollo

El género no es una imposición inamovible, sin embargo, en torno a él se han establecido roles, dictado normas, guiado actos y por razones aún no explicadas en su totalidad, se han acentuado diferencias que imponen inequidad (Reyes, 2003:2). En las sociedades patriarcales, por ejemplo, es común que exista subordinación de las mujeres, excluyéndolas y privándolas inclusive de sus derechos básicos, ampliando con ello, las desigualdades de género. Estas desigualdades han sido puestas en evidencia durante las últimas décadas y han despertado el interés social, político y científico a nivel mundial, logrando que poco a poco las mujeres vayan ganando un rol igualitario en la sociedad en materia de educación y salud.

Los hombres y las mujeres se comportan de manera diferente, y muy probablemente esto se debe a las diferencias biológicas entre ambos sexos y a las diferencias de su organización cerebral (Rubia, 2007). Desde el punto de vista de la neuropsicología, la superioridad de la mujer podría asociarse con funciones de lenguaje, tareas motoras delicadas, sensibilidad y percepciones, por poner algunos ejemplos, debido a que usa ambos hemisferios cerebrales; mientras que la superioridad del hombre en la resolución de problemas matemáticos podría deberse a que sólo usa el hemisferio izquierdo y reserva su hemisferio derecho para funciones viso espaciales (Cit. en Elises, Riveras, González y Crespo, 1990: 127).

### *Habilidad tecnológica*

La OCDE (2010) define el concepto de habilidad tecnológica como “la capacidad de realizar tareas y solucionar problemas, mediante las herramientas digitales para identificar, acceder, administrar, evaluar y analizar la información” P.6); distingue dos roles importantes de las TIC sobre las habilidades, *las funcionales* que son para usar de manera óptima las aplicaciones, y las habilidades que asocian actividades cognitivas con las habilidades funcionales para el uso y manejo en las aplicaciones.

### *Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)*

Este modelo hace referencia a la teoría del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) que, se utiliza para predecir el uso de las TIC de acuerdo a la actitud o el comportamiento de las personas. El TAM según Davis (1989) distingue dos constructos como determinantes de la aceptación del usuario en el uso de la computadora: la utilidad percibida –que puntualiza el grado en que la persona cree que usar la tecnología contribuya a un mejor desempeño de su trabajo; y la percepción de facilidad de uso –es el grado en que la persona encuentra el uso de la tecnología factible sin demasiado esfuerzo físico y mental. Davis, et al. (1989) señala que el objetivo del TAM es explicar los motivos de la aceptación de las tecnologías por los usuarios. De esta manera, el TAM plantea que las percepciones de un usuario se dan por la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida para usar la tecnología como herramientas de automatización para aspectos laborales o bien académicos.

Esto es, si la persona percibe que usar la computadora es fácil, puede mostrar una actitud positiva para usar las herramientas tecnológicas y desarrollar habilidades para el manejo de las aplicaciones que utilice en el día a día. Por otro lado, si la persona percibe que la computadora puede ser demasiado difícil de usar, se pudiera presentar una actitud de resistencia a emplear (Cocorada, 2015). Asimismo, si la persona percibe que la tecnología o el sistema son relevantes para las funciones de trabajo se genera una actitud positiva en el uso de las tecnologías.

Heerwegh, Wit & Verhoeven (2016) realizan un estudio para explorar el nivel de dominio de las habilidades básicas de las TIC, mediante la actitud y percepción hacia el uso de las tecnologías. Del cual toman lo planteado con la teoría del modelo TAM de Davis (1989), pero añaden dos constructos más relacionados a las actitudes como lo sugiere Selwyn (1997).

### **Metodología**

El diseño de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, según Hernández (2010), este tipo de enfoque, nos permite analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular.

Además consideramos apropiado el enfoque no experimental, transversal o transeccional, ya que recolectaron datos en un solo momento en un tiempo único, se introducirán los datos con la utilización del software especializado en análisis de datos estadísticos denominado IBM SPSS Statistics V.20, y aplicando la técnica análisis para dos muestras independientes, se analizaron las variables relacionadas para conocer las habilidades tecnológicas por género de los empleados del Tecnológico Nacional de México campus Nuevo Laredo.

Se elaboró un cuestionario tomado de Heerwegh et al. (2016) como base y se agregaron un conjunto de variables sobre conocimiento de la plataforma Teams y que se centró en 29 ítems relacionados al dominio auto-percibido de sus habilidades tecnológicas básicas a los docentes en el semestre agosto – diciembre del 2020 mediante un muestreo no probabilístico combinado con el causal o incidental.

Se realizaron en total 176 encuestas cubriendo la muestra, a docentes de ambos sexos, el diseño del cuestionario fue constituido con base a cuatro áreas básicas y sus respectivas preguntas: Mantenimiento de computadores (7), software de presentación (6), navegación en internet (7) y plataforma educativa Teams (9). En cada pregunta se aplicó una escala Likert de cinco puntos, en la cual “1” es equivalente a nunca; el “5”, siempre, y en un punto intermedio “3” algunas veces.

### *Definición de hipótesis*

El desarrollo de esta investigación nos llevó a crear y comprobar algunas hipótesis que consideramos importantes en tema de la perspectiva de género de los empleados de los TecNM campus Nuevo Laredo, las cuales se describen a continuación:

H<sub>01</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para instalar un software en un dispositivo.

H<sub>02</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para instalar una impresora.

H<sub>03</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para cambiar el tipo de gráfico en un software de presentación.

H<sub>04</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para insertar una plantilla diferente en una presentación que funcione principalmente en otra plantilla.

H<sub>05</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para eliminar cookies de una computadora usando un navegador de internet.

H<sub>06</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para eliminar archivos temporales de internet en una computadora usando un navegador.

H<sub>07</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para llamar /invitar a una reunión a las personas de un canal en la plataforma Teams.

H<sub>08</sub> No existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para crear un examen en la aplicación FORMS con diversos tipos de preguntas en la plataforma Teams.

#### *Muestreo*

Bajo estos criterios, el tamaño final de la muestra fue de 176 personas distribuidas en todas y cada una de las áreas académicas y administrativas del campus del TecNM. El esquema de muestreo contempló un nivel de confianza del 95%. Debido a que no se contaba con antecedentes previos, se fijó la proporción al 50%.

### **Resultados**

En este apartado presentamos estadísticas descriptivas básicas de los participantes, así como todo lo relativo a resultados sobre la especificación, estimación y evaluación de las variables, para luego pasar a la discusión de estos resultados.

#### *Datos demográficos*

La composición de la muestra para este estudio se conformó de 176 personas, destacando que un 65.3 % fueron del sexo masculino y un 34.7 % del sexo femenino, un 31.3 % tienen funciones administrativas y de docencia y el 68.8% de los encuestados tuvieron una función laboral docente, el 34.7% de los encuestados tienen menos de diez años trabajando en la institución, el 23.3 % cuenta con antigüedad entre 10 y menos de 20 años, el 9.7% tiene entre 20 y menos de 30 años de antigüedad y el 32.4% tiene más de 30 años trabajando en la institución.

#### *Discusión de Resultados*

A continuación, presentamos una discusión sobre la fiabilidad del modelo, así como los resultados sobre las hipótesis planteadas al inicio de este artículo, así como la interpretación de los mismos.

#### *Fiabilidad*

Para el análisis de fiabilidad se utilizó el indicador de Alfa Chronbach que permite comprobar si cada ítem mide lo mismo y si la respuesta tiende a covariar, es decir, si los sujetos responden de una manera coherente y de esta manera se pueda deducir que los ítems se varían en el mismo sentido. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. El coeficiente de Alfa Cronbach se considera aceptable cuando al menos es de 0.70 (Nunnally, (1967) y Cronbach Lee J & Meel (1995). Después de realizar la evaluación se puede determinar que el instrumento de muestreo utilizado para esta investigación es confiable ya que muestra un .965 considerado como aceptable de Alfa Cronbach.

#### *Resultados de las hipótesis planteadas*

La H<sub>01</sub>, supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para instalar un software en un dispositivo; con los datos obtenidos los

hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino y las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{01}$ ) se rechaza; esto es, el nivel de dominio para instalar un software en un dispositivo es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{02}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para instalar una impresora, y con los datos obtenidos los hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino y las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{02}$ ) se rechaza; esto es, el nivel de dominio para instalar una impresora es estadísticamente significativo entre el género de los docentes TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{03}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para cambiar el tipo de grafico en un software de presentación y con los datos obtenidos las mujeres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género femenino y las pruebas de muestras independientes no asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{03}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para cambiar el tipo de grafico en un software de presentación no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{04}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo insertar una plantilla diferente en una presentación que funcione principalmente en otra plantilla y con los datos obtenidos los hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino y las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{04}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para insertar una plantilla diferente en una presentación que funcione principalmente en otra plantilla no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{05}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para eliminar cookies de una computadora usando un navegador de internet y con los datos obtenidos los hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{05}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para eliminar cookies de una computadora usando un navegador de internet no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{06}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para eliminar archivos temporales de internet en una computadora usando un navegador web y con los datos obtenidos los hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino y las pruebas de muestras independientes no asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{06}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para para eliminar archivos temporales de internet en una computadora usando un navegador no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{07}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para llamar /invitar a una reunión a las personas de un canal en la plataforma TEAMS y con los datos obtenidos los hombres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género masculino y las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{07}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para llamar /invitar a una reunión a las personas de un canal en la plataforma Teams no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

La  $H_{08}$ , supone que no existe una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dominio en el género de los docentes del TecNM campus Laredo para crear un examen en la aplicación FORMS con diversos tipos de preguntas en la plataforma Teams y con los datos obtenidos las mujeres reportan mejor nivel de dominio ya que la media es superior en el género femenino y las pruebas de muestras independientes asumen varianzas iguales y no existe una diferencia significativa.

Se puede concluir que la hipótesis nula ( $H_{08}$ ) no se rechaza; esto es, el nivel de dominio para crear un examen en la aplicación FORMS con diversos tipos de preguntas en la plataforma Teams no es estadísticamente significativo entre el género de los docentes del TecNM campus Nuevo Laredo.

### Conclusiones

Los nuevos modelos de administración consideran que un ambiente en que los individuos que trabajan en grupos cumplen con metas específicas de manera eficaz, por tanto, la administración de cualquier institución tiene que adaptarse a los cambios del siglo XXI, transmitir estos a los trabajadores ofreciendo oportunidades de mejorar la satisfacción laboral y calidad de vida. En la moderna sociedad del conocimiento, los criterios de la gestión efectiva, la velocidad de la información, la innovación y en suma la calidad se transforman en un elemento nuclear de la globalización y de la competitividad en el sentido de la búsqueda de la efectividad en los procesos y resultados especialmente en los de ámbito tecnológico y económico (Castells, 2000).

Los resultados estadísticos en este estudio, demuestran que en general los dominios de habilidades tecnológicas las presentan los docentes del género masculino. El género masculino presenta mejor dominio tecnológico en mantenimiento de computadores, internet, y conocimiento de la plataforma Teams y el género femenino presenta un mejor dominio en el software de presentaciones (Power Point). Existe diferencia significativa en solo dos hipótesis de todas las planteadas en esta investigación que corresponden al dominio de mantenimiento. Se concluye que se rechazan dos hipótesis de las ocho planteadas debido que se encontró evidencia estadística. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la institución realiza practicas tecnológicas donde los docentes presentan sus habilidades y son parte de la alfabetización digital; esto confirma los estudios Cabrero y Llorente (2008).

### Limitaciones y futuras líneas de investigación.

Sabemos que la tecnología cambia día a día y debemos estar preparados para ajustarnos a diversos entornos como el tecnológico y coincidimos con Ginés (2004:4) donde menciona que las universidades han sido importantes en la era industrial y ahora el su papel en esta sociedad del conocimiento puede ser mucho más importante, siempre que se sepan responder con flexibilidad a las nuevas demandas de esta sociedad del conocimiento. Se requiere de la elaboración de estrategias regionales y nacionales que permitan determinar cuándo, cómo, dónde y a quién asignar diversos tipos de recursos que permitan incrementar las habilidades tecnológicas de los empleados de los TecNM, la cual es entendida como un factor que determina el grado de bienestar que un individuo experimenta en su trabajo (Boada & Tous, 1993).

Finalmente, sostenemos que existe la necesidad de realizar más estudios en otras instituciones, y los resultados parciales obtenidos sean como fundamento para una investigación de mayor alcance, donde el instrumento considere otras variables para un análisis más profundo.

### Referencias

- Área, M. (2008). La innovación pedagógica con TIC y el desarrollo de las competencias informacionales y digitales. *Revista Investigación en la Escuela*, 64(1), 5-17. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2593487>
- Boada, J. & Tous, J (1993). Escalas de satisfacción laboral: una perspectiva dimensional. *Revista de Psicología*, 15, 2, 151-166.
- Cabero, J., y Llorente, M. (2008). La alfabetización digital de los alumnos. Competencias digitales para el siglo XXI. *Revista portuguesa de pedagogía*. Vol. 2, 7-28. 2008. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/274308317>
- Castells, M. (2000). *La era de la información*. Madrid: Alianza.
- Cocorada, E. (2015). The internet attitude with socio-humanities high-school and university students. *ROMANIAN JOURNAL OF EXPERIMENTAL APPLIED PSYCHOLOGY* VOL. 6, ISSUE 1 – [www.rjeap.ro](http://www.rjeap.ro)
- Cronbach Lee J & Meel, P. E. 1995. Construct Validity in Psychological Tests. *Psychological Bulletin*, 52, 1-29.

- Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 1(13), 319 - 340.
- Elises, J. A., Riveras, F., González, C. y Crespo, M. (1990). El rendimiento escolar en función del sexo al inicio de la enseñanza general básica. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 8, 123-132.
- Ginés, J. (2004). La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*. Editada por la OEI. Número 35, mayo-agosto 2004. Pp. 1-11. Consultada en noviembre 2014 en la página electrónica <http://www.rieoei.org/rie35a01.htm>.
- Gisbert, M. & Esteve, F. (2011). Digital learners: La competencia digital de los estudiantes universitarios. *La cuestión universitaria*, 7(1), 48 - 59. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3359>
- Heerwegh, D., De Wit, K., & Verhoeven, JC. (2016). Exploring the self-reported ICT Skill Levels of Undergraduate Science Students. *Journal of Information Technology Education: Research*, 15, 19 - 47. Recuperado de <http://www.jite.org/documents/Vol15/JITEv15ResearchP019047Heerwegh1946.pdf>
- Nunnally, J. C. (1967). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Rubia, F. (2007): *El sexo del cerebro*. Madrid: Temas de hoy.
- Selwyn, N. (1997). Students' attitudes toward computers: validation of a computer attitude scale for 16 - 19 education. *Computers Educ*, 28(1), 35 - 41. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131596000358>
- OCDE (2010). *Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del milenio en los países de la OCDE*. Instituto de Tecnologías Educativas. París. Recuperado de: [http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades\\_y\\_competencias\\_siglo21\\_OCDE.pdf](http://recursostic.educacion.es/blogs/europa/media/blogs/europa/informes/Habilidades_y_competencias_siglo21_OCDE.pdf)
- Zambrano, A., Araiza, M. J., Hernández, J. F. & Vela, J. H. / Impacto de las telecomunicaciones en la gestión de las instituciones de educación superior públicas de México: Un modelo de ecuaciones estructurales (Impact of the telecommunications in the management of the public institutions of higher education of Mexico: A model of structural equations)

### Notas Biográficas

El **Dr. Juan Humberto Vela Quintero** es catedrático del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. Tiene una Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo de Tamaulipas, México; el Dr. Tiene un Master en Administración de Empresas por la Texas A&M International University de Texas, USA y doctorado en Administración Estratégica por la Universidad Autónoma de Tamaulipas campus Nuevo Laredo de Tamaulipas, México. Vela ha publicado en la revista Latinoamericana y del Caribe de la Asociación de Sistemas de Información, además de diversas publicaciones en la Revista Innovaciones de Negocios, editada y publicada por la Universidad Autónoma de Nuevo León a través de la Facultad de Contaduría Pública y Administración.

El **M.C. José Fernando Hernández González** es catedrático del Instituto Tecnológico de México, Campus Nuevo Laredo, Tiene un Master en Construcción por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y es Candidato a Doctor en Administración Estratégica. Hernández ha publicado en la Revista Innovaciones de Negocios, editada y publicada por la Universidad Autónoma de Nuevo León a través de la Facultad de Contaduría Pública y Administración, además en la Revista DAENA Jornal, ha sido colaborador en libros relacionados a las PYMES.

El **M.C. Víctor Manuel Cortez Sánchez** es catedrático del Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo Laredo, en el Área de Ingeniería Industrial. Egresado de la Universidad Autónoma de Guadalajara, y Titulado por la Universidad Autónoma de México, como Ingeniero Mecánico Electricista, con especialidad en Ingeniería Industrial. El M.C. tiene obtiene su maestría en el Campus del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, ha participado en diferentes Congresos organizados por el Instituto Tecnológico de México, así mismo ha sido asesor en diferentes empresas maquiladoras, así como la impartición de diferentes cursos en diferentes compañías en Nuevo Laredo Tamaulipas.

El **M.A.N. Fernando Valenzuela Rosales** es jefe del Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo Laredo. Tiene una licenciatura en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. Tiene un Master en Administración de Negocios por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y es doctorante en la Facultad de Comercio, Administración y Ciencias Sociales de Nuevo Laredo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en Administración Estratégica. Valenzuela ha publicado en la revista Daena Journal.

# Experiencias Educativas de los Estudiantes del Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara durante la Pandemia de COVID-19

Dra. Alma Jéssica Velázquez Gallardo<sup>1</sup>, María de Lourdes Manzanero Trejo<sup>2</sup> y  
Mtra. Mónica Lizette Medina Gómez<sup>3</sup>

**Resumen**— La Educación Superior ante la Pandemia Provocada por la Covid-19, sufrió un cambio de paradigma, en tal virtud, el objetivo del trabajo es conocer las experiencias de los estudiantes del CUCIénega por lo que realizamos un estudio descriptivo cuali-cuantitativo de la situación, utilizando como técnica de investigación, la aplicación de una encuesta que consta de 49 reactivos, 3 sobre su edad, sexo y carrera; 34 preguntas cerradas y 12 preguntas abiertas. Se aplicó a 369 estudiantes de diversas carreras, a través de formularios de Google, con los siguientes resultados: 75% de los que respondieron son mujeres, 29% dijo que no dominaban las TIC's cuando se dejó la presencialidad. 30% dijo que no contaba con computadora u otra herramienta tecnológica para continuar sus cursos, 67% dijo tener fallas en internet lo que complicó sus cursos, 60% señaló que aumentó el costo de luz en sus casas. El cambio a las clases virtuales lo señalaron mayormente como un reto. En general señalan que prefieren las clases presenciales, desean regresar a ellas, extrañan la convivencia con sus compañeros, sufrieron de mucho estrés, ansiedad y depresión por el cambio.

**Palabras clave**—Educación Superior, Estudiantes, Experiencias, COVID-19.

## Introducción

En el presente documento presentamos un panorama de las experiencias que han vivido los estudiantes del Centro Universitario de la Ciénega (CUCIénega) de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, una vez decretada la pandemia provocada por la COVID-19 y que como consecuencia de ello se tomó la decisión por parte de las autoridades estatales y de la propia universidad para continuar los estudios desde casa, es decir, lo que hemos optado por llamar las clases “virtuales” (también llamadas en línea o a distancia), es así que el 13 de marzo del año 2020, se determinó un período de 2 semanas para llevar las clases en modalidad virtual (Universidad de Guadalajara, 2020), ya que posterior a este ejercicio se tendrían 2 semanas más de vacaciones en el periodo de primavera y pasado este tiempo, podríamos regresar a las clases presenciales.

Sin embargo y pasado ese tiempo, como todos sabemos el incremento en el contagio y el elevado riesgo de un cuadro complejo en las personas enfermas, obligaron a una serie de medidas extraordinarias decretadas por el Ejecutivo (Presidencia de la República, 2020), entre ellas un prolongado confinamiento lo que provocó cambios en todas las esferas de la vida y cambio de rutinas, en dónde las tecnologías y el internet se convirtieron en un recurso indispensable y al mismo tiempo en un bálsamo que amortiguó impactos más catastróficos en los diferentes ámbitos, entre ellos, el económico, el social, laboral y por supuesto el educativo, en el que el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), permitieron que la educación continuará su curso en modalidad diversa, no obstante ese gran cambio, evidenció y generó problemas de otro tipo, por ejemplo: El profesorado no tenía la suficiente capacitación en las TIC's; los estudiantes, muchos de ellos, al no tener los recursos económicos suficientes no tenía acceso a internet, también que un buen número de ellos al ser de regiones más alejadas a las ciudades, no contaban con el acceso a internet mismo se tiene en las ciudades medias o grandes ciudades, entre otros problemas, muchos de ellos debieron contratar internet en casa, otros además de ello fueron compelidos a comprar computadoras o alguna tableta o celular inteligente para poder recibir sus clases a través de diversas plataformas.

Es por ello que nos dimos a la tarea de recuperar las experiencias que han vivido los estudiantes de un Centro Universitario regional de la Universidad de Guadalajara, la segunda universidad pública más importante y grande de México. Con el objetivo de conocer lo que han vivido y en segundo termino como docentes comprender

<sup>1</sup> La Doctora Alma Jéssica Velázquez Gallardo es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Departamento de Justicia Y Derecho del Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, cuenta con el perfil PRODEP y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. [jvelazquez@cuci.udg.mx](mailto:jvelazquez@cuci.udg.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La Maestra María de Lourdes Manzanero Trejo es Profesor de Tiempo Completo del Departamento de Justicia y Derecho del Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, cuenta con el perfil PRODEP, [mlourdes@cuci.udg.mx](mailto:mlourdes@cuci.udg.mx)

<sup>3</sup> La Maestra Mónica Lizette Medina Gómez, es Profesor de Tiempo Completo del Departamento de Emprendimiento, Comercio y Empresa del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México [monica.medina@academicos.udg.mx](mailto:monica.medina@academicos.udg.mx)

también las circunstancias que viven los estudiantes en el nuevo esquema de aprendizaje a distancia desde su perspectiva.

### *Clases a Distancia*

Las clases a distancia previa la pandemia no era en definitiva una de las prioridades de las universidades, sin embargo fue en su momento la única opción para dar continuidad a los cursos que estaban en marcha, ahora llamada como educación a distancia de emergencia, ya que no hubo una planeación de esta modalidad en la que los principales actores del proceso educativo (profesores y estudiantes), tuvieran la oportunidad de prepararse, incluso las propias Instituciones de Educación Superior (IES), hubieran planificado con tiempo esta situación (Pedró, 2020).

Esta nueva forma de la impartición de la Educación Superior evidenció carencias de las cuales se tenía conocimiento incipiente, no obstante, los datos emergieron una vez que se tuvieron las primeras dificultades, entre otras: la carencia de internet y la falta de algún equipo tecnológico, ya que “en América Latina, solo el 52% de los hogares cuenta con equipamiento tecnológico y conectividad de banda ancha” (Pedró, 2020, pág. 3), la denominada brecha digital se hizo patente, con mayor énfasis en las escuelas regionales y rurales, en el caso particular del CUCIénega, se sitúa en la región Ciénega de Jalisco (Gobierno de Jalisco, 2021), enclavado en tres municipios de la Región: Atotonilco El Alto, la Barca y Ocotlán, en el cual se encuentran matriculados, varios alumnos de zonas rurales o bien alejadas de las ciudades capitales de los municipios antes citados, por lo que muchos de ellos tuvieron problemas para acceder a las clases en línea, por falta de conectividad, por falta de algún equipo tecnológico o en su caso por la situación económica que les impidió en su momento contratar el internet o comprar el equipo correspondiente. Ante ello el CUCIénega implementó varias acciones, entre otras: proporcionar a los alumnos que lo solicitaran un chip con datos para poder usarlo en su celular y acceder a sus clases, así como el préstamo de equipo: computadoras portátiles o en su caso tabletas (Vera, 2020).

La educación a distancia ha sido una tarea que muchas de las universidades de América Latina han emprendido, México no se ha quedado atrás, para 2017 esta modalidad de enseñanza representó un 15% del total sin embargo su oferta aún es incipiente y se le consideraba un sustituto de la enseñanza tradicional-presencial y no necesariamente de calidad (Pedró, 2020, págs. 4-5), no obstante como ya hemos apuntado la irrupción de la COVID-19 en la mayoría de los países del mundo orilló a las IES a decretar las clases a distancia para no propagar el virus.

Sin embargo y aun cuando la Universidad de Guadalajara ha apostado desde el 2005 por la educación a distancia con la creación del Sistema de Universidad Virtual (Sistema de Universidad Virtual, 2019), la real transformación digital, requiere una reingeniería de procesos e implica a las personas para que éstas se adapten a los cambios y lograr la innovación de los procesos (García-Peñalvo & Corell, 2020).

La pandemia provocada por la COVID-19, también evidenció otra circunstancia que va de la mano con lo que hemos estado señalando, las universidades no estaban preparadas para un cambio de paradigma de una educación casi totalmente presencial a una educación a distancia, la planificación hubiera sido lo óptimo, al no ser así y ante la urgente situación, se evidenció que los profesores no estábamos capacitados para el uso de las TIC'S en la educación, (situación generalizada en diferentes IES). Se habían hecho esfuerzos para ello en la última década, sin embargo, no fue una prioridad y no obstante que el rector de la Universidad de Guadalajara ha señalado en más de una ocasión que con la pandemia y las clases virtuales, muchos profesores recibimos una capacitación en un año con récord impensable, a lo que concordamos, ya que en el año 2020 los profesores de la benemérita Universidad en cita, impartió 89 talleres o cursos relacionados a la alfabetización digital o a las TIC's, mismos que los cursaron 5869 profesores (Universidad de Guadalajara, 2021). Aún así consideramos que en su oportunidad el cambio de modalidad también tomó por sorpresa a los profesores por la carencia de dicha capacitación. No podemos generalizar que a todas las IES les ocurrió la mismo, empero, sí muchas de las Universidades pasaron por dicha situación (Alcántara, 2020)

Algo importante que ocurrió en el sector educativo a raíz del cambio de modalidad en la educación superior son las consecuencias económicas adversas que le acarreo a los países, la implementación de las medidas sanitarias, entre ellas y la más importante como ya lo habíamos mencionado fue el confinamiento de las personas a sus hogares, con lo cual el sector comercio y servicios se vieron seriamente afectados, lo que propició recortes de personal, cierres de pequeñas y medianas empresas, ante ello muchos padres de familia vieron afectados su fuente de ingresos, con lo cual muchos estudiantes optaron por comenzar a trabajar para apoyar la economía familiar, situación que también impactó en el aprovechamiento de sus cursos a distancia, en el caso de la Universidad de Guadalajara en su conjunto, los trabajadores universitarios, tanto académicos, administrativos, operativos, o directivos donaron despensas para los alumnos que se hubieran visto en problemas económicos severos (Radio UdeG Lagos de Moreno, 2020). Lo que claro sería insuficiente ante el problema tan severo que resintió la economía de los hogares y en particular de los estudiantes en situación de vulnerabilidad, en dónde se afecta más el aprovechamiento, como

veremos en el resultado de la encuesta aplicada, en el que se advierte en concordancia con Alcántara que la brecha digital de aprendizaje puede seguir ampliándose (Alcántara, 2020).

Por otro lado, hemos advertido los problemas socioemocionales que han derivado de los cambios en las rutinas de los estudiantes, así lo señalan algunos autores, quienes señalan que hubo un aumento de emociones negativas como la ansiedad, la depresión y la indignación (Vidal, González, & Armenteros, 2021), Situaciones que llevaron a los estudiantes a buscar apoyo psicológico, ya lo diría Salcedo (2019) citado por Maldonado que “las funciones vinculadas con la promoción de la resiliencia y la contención ante la aparición de estrés y angustia en los estudiantes, se tornan necesarias y prioritarias” (Maldonado Et Al, 2020).

El CUCIénege implementó en conjunto con otros centros universitarios de la Universidad de Guadalajara un programa de atención psicológica para los estudiantes y miembros de la comunidad universitaria que hubieran resultado afectados a consecuencia de la pandemia y la “nueva normalidad” (Comunicación Social CUSur, 2020). Lo que ha ayudado a amortiguar estos efectos, sin embargo, muchos de los estudiantes han resentido en su salud emocional las restricciones y el cambio de paradigma en su educación.

### Metodología

El presente trabajo es un estudio descriptivo cuya finalidad es recuperar las experiencias vividas por los estudiantes de educación superior de un centro universitario regional de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, durante la transición de una modalidad presencial a una modalidad a distancia, lo anterior a través de la aplicación de una encuesta, realizada con la herramienta Google Forms, la cual se aplicó en el periodo de marzo-abril del año 2021 a los estudiantes de diversas licenciaturas, el cuestionario consta de 49 reactivos, 3 sobre su edad, sexo y carrera; 34 preguntas cerradas y 12 preguntas abiertas. Por lo que consideramos es un estudio de corte mixto cuali-cuantitativo.

### Resultados

Los resultados obtenidos del cuestionario aplicado a los estudiantes, arroja datos que concuerdan con lo que mucho de la literatura ya ha señalado en torno a los efectos y los problemas que se han enfrentado los estudiantes una vez que han pasado de las clases presenciales a la clase a distancia. En primer termino debemos referir que la encuesta la contestaron 369 estudiantes de diversas licenciaturas, de las áreas económico-administrativas, jurídico-sociales y de ingenierías, particularmente la encuesta la contestaron estudiantes que se encuentran entre los 18 y 20 años (65%), además 75 % de quienes contestaron son mujeres, 60% son de las carreras administrativas, ya en lo relacionado a las preguntas concretas en torno a su situación previa y durante la pandemia provocada por el COVID-19 en lo relacionado a sus estudios, respondieron:

71% señaló que, sí dominaban las Tecnologías de la Información y de la Comunicación antes de la situación provocada por la pandemia, también el 92% señaló que sus clases eran presenciales, lo que deja sólo el 8 % con educación mixta o a distancia.

El 85% señaló que sus clases continuaron a distancia una vez que declararon la pandemia; respecto a si contaban con las herramientas tecnológicas para tomar sus clases a distancia, 73% señaló que si y el restante 23% dijo que no contaba con esas herramientas.

A la pregunta abierta de cómo le hiciste para continuar tus estudios algunas de las respuestas recurrentes fueron: tuve que trabajar para continuar mis estudios, “tuve que instalar/contratar internet”, “compré una computadora o tableta para continuar mis estudios”, “tomaba mis clases desde mi trabajo en el celular”.

Sobre cuáles fueron las herramientas que usaron los profesores para dar continuidad a los cursos 52% de los estudiantes señaló que usaban classroom y meet.

Sobre si tuvieron algún inconveniente en particular para continuar con sus clases a distancia, el 67% indicó que tuvieron fallas en internet y 16 % dijo que no tenía celular, computadora o tableta para dar continuidad a sus cursos, tal y como puede verse en la gráfica número 1 que se muestra a continuación:

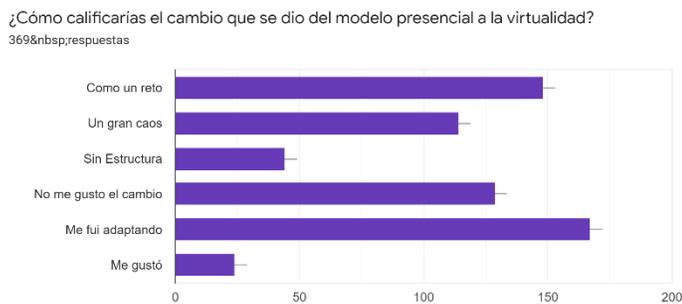


**Gráfica 1.** Inconvenientes para continuar con las clases virtuales.

Relacionado a lo anterior también les preguntamos si debieron comprar alguna herramienta o accesorio tecnológico para continuar con el desarrollo de sus cursos, resalta que 40% señaló que tuvo que comprar una computadora.

También les cuestionamos sobre si el cambio a las clases “virtuales”, repercutió en la economía familiar, ante dicho cuestionamiento, señalaron que sí repercutió: 60% dijo que aumentó el gasto de luz y 40 % dijeron que aumentó el gasto de energía eléctrica.

Una pregunta detonadora y que consideramos fue crucial para conocer su punto de vista en relación al cambio de modelo en las clases que reciben, por lo que a continuación presentamos la gráfica 2:



**Gráfica 2.** Percepción de los estudiantes sobre el cambio de modelo pedagógico.

Respecto a si disminuyó el número de horas de trabajo en las clases virtuales, señalaron 60 % que no, y 60 % sí. Sobre si los profesores cambiaron la forma de evaluar con el cambio de paradigma, 68 % dijo que sí, 32 % dijo que no.

Una pregunta relevante fue si les resultó más fácil, difícil o igual el acreditar sus materias, respondieron conforme se puede ver en la gráfica 3 a continuación:



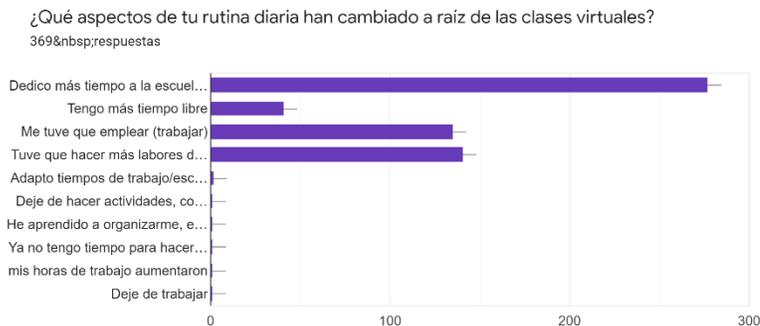
**Gráfica 3.** Facilidad para acreditar las materias.

A los estudiantes que respondieron fue más difícil acreditar las materias, les preguntamos por qué razón consideran ello y las respuestas más comunes fueron: “Faltaba la explicación”, “por exceso de tareas”, “fallas en el internet”, “exámenes difíciles”, “por qué trabajo”.

Además, se les preguntó si mostraban su rostro en las clases en línea, a lo que señalaron: 45 % dijo que apagaba la cámara, 39 % que sí la encendía, y el resto dijeron que sólo activaban la cámara siempre y cuando el maestro o maestra lo solicitaran y al preguntarles el por qué no la mostraban dijeron en su mayoría que les daba pena, por su privacidad o en su caso por qué estaban en su trabajo.

También se les preguntó si han logrado adaptarse a las clases virtuales, los que señalaron que sí fueron el 72% y los que señalaron que no fueron el 28%.

Otra pregunta que consideramos fue relevante en el cuestionario, fue en la que preguntamos qué aspectos de su rutina han cambiado a raíz de las clases virtuales, lo que respondieron acorde a lo que vemos en la gráfica 4:



**Gráfica 4.** Aspectos de la rutina diaria que han cambiado.

Lo cual denota que en su mayoría fue un cambio importante para los estudiantes ya que debieron dedicar más tiempo a la escuela, o tuvieron que trabajar o hacer más labores domésticas por estar en casa.

Asimismo, se les cuestionó si la pandemia tuvo impacto económico a lo que el 79% señaló que sí y sólo el 21% que no afectó.

Por lo anterior también les preguntamos si optaron por trabajar durante el tiempo que ha estado la pandemia, a lo que 66% dijo que sí tuvo que trabajar y 34% no lo hizo, al cuestionarles el porqué debían trabajar, señalaron como razones para hacerlo, el tener problemas económicos, o necesidad económica, para ayudar a los gastos de su casa o para pagar internet.

Por otro lado, les interrogamos en torno a si les afectó psicológicamente el cambio a lo que el 77% dijo que sí, y 23 % que no, tal y como se demuestra en la gráfica 5:

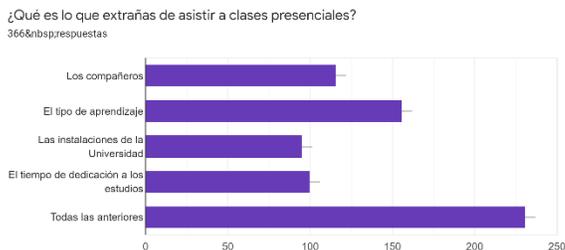


**Gráfica 5.** Afectación Psicológica o emocional.

Por lo que les preguntamos cómo les afectó psicológicamente y las respuestas más comunes fueron:

Tienen estrés, ansiedad por no salir de casa, presión por falta de tiempo, ansiedad por el cambio del método de clases, depresión por estar todo el tiempo en casa y no hacer deporte, se sienten desmotivados, tienen insomnio, dolores de cabeza, sienten desequilibrio entre las tareas de la escuela y las tareas del hogar, enfadados o aburridos.

Se les pregunto de forma importante que extrañaban de las clases presenciales a lo que respondieron como puede observarse en la gráfica 6:



**Gráfica 6.** Aspectos que extrañan de las clases presenciales.

Derivado de las preguntas precedentes, también les cuestionamos si preferirían en un futuro tener sólo clases virtuales, a lo que tan sólo el 12% dijo que sí, 68% dijo que no y el resto que tal vez.

### Conclusiones

Ante las respuestas señaladas por los estudiantes del CUCIénega y el análisis realizado, podemos señalar que, en el CUCIénega, desde la perspectiva de los estudiantes, han resentido en diversos aspectos los efectos del cambio de modalidad al pasar de la presencialidad a una educación a distancia, los cuales van desde la dificultad para acreditar sus cursos, falta de internet o de algún dispositivo para dar continuidad a sus estudios. Fallas en el internet durante sus clases. Dedicar mayor tiempo a sus estudios por el cúmulo de tareas a realizar, La necesidad de trabajar para poder apoyar económicamente a su familia, califican como un reto el haber hecho el cambio y tener que adaptarse. Asimismo, indican que les afectó psicológica y emocionalmente: estrés, ansiedad, depresión, desmotivación e insomnio y en su mayoría prefieren las clases presenciales a las virtuales y desean regresar a la presencialidad.

### Referencias

- Alcántara, A. (2020). Educación Superior y Covid 19 una perspectiva comparada. En C. Cardiel, *Educación y Pandemia: Una Visión Académica* (págs. 75-82). México, Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 21 de Julio de 2021, de [http://132.248.192.241:8080/jspui/bitstream/IISUE\\_UNAM/541/1/AlcantaraA\\_2020\\_Educacion\\_superior\\_y\\_covid.pdf](http://132.248.192.241:8080/jspui/bitstream/IISUE_UNAM/541/1/AlcantaraA_2020_Educacion_superior_y_covid.pdf)
- Comunicación Social CUSur. (7 de Mayo de 2020). UdeG con atención psicológica en toda la Red para la población en general. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <http://www.cusur.udg.mx/es/noticia/udeg-con-atencion-psicologica-en-toda-la-red-para-la-poblacion-en-general>
- García-Peñalvo, F., & Corell , A. (28 de Octubre de 2020). La CoVid-19: ¿enzima de la transformación digital de la docencia o reflejo de un crisis metodológica y competencial en la Educación Superior. *Revista Campus Virtuales*, 9(2), 83-98. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/740>
- Gobierno de Jalisco. (2021). *Gobierno de Jalisco- Regiones de Jalisco*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/regiones>
- Maldonado Et Al, G. (30 de Julio de 2020). La Educación Superior en Tiempos de COVID-19: Análisis Comparativo México-Argentina. *Revista de Investigación en Gestión Industrial, Ambiental.*, 2(2), 35-60. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de <https://www.editorialeidec.com/revista/index.php/GISST/article/view/79>
- Pedro, F. (11 de Junio de 2020). COVID-19 y Educación Superior en America Latina y El Caribe: Efectos, Impactos y Recomendaciones Políticas. *Fundación Carolina*(36/2020), 1-15. Recuperado el 18 de Julio de 2021, de <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2020/06/AC-36.-2020.pdf>
- Presidencia de la República. (27 de Marzo de 2020). DECRETO por el que se declaran acciones extraordinarias en las regiones afectadas de todo el territorio nacional en materia de salubridad general para combatir la enfermedad grave de atención prioritaria generada por el virus SARS-CoV2 (COVID-19). México, México. Recuperado el 21 de Julio de 2021, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5590673&fecha=27/03/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590673&fecha=27/03/2020)
- Radio UdeG Lagos de MOreno. (20 de Mayo de 2020). *Universidad de Guadalajara implementa plan de apoyo alimentario en conjunto con Gobierno del Estado*. Jalisco, México. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de <https://udgtv.com/radio/universidad-guadalajara-implementa-plan-apoyo-alimentario-conjunto-gobierno-del-estado/>
- Sistema de Universidad Virtual. (2019). Video Institucional del Sistema de Universidad Virtual. Guadalajara, Jalisco, México. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de [https://www.youtube.com/watch?v=U\\_IbrqTKvbk](https://www.youtube.com/watch?v=U_IbrqTKvbk)
- Universidad de Guadalajara. (13 de Marzo de 2020). Comunicado: Ante contingencia por Covid 19, la UdeG suspende clases presenciales. Guadalajara, Jalisco, México. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <https://www.udg.mx/es/noticia/comunicado-ante-contingencia-por-covid-19-la-udeg-suspende-clases-presenciales>
- Universidad de Guadalajara. (11 de Febrero de 2021). Respuesta a solicitud de información vía INFOMEX. Guadalajara, Jalisco, México.
- Vera, D. (1 de Mayo de 2020). CUCIénega prestará equipo para que estudiantes puedan tomar clases en línea. *UDGTV*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de <https://udgtv.com/noticias/ocotlan-noticias/cucienega-prestara-equipo-estudiantes-puedan-tomar-clases-linea/>
- Vidal, M., González , M., & Armenteros , I. (7 de Enero de 2021). Impacto de la Covid-19 en la Educación Superior. *Educación Média Superior*(35), 1-15. Recuperado el 21 de Julio de 2021, de <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v35n1/1561-2902-ems-35-01-e2851.pdf>

# Evaluación Numérica del Proceso de Producción de Hidrógeno por *Clostridium Pasteurianum* en Régimen Semicontinuo

Dr. Velázquez-Sánchez HI<sup>1</sup>

**Resumen**—En el presente trabajo se llevó a cabo la determinación y evaluación del comportamiento dinámico de un sistema de producción de hidrógeno para su uso como biocombustible a partir de la fermentación de glicerol por parte de la bacteria *Clostridium pasteurianum*. Para ello se construyó y validó con datos experimentales obtenidos de literatura un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales ordinarias, mismo que se utilizó como base para realizar experimentos numéricos que permitieron estimar la respuesta del sistema de reacción tanto en régimen de operación por lotes como en semicontinuo. Los resultados de dichos experimentos numéricos permitieron encontrar condiciones de operación que permiten obtener hasta 1041.56 mg L<sup>-1</sup> de hidrógeno con una productividad de 45.12 mg L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en un sistema semicontinuo con velocidad de alimentación constante, lo cual representa un incremento del 24.56 y 29.5 % con respecto a la operación por lotes.

**Palabras clave**—biocombustibles, biohidrógeno, *Clostridium*, modelado matemático, intensificación de procesos.

## Introducción

La demanda energética a nivel global ha ido en incremento desde la Revolución Industrial, a tal grado de que se ha registrado un aumento de casi 2.5 % por año desde ese entonces (Christiansen et al., 2018). Gran parte de la demanda de energía se satisface con el uso de combustibles fósiles, los cuales incluyen el petróleo y sus derivados, el carbón mineral y el gas natural. Sin embargo, es bien sabido que el uso de ese tipo de recursos no solo es insostenible a largo plazo, sino que también han contribuido al aumento en la presencia de gases de efecto invernadero (GHG por sus siglas en inglés) en la atmósfera, con lo cual se ha exacerbado el fenómeno de calentamiento global, mismo que impacta de manera sensible en los ecosistemas (Costello et al., 2009).

Con lo anterior, se han propuesto una gran cantidad de tecnologías que permitan satisfacer las demandas energéticas impuestas por la sociedad humana sin que exista un daño colateral tan significativo sobre el medio ambiente. Dentro de esas propuestas destaca el uso de hidrógeno molecular (H<sub>2</sub>) como combustible, ya que su combustión libera una gran cantidad de energía y el único subproducto de tal reacción es vapor de agua. Además de lo anterior, también es posible utilizarlo en lo que se conoce como celdas de combustible para producir energía eléctrica o para la inducción de gradientes de energía química (Rosenbaum et al., 2005).

Actualmente, la producción de hidrógeno se realiza por medios electroquímicos o de gasificación, pero con dichas metodologías también existe la generación de residuos altamente contaminantes o GHGs, por ello una alternativa de producción es la que involucra el uso de microorganismos que tengan la capacidad de producir hidrógeno molecular como parte de sus mecanismos metabólicos de degradación de sustancias orgánicas. Lo anterior no solo ataca el problema de la generación de residuos peligrosos que las tecnologías de producción actuales poseen, sino que también abren la posibilidad de eliminar contaminantes de medios acuosos o terrestres a la vez que se obtiene energía limpia de dichos procesos (El-Sharnouby et al., 2013).

Dentro de los sistemas biológicos de producción de hidrógeno destaca la vía fermentativa que utiliza *Clostridium pasteurianum*. Dicha bacteria Gram-positiva tiene la capacidad de realizar la degradación de diversas moléculas orgánicas hasta la obtención de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> en ambientes anaerobios y sin necesidad de iluminación, por lo que los costos de implementación de sistemas de producción basados en dicha reacción son asequibles en comparación con otras tecnologías de producción de hidrógeno con agentes biológicos como lo son los sistemas de microalgas; lo anterior sin mencionar que los sistemas fermentativos ofrecen mayores productividades que los sistemas fotosintéticos (Sriwastrava et al., 2017). No obstante, una de las limitantes del uso de sistemas de fermentación oscura es que producen concentraciones de hidrógeno por debajo del 40 % v/v (Turhal et al., 2019).

Una estrategia común en ingeniería de procesos químicos para aumentar la concentración del producto de una reacción es llevar a cabo la operación del reactor en régimen semicontinuo, el cual involucra el dividir el proceso en dos etapas: una etapa inicial donde se lleva a cabo la transformación de reactivos en un sistema cerrado hasta alcanzar un estado de equilibrio o una velocidad de reacción máxima y una segunda etapa que involucra la alimentación de una corriente fresca de reactivo para ya sea extender la fase de transformación o para diluir el contenido del reactor y con ello minimizar los efectos inhibitorios causados por la acumulación de residuos

<sup>1</sup> Velázquez-Sánchez HI es Profesor de Ingeniería Química en la Universidad Mexiquense del Bicentenario, Tultitlán, Estado de México. [hugo.velazquez@umb.mx](mailto:hugo.velazquez@umb.mx) (autor corresponsal)

metabólicos en el mismo. Lo anterior con la finalidad de incrementar la masa de producto final utilizando el mismo volumen de reacción (Gavala et al., 2006).

Con lo anterior, en el presente trabajo se partió de la construcción de un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs) para la descripción del comportamiento del sistema de fermentación mediado por *Clostridium pasteurianum* con la finalidad de evaluar la pertinencia de la aplicación de un sistema de reacción operando en régimen semicontinuo para aumentar tanto la concentración final de hidrógeno como la productividad del sistema en comparación con la operación tradicional por lotes.

### Descripción del Método

#### Construcción del modelo matemático

Para la representación matemática del comportamiento de *Clostridium pasteurianum* se recurrió al uso de la vertiente de modelado No Estructurada Fenomenológica propuesta por Velázquez-Sánchez y Aguilar-López (2018) para la generación de las ecuaciones de balance de masa del sistema bajo estudio. El modelo parte de la suposición de que la fuente de carbono es el reactivo limitante y que el crecimiento celular ocurre siguiendo un comportamiento no segregado. Las EDOs resultantes se presentan a continuación:

$$\frac{dS}{dt} = \left( \frac{U}{V} \right) * (S_{in} - S) - \left( \frac{r_X * X}{Y_{X/S}} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\frac{dX}{dt} = \left( \frac{U}{V} \right) * (0 - X) + (r_X * X) - (k_{spo} * X) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\frac{dH_2}{dt} = \left( \frac{U}{V} \right) * (0 - H_2) + (r_H * X) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\frac{dCO_2}{dt} = \left( \frac{U}{V} \right) * (0 - CO_2) + (r_{CO_2} * X) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\frac{dV}{dt} = U \quad (\text{Eq. 5})$$

Donde  $S$  representa la concentración de sustrato limitante,  $X$  es la concentración de biomasa,  $H_2$  es la concentración de hidrógeno molecular,  $CO_2$  es la concentración de dióxido de carbono,  $V$  es el volumen de reacción,  $U$  es el flujo volumétrico de la corriente de alimentación y  $S_{in}$  es la concentración de sustrato fresco contenida en dicha corriente.

#### Identificación paramétrica

La fase de identificación paramétrica se llevó a cabo en un equipo de cómputo equipado con un procesador Intel® Core i5® 4300M con 8 Gb de memoria RAM dentro del software ModelMaker versión 3.0.3, haciendo uso del algoritmo de Levenberg-Marquardt y considerando como base datos experimentales de un sistema de fermentación por *Clostridium pasteurianum* con glicerol como fuente de carbono y operado en régimen por lote, mismo que fue reportado por Sarma y Kumal (2016). La cuantificación de la calidad del ajuste del modelo hacia los datos experimentales se llevó a cabo mediante la determinación del coeficiente de determinación  $R^2$  basado en el cálculo de ANOVA para una regresión cuadrática.

#### Experimentos numéricos

La generación de datos de simulación se llevó a cabo de igual manera en el equipo de cómputo y software descritos en la subsección anterior, con la particularidad de utilizar el método de Rosenbrock (Runge-Kutta de 2do orden) para la resolución numérica de las ecuaciones diferenciales parametrizadas dentro de los intervalos de tiempo propuestos a lo largo del desarrollo del trabajo.

#### Elección de las condiciones de operación

Una vez realizada la validación numérica de los resultados de simulación en régimen por lote se llevó a cabo una exploración estocástica de las variables de operación necesarias para extrapolar el sistema a operar en régimen semicontinuo, las cuales incluyen la determinación de volumen inicial ( $V_0$ ), volumen final ( $V_f$ ), flujo volumétrico de alimentación ( $U$ ) y concentración de sustrato en la alimentación ( $S_{in}$ ). El propósito de la manipulación de dichos parámetros de operación fue encontrar una combinación de ellos que permitiera al sistema de reacción alcanzar un estado de equilibrio en el cual se indujera un incremento tanto en la concentración final como en la productividad de hidrógeno del mismo en comparación con el régimen por lotes. Como medida de simplificación de la búsqueda de dichos parámetros se asumió un volumen máximo de  $1 \text{ m}^3$  como base de cálculo, así como una concentración máxima de alimentación de sustrato de  $10,000 \text{ mg L}^{-1}$ , misma que está reportada en literatura que es el límite dentro del cual el efecto de inhibición por sustrato es significativamente menor a la velocidad de crecimiento celular. Finalmente se

decidió acotar la búsqueda de la variable  $U$  a valores escalares reales positivos no mayores a  $0.25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , lo cual se especificó para que el tiempo de reacción fuese lo suficientemente amplio para permitir el desarrollo adecuado del microorganismo.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

El Cuadro 1 contiene el resumen de los resultados obtenidos de la cuantificación del ajuste del modelo matemático propuesto después de la identificación paramétrica, mismos que se establecieron con respecto a un sistema experimental operando por lotes con las siguientes condiciones iniciales:  $S_0 = 6000 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $X_0 = 100 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{CO}_{20} = 10 \text{ mg L}^{-1}$  y  $\text{H}_2 = 10 \text{ mg L}^{-1}$ .

Cuadro 1. Resultados de ANOVA para la regresión cuadrática del modelo propuesto después de la identificación paramétrica contra datos experimentales reportados por Sarma y Kumal (2016).

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor-P
Modelo	8	$3.3967 \times 10^7$	$4.2459 \times 10^6$	$< 0.001$
Residuos ( $X^2$ )	27	$1.8425 \times 10^6$	68240	$R^2$
Total	35	$3.5809 \times 10^7$		0.9486

Estadísticamente se dice que un modelo es adecuado para representar el comportamiento del sistema si el coeficiente  $R^2$  es superior a 0.7, además de que si el valor-P es menor que el índice de significancia  $\alpha$ , definido como la probabilidad de incertidumbre, se habla entonces que no existe diferencia significativa entre los datos predichos por el modelo y los datos experimentales (Gutierrez Pulido y de la Vara Salazar, 2008). Con lo anterior entonces se puede aseverar que el modelo propuesto puede representar de manera confiable la dinámica del sistema de fermentación estudiado al menos dentro de las condiciones de operación sobre las cuales se realizó la identificación paramétrica del mismo.

De acuerdo entonces a los resultados anteriores se procedió a realizar la validación numérica de la pertinencia del modelo propuesto mediante experimentos numéricos a diferentes condiciones iniciales para corroborar cualitativamente que las tendencias de todas las curvas generadas por las ecuaciones propuestas correspondieran con los perfiles esperados para éste tipo de sistemas de fermentación en concordancia con reportes de literatura. Bajo dicha premisa entonces la Figura 1 plasma la representación gráfica de la dinámica simulada con respecto a datos experimentales para la operación por lotes considerando un tiempo de fermentación de 24 horas.

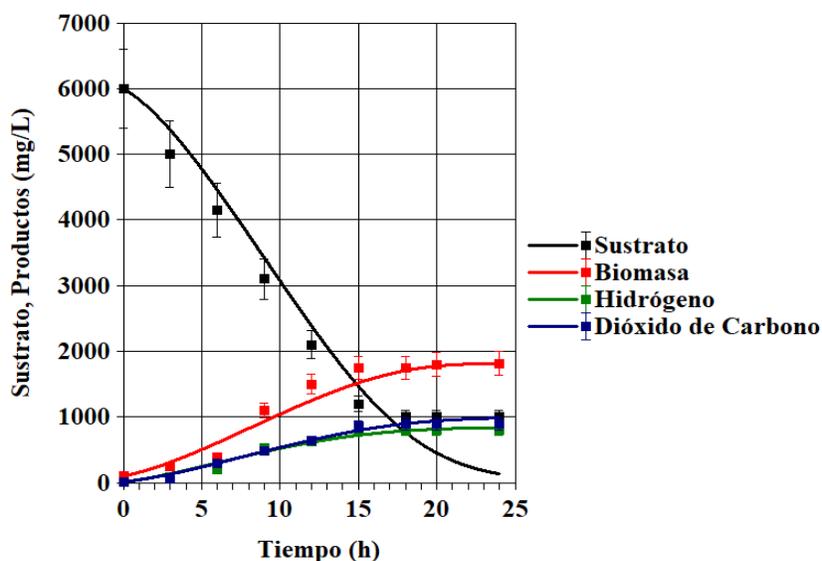


Figura 1. Dinámica predicha por el modelo propuesto para la representación de un sistema de fermentación de glicerol por *Clostridium pasteurianum* para la producción de hidrógeno operando por lotes (líneas continuas) vs. datos experimentales reportados por Sarma y Kumal (2016)

Una vez corroborado que el modelo representaba de manera adecuada las tendencias de los estados modelados a través del tiempo bajo régimen por lote se procedió a realizar una prueba ahora con respecto a la pertinencia cualitativa de la representación predicha por el modelo para un sistema operando en régimen semicontinuo. Para ello entonces se procedió a realizar una simulación considerando las mismas condiciones iniciales que el sistema por lotes reportado por Sarma y Kumal (2016) y como parámetros de operación un volumen inicial de 0.5 m<sup>3</sup> e introduciendo al sistema una  $U = 0.05 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  con una  $S_{in} = 10000 \text{ mg L}^{-1}$  a partir del momento en el cual el sistema por lotes alcanzara el estado de equilibrio. El criterio de paro de dicha simulación fue dado por la expresión  $V_f = 1 \text{ m}^3$  y los resultados de dicha simulación se plasman en la Figura 2, donde se aprecia que las tendencias de las variables de estado modeladas tienen un perfil congruente con la operación del reactor bajo dicho régimen pero que la elección de los parámetros de operación del mismo no permiten alcanzar el objetivo de incrementar tanto la concentración final de hidrógeno como la productividad del sistema con respecto a la operación por lotes. Lo anterior se explica debido a que la política de alimentación no es capaz de revertir el decaimiento en la velocidad aparente de crecimiento celular que ocurre por concepto de la inhibición que se manifiesta por el aumento en la concentración de dióxido de carbono y por el proceso de esporulación propio del género *Clostridium*, siendo que éste último fenómeno se encuentra representado de manera explícita en el modelo gracias a la inclusión del término  $k_{spo}$ .

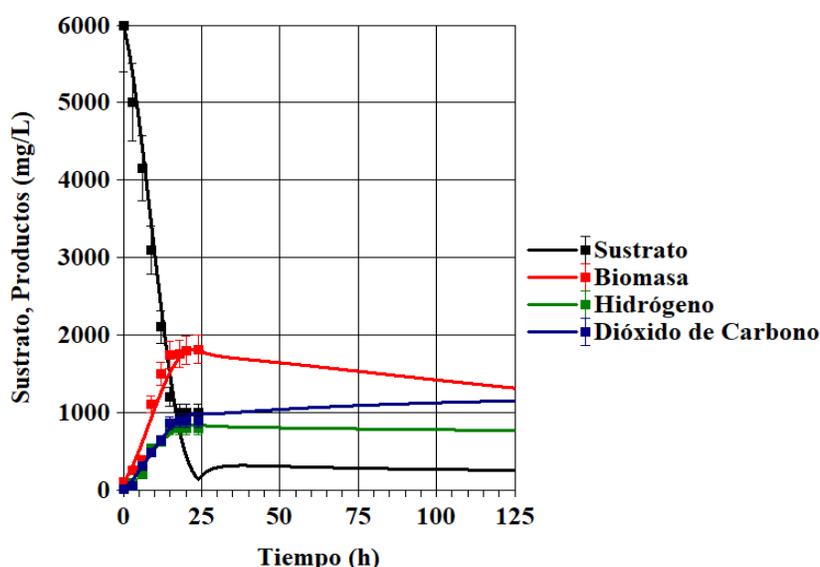


Figura 2. Dinámica predicha por el modelo propuesto para un sistema de fermentación de glicerol para la generación de hidrógeno por *Clostridium pasteurianum* en régimen semicontinuo para  $V_0 = 0.5 \text{ m}^3$ ,  $U = 0.05 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  y  $S_{in} = 10000 \text{ mg L}^{-1}$ .

Con lo anterior entonces se procedió a realizar la búsqueda estocástica de las condiciones de operación en régimen semicontinuo que permitieran revertir el fenómeno de inhibición del crecimiento celular y que ello indirectamente fuese una estrategia para incrementar la conversión de glicerol a hidrógeno. La Figura 3 plasma la dinámica en la cual se obtuvo el mejor desempeño del sistema, donde los parámetros de operación fueron  $V_0 = 0.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ,  $U = 0.025 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  y  $S_{in} = 10000 \text{ mg L}^{-1}$ , sólo que ahora el flujo de entrada de medio fresco se sincronizó con la cinética de crecimiento bacteriano al inicial la alimentación a las 2 horas de iniciado el proceso por lotes, con lo cual se pudo reducir considerablemente el efecto de inhibición provocado por la acumulación de desechos metabólicos dentro del reactor al ejercer un efecto de dilución sobre los mismos.

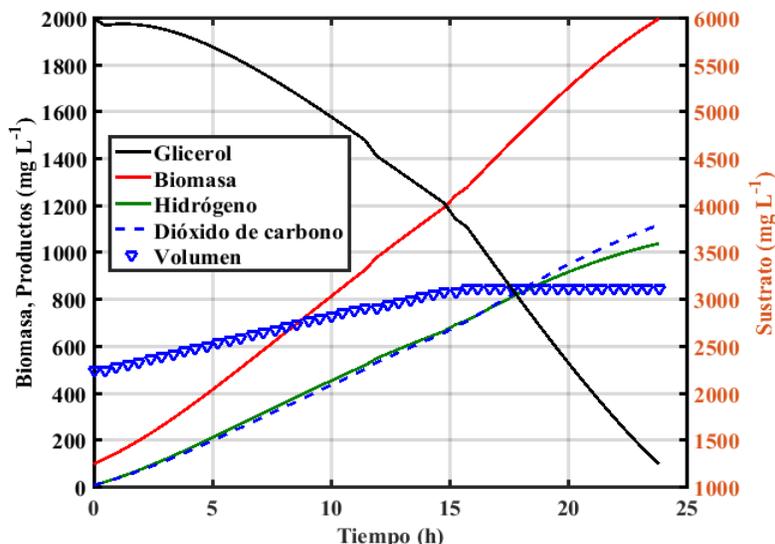


Figura 3. Dinámica predicha por el modelo propuesto para un sistema de fermentación de glicerol para la generación de hidrógeno por *Clostridium pasteurianum* en régimen semicontinuo para  $V_0 = 0.5 \text{ m}^3$ ,  $U = 0.025 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  y  $S_{in} = 10000 \text{ mg L}^{-1}$  iniciando la alimentación a un  $t = 2 \text{ h}$ .

Finalmente se procedió a realizar una comparación numérica del desempeño obtenido por el sistema de fermentación estudiado tanto en régimen por lote y semicontinuo, la cual se plasma en el Cuadro 2. Es evidente que gracias a la implementación de una nueva política de operación se pudo intensificar la respuesta del reactor al incrementar tanto la concentración final de hidrógeno como la productividad del mismo sin incurrir en un aumento del tiempo de fermentación, lo cual impacta de manera positiva tanto la implementación de dicha política en planta como la implementación de operaciones *downstream* para la recuperación del hidrógeno producido por el sistema.

Cuadro 2. Comparación numérica del desempeño del sistema de producción de hidrógeno mediante fermentación de glicerol por *Clostridium pasteurianum* entre operación por lotes y en régimen semicontinuo.

	Régimen por lotes	Régimen semicontinuo	Diferencia
Concentración de $\text{H}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	836.16	1041.56	+ 24.56 %
Productividad de $\text{H}_2$ ( $\text{mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	34.84	45.12	+ 29.5 %

### Conclusiones

Gracias a los resultados obtenidos se pudo establecer un modelo matemático confiable que permite simular y predecir el comportamiento del sistema de producción de hidrógeno a partir de la fermentación de glicerol por parte de *Clostridium pasteurianum*, mismo que resultó una herramienta lo suficientemente versátil para poder indagar el efecto que tiene el cambio en las condiciones de operación del sistema sobre su desempeño.

Además, se mostró que aún es posible llevar a cabo propuestas de política de operación que induzcan una mejora sensible en sistemas de producción de biocombustibles, con lo cual se fortalece la necesidad de la generación de modelos matemáticos representativos de dichos procesos y el impacto de las herramientas y metodología empleadas en el presente trabajo para alcanzar tal fin.

### Referencias

Christiansen, L., von Kursk, O.B. y J. A. Haselip. 2018. UN Environment Emissions Gap Report 2018.

Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., Friel, S., Groce, N., Johnson, A., Kett, M. y M. Lee. "Managing the health effects of climate change: lancet and University College London Institute for Global Health Commission", *Lancet*, Vol. 373, No. 9676, 1693–1733, 2009.

El-Sharnouby, S., Redhouse, J. y R. A. White. "Genome-wide and cell-specific epigenetic analysis challenges the role of polycomb in *Drosophila* spermatogenesis.", *PLoS Genet.*, Vol. 9, No. 10, 2013.

Gavala, H.N., Skiadas, I.V., Ahring, B.K. y G. Lyberatos. "Thermophilic anaerobic fermentation of olive pulp for hydrogen and methane production: modelling of the anaerobic digestion process.", *Water Sci. Technol.*, Vol. 53, 271–279, 2006.

Gutiérrez Pulido, H. y R. de la Vara Salazar. "Análisis y diseño de experimentos", 2da Edición, Mc Graw Hill Interamericana, Ciudad de México, 2008.

Rosenbaum, M., Schröder, U. y F. Scholz. "Utilizing the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* for microbial electricity generation: a living solar cell.", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol. 68, 753–756, 2005.

Sarma, S. y V. Kumar. "Kinetic and thermodynamic analysis (with statistical optimization) of hydrogen production from crude glycerol using *Clostridium pasteurianum*", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 44, 19972–19989, 2016.

Srivastava, N., Srivastava, M., Kushwaha, D., Kumar Gupta, V., Manikanta, P., Ramteke, P. W. y P. K. Mishra. "Efficient dark fermentative hydrogen production from enzyme hydrolyzed rice straw by *Clostridium pasteurianum* (MTCC116).", *Bioresource Technology*, Vol. 238, 552-558, 2017.

Turhal, S., Turanbaev, M. y H. Argun. "Hydrogen production from melon and watermelon mixture by dark fermentation.", *Int. J. Hydrog. Energy*, Vol. 44, 18811–18817, 2019.

Velázquez-Sánchez, H. I. y R. Aguilar-López. "Novel Kinetic Model for the Simulation Analysis of the Butanol Productivity of *Clostridium Acetobutylicum* ATCC 824 under Different Reactor Configurations.", *Chinese Journal of Chemical Engineering*, Vol. 26, 812–821, 2018.

### Notas Biográficas

El **Dr. Hugo Iván Velázquez-Sánchez** es profesor investigador de la Universidad Mexiquense del Bicentenario, en Tultitlán, Estado de México, México. Posee un Doctorado en Ciencias en la especialidad de Biotecnología por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN en Ciudad de México, con un enfoque en el modelado matemático, análisis y optimización de procesos de producción de biocombustibles. Ha publicado artículos en revistas internacionales de las editoriales Elsevier y De Guyter. También posee publicaciones de capítulos de libro en editoriales de los Estados Unidos y la Unión Europea sobre los alcances y perspectivas del uso de fuentes de energía alternativas.

# Estudio de los Residuos Orgánicos de un Rastro Municipal, para su Aprovechamiento en la Generación de Energía Calorífica

MGC. Eleazar Vidal Becerra<sup>1</sup>, Dr. Cuitláhuac Mójica Mesinas<sup>2</sup>,  
MII. Dulce Carolina Acosta Pintor<sup>3</sup> e Ing. Luz Amaranta Reyes González<sup>4</sup>

**Resumen**— Se realizó un estudio en el Rastro Municipal de Ciudad Valles, S.L.P., sobre la generación de residuos y su valorización. Se busca sustituir por biogás, el consumo de gas LP usado durante el sacrificio. El Rastro dispone de sus residuos en el Relleno Sanitario y en la Planta Tratadora de Aguas Residuales del municipio. Este manejo representa elevados costos de operación por el traslado de los residuos y por la elevada carga de materia orgánica a tratar. Se realizó una evaluación técnico-económica del aprovechamiento de estos residuos.

Una vaca durante el sacrificio genera en promedio 101.40 kg de residuos (rumen, estiércol, agua y sangre) y un cerdo genera 3 kg. Se estimó una generación promedio de residuos aprovechables de 21,388.20 kg/mes (16 días de sacrificio al mes), con un potencial mensual de generación de biogás de 1,625.95 m<sup>3</sup>. Se estima un ahorro del 72.83 % de gas LP.

**Palabras clave**—residuos del rastro, digestión anaeróbica, biogás, energía calorífica

## Introducción

El Municipio de Ciudad Valles se localiza en la zona Este del Estado San Luis Potosí, posee una extensión territorial de 2,396.50 km<sup>2</sup> (3.67% del territorio total de S.L.P.), tiene una población de 177,022 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional del 1.37% (INEGI, 2015).

La producción de carne en condiciones sanitarias adecuadas es una necesidad colectiva de suma importancia y un eslabón en la cadena productiva lo constituyen los rastros, que pueden ser municipales, privados y del tipo de inspección federal (TIF). El número total de rastros en México es de 844, de éstos 25 se ubican en el estado de San Luis Potosí, siendo 23 municipales y 2 privados (SENASICA, 2019).

En México los rastros, en su mayoría, ofrecen un servicio público como parte de la Administración Municipal y su principal objetivo es proporcionar instalaciones adecuadas para que los particulares realicen el sacrificio de animales mediante los procedimientos más convenientes para el consumo de la población (INAFED, 2015). Sin embargo, estos rastros y mataderos municipales tienen un gran impacto ambiental negativo en la mayoría de las localidades donde se asientan. Los residuos sólidos y líquidos son dispuestos de forma errónea e insalubre en el drenaje y los cuerpos de agua. Actualmente, la disposición final de los residuos en estos establecimientos tiene un impacto adverso en la biodiversidad local y en el agua con consecuencias directas e indirectas en la salud pública (COFEPRIS, 2007).

El Rastro Municipal de Ciudad Valles, posee áreas de oportunidad relacionadas con los riesgos de sanidad derivados del actual manejo de los residuos, las molestias a los vecinos y los costos de operación para la disposición de los residuos sólidos. Por el crecimiento de la ciudad, sus instalaciones ya quedaron ubicadas dentro de la mancha urbana. Los residuos sólidos que se generan durante el sacrificio (estiércol, contenido ruminal, sangre, grasa, pezuñas y pelos.), se disponen en el relleno sanitario y los residuos líquidos filtrados se derivan a la Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR) del municipio “Birmania”.

El manejo a estos residuos, se traduce en un potencial foco de infección para la salud, en impactos al medio ambiente y en altos costos de operación para el traslado de los residuos sólidos al relleno sanitario y para el tratamiento de las aguas residuales en la PTAR del municipio. Esta situación representa un considerable desperdicio de recursos que pueden ser aún empleados al ser considerados como un subproducto de la matanza. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia otro con visión ambientalista y empresarial, en el que el Rastro conciba que no debe deshacerse de los residuos, sino que los perciba como recursos que se pueden y deben aprovechar. Al mismo tiempo,

<sup>1</sup> MGC. Eleazar Vidal Becerra es PTC en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. [elia.vidal@tecvalles.mx](mailto:elia.vidal@tecvalles.mx)

<sup>2</sup> Dr. Cuitláhuac Mójica Mesinas es PTC en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. [cuitlahuac.mojica@tecvalles.mx](mailto:cuitlahuac.mojica@tecvalles.mx)

<sup>3</sup> MII. Dulce Carolina Acosta Pintor es PTC en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. [dulce.acosta@tecvalles.mx](mailto:dulce.acosta@tecvalles.mx) (autor corresponsal)

<sup>4</sup> Ing. Luz Amaranta Reyes González, estudiante del programa académico de Ingeniería Ambiental del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. [amaranta.glz@hotmail.com](mailto:amaranta.glz@hotmail.com)

que se disminuye la contaminación de la naturaleza y se previenen riesgos a la salud humana directa o indirectamente (COFEPRIS, 2007).

(Medina, 2010), indica que la digestión anaerobia es una tecnología factible para estabilizar los residuos sólidos generados en los rastros y que además se obtienen cantidades considerables de biogás.

Aunado a lo anterior, es importante recalcar que (Weber, Oropeza, Bernal, & Pampillón, 2012) presentan un escenario de bajas emisiones de carbono para el año 2050, detallan que las bioenergías podrían mitigar al menos el 14% de emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta. De estas bioenergías, y a pesar de estar limitada a una actividad regional, la producción de biogás ocupa un lugar importante por tener un desarrollo aplicable de manera comercial y una relación beneficio/costo favorable.

Ante este panorama, se planteó para el presente trabajo realizar una evaluación técnico-económica del aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de biogás como fuente de energía calorífica, en el Rastro Municipal de Ciudad Valles, S.L.P.

### Descripción del Método

#### *Determinación del sistema biodigestor anaeróbico*

Los factores base que se consideraron en el dimensionamiento y determinación del sistema biodigestor fueron el tipo y disponibilidad de la biomasa y las características físico- químicas de la biomasa.

Primero fue necesario determinar la cantidad de residuos generados en el proceso de sacrificio del rastro. Se recolectaron datos de 12 meses y para la estimación se seleccionó al mes de diciembre de 2018, que fue el mes con mayor generación, al registrar una entrada al rastro de 203 bovinos y 268 porcinos. Se partió del peso promedio de una vaca que es de 600 kg. Se pesó la cantidad de residuos orgánicos generados, determinado que durante el sacrificio de una res se generan 71.66 kg de la mezcla de estiércol (tripa) y de contenido ruminal (rumen). Un cerdo genera 3 kg de estiércol (tripa)\*. Al finalizar, en promedio una res genera 101.40 kg de residuos (rumen, estiércol, agua y sangre). A partir de estos datos, como se aprecia en la tabla 1, del capítulo de comentarios finales, en el resumen de resultados, se estimó una generación mensual de residuos de 21,388.22 kilogramos, lo que se traduce en 1,336.76 kilogramos por día, de las excretas y sangre de res y cerdo mezcladas con el contenido ruminal de los bovinos. Se determinó el sistema de biodigestión a través de un proveedor.

\*Nota. El agua y sangre del cerdo se consideró en los 101.40 kg de residuos considerados para una res.

El Rastro Municipal utiliza 60 kg de gas por día (cuando hay sacrificio), en un periodo de trabajo de 6 horas. Su gasto semanal es de 240 kg y mensual de 960 kg. Solo hay sacrificio de animales de martes a viernes, sumando 16 días al mes.

Posteriormente, fue necesario retomar los resultados de un estudio previo realizado por (Reyes, 2019), en donde se estudiaron el contenido de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y de metano (CH<sub>4</sub>) en el biogás producido a través de biodigestión de estos residuos. Los datos de este estudio se presentan en la tabla 2. Estos resultados fueron útiles en un primer momento, para estimar la cantidad mensual de CH<sub>4</sub> y de biogás a generar en el rastro (tabla 1) y posteriormente para estimar la generación de energía calorífica y la demanda cubierta de gas (tabla 3). Para estimar esta demanda, se consideró que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale aproximadamente a 0.43 kg de gas LP (Sistema.bio). Las tablas 1 y 3 se pueden consultar en el capítulo de comentarios finales, en el resumen de resultados.

Tipo de residuo	% ST	% SV	% CH <sub>4</sub> en el biogás
Estiércol bovino (tripa)	13	83.29	65
Estiércol y rumen de bovino	17.99	85.61	
Sangre de res y cerdo con agua	16.82	80.72	
Estiércol porcino	35.32	79.68	

Tabla 1: Resultados físico químicos de los residuos orgánicos del rastro. Fuente: (Reyes, 2019)

A partir de la cantidad diaria de residuos generados y de las condiciones climatológicas que imperan en la localidad y con la ayuda de proveedores expertos en la materia, se determinó usar en este proyecto un sistema modular de 4 reactores de 2.2 m de diámetro x 16 m de largo, cada uno; diseñados para interconectarse y recibir los desechos diarios del rastro, para su fermentación y producción de biogás que se conduzca a través de tuberías al punto de uso.

#### *Estudio técnico-económico del proyecto*

La tecnología para este proyecto es la biodigestión anaerobia a través de un sistema modular de cuatro reactores interconectados entre sí. Cada reactor es un modelo plástico tipo tubular, con capacidad de 60.8 m<sup>3</sup>. Tiene el mejor rendimiento porque la fermentación se da en forma horizontal, entonces hay un desplazamiento más suave de la materia en un proceso continuo, y los residuos viejos no se mezclan con los nuevos. Su utilización es conveniente

para climas cálidos.

Para tratar los residuos orgánicos y efluentes provenientes del Rastro, se eligió este tipo de biodigestor asegurando la calidad, durabilidad, rendimiento y la seguridad en el diseño, construcción, operación y mantenimiento del sistema de biodigestión anaerobia; garantizando también el manejo, y aprovechamiento del biogás producido durante este proceso, para la posterior obtención de la energía calorífica.

Este tipo de biodigestor se adapta a las necesidades del Rastro Municipal, ya que son utilizados comúnmente para tratar estiércol con concentraciones de sólidos menores al 8%, lo que implica diluirlo y hacer uso de importantes volúmenes de agua para alcanzar esa concentración requerida. En el Rastro la dilución se da de manera natural, como parte de los mismos procesos de sacrificio y de limpieza de instalaciones, al hacer uso de agua para llevarlos a cabo. Por lo tanto, no es necesario un consumo adicional de agua. Además, estos reactores no necesitan de calentamiento y tienen un bajo nivel de tecnología, lo que facilita su mantenimiento y disminuye sus costos de operación.

El sistema biodigestor que se recomienda instalar incluye cuatro reactores anaeróbicos en geomembrana de LLDPE de 1.5 mm de espesor, línea de gas, filtro para reducción de H<sub>2</sub>S, válvula de alivio de presión, trampa de agua, quemador, estufa con doble quemador y geotextil protector (Ilustración 1). La ilustración es genérica y solo considera un reactor.

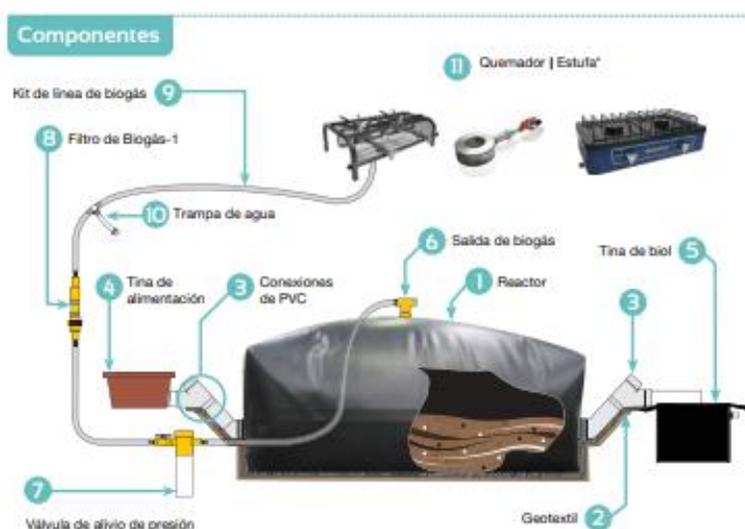


Ilustración 1. Componentes del sistema biodigestor. Fuente: Sistema Biobolsa®

La instalación del sistema biodigestor, implica costos de obra civil, que se desglosan en la tabla 4 y costos del sistema biodigestor con su kit de instalación, que se presentan en la tabla 5.

CONCEPTO	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNIT.	IMPORTE
Limpieza de terreno	28	m <sup>2</sup>	\$24.86	\$696.08
Trazo y nivelación	18	m <sup>2</sup>	\$17.60	\$316.80
Excavación, colado de concreto para muros de contención con espesor 20 cm. (Conc. F'c=200 Kg/cm <sup>2</sup> ). *(F'c = Resistencia del concreto) *	42.80	m <sup>2</sup>	\$333.94	\$14,292.63
Castillo 12 x 20 (4 Varillas 3/8" estribos. 15 concreto. F'c= 200 kg/cm <sup>2</sup> )	18.00	ml	\$202.64	\$3,647.47
Limpiezas de obra, (Incluye traslados de escombros, basura, limpieza final de obra)	1.00	lote	\$3,080.00	\$3,080.00
Barandal de Acero pulvirvestido	1	8 x 7 m	\$20,584.8	\$20,584.80
<b>IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>				<b>\$42,617.78</b>
<b>I.V.A.</b>				<b>\$6,818.85</b>
<b>Total</b>				<b>\$49,436.63</b>

Tabla 42: Costo de la Obra Civil. Fuente propia

En la tabla 5 se muestra el costo total del sistema biodigestor con su kit de instalación

CANTIDAD	PRODUCTO/PROVEEDOR	PRECIO DE VENTA
----------	--------------------	-----------------

1	Sistema 160 – México/ Sistema Biobolsa®	\$308,180.00 MNX
---	---	------------------

Tabla 5: Costo del biodigestor y su kit para la instalación. Fuente propia

Finalmente, la suma total del proyecto, considerando el costo de la obra civil y el del sistema de biodigestión e instalación, se presenta en la tabla 6.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	IMPORTE
Obra Civil	1	\$49,436.63
Biodigestor (Sistema 160 e instalación)	1	\$308,180.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$357,616.63</b>

Tabla 6: Costo total del proyecto. Fuente propia

*Medidas de seguridad preventivas y el mantenimiento del biodigestor*

Se desarrolló un tríptico con las medidas de seguridad preventivas y sobre las necesidades de mantenimiento del biodigestor. Esta información está basada en las especificaciones técnicas para el diseño y construcción de biodigestores en México, que emitió en el año 2010 la SEMARNAT, en colaboración con SAGARPA Y FIRCO. Dentro de las medidas preventivas se consideraron las siguientes:

**Restricción del Acceso.** Se deberá restringir el acceso al área del biodigestor tanto a personas como a animales, en todo momento (desde la excavación, la instalación, la alimentación, etc.), para evitar riesgos y que se dañe la geomembrana.

**Señalizaciones.** Se deberán instalar anuncios visibles de seguridad en el área, que indiquen las siguientes leyendas “PELIGRO, ACCESO RESTRINGIDO, GAS ALTAMENTE INFLAMABLE” y “SE PROHIBE FUMAR”.

**Seguridad en el Sistema de Tuberías.** Se deberá instalar en las tuberías de entrada o de salida de residuos, sellos hidráulicos, que eviten la fuga del gas del interior del biodigestor por la tubería cuando el volumen baja de nivel, y la tubería queda en contacto directo con el gas. Las tuberías deberán identificarse con el color de seguridad correspondiente dado por la NOM-026-STPS-2008.- Colores y Señales de Seguridad e Higiene, e Identificación de riesgos por fluidos en tuberías.

**Instalación de válvulas.** Se deberán instalar válvulas de alivio que liberen automáticamente el gas a la atmósfera cuando el digestor alcance una presión determinada eliminando así el riesgo de desgarre de la membrana o desanclaje del sistema.

**Prevención y control de incendios.** Se deberá determinar el grado de riesgo de incendio, de acuerdo a lo establecido en la NOM-002-STPS-2000, con objeto de identificar las zonas donde se deben de instalar extintores. Para el biodigestor, se deberá instalar equipo contra incendio tipo A y en las áreas eléctricas, instalar equipo tipo C.

**Cerco Perimetral.** Una vez terminada la instalación se debe colocar un cerco perimetral (por ejemplo, de malla ciclónica, reja o paredes), para evitar que personal no autorizado o animales accedan al área (deberá ser por lo menos de 2 metros de altura).

**Equipos de Protección de Seguridad.** Se deberá suministrar a los operadores los equipos/ropa necesarios para trabajar con seguridad en cada área dentro de las instalaciones del biodigestor y las áreas de aprovechamiento energético.

**Ubicación de la toma de muestra.** Se deben instalar sobre una plataforma estable metálica o de concreto localizada lo suficientemente alejada del biodigestor y de cables o tuberías aéreas. La distancia mínima recomendada para su instalación es a 30 metros del biodigestor.

**Protecciones Adicionales.** La fosa del biodigestor debe ser techada a fin de disminuir la condensación interna de humedad e impedir la entrada directa del agua lluvia y también de los rayos ultravioleta del sol, que llegan a tostar el polietileno, lo que disminuye su vida útil.

Es necesario tener la precaución de no permitir la entrada al biodigestor de basura, arena, cemento, piedras, trozos de madera, hojas o tallos de forraje y fibras varias, puesto que puede taparse la entrada y a largo plazo llenarse el fondo con sedimentos que disminuirán la vida útil de la bolsa.

Respecto **al mantenimiento** del biodigestor, se deberán realizar inspecciones periódicas del estado de la cubierta, buscando detectar fugas, rasgaduras y daños en general.

Se deberá realizar una remoción de basura y escombros arrastrados por el viento.

Cuidar que el proveedor de todos los equipos instalados entregué las recomendaciones a los operadores del sistema, que incluyan programas de inspección a puntos específicos a verificar.

Los operadores responsables del sistema, deberán hacer una inspección diaria de tuberías, válvulas y equipo

de medición, para detectar a tiempo cualquier daño que presenten y en caso de haberlo, instrumentar las acciones necesarias para su inmediata reparación.

Verificar que la tubería de conducción del biogás al quemador no presente fugas.

Revisar que la válvula solenoide de corte de combustible funcione correctamente, y hacerle limpieza y ajuste periódicamente.

Verificar que las trampas de condensación de humedad no se hayan saturado.

Este material, pretende ofrecer un panorama de criterios de seguridad y mantenimiento para estos biodigestores, para el cumplimiento normativo, buscando con ello contar con los procedimientos adecuados para su operación.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

A partir de la cantidad de residuos del Rastro, se estimó una generación mensual de biogás de 1625.95 m<sup>3</sup>. En la tabla 1 se presenta la contribución de cada tipo de residuo y la generación total estimada de biogás por mes.

Tipo de residuo	Cantidad de residuos (kg/mes)	ST/mes	SV/mes	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /día	m <sup>3</sup> biogás/día	m <sup>3</sup> biogás/mes
Estiércol Porcino (tripa)	804.00	283.97	226.27	3.46	5.33	159.91
Estiércol bovino (tripa)	1,015.00	131.95	109.90	1.17	1.80	53.89
Estiércol y rumen de bovino	13,531.98	2434.40	2084.09	22.14	34.07	1022.01
Sangre de res y cerdo con agua	6,037.22	1015.46	819.68	8.45	13.00	390.14
<b>TOTAL</b>	<b>21,388.20</b>	<b>3,865.79</b>	<b>3,239.94</b>	<b>35.23</b>	<b>54.20</b>	<b>1625.95</b>

Nota: Para estimar la producción de biogás se usaron los siguientes coeficientes de conversión de los Sólidos Volátiles en CH<sub>4</sub>: estiércol y rumen bovino (34), estiércol porcino (49) y sangre (33). (Harris, 2008).

Tabla 1: Residuos generados en el Rastro de Ciudad Valles y producción de biogás estimada. Fuente propia.

A partir del biogás estimado, se evaluó también la generación de energía calorífica y la demanda cubierta de gas. Los resultados se aprecian en la tabla 3.

Indicadores	Valores obtenidos
Biogás generado/mes (m <sup>3</sup> )	1625.95
Cantidad cubierta de Gas LP con biogás/mes (kg)	699.16
Demanda de gas LP /mes (kg)	960.00
Demanda cubierta de gas/mes (%)	72.83

Tabla 3: Demanda cubierta de gas por mes, a partir del biogás generado con los residuos del Rastro. Fuente propia.

Respecto al análisis financiero, los resultados obtenidos que se presentan en la tabla 7, demuestran que es factible instalar en el Rastro Municipal de Ciudad Valles, S.L.P, un sistema de biodigestión anaeróbica tipo modular de 4 reactores, lo que deriva un costo total de \$ 357,616.63 MNX. El tiempo estimado para el retorno de inversión de la instalación es de dos años y cinco meses.

CONCEPTO	IMPORTE
Inversión	\$357,616.63
Gasto mensual de Gas LP	\$16,964.00
Gasto anual de Gas LP	\$203,568.00
Gasto de Gas LP por mes con el Biodigestor	\$4,609.12
Gasto de Gas LP por año con el Biodigestor	\$55,309.43
Ahorro mensual	\$12,354.88
Ahorro anual	\$148,258.56

Tabla 7: Balance económico final. Fuente propia.

Los resultados que se obtuvieron estiman un ahorro del 72.83% en el consumo de gas LP y con esto se aprovecharán al máximo los residuos orgánicos resultantes del sacrificio de animales.

La recuperación y separación de los residuos en el rastro es esencial, primeramente, para valorarlos como un subproducto y poderlos utilizar en otras actividades como la generación de energía calorífica. Posteriormente, al separar los residuos se facilita el tratamiento del agua residual que se debe realizar para cumplir con la normatividad en la materia (NOM-002-ECOL-1996) y con ello también evitar la contaminación de cuerpos de agua que abastecen a la población.

De esta manera se contribuirá a disminuir los impactos ambientales ocasionados por este tipo de actividades. Así mismo, en la operación de un biodigestor, por tratarse de un recipiente cerrado sujeto a presión, el mantenimiento y las medidas de seguridad son muy importantes para minimizar los riesgos en el trabajo.

#### Conclusiones

Los resultados obtenidos del presente proyecto permiten concluir que con la valorización de los residuos orgánicos generados en el Rastro Municipal de Ciudad Valles, S.L.P., a través de la biodigestión anaeróbica, es posible estimar un ahorro del 72.83 % del gas LP, empleado en el calentamiento de agua para el faenado de las canales y la limpieza de las instalaciones. Se estima también que con la cantidad diaria generada de residuos (1,336.76 kg), es factible producir mensualmente 1625.95 m<sup>3</sup> de biogás y con ello se justifica la instalación de un sistema de biodigestión anaeróbica tipo modular de 4 reactores, cuyo costo total es de \$ 357,616.63 MNX y el tiempo de retorno de la inversión estimado sería de dos años y cinco meses.

La valorización de residuos en el Rastro Municipal representa un beneficio potencial para el medioambiente, el municipio y para la población, al disminuir de manera directa las emisiones de gases de efecto invernadero. Así, mismo, se obtendrá una mayor concientización ecológica en el uso y manejo adecuado de los residuos, evitando con ello la afectación a los mantos freáticos, al suelo y subsuelo y disminuyendo la generación de vectores de insalubridad. Se recomienda, primeramente, recuperar y separar los residuos para poder manejarlos de la manera propuesta. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia uno con visión ambientalista y empresarial en el que se entienda que los residuos no son algo de lo que el Rastro debe deshacerse inmediatamente, sino que son recursos que pueden y deben ser aprovechados.

#### Referencias

COFEPRIS, 2007, Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos. Cofepris. México, D.F., marzo de 2007- ISBN 970-721-402-3. Pags. 18

Harris, Paul H. Biogas Notes, University of Adelaide, Adelaide, 2008

INEGI. (2015). INEGI. Obtenido de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/inter\\_censal/panorama/702825082345.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082345.pdf)

Reyes González, Luz Amaranta, 2019. Potencial de generación de biogás a partir de los residuos del rastro municipal y propuesta de un plan de manejo. Informe técnico de residencia profesional. Tecnológico nacional de México campus Ciudad Valles. Diciembre, 2019.

SEMARNAT, SAGARPA, FIRCO. 2010. Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores en México. México.

SENASICA. (5 de agosto de 2019). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483234/LISTADO\\_RASTROS\\_050819.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483234/LISTADO_RASTROS_050819.pdf)

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008.- Colores y Señales de Seguridad e Higiene, e Identificación de riesgos por fluidos en tuberías. México

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2000, Condiciones de Seguridad. Prevención, Protección y Combate de Incendios en los centros de trabajo. México.

Varnero, M. T. (2011). Manual del Biogás. Santiago de Chile.

Weber, B., Oropeza, M., Bernal, M., & Pampillón, L. (diciembre de 2012). Red Mexicana de Bioenergía. Obtenido de <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT5.pdf>

#### Notas Biográficas

La **MGC. Eleazar Vidal Becerra**, es PTC en el programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. Es miembro del Cuerpo Académico en Formación "Tecnologías de Producción Más Limpia" del 2014 a la fecha. Es miembro del NAB del Programa de la maestría en Ingeniería del TecNM campus Ciudad Valles.

El **Dr. Cuitláhuac Mojica Mesinas**, es PTC del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. Es miembro del Cuerpo Académico en Formación "Tecnologías de Producción Más Limpia" del 2014 a la fecha. Es miembro del NAB del Programa de la maestría en Ingeniería del TecNM campus Ciudad Valles.

La **MI. Dulce Carolina Acosta Pintor**, es PTC en el programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. Es líder del Cuerpo Académico en Formación "Tecnologías de Producción Más Limpia" del 2014 a la fecha. Es miembro del NAB del Programa de la maestría en Ingeniería del TecNM campus Ciudad Valles.

La **Ing. Luz Amaranta Reyes González**, es estudiante del programa de Ingeniería Ambiental del Tecnológico Nacional de México campus, Ciudad Valles.

# Análisis de la contaminación de los Ríos San Pedro y Capelo, Provincia de Pichincha -Ecuador

Luis Mateo Villacreces Murgueitio<sup>1,2</sup>, Lcda. Diana Caiza Guayillico<sup>2</sup>,

**Resumen**— El estudio de la contaminación de los Ríos es de gran importancia debido a que atraviesan por zonas urbanas y pueden afectar negativamente en la salud de los pobladores, en la fauna y flora del sector. El objetivo de este estudio es la caracterización físico química y microbiológica de los Ríos San Pedro y Capelo, determinar el índice de Calidad de Agua (ICA) y tratamiento de las aguas contaminadas. La metodología para determinar los parámetros físico químicos y microbiológicos usada fue con los métodos estándar para la examinación de aguas y aguas residuales 20th edición, se utilizó el protocolo de Brown para determinar el Índice de Calidad de Agua. Los resultados indican numéricamente que el índice de calidad de agua del Río San Pedro 55,2 y del Río Capelo es malo 49,55. Por tanto se concluye que la calidad es medio y mala respectivamente.

**Palabras clave**— caracterización físico química, microbiológica, ICA.

## Introducción

El deterioro en el medio ambiente es debido al aumento acelerado de la población, actividades industriales, farmacéuticas y agrícolas, las aguas negras y grises no son tratadas previamente y son vertidas directamente a los cuerpos de agua (Narro Ramirez & García Gutierrez, 2009) (Ramírez-Cando, y otros, 2017). El cuidado de la naturaleza es de suma importancia para todos los seres humanos del planeta, ya que, gracias a la naturaleza y el medio ambiente, podemos obtener agua, comida, combustibles, materias primas que son necesarias para fabricar muchas de las cosas que utilizamos en nuestro día a día (Barrera & Bahamondes, 2012). Los Ríos son unos de los principales contribuyentes a la contaminación de mares y océanos, debido a que los Ríos se contaminan y estos siguen su caudal hasta desembocar en otras fuentes de agua, se debe tener como prioridad el mantenimiento y prevención de la contaminación de todos los Ríos. La primera vez que fueron reconocidos los Ríos como contribuyentes contaminantes, fue en la Conferencia Técnica de la FAO sobre la contaminación marina y sus efectos en los recursos vivos (Roma, 8-9 de diciembre, 1970). En varios países se han implementado políticas que regulan el uso, tratamiento y conservación de estos cuerpos de agua. Sin embargo, en el Ecuador aún no existe la conciencia necesaria para la preservación y cuidado de estos ecosistemas, ya que solo se lo ve como un recurso a explotar y no así como un ecosistema a conservar (Calo Gualpa & Guerrero Muñoz, 2019) (Encalada, 2010)

La hidrografía del Cantón Rumiñahui está constituida por varios Ríos que lo atraviesan, tales como los Ríos Pita, San Pedro, Santa Clara, Tinajillas (Cachaco), San Nicolás, Capelo entre los más importantes y sus quebradas afluentes, a lo largo de los mencionados Ríos se han desarrollado extensos barrios, con altos índices de densidad poblacional. El crecimiento de la ciudad ha afectado las condiciones del Río, generando problemas ambientales y de salubridad que afectan a los habitantes (Vasquez & Orozco, 2006)

El Cantón se encuentra bañado por algunos Ríos y quebradas, las más importantes por su caudal e impacto son: El Río San Pedro, Río Pita, Río Santa Clara. La contaminación de las fuentes de agua en el cantón Rumiñahui se deben a las continuas y permanentes descargas de aguas residuales y desechos, principalmente domésticos causando que estos Ríos cambien su color e inclusive desprender un hedor que genera disconformidad a todos los habitantes que residen en las cercanías de estos mismos (Machado, 2020). Las microcuencas en el cantón Rumiñahui en la zona media-alta de los Ríos Pita, Sambache, San Pedro y Santa Clara presentan una buena calidad de agua (Albornoz & Rivadeneira, 2011) (Lema Quinga & Vega Ortiz, 2019) El área del Río Santa Clara es 49,22 km<sup>2</sup> dentro del cantón (Aguirre & Lima, 2012). Forma parte del sistema fluvial del Esmeraldas, que es el más largo del noroeste ecuatoriano su área según Teodoro Wolf en 1887 con 21.060 km<sup>2</sup> citado por Barriga (1994).

El área rural cuenta con áreas de conservación como el bosque Suro Chiquito y zonas de protección ecológica de importancia para la conservación de flora y fauna nativa como páramos y remanentes de bosques; por otra parte estas zonas altas son de vital importancia para el almacenamiento de agua la misma que es almacenada y hacia la zona baja brota a través de las fuentes hídricas que a través de la red hidrológica forman los Ríos más importantes del cantón como el San Pedro, Pita, Capelo, Santa Clara, entre otros (Rumiñahui, 2014-2019).

<sup>1</sup> Luis Mateo Villacreces Murgueitio, es alumno de la Academia Militar del Valle y trabaja como ayudante en el Laboratorio de Análisis Ambientales Colibree, Provincia de Pichincha, Ecuador, lvillacreceslabcolibree@gmail.com

<sup>2</sup> La Lcda. Diana Caiza Guayillico es Profesora de Química en el Colegio Academia Militar del Valle, Provincia de Pichincha, Ecuador. dcaiza@amv.edu.ec, **Autor corresponsal**

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida, como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua e índices de contaminación, los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general (Hernández Gonzalez & Nolasco Tobar, 2016).

Para diagnosticar las condiciones ambientales actuales de los Ríos Capelo y San Pedro se realizó la medición de parámetros físicos, químicos y biológicos, in situ y en laboratorio posteriormente se determinó el índice de calidad de agua.

### Descripción del Método

#### Área de Estudio

El Río Capelo se localiza en el Cantón Rumiñahui, con una superficie de 139 km<sup>2</sup>, dividida en tres parroquias urbanas 1) Sangolquí, 2) San Pedro de Taboada y 3) San Rafael (ver Figura 1) y dos parroquias rurales: Cotogchoa y Rumipamba (GADMUR, 2012) (Calo Gualpa & Guerrero Muñoz, 2019). Este Río nace desde la quebrada Santa Isabel y atraviesa los sectores de: Rumiloma, Santa Cecilia y El Purun. Además las urbanizaciones de: Jardines del Valle, Coop. Terranova, Las Retamas, Jardines de Capelo, 18 de Septiembre, Las Orquídeas y los Bohíos. (Vasquez & Orozco, 2006) (Ver Figura 1a y 1b).

El Río San Pedro está ubicado en la Provincia de Pichincha en el Cantón Rumiñahui, nace en los deshielos del volcán Illiniza, al suroeste de la provincia, recibe las aguas de los Ríos Pedregal, Pita, Chiche y Guambi, atraviesa el valle de Machachi hacia el Valle los Chillos y Cumbayá; hasta convertirse en el Río Guayllabamba (Gestión de Comunicación y Medio Ambiente, 2017) El Río San Pedro divide de manera espacial al cantón Rumiñahui en dos grandes bloques; el primero corresponde a los asentamientos humanos de San Rafael, San Pedro de Taboada y Rumiloma, y el otro gran bloque corresponde a la ciudad de Sangolquí (GADM, Cantón Rumiñahui, 2012) (Hinojoza, 2018) (Ver Figura 2).



Figura 1a. Ubicación de las parroquias San Pedro de Taboada y San Rafael en el Cantón Rumiñahui Fuente: (GADMUR, 2012) , 1b) Mapa de ubicación del Río Capelo. Fuente <https://www.google.com/maps/place/Capelo> 2021



Figura 2. Mapa de ubicación Río San Pedro. Fuente Google earth Pro (2021)

*Toma de muestra de agua en los Ríos.*

Se siguió el protocolo establecido por (Espinoza & Zavaleta , 2013), se realizó una vivista previa al sitio de muestreo para poder establecer los puntos de toma de muestra. Hay que tomar en cuenta la accesibilidad al lugar de estudio. La toma de las muestras se realizó en un lugar donde se observa una mayor representatividad (donde el flujo sea constante y no se estanque dependiendo de cada punto) y no exista remolinos. Las muestras de agua se guardaron en frasco de polietileno rotuladas, están fueron llevadas al laboratorio en cadena de frio a 10°C, hasta su análisis.

*Métodos de Análisis*

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, se describe en el Cuadro 1, los parámetros determinados en campo fueron pH, conductividad, STD y oxígeno disuelto, todos estos parámetros se analizaron mediante potenciometría y se utilizó un equipo multiparámetro marca Hach.

Los demás parámetros se analizaron mediante espectroscopia Visible utilizando un espectroscopio marca SC. El DBO5 se determinó mediante el método de álcali-yoduro. Los parámetros se analizaron en el Laboratorio de Análisis Ambientales “Colibree”. Todos los análisis cuentan con curvas de calibración y soluciones de chequeo.

Parámetros	Método	Parámetros	Método
pH	APHA AWWA WEF 4500-H+-B	Nitratos	APHA 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>
Conductividad	APHA AWWA WEF 2510-B	Fosfatos	APHA 4500 P
Oxígeno Disuelto	APHA AWWA WEF 4500-O-B	Turbidez	APHA AWWA WEF 2130-B
Temperatura	APHA AWWA WEF 2550-B	Color	APHA AWWA WEF 2120-C
DQO	APHA AWWA WEF 5220-D	Sólidos Totales Disueltos	APHA AWWA WEF 2540-C
DBO <sub>5</sub>	APHA AWWA WEF 5210-B	Coliformes Fecales	APHA AWWA WEF 9223B y 9222B
		Coliformes Totales	APHA AWWA WEF 9223B y 9222B

Cuadro 1. Métodos de parámetros físico químico biológicos

*Determinación del Índice de Calidad de Agua , ), índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF).*

Para la determinación del Índice de Calidad de Agua se siguió el protocolo de Brown que (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (INSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar Ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA). Se utilizaron los siguientes parámetros: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL) ; pH (en unidades de pH) ; Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L); Nitratos (NO-3 en mg/L); Fosfatos (PO43- en mg/L); Cambio de la Temperatura (en °C) ; Turbidez (en FAU); Sólidos disueltos totales (en mg/ L); Oxígeno disuelto (OD en % saturación). Se siguió la siguiente clasificación: i)Excelente 91 a 100 ,ii)Buena 71 a 90, iii) Regular 51 a 70, iv) Mala 26 a 50, v)Pésima 0 a 25. (Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich , & Menéndez Gutiérrez, 2017)

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (Ec1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (Ec2)$$

Donde: w<sub>i</sub>: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. Sub<sub>i</sub>: Subíndice del parámetro i. (Torres, Cruz, & Patiño, 2009) Ver Cuadro 2

i	Subi	wi 1
---	------	------

	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Cuadro 2. Ponderación de parámetros físico, químicos y microbiológicos en la determinación del ICA.

Los investigadores promediaron todas las curvas, para producir de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. El resultado es interpretado, de acuerdo a la siguiente escala de clasificación, en la que en el fondo representa el color correspondiente a cada rango: i) Excelente de 910-100, ii) Buena 71-90, iii) Media 51-70, iv) Mala 26-50, v) Muy Mala 0-25

### Resultados

Los resultados de los parámetros físico-químicos de las aguas del Río San Pedro y Río Capelo se pueden ver en las Cuadro No3 y 4 respectivamente.

La cantidad de materia orgánica es alta (DBO<sub>5</sub>) en estos Ríos sin embargo, tienen un buen caudal especialmente el Río San Pedro y con las lluvias la concentración de oxígeno es alta, esto es bueno porque se ayuda a oxidar la materia orgánica, pero muchas veces la carga orgánica supera este factor de oxidación. La presencia de materia orgánica en los Ríos es debido a que en estas aguas se descargan aguas residuales negras y grises, proveniente de las urbanizaciones cercanas, que no tienen tratamiento previo a la descarga.

Las muestras fueron tomadas a las 7:30 am (Río San Pedro) y 8:30 am (Río Capelo) y por tanto las temperaturas son relativamente bajas, esto contribuye a mantener el oxígeno disuelto en las aguas y por tanto posee una buena concentración, adicionalmente por el caudal que es grande (Río San Pedro), en el Río Capelo es mucho menor, pero no menos importante. Otro factor significativo a considerar es la época del año en que se tomaron las muestras, en nuestro estudio fue en la época de transición de la época de lluvia a la de sequía, por tanto las lluvias eran intermitentes. Cuando se compara con otros autores sobre el estudio de estos Ríos en algunos parámetros son muy similares y otros no, ya que la lluvia puede causar que las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, nitratos, fosfatos, turbidez, disminuyan y la sequía los aumente. Cuando se ha realizado la comparación de estos parámetros con otros estudios realizados por otros autores no se ha considerado puntos donde las concentraciones son muy bajas casi como de agua potable, esto es debido a que tal vez estos autores tomaron las muestras en puntos que tal vez en consideración de este artículo no son representativos.

### Río San Pedro

Los resultados se compararon con los estudios realizados por CORPLBEC 2016, 2017, 2018, (Hinojoza, 2018) los parámetros de datos en la Cuadro 3. son similares, en determinados puntos de toma de muestra. No se observan diferencias significativas. Esto se puede deber a que no ha cambiado situación del sector no ha cambiado.

No.	Parámetro físico-químico	Resultados
1	Coliformes Fecales	2.69 x 10 <sup>5</sup> NMP (100ml)
2	pH	8.19
3	DBO <sub>5</sub>	490 mg/L
4	DQO	880 mg/L
5	Nitratos	1.65 mg/L
6	Fosfatos	1.347 mg/L
7	Temperatura	15°C
8	Turbidez	22 NTU
9	Sólidos disueltos Totales	409.8 mg/L

10	Oxígeno Disuelto	85% (15°C)
----	------------------	------------

Cuadro No.3 Parámetros Físico Químico de las aguas del Río San Pedro

*Río Capelo*

Se puede comparar los resultados con los estudios realizados por (Calo Gualpa & Guerrero Muñoz, 2019) son similares en lo que corresponde a sólidos totales disueltos, turbidez Gualpa tiene una media de 306 mg/ L, 19, 33 NTU respectivamente. Hay una diferencia significativa en la DQO que en nuestro caso es muy alta y Gualpa tiene una media de 46 mg/L, posiblemente cuando Gualpa tomó muestras lejanas a estos puntos de descarga y por tanto se pudieron diluir, los nitratos en Gualpa tienen una media de 1.4 mg/L pero en este estudio es el doble de la concentración. El oxígeno disuelto tiene un porcentaje alto similar al de Gualpa (2019) de 68% en una parte del Río, por último los coliformes fecales tienen la concentración mas del doble de Gualpa , esto como estuvo explicado es por las descargas de aguas negras (ver Cuadro 4.)

No.	Parámetro físico-químico	Resultados
1	Coliformes Fecales	3.5 x 10 <sup>5</sup> NMP (100ml)
2	pH	7.79
3	DBO <sub>5</sub>	584 mg/L
4	DQO	830 mg/L
5	Nitratos	3.97 mg/L
6	Fosfatos	1.647 mg/L
7	Temperatura	18° C
8	Turbidez	25NTU
9	Sólidos disueltos Totales	420 mg/L
10	Oxígeno Disuelto	67% mg/L(18°C)

Cuadro 4. Parámetros Físico Químico de las aguas del Río Capelo

Al comparar estos resultados con la reglamentación ambiental ecuatoriana TULSMA, libro VI, anexo 1, Cuadro 2, en los parámetros de oxígeno disuelto, pH, nitratos están bajo los criterios de calidad de agua dulce, las coliformes fecales y el DQO no cumplen para el Río San Pedro. En lo que respecta al Río Capelo cumple pH y nitratos, pero oxígeno disuelto , DQO y coliformes fecales no cumplen.

*Calculo Índice de Calidad de Agua (ICA), índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF).*

Según la figura 3 indica que el Río San Pedro posee un agua de calidad Media de 51 a 70, con respecto al Río Capelo posee una calidad mala (ver Cuadro 5). Al comparar estos índices de calidad con los estudios de Hinojoza (2018) concuerda que es una calidad media, para el Río San Pedro y crítico para el Río Capelo ( que aquí indica es malo).

No	Parámetro físico-químico	Resultados	Q Río San Pedro	ICA Río San Pedro	Q Río Capelo	ICA Río Capelo
1	Coliformes Fecales	2,69 x 10 <sup>5</sup> NMP (100ml)	20	3	20	3
2	pH	8,19	85	10,2	90	10,8
3	DBO <sub>5</sub>	490 mg/L	30	3	30	3
5	Nitratos	1,65 mg/L	90	9	85	8,5
6	Fosfatos	1,347 mg/L	35	3,5	30	3
7	Temperatura	15°C	28	2,8	22	2,2
8	Turbidez	22 NTU	60	4,8	55	4,4
9	Sólidos disueltos Totales	409,8 mg/L	45	3,6	45	3,6
10	Oxígeno Disuelto	85% (15°C)	90	15,3	65	11,05
				<b>55,2</b>		<b>49,55</b>

Cuadro 5. Índice de calidad del agua de los Ríos San Pedro y Capelo

### Conclusiones

Se puede concluir que el índice de contaminación de los Ríos San Pedro y Capelo son medio y alto respectivamente, lo cual indica que de acuerdo a otros autores que el problema ambiental persiste en el Cantón Rumiñahui, el cual es descargar las aguas negras y grises a los Ríos. Adicionalmente que no cumplen algunos parámetros físicoquímico y sobre todo microbiológicos según la normativa ambiental ecuatoriana.

### Recomendaciones

Es importante que se siga realizando este tipo de investigación, en cada estación y cada año debido a que se puede ir realizando un historial del comportamiento de estos Ríos que son los principales en el Cantón Rumiñahui, Prov. Pichincha, Ecuador

### Referencias bibliográficas

- Albornoz, G., & Rivadeneira, E. (2011). Atlas de biodiversidad cantón Rumiñahui. . *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui*.
- Barrera, C., & Bahamondes, R. (2012). AGUA. *DIALNET*, 8(1), 50-56.
- Calo Gualpa, A., & Guerrero Muñoz, F. (2019). Evaluación de la Calidad del Río Capelo. *Tesis para optar por el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental*, 1-10.
- Encalada, A. (2010). Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Funciones eco sistémicas y diversidad de los Ríos*.
- Espinoza, R., & Zavaleta, R. (2013). Caracterización hidrodinámica y dispersión de contaminantes de la parte alta del Río Suquiapa, Santa Ana. GADM, Cantón Rumiñahui. (2012). GAD Municipal del cantón Rumiñahui: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012 - 2025.
- Gestión de Comunicación y Medio Ambiente. (2017). Recuperado el 01 de agosto de 2021, de <https://www.pichincha.gob.ec/pichincha/datos-de-la-provincia/100-rios>
- Hernández Gonzalez, F., & Nolasco Tobar, E. (2016). “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA NSF Y MODELACIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE EN LA PARTE ALTA DEL RÍO SUQUIAPA, SANTA ANA, EL SALVADOR”. *Tesis para optar por el título de Ing. Químico*, 28-30.
- Hinojoza, N. (2018). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAN PEDRO, SECTOR VALLE DE LOS CHILLOS, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF). *TESIS CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL*.
- Lema Quinga, L., & Vega Ortiz, W. (2019). “Evaluación de amenazas y vulnerabilidades para el *Astroblepus* spp. en la microcuenca del Río Santa Clara y sus contribuyentes principales, cantón Rumiñahui, Ecuador”. *Proyecto Integrador de grado previo a la obtención del título de Tecnólogo en Estudios Ambientales*.
- Machado, J. (12 de febrero de 2020). Seis Ríos de Quito presentan problemas de contaminación. *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/rios-contaminacion-quito-agua/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA”. *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*. Recuperado el 13 de julio de 2021, de <http://www.snet.gob.ec/Hidrologia/Documentos/calculolICA.pdf>
- Narro Ramirez, A., & García Gutierrez, A. (2009). Las matemáticas limpian el agua. *Política y Cultura*(31), 259-288.
- Quiroz Fernández, L., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el Río Portoviejo, Ecuador. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, VOL. XXXVIII(3), 41-51.
- Ramírez-Cando, L., Spugnoli Paolo, M., Bagatta, M., Tavarini, S., Foschi, L., & Luca, L. (2017). Environmental Assessment of Flax Straw Production for Non-Wood Pulp Mills. *Chemical Engineering Transactions*, 58.
- Rumiñahui, G. A.-C. (2014-2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2025.
- Torres, P., Cruz, H., & Patiño, P. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- Vasquez, D., & Orozco, C. (2006). Recuperación Hidrosanitaria del Río Capelo. *Tesis para obtención título Ing. Civil*, 1-10.

# Modelo UPE: Una Herramienta Universal de Planificación Estratégica para la Investigación Académica

Cristo Ernesto Yáñez León. M.A.E.<sup>1</sup>, Dr. James M. Lipuma<sup>2</sup>, Dr. Víctor Hugo Guzmán Zarate<sup>3</sup>

**Resumen:** La investigación académica actual continúa siendo trascendental para el desarrollo social en todas sus áreas. En Estados Unidos el alto número de propuestas eleva la competitividad y hace insuficiente el presentar una idea innovadora que sólo incluya el mérito científico. Es de suma importancia, además, planificar el impacto, describir las acciones y beneficios a la sociedad, por lo que es necesario integrar la planeación estratégica al proceso de creación de propuestas académicas de investigación, especialmente cuando se trata de abordar problemas complejos, dinámicos y/o sociales. El enfoque sistémico, carece de las ventajas necesarias para resolver dichos problemas, ante esta situación, el presente ensayo explora una alternativa de solución la cual integra las dimensiones de la planeación estratégica, los modelos lógicos y la teoría del cambio para crear un modelo innovador de planeación con enfoque en la infraestructura colaborativa denominado Modelo Universal de Planeación Estratégica (Modelo UPE).

**Palabras clave:** Planeación estratégica, Innovación, Infraestructura Colaborativa, Modelo lógico, Teoría del cambio.

## Introducción

Los autores desarrollan las ideas encontradas en la revisión de la literatura existente referentes a la planeación estratégica así como a los niveles de decisión y agregación, integrándolos con los modelos lógicos (David, 2011; Frey, 2018c; Kellogg Foundation, 2004; Posse Fregoso, 2000; Valdés Hernández, 2009); con la intención de generar una herramienta holística de planeación, a la que denominan el Modelo Universal de Planeación Estratégica (Modelo UPE), aplicable principalmente al campo de la investigación académica, partiendo de las características particulares del contexto donde se llevará a cabo el proyecto de investigación, elaborado en base a tres conceptos fundamentales de la planeación estratégica: la administración de la investigación académica, la teoría del cambio y la administración de proyectos.

## Análisis del enfoque sistémico y la planeación estratégica

### *Ventajas y limitaciones*

Algunas de las ventajas del “Enfoque Sistémico” son: Fundamenta el análisis, tiene percepción global y gestiona la inteligencia competitiva entre muchas otras (Valdés Hernández, 2009). Sus limitaciones principales son: Causa indecisión, no fomenta la inteligencia emocional, no considera las ventajas del enfoque cuantitativo o mixto (Kogan Schmukler, 2017). Estas características le permiten tener un círculo amplio de influencia en varios sectores de la sociedad, pero lo limitan al intentar resolver problemas complejos. En el campo operativo donde los problemas pueden considerarse constantemente cambiantes, complicados y de impacto social, las desventajas del enfoque sistémico le impiden lograr colaboración entre los múltiples niveles del sistema y las diferentes necesidades de cada grupo. Valdés Hernández aporta un concepto fundamental del enfoque sistémico al señalar que “la organización se interrelaciona con otro macro sistema llamado entorno y que es todo aquello que la rodea y no controla” (2014), por lo que es necesario desarrollar “competencias transdisciplinarias” (Risopoulos-Pichler et al., 2020) que nos permitan integrar los diversos grupos de interés en un fin común.

### *La planeación estratégica*

Fundamentalmente la planeación estratégica tiene dos dimensiones: “La formulación estratégica y la implementación estratégica” (Garrido Buj, 2003; Lema, 2004). Existe un momento previo a la planeación estratégica donde se plantea el análisis antes de proceder al diseño, seguido de una medición de resultados en base a los indicadores de control que nos permitirán generar la revisión estratégica. Si bien estas dimensiones son comunes para los administradores de proyectos pueden ser totalmente desconocidas para los investigadores académicos.

<sup>1</sup> Cristo Ernesto Yáñez León. M.A.E. es el director de investigación de la facultad de artes y ciencias liberales de New Jersey Institute of Technology. NJ. USA. [leonc@njit.edu](mailto:leonc@njit.edu) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. James M. Lipuma es el director del “Collaborative for Leadership, Education, and Assessment Research” de New Jersey Institute of Technology. NJ. USA. [lipuma@njit.edu](mailto:lipuma@njit.edu)

<sup>3</sup> El Dr. Víctor Hugo Guzmán Zarate es docente en el programa de doctorado de la IEU Universidad. Puebla. MX. [dr.victorguzman@gmail.com](mailto:dr.victorguzman@gmail.com)

### Los niveles de decisión y agregación

En el contexto de la planeación organizacional (Acle Tomasini, 1990; Cuero Osorio et al., 2007; Otero Iglesias et al., 2004), los niveles de decisión presentados en el Cuadro 1, determinan que área se encargará de proponer el plan y sus programas, (nivel directivo), quienes administrarán el proyecto (nivel gerencial) y quienes serán los encargados de ejecutar las iniciativas (nivel operativo) compuestas por actividades y tareas (Montes De Oca Aviña, 2018). Cada nivel tiene diferente injerencia en las decisiones que serán necesarias implementar y/o ajustar.

Niveles de decisión y agregación		
<i>Nivel directivo</i>	<i>Visión y misión</i>	<i>Planes</i>
Mandos Medios	Estratégico	Programas
Nivel Gerencial	Táctico	Proyectos
Nivel Operativo	Operativo	Iniciativas: Actividades y Tareas <sup>4</sup>

Cuadro 1.- Niveles de decisión y agregación en la organización. Elaboración personal (en base a Valdés Hernández, 2014).

### Modelos lógicos y teoría del cambio

#### Modelos lógicos

En esencia los modelos lógicos se fundamentan en dos ejes generales: El trabajo planeado y los resultados esperados. Siguiendo muy de cerca las dimensiones de la teoría del cambio: los supuestos y los factores externos. Los modelos lógicos pueden ser utilizados como herramientas de planeación y/o evaluación. Los autores concuerdan con las ideas de Shannon y Weaver (1963) y adoptan la definición de la fundación Kellogg sobre los modelos lógicos “The term **logic model** is frequently used interchangeably with the term program theory in the evaluation field. Logic models can alternatively be referred to as theory because they describe how a program works and to what end” (2004, p. 2).

Las partes fundamentales que conforman el modelo lógico: Producción, resultados, impacto, recursos y actividades. Pueden ser entendidas generalmente desde el enfoque de la organización y el enfoque de la investigación, sin embargo, la superposición de los elementos a menudo genera confusión pues sus definiciones varían en lo particular y específico, así como en los contextos de la planeación, la evaluación y el reporte de resultados. Al agregar las dimensiones de control, análisis y diseño estratégico (Amorocho et al., 2009; Lema, 2004; Mintzberg et al., 1997) se puede cerrar el círculo de retroalimentación permitiéndonos integrar la planeación estratégica y la evaluación a la vida del programa.

#### Modelo UPE

En la investigación académica muchas veces es necesario colaborar con diferentes organizaciones y asociaciones tanto públicas como privadas. Existen varios modelos y metodologías (Basarab Nicolescu, 1996; Ravitch & Mittenfelner Carl, 2020; Scholz, 2020), para el desarrollo de la investigación disciplinaria y multidisciplinaria que generarán investigación convergente (National Science Foundation, 2018). Sin embargo, cuando el investigador desea participar de los programas de investigación como por ejemplo: NSF INCLUDES (NSF, 2017) o aquellos que se fundamentan en la infraestructura colaborativa: “NSF's 10 Big Ideas” (National Science Foundation, 2016), el investigador descubre que el desarrollo de programas interdisciplinarios, transdisciplinarios y/o convergentes requieren de una planificación con mayor énfasis en la planeación estratégica. El hecho de tener que integrar a varias organizaciones, algunas de las cuales pueden tener un total desconocimiento de las metodologías de investigación básica, hacen que la aproximación a la solución del problema desde el enfoque sistémico sea limitada por las debilidades propias del mismo.

El Modelo UPE nació de la necesidad primaria de crear una herramienta que permita abordar la planeación estratégica enfocada a la infraestructura colaborativa, aprovechando así el bagaje de conocimientos de los involucrados lo que redundará en el enriquecimiento y fortalecimiento del proyecto. La necesidad secundaria fue brindar apoyo a los diversos grupos de interés en el ecosistema de la investigación subvencionada en el “New Jersey Institute of Technology” (NJIT, 2021), el cual es una Universidad Politécnica de Educación superior en Estados Unidos donde laboran dos de los autores. Las dimensiones del Modelo UPE presentados en el Cuadro 2 son complementadas por los niveles de decisión y agregación previamente expuestos en el Cuadro 1.

<sup>4</sup> Comúnmente estas tres palabras: “iniciativas, actividades y tareas”, se usan indistintamente según el contexto y generalmente se les denomina como actividades. Sin embargo, en el contexto de la planeación estratégica las iniciativas engloban a las actividades y las tareas.

NIVELES DE DECISIÓN Y AGREGACIÓN			DIMENSIONES DEL MODELO UPE
Dirección	Visión y Misión	Planes	I. Pre planeación
Mandos medios	Estratégico	Programas	II. Planeación estratégica
Gerencial	Táctico	Proyectos	III. Implementación
Operativos	Operativo	Iniciativas: Actividades y Tareas	IV. Seguimiento

Cuadro 2.- Niveles de decisión y dimensiones del modelo UPE. Elaboración personal (en base a Valdés Hernández, 2014).

### Cómo se crea el fundamento del Modelo UPE

Normalmente el investigador tiene mayor claridad sobre la dimensión de la implementación y puede identificar sus componentes: 1. Productos, 2. Resultados y 3. Impacto. Sin embargo, integrar los componentes de las dimensiones restantes: 4. Diseño estratégico, 5. Análisis estratégico y 6. Control tienden a estar fuera de su área de especialidad.

El primer paso para desarrollar el Modelo UPE en una investigación académica, es describir de manera precisa cada uno de los seis componentes, en el orden que considere conveniente el investigador o al equipo colaborativo. Una vez que los componentes se han enfocado con claridad y precisión, el siguiente paso es ubicarlos en las dimensiones correspondientes (I al IV), para conformar el diagrama presentado en la ilustración 1, concluyendo así el fundamento lógico del modelo.

### Descripción de las dimensiones del modelo

I. Pre-planeación: Esta dimensión comprende el Análisis Estratégico (Hax & Majluf, 1995), viene siendo una guía estratégica (Lema, 2004), donde se identifican: la visión, ideología esencial, métodos y de ser posible la causa justa (Sinek, 2019), así como el delineamiento de la situación (Mintzberg et al., 1997). En el caso de la *investigación académica*, la etapa de pre-planeación comprende la búsqueda de instrumentos de financiamiento, el análisis del contexto del problema social, la articulación de la visión del programa con la visión de la institución y con la visión personal. Comúnmente la pre-planeación es pasada por alto, pero es en este estadio en el que se hace un recuento de las ideas, recursos, técnicas y estrategias que posibilitarán la investigación. Este es el momento en el que se identifican posibles colaboradores o participantes clave que darán mayor profundidad al plan, por ejemplo, relaciones con evaluadores, colegas de otras instituciones o relaciones con instituciones educativas de nivel medio y superior entre muchas otras.

El objetivo de esta dimensión es determinar la situación inicial, las necesidades existentes, los problemas seleccionados y los posibles recursos a nuestro alcance. En el momento en el que consideramos que es posible el éxito decidimos proseguir con la planeación del proyecto. Es importante destacar que dentro del Análisis Estratégico se examinan: el contexto y la situación, las necesidades y problemas, la guía estratégica, los colaboradores y recursos clave a nuestro alcance.

II. Planeación: Es la dimensión en la que, tras identificar la situación y necesidades se desarrolla el plan general sobre el que diseñaremos el proyecto. También se le puede denominar como la planificación del trabajo. En esta dimensión describiremos qué recursos creemos necesitar para implementar el programa y lo que pretendemos hacer, dentro de ésta se consideran: el diseño estratégico, los recursos disponibles y las actividades a realizar. Se inicia identificando y/o describiendo claramente los recursos “X” que necesitaremos para operar el proyecto. Se continúa desglosando de manera precisa las Iniciativas: Actividades y Tareas, de tal manera que, si tenemos “X” entonces los usaremos para hacer “Y”.

III. Implementación: Es la dimensión en la que se producen los resultados deseados. Es importante identificar que existe una implementación ideal: aquella en la que se describe y se proyecta en papel lo que anhelamos lograr; contrapuesta de la implementación real: en ésta se implementa el proyecto. Una descripción adecuada de los productos y resultados esperados nos facilitará realizar la producción y determinar sus posibles consecuencias.

En la investigación básica y exploratoria esta distinción es complicada de realizar dado que aún no se cuentan con tangibles medibles o en algunos casos con datos preliminares, sin embargo, hablar de la *implementación ideal* se facilita cuando se describe como la realización de las actividades expuestas en la planeación, nos permitirán entregar la cantidad de productos que deseamos brindar a los participantes del proyecto por lo que, en consecuencia podremos obtener resultados, los cuales deben ser medibles. Dichos resultados son los que se observarán en la *implementación real*.

La Implementación contempla: Los productos o la producción, los resultados, las consecuencias y los impactos. Al describir los *productos* (la producción o los insumos) continuaremos la cadena de razonamiento lógico diciendo: Si logramos realizar nuestras iniciativas: actividades y/o tareas entonces entregaremos a los participantes la cantidad “Z” que pretendemos producir. Es en esta sección donde los investigadores comienzan a tener dificultad para articular la predicción de los objetivos dado que en varios casos la investigación puede ser exploratoria o no tener suficientes datos preliminares para identificar los posibles cambios resultantes de la intervención.

Los *resultados* o las consecuencias del proceso nos llevan a decir que: “si entregamos ‘Z’, es decir, la cantidad que pretendíamos, entonces nuestros participantes se beneficiarán al... ( se agrega un objetivo predicho)”. En esta parte es importante encontrar una base o métricas claras contra las que comparar los resultados deseados con la intención de ofrecer una idea más precisa de lo que se pretende lograr.

El *impacto* es posiblemente el paso más sencillo de definir, pero a la vez, el más difícil de lograr, en él se concluye la cadena de razonamiento si se logran los beneficios para los participantes, entonces podremos esperar que se produzcan ciertos cambios positivos en la comunidad, sociedad o el sistema, Este es el último paso en la implementación.

IV. Seguimiento: La última dimensión corresponde al Seguimiento, aquí se localizan: Los sistemas de control, la evaluación, la retroalimentación, los indicadores estratégicos, el ajuste de las iniciativas y de ser necesario se implementarán las medidas remediales necesarias. Es de suma importancia considerar que la *retroalimentación* sea externa, neutral e imparcial. De no ser posible contratar a un evaluador externo se puede recurrir a un evaluador interno pero la objetividad se podrá ver comprometida en el segundo caso.

El componente fundamental de esta dimensión es el control, qué sistemas de control y seguimiento se aplicarán, cómo se desarrollará la evaluación, se definen los canales de retroalimentación y se determinan los indicadores estratégicos que comúnmente siguen la estructura de reporte anual, necesaria en la mayoría de los programas de investigación. Se establece los canales de comunicación con los colaboradores y los evaluadores, así como con la comunidad y los participantes.

*Diagrama del Modelo UPE.*

La comprobación del argumento lógico se estructura atendiendo cada una de las cuatro dimensiones en el orden que se presentan en la base del diagrama (ilustración 1); siguiendo la premisa de razonamiento “Si X... entonces Y...”, consolidándose de esta manera el proyecto de investigación.



Ilustración 1.- Modelo UPE. Elaboración propia desarrollada por Cristo Ernesto Yáñez León.

*Enfoque del Modelo UPE*

La propuesta del Modelo UPE enfocado en la infraestructura colaborativa integra las dimensiones de la Teoría del Cambio, agrupando todas las definiciones previamente enunciadas para generar una herramienta universal de planeación estratégica partiendo de las características particulares del contexto donde se llevará a cabo.

## Aplicabilidad del Modelo UPE

### Usos del Modelo UPE

Su aplicabilidad nos permite utilizarlo como:

- Una herramienta valiosa de planeación de programas,
- una herramienta de gestión de proyectos y/o
- una herramienta de colaboración con los grupos de interés.

### Importancia de la adopción del Modelo UPE

Una de las mayores barreras identificadas por los autores en el campo de la investigación académica, es el hecho de que al momento de implementar proyectos de investigación los investigadores académicos no cuentan con el tiempo necesario para planificar un programa, desarrollar los proyectos y estructurar las iniciativas necesarias dentro del mismo. El tiempo requerido para adquirir las competencias necesarias para la resolución de problemas complejos (Risopoulos-Pichler et al., 2020) es incompatible con la realidad del quehacer docente y de investigación. Los autores decidieron explorar los procesos necesarios para adquirir una visión compartida, la cual brinde guía en la dirección de las de metas, métricas y controles, con lo que se pretende desarrollar a su vez una comunicación transparente con las asociaciones, los colaboradores, y los diversos grupos de interés, facilitarán el desarrollo de actividades mutuamente reforzadas lo cual fomentará la sostenibilidad y escala de los programas generados sustentados con el Modelo UPE.

## Conclusiones

Los autores consideran que el impacto del Modelo UPE en la investigación con infraestructura colaborativa será de gran utilidad para el desarrollo de la investigación académica, dado que el estudio de la planeación estratégica agrega valor directo a la administración y gestión de proyectos tanto por la sencillez de su estructura, como por la integración directa de las definiciones exploradas. Su flexibilidad como herramienta de planeación o de gestión de proyectos permite que su implementación genere valor agregado al investigador y a la comunidad en general. De igual manera, se observa como una de sus fortalezas principales la facilidad de la visualización del flujo lógico del proyecto en su totalidad, lo cual redundará en la optimización del recurso humano, la interacción de diversidades generando un enriquecimiento de ideas fomentando la colaboración. Finalmente, en relación a la aplicabilidad hemos trabajado con este modelo, de manera exploratoria, con grupos de investigadores de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM por sus siglas en inglés) así como del área de ciencias sociales y educación en el New Jersey Institute of Technology en New Jersey USA.

El Modelo UPE ha sido recibido con gran satisfacción, generando entusiasmo colaborativo en la comunidad académica, siendo notorio el enriquecimiento propiciado por la diversidad de aportaciones, cabe destacar que, en el New Jersey Institute of Technology ha sido aplicado en proyectos de investigación que han logrado financiamiento a nivel estatal y federal del gobierno de USA.

## Referencias Bibliográficas:

- Acle Tomasini, A. (1990). *Planeación Estratégica y Control Total de Calidad* (2.<sup>a</sup> ed.). Editorial Grijalbo. <https://www.amazon.com/Planeaci%C3%B3n-Estrat%C3%A9gica-Control-Total-Calidad/dp/968419966X>
- Amorocho, H., Chadid, S., Ricardo, A., Ruíz, C., & Aleán, M. (2009). Planeación estratégica de largo plazo, una necesidad de corto plazo. *Pensamiento y gestión: revista de la División de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte*, 26, 191-213.
- Basarab Nicolescu. (1996). *Manifiesto de la transdisciplinariedad (Transdisciplinariété)* (1.<sup>a</sup> ed.). Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, A.C. [https://basarab-nicolescu.fr/BOOKS/Manife\\_Espagnol\\_Mexique.pdf](https://basarab-nicolescu.fr/BOOKS/Manife_Espagnol_Mexique.pdf)
- Cuero Osorio, J. E., Espinosa Ortegón, A. M., Guevara Restrepo, M. I., Montoya Zapata, K. A., Orozco Moreno, L. P., & Ortiz Martínez, Y. A. (2007). *Planeación Estratégica Henry Mintzberg*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- David, F. R. (2011). *Conceptos de Administración Estratégica* (Spanish Edition). Pearson Educación. <https://www.amazon.com/Conceptos-Administraci%C3%B3n-Estrat%C3%A9gica-Spanish-David/dp/970261189X>
- Frey, B. B. (2018). *The SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement, and Evaluation* (1.<sup>a</sup> ed.). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781506326139>
- Garrido Buj, S. (2003). El proceso estratégico y Metodologías y análisis. En *Dirección Estratégica* (pp. 22-53). McGraw-Hill Companies.
- Hax, A. C., & Majluf, N. S. (1995). *The Strategy Concept and Process: A Pragmatic Approach*.
- Kellogg Foundation. (2004). *W.K. Kellogg Foundation Logic Model Development Guide*. W.K. Kellogg Foundation. <https://www.wkff.org:443/resource-directory/resource/2006/02/wk-kellogg-foundation-logic-model-development-guide>
- Kogan Schmukler, Y. (2017, de Enero). *El enfoque sistémico y sistemático en un proyecto*. INCAE. <https://www.incae.edu/es/blog/2017/01/26/el-enfoque-sistemico-y-sistemático-en-un-proyecto.html>
- Lema, J. (2004). La Guía Estratégica. El corazón del plan estratégico. *Revista EIA*, 2, 9-16.
- Mintzberg, H., Quinn, J. B., & Voyer, J. (1997). *El Proceso Estratégico: Conceptos, contextos y casos* (Breve). Pearson Educación.
- Montes De Oca Aviña, J. A. (2018, agosto 30). Diferencias entre Plan, Proyecto, Actividad o Tarea. *Grupo Emprende*. <https://www.grupoemprende.mx/diferencias-entre-plan-proyecto-actividad-o-tarea/>
- National Science Foundation. (2016, noviembre 17). *NSF's 10 Big Ideas—Special Report*. [https://www.nsf.gov/news/special\\_reports/big\\_ideas/](https://www.nsf.gov/news/special_reports/big_ideas/)
- National Science Foundation. (2018, marzo 23). *Dear Colleague Letter: Growing Convergence Research*. [https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18058/nsf18058.jsp?WT.mc\\_id=USNSF\\_25&WT.mc\\_ev=click](https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18058/nsf18058.jsp?WT.mc_id=USNSF_25&WT.mc_ev=click)

- NJIT. (2021). *New Jersey Institute of Technology* [Drupal]. NJIT. <http://www.njit.edu/>
- NSF. (2017, septiembre). *27 new NSF INCLUDES awards aim to enhance U.S. science and engineering enterprise* [News Release 17-084]. [https://www.nsf.gov/news/news\\_images.jsp?cntn\\_id=243055&org=NSF](https://www.nsf.gov/news/news_images.jsp?cntn_id=243055&org=NSF)
- Otero Iglesias, J., Barrios Osuna, I., & Artiles Visbal, L. (2004). Reflexiones en torno a la definición de Proyecto. *Educación Médica Superior*, *18*(2), 1-1.
- Posse Fregoso, J. L. (2000). *Administración de proyectos*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ravitch, S. M., & Mittenfelner Carl, N. (2020). *Qualitative Research: Bridging the Conceptual, Theoretical, and Methodological* (2.ª ed.). SAGE Publications, Inc. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/qualitative-research/book259238>
- Risopoulos-Pichler, F., Daghofer, F., & Steiner, G. (2020). Competences for Solving Complex Problems: A Cross-Sectional Survey on Higher Education for Sustainability Learning and Transdisciplinarity. *Sustainability*, *12*(15), 6016. <https://doi.org/10.3390/su12156016>
- Scholz, R. W. (2020). Transdisciplinarity: Science for and with society in light of the university's roles and functions. *Sustainability Science*, *15*(4), 1033-1049. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00794-x>
- Shannon, C., & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication* (1.ª ed.). The University of Illinois Press.
- Sinek, S. (2019). *The Infinite Game*. Portfolio.
- Valdés Hernández, L. A. (2009). Planeación estratégica con enfoque sistémico y pragmático. *Revista Contaduría y Administración*, *193*, 61-83.
- Valdés Hernández, L. A. (2014). *Planeación estratégica con enfoque sistémico* (2.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma De México. [http://docencia.fca.unam.mx/~lvaldes/libro/planeacion\\_estrategica\\_2\\_Edicion.pdf](http://docencia.fca.unam.mx/~lvaldes/libro/planeacion_estrategica_2_Edicion.pdf)

### Notas Biográficas

El **M.A.E. Cristo Ernesto Yáñez León**, se graduó con mención honorífica “Summa Cum Laude” en el 2015 y recibió el reconocimiento como “Líder de generación EXATEC” en el 2021 por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Actualmente gestiona la logística de los programas de investigación de la Facultad de Ciencias y Artes Liberales, así como la gestión previa y posterior de más de 97 proyectos de investigación activas, supervisando el envío de 180 propuestas por año en promedio, y sirve como enlace con la Oficina de Investigación, el Decano de la facultad, 6 departamentos y 116 profesores del “New Jersey Institute of Technology”. En colaboración con el Dr. James M. Lipuma ha creado cuatro artículos de investigación publicados en revistas académicas y participado en varios proyectos de investigación como consultor de planeación estratégica.

El **Dr. James M. Lipuma** ha completado el desarrollo curricular, el diseño de evaluaciones, la evaluación de programas y los proyectos de diseño y desarrollo de programas para escuelas públicas, universidades, para el Departamento de Educación de Nueva Jersey, el Departamento de Educación de Estados Unidos y la Fundación Nacional de Ciencias. También ha enseñado a más de 5,000 estudiantes en más de 200 cursos en sus 25 años en NJIT. Ha completado el trabajo en casi \$ 6 millones USD en subvenciones de investigación, incluidos más de \$ 2,5 millones USD como investigador principal y/o secundario, así como también recibió más de \$ 250.000 USD en donaciones para sus proyectos de investigación académica.

El **Dr. Víctor Hugo Guzmán Zarate**, apoyo el desarrollo del presente ensayo como mentor y consultor en los temas de planeación estratégica.

# La WebQuest como Propuesta de Estrategia de Enseñanza- Aprendizaje para Alumnos de Ingenierías

M.Ed. Carlos David Zapata y Sánchez<sup>1</sup>, y Dra. Ma. Guadalupe López Molina<sup>2</sup>

**Resumen**— La necesidad de redimensionar la enseñanza de las matemáticas hacia los intereses y capacidades de los alumnos es un principio pedagógico que en la actualidad ha cobrado fuerza, centrando el aprendizaje en el estudiante. El propósito de este artículo es proponer una estrategia activa denominada WebQuest para el aprendizaje de los Métodos Numéricos en las escuelas de Ingeniería que ofrecen esta materia como parte de su currículum. Esta propuesta se describe a más detalle en la Tesis de Doctorado en Educación de Zapata y Sánchez en el Instituto de Estudios Universitarios, Plantel Puebla. Entre los objetivos del estudio está el de examinar algunas estrategias constructivistas que se adapten a los estilos de aprendizaje de los estudiantes buscando que éstos se comprometan con su aprendizaje, teniendo al docente en el papel de mentor. El estudio reporta que los estilos de aprendizaje predominantes en los alumnos de ingenierías en Puebla son: Activos, Sensoriales, muy Visuales y Secuenciales, de acuerdo con el Inventario de Estilos de Aprendizaje de Felder.

**Palabras clave**— Estilos de aprendizaje, métodos numéricos, educación en ingeniería, constructivismo, WebQuest, México

## Introducción

Los cursos de matemáticas en los semestres tempranos de las escuelas de Ingeniería tienen grandes exigencias y esto genera una deserción escolar importante. Los docentes no experimentados carecen de capacitación como instructores, e imparten las materias como las aprendieron durante su estancia en las escuelas de matemáticas o de ingeniería.

Una faceta importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje es la forma en cómo los alumnos aprenden. Por ello, la identificación de sus estilos de aprendizaje permite buscar estrategias de enseñanza que permitan un aprendizaje efectivo. Con la finalidad de establecer la preferencia de los estudiantes para la adquisición-procesamiento-aplicación del aprendizaje, se utilizó un cuestionario denominado Inventario de Estilos de Aprendizaje de Felder (ILS) para valorar y determinar este concepto en un grupo de estudiantes voluntarios del Curso de “Métodos Numéricos” dentro de cinco escuelas de Ingeniería en la zona metropolitana de Puebla. Además, se realizó una entrevista semiestructurada a un grupo de docentes voluntarios de las mismas escuelas. Este inventario, permite clasificar o caracterizar a los estudiantes según sus estilos, en activos, reflexivos, sensoriales, intuitivos, visuales, verbales, secuenciales y globales en distintas combinaciones. Por otra parte, la entrevista con los docentes permitió visualizar un panorama de los estilos de enseñanza de la materia en las escuelas de Ingeniería.

Aunque resulta complejo diseñar o encontrar estrategias de aprendizaje que se adapten a cada estilo, se pueden agrupar a los estudiantes por clases y buscar una estrategia de enseñanza que englobe los estilos predominantes de aprendizaje por parte de cada uno de los alumnos. Los resultados de esta caracterización coinciden con los datos obtenidos en otras pruebas realizadas por el Dr. Felder en diferentes países. Esto proporciona una imagen del tipo de estudiante por su estilo de aprendizaje, y abre perspectivas para buscar estrategias funcionales de enseñanza.

Siguiendo el postulado de Piaget en el sentido de que cada individuo construye su propia estructura de conocimiento, estableciendo pruebas continuas de estas estructuras, contra su ambiente externo y adaptándolas para ajustarse a ese ambiente, se desprende que la mayoría de los individuos adquieren una estructura o modelo que funciona de manera aceptable, aunque la estructura resultante puede no ser funcional de forma absoluta.

Cuando los estudiantes de ingeniería se inician en los cursos de Física, por ejemplo, traen el concepto de que para que un objeto se desplace en un movimiento constante, hay que aplicarle una fuerza constante. Esto se debe a que su experiencia empujando objetos, bicicletas o autos así les ha enseñado; y para estos propósitos este conocimiento es suficiente. Pero luego, tras conocer las Leyes de Newton, toman conciencia de los efectos de la fricción, y la fuerza de aceleración, los cuales afectan la fuerza requerida, entonces su estructura de conocimiento debe reconstruirse. Posteriormente aprenden que, para la física relativista, las Leyes de Newton son un caso particular y entonces nuevos modelos deben incorporarse a su estructura para reequilibrarla. Otras situaciones didácticas se presentan en la geometría, cuando traen el concepto de que las líneas paralelas no se cortan entre sí,

<sup>1</sup> Carlos David Zapata y Sánchez M.Ed. ha sido docente de Matemáticas y Métodos Numéricos en la UDLAP, en la Ibero Puebla, en la UPAEP y en la U. Anáhuac de Puebla, México. [czapataysanchez@gmail.com](mailto:czapataysanchez@gmail.com)

<sup>2</sup> La Dra. María Guadalupe López Molina es académica de tiempo completo en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Ibero Puebla, México [musi.lopez@iberopuebla.mx](mailto:musi.lopez@iberopuebla.mx)

pero para la geometría no euclidiana, en el espacio curvo las paralelas se pueden llegar a cortar múltiples veces, eso sin mencionar los fenómenos observables y no observables en las múltiples dimensiones espaciales en las que estamos inmersos.

El Constructivismo de Piaget puede guiar a los docentes a enseñar mediante estrategias de solución de problemas, con lo que, si se adiciona la parte tecnológica propuesta por Papert, conduce al construccionismo, y éste, a su vez, puede utilizarse como base para estrategias de enseñanza-aprendizaje activas, como las WebQuests.

Resolver una tarea planteada en una WebQuest, involucra y compromete al alumno a buscar, indagar, leer, comprender, discernir, analizar, sintetizar, valorar, transformar y acomodar la información para construir un producto final. La finalidad didáctica de una WebQuest está encaminada a que los estudiantes trabajen integrados en un equipo, de preferencia, para así elaborar sus propios esquemas a partir de sus conocimientos previos y sus indagaciones en sitios sugeridos por sus profesores, con lo que obtienen el andamiaje necesario para transformar sus estructuras de conocimiento. Para lograr esto, es necesario reeducar a los docentes para reenfocar el proceso de la enseñanza, donde los estudiantes deben constituirse en los protagonistas de su aprendizaje y el docente debe actuar como un tutor o mentor, guiando a sus pupilos con su conocimiento y experiencia.

En este sentido, debe recordarse que “la única constante es el cambio”, como dijo alguna vez el filósofo Heráclito. Por tanto, la educación debe cambiar constantemente para ser efectiva en un mundo determinado por acelerados cambios sociales y tecnológicos. En las escuelas de Ingeniería se prepara a los artífices del futuro; es por esta razón que debe hacerse aplicando la forja tecnológica, alimentada con el fuego y el alma pedagógica.

### Descripción del Método

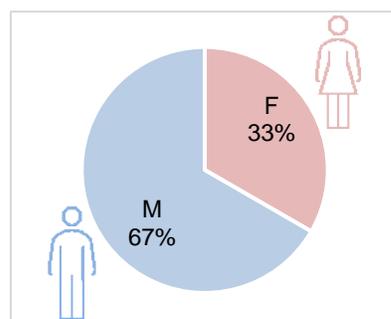
#### *Caracterización de los estilos de aprendizaje*

El interés inicial de este trabajo se centra en conocer los estilos de aprendizaje predominantes en los estudiantes, para de este modo contrastar con los estilos de enseñanza tradicionales en las escuelas de ingeniería. En una etapa posterior, se describen estrategias didácticas construccionistas orientadas a esos estilos que les permitan un aprendizaje significativo. Las variables por establecer fueron las preferencias de los estudiantes en cada una de las llamadas dimensiones de estilos de aprendizaje propuestas por Felder y Silverman, a saber: los sensitivos vs los intuitivos, los visuales vs los verbales, los activos vs los reflexivos y los secuenciales vs los globales. Manteniendo el estudio dentro del marco de referencia de que estos estilos reflejan las tendencias o preferencias de aprendizaje y no indican fortalezas o debilidades.

El cuestionario de Felder fue respondido por 45 estudiantes de diferentes carreras de ingeniería, obteniéndose los siguientes datos demográficos globales.

1. Bajo el concepto de género, se refleja que del total de los estudiantes que respondieron el cuestionario (Figura 1):

- 15 estudiantes (33%) corresponden al género femenino.



- 30 estudiantes (67%) son del género masculino.

Figura 1. Género de los participantes

2. Con respecto a la edad, se tienen los siguientes datos para los estudiantes (Figura 2):

- 11 (24%) fluctúan entre los 19 y 20
- 16 (36%) están en los 21 años
- 9 (20%) tienen 22 años
- 9 (20%) están entre 23 y 25 años

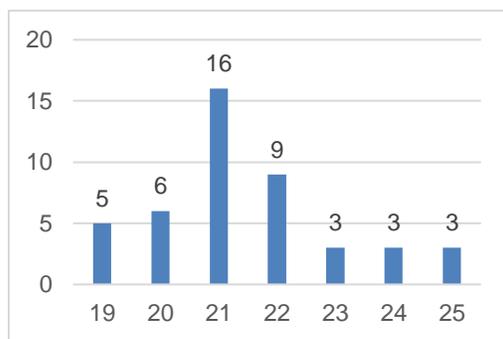


Figura 2. Edades de los participantes (en años)

3. Proporción de estudiantes que participaron por institución. (Figura 3).

- Ibero - Puebla – 29 estudiantes (64%)
- UPAEP – 7 estudiantes (16%)
- UDLAP – 2 estudiantes (4%)
- Anáhuac – 3 estudiantes (7%)
- BUAP – 7 estudiantes (9%).

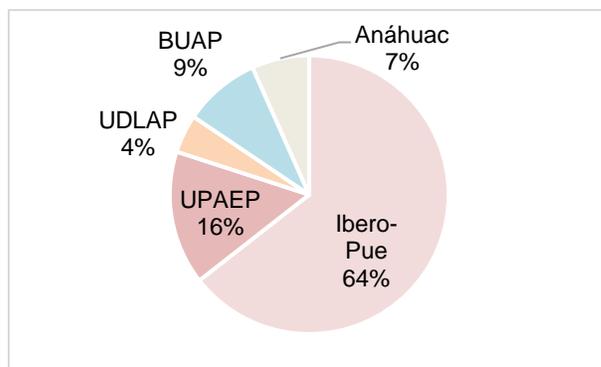


Figura 3. Participantes por institución educativa

4. Número de estudiantes que respondieron el cuestionario por tipo de carrera. (Figura 4).

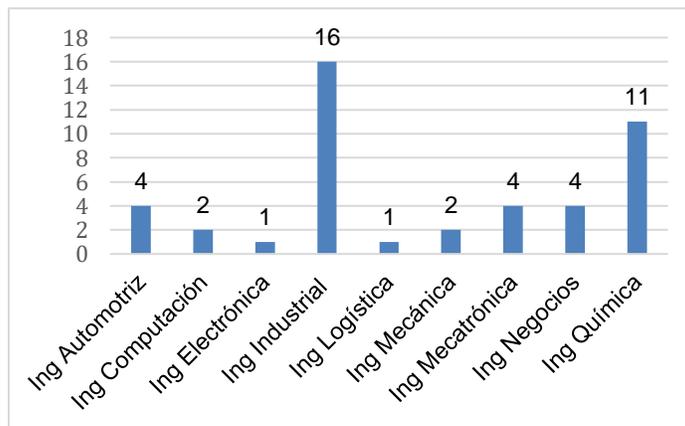


Figura 4. Número de estudiantes por carrera

5. Proporción de alumnos por semestre (Figura 5)

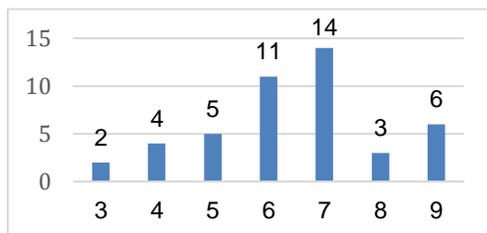


Figura 5. Número de estudiantes por semestre

Resumen de los estilos de aprendizaje sobre el análisis de 45 estudiantes después de aplicar el ILS de Felder:

Sumas por tipo	a	<b>Activo</b>	<b>Sensorial</b>	<b>Visual</b>	<b>Secuencial</b>
	b	<b>Reflexivo</b>	<b>Intuitivo</b>	<b>Verbal</b>	<b>Global</b>
Total de estudiantes:		29	35	41	29
		16	10	4	16
		45	45	45	45
Porcentajes:	a	<b>64%</b>	<b>78%</b>	<b>91%</b>	<b>64%</b>
	b	<b>36%</b>	<b>22%</b>	<b>9%</b>	<b>36%</b>
		100%	100%	100%	100%

Figura 6. Estilos aprendizaje predominantes

Se observa que, en esta muestra, la mayoría de los estudiantes tienden a ser *activos*, *sensoriales*, (muy) *visuales* y *secuenciales* (Figura 7).

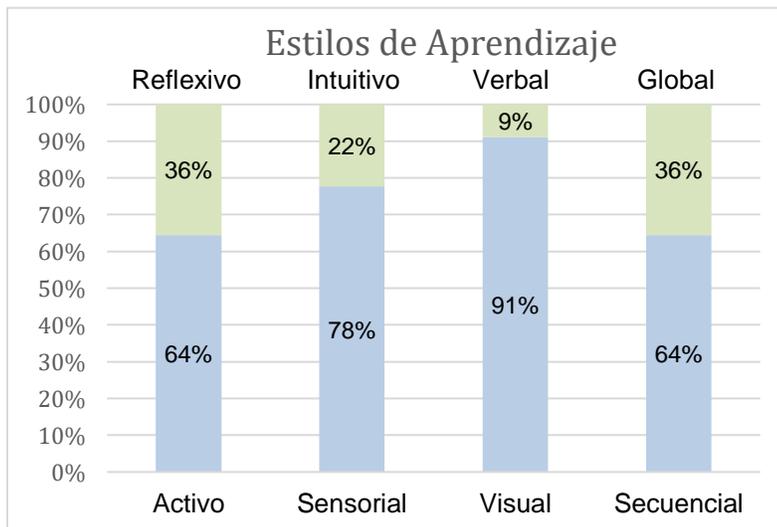


Figura 8. Estilos de Aprendizaje

Repasando estas características, según Felder y Silverman (1988, p. 678):

- Los estudiantes *activos* se involucran en una actividad física o discusiones; requieren hacer experimentación activa, trabajar en grupo y hacer algo con la información del mundo externo, así como discutir, explicar y probar.

- Los estudiantes *sensoriales* requieren observar y recopilar datos a través de los sentidos, la experimentación y la solución de problemas; son pacientes y cuidan los detalles, pueden ser lentos en la realización de un trabajo.
- Los *visuales* se sienten cómodos cuando reciben la información en forma de vistas, cuadros, diagramas, figuras, diagramas de flujo, demostraciones, películas y esquemas; tienden a olvidar información comunicada en forma verbal.
- Los estudiantes *secuenciales* prefieren el material presentado en una secuencia o progresión ordenada y lógica. Siguen procesos de razonamiento lineal para la solución de problemas y pueden trabajar, aunque tengan una comprensión parcial del problema. Pueden realizar análisis y pensamiento convergente.

### *Estrategias activas de aprendizaje*

En el caso que motivó este estudio, el aprendizaje de los métodos numéricos como matemáticas aplicadas en el currículo de ingeniería, se plantea que deben buscarse estrategias que transformen a los alumnos - usuarios de la tecnología en estudiantes - constructores del conocimiento. Otro aspecto que se podría incorporar es el referente al mayor atractivo del aprendizaje mediante actividades divertidas, sin perder de vista la fundamentación pedagógica de lo que se pretende enseñar en clase.

Concerniente a lo anterior, el aprendizaje centrado en el estudiante promueve el uso de metodologías diferentes a las tradicionales de transmisión de información; por ello, incita a abordar una didáctica activa y constructorista, la cual prioriza la actividad práctica frente a la reflexión teórica. En esta concepción, el aprendizaje se estimula cuando el estudiante de ingeniería participa activamente en el proceso, construyendo significados a partir del contenido, desarrollando actividades concretas y resolviendo problemas en colaboración con sus profesores y compañeros.

Es importante resaltar que este proceso de aprendizaje centrado en el estudiante requiere de una acción madura por parte del docente y el discente. Derivado de esto, el profesor debe evolucionar para pasar de ser “la fuente del conocimiento, transmisor de la información, el experto en contenidos y conocedor de todas las respuestas”, a un facilitador, tutor, guía y participante activo en el proceso. Aunque esta evolución implica un mayor esfuerzo, es indispensable planear las actividades de manera que haya una coherencia entre los objetivos de enseñanza y la forma de evaluar el aprendizaje.

Por “estrategias activas” se entiende a todos aquellos métodos y técnicas que utiliza el maestro para transformar el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del estudiante y lleven al aprendizaje, tal como apuntaron Labrador y Andrew en 2008 (Silva Quiroz & Maturana Castillo, 2017). Sin embargo, estas estrategias se centran más en las actividades que en los contenidos, lo que implica un cambio en la planificación de la asignatura, las actividades y la evaluación del aprendizaje.

Dentro de estas metodologías pueden contarse: el Análisis de Casos, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aula Invertida, el Aprendizaje Centrado en Equipos, Aprendizaje y Servicio, el Juego de Roles, los Debates, y las WebQuests, entre otras más.

La WebQuest consiste en un formato de didáctica activa o constructorista, apoyando el aprendizaje mediante la adquisición de conocimientos acordes a los estilos de aprendizaje de cada estudiante. Es principalmente una actividad práctica, más que una reflexión teórica. Una WebQuest consiste en la presentación de un problema o de una guía de trabajo a los estudiantes, así como ciertas reglas y recursos de los que se pueden valer para su realización o solución. Viene a ser una “indagación” o descubrimiento usando la red que propicia la participación de los estudiantes, ya sea individualmente o por equipos:

Como ya se dijo antes, la WebQuest debe realizarse en grupo de ser posible, pues allí se reparten las tareas entre los integrantes y se evalúa mediante un trabajo final. De tal forma, la presentación del trabajo puede variar, ya sea a través de un documento, una presentación oral u audiovisual, el desarrollo de una página web o incluso hasta como una representación teatral o simulación. Entre las ventajas que ofrece esta metodología activa, pueden mencionarse:

- El empleo de las TIC y el internet en el aula para aprender a realizar búsquedas inteligentes.
- El desarrollo del pensamiento crítico, formulación de hipótesis y aprendizaje para la distinción entre ideas y conceptos.
- Analizar, organizar y sintetizar la información que se va a presentar ante el grupo.
- El trabajo colaborativo, permitiendo el debate entre los miembros del equipo y el resto de la clase.

Este modelo fue elaborado por Bernie Dodge, profesor de tecnología educativa en la Universidad Estatal de San Diego (SDSU, California, EUA) en 1995, en colaboración con Tom March, miembro de SDSU / Pacific Bell, por lo que ha sido ampliamente difundido en California y en naciones como Brasil, España, China, Australia, Países Bajos y en algunas de América Latina. Su antecedente fue la estrategia de uso de retos (challenging learning) en el

desarrollo de ambientes de aprendizaje mediante las TIC, propuestos por Seymour Papert y sus seguidores. Las WebQuests permiten el desarrollo de habilidades de manejo de información y desarrollo de competencias relacionadas con búsqueda en la nube.

Adicionalmente, una WebQuest ofrece la oportunidad de combinar una amplia gama de estrategias didácticas en una sola, integrando la construcción de andamios de aprendizaje, el aprendizaje colaborativo, el pensamiento crítico, el constructivismo y la evaluación. De entre la variedad de WebQuests dependientes del plazo y objetivos por cubrir, se propone que el aprendizaje de los temas que se estudian en la materia de Métodos Numéricos puede lograrse con Miniquests. Éstas pueden realizarse en una sola sesión. Se resume en tres pasos: escenario, tarea y resultado. Resulta ventajosa cuando los estudiantes se están iniciando en esta metodología o cuando el objetivo es responder a una pregunta (Dodge, 2017).

Los elementos del modelo de WebQuest son: La introducción o el escenario: El docente presenta de manera atractiva la información y orientación necesarias sobre el tema a trabajar. La tarea:

Descripción formal de lo que el estudiante deberá entregar al final de la WebQuest.

El proceso: Son los pasos a seguir para realizar la tarea (secuencia).

Los recursos: Engloba un listado de sitios en la red adecuados para ejecutar la tarea, aunque también el estudiante puede acceder a otros sitios que considere pertinentes. Otras alternativas son los mapas conceptuales o diagramas.

La evaluación: Es una rúbrica con los criterios expuestos de manera precisa y específica. Se puede involucrar a los estudiantes en la evaluación.

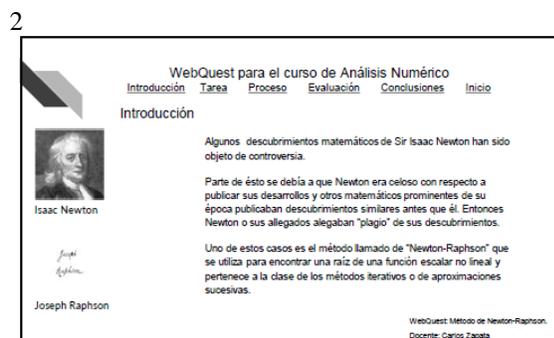
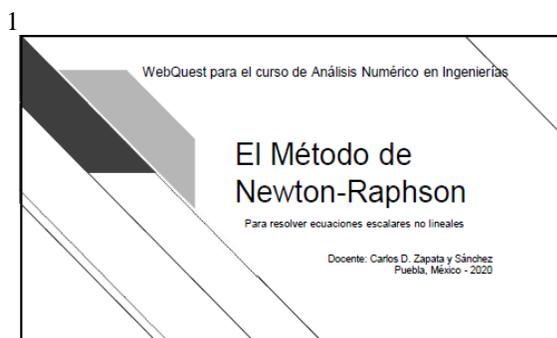
La conclusión: Es la reflexión e intercambio de opiniones sobre la experiencia.

Derivado de todo lo expuesto, puede caracterizarse a una Webquest como una actividad estructurada que está orientada hacia la indagación. Los estudiantes se involucran en tareas específicas, estimulando la participación, la colaboración y la discusión. Así, el docente sugiere un tema de exploración y propone algunos sitios de internet donde el alumno puede dirigirse a buscar la información que requiere. Conforme los estudiantes se van familiarizando con los buscadores, aprenden a desarrollar estrategias de optimización en la búsqueda y el procesamiento de la información que consiguen, e incorporan el conocimiento al establecer y concretar la tarea. Las WebQuests pueden asignarse al momento de la clase durante la sesión o como trabajo extra-aula, lo que resulte más conveniente al plan de aprendizaje de la materia.

A continuación, se expone un ejemplo de lo que puede ser una mini WebQuest en el contexto del Análisis Numérico, particularmente en el capítulo de solución de ecuaciones escalares no lineales (ver el temario del curso en el Anexo A). Dentro del tema se ofrecen varios métodos – el de bisección, el de la falsa posición (regula-falsi), el de la secante, el de Newton-Raphson y, finalmente, el de punto fijo. Sin abundar en detalles, el método de Newton Raphson (N-R para abreviar) es un método muy eficiente que consolida al de falsa posición, al de la secante y a un método que no se ve en este curso pero que se ha estudiado en el previo de cálculo funciona adecuadamente, tiene un par de restricciones que lo limitan, por lo que se debe aplicar otro de los métodos mencionados para librar las restricciones.

Considerando lo anterior, se ha diseñado una WebQuest que motiva a los estudiantes a reflexionar sobre quiénes fueron los científicos que desarrollaron los métodos y procedimientos que se utilizan para resolver los problemas. Así, al reflexionar sobre estas personas y su contexto, se intenta que los estudiantes se involucren en la investigación para trabajar en equipos, analizar los métodos actuales y proponer nuevos métodos para lograr el aprendizaje.

En el espacio enseguida, se muestra una sucesión de pantallas de una mini WebQuest presentada a los estudiantes del curso de Análisis Numérico en la Universidad Iberoamericana de Puebla, a modo de prototipo, requerido como tarea de investigación.



3

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Introducción



Isaac Newton

El astrónomo Edmund Halley reportó durante una reunión de la Sociedad Real de Londres en 1690, que Joseph Raphson había inventado un método para resolver ecuaciones publicado por en un escrito llamado *Analysis aequationum universalis*, y lo había probado con una de quinto grado encontrando raíces con hasta siete cifras significativas.

Este mismo método fue desarrollado por Newton y probado con la ecuación de tercer grado:  $x^3 - 2x - 5 = 0$  para una raíz entre 2 y 3. Aunque el método fue desarrollado en 1671, no fue publicado hasta 1736.



Joseph Raphson

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

4

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Introducción



Isaac Newton

Se dice que Raphson era una de las pocas personas a quien Newton permitía tener acceso a sus escritos ya que Raphson los traducía del latín al inglés.

¿Sería razonable pensar que Raphson partió del método de Newton para desarrollar el suyo? ¿O a la inversa?

Newton no presentó una controversia contra Raphson, y aunque no trabajaron en colaboración, el método se conoce principalmente como de Newton-Raphson.

Ver una anécdota en:  
[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=19&v=otCohi-yxGI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=19&v=otCohi-yxGI&feature=emb_logo)



Joseph Raphson

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

5

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Tarea

- Identificar a Sir Isaac Newton, a Joseph Raphson, realizando un esbozo biográfico estableciendo la época en la que vivieron mediante:
  - Lugar de nacimiento, padres, infancia y estudios
  - Trabajos principales y méritos académicos
  - Algún suceso relevante o personajes políticos de su época
  - Tipo de ropa (moda) y transporte que se usaba
  - Tecnología para registro de sus descubrimientos y/o desarrollos
- Realizar una descripción del método de Newton-Raphson para encontrar raíces de funciones escalares no lineales.
- Establecer una relación entre el método de Newton-Raphson y el denominado método de la secante.
- Establecer una relación entre el método de Newton-Raphson y la serie de Taylor.

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

6

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Proceso

- Pueden consultar en los siguientes enlaces:
  - <http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Newton.html>
  - <http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Raphson.html>
  - <http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Taylor.html>
  - <https://personaleshistoricos.com/casosmat/isaacnewton/>
- Reto: Encontrar y describir lo que se pide en los incisos c), d) y e)
- Consultar en internet, en su libro de texto o en alguno de la bibliografía para describir cómo funciona el método de Newton-Raphson para encontrar raíces de funciones escalares no lineales.
- Consultar en internet, en su libro de texto o en alguno de la bibliografía para establecer una relación entre el método de Newton-Raphson y el denominado método de la secante.
- Consultar en internet, en su libro de texto o en alguno de la bibliografía para establecer una relación entre el método de Newton-Raphson y la serie de Taylor.

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

7

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Evaluación

- Evaluar si se identificaron correctamente a los personajes solicitados, ¿se logró establecer la época en la que vivieron?
  - Lugar de nacimiento, padres, infancia y estudios
  - Trabajos principales y méritos académicos
  - Algún suceso relevante o personajes políticos de su época
  - Tipo de ropa (moda) y transporte que se usaba
  - Tecnología para registro de sus descubrimientos
- Evaluar la descripción del método de Newton-Raphson para encontrar raíces de funciones escalares no lineales.
- ¿Se estableció correctamente la relación entre el método de Newton-Raphson y el denominado método de la secante, aproximándose por límite?
- ¿Se estableció la relación del Método de Newton como una aproximación de Taylor de segundo orden?

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

8

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

Conclusiones

Después de efectuar la investigación sobre el contexto histórico-documental acerca de Isaac Newton y Joseph Raphson, los alumnos tendrán conocimiento sobre la época en la que vivieron estos dos matemáticos y con qué herramientas contaron para realizar sus investigaciones, descubrimientos y desarrollos.

También los alumnos habrán advertido la gran relación que existe entre el método de Newton-Raphson, el método de la secante (llevada al límite) y la Serie de Taylor de segundo grado. Esto último deberá inducir la sospecha de que pueden existir otros métodos, que los alumnos mismos pueden intentar desarrollar para encontrar raíces de funciones escalares no lineales n-continuas.

WebQuest: Método de Newton-Raphson.  
Docente: Carlos Zapata

La intención de esta tarea fue que los estudiantes conocieran a los personajes que tanto se nombran en los cursos de matemáticas e ingeniería en general, así como en los Métodos del Análisis Numérico en particular, para que tuvieran conciencia de la época en que estos personajes desarrollaron sus procedimientos de cálculo y con qué herramientas los concretaron. Por ejemplo, es interesante pensar que en ese tiempo no había energía eléctrica ni se contaba con dispositivos sofisticados de cálculo.

Otro ejemplo de WebQuest en el contexto de los Métodos Numéricos presenta un problema “de la vida real” que debe resolverse. La idea es motivar a los estudiantes a investigar en la nube sobre este tipo de situaciones a la vez que distinguen la cercanía de los problemas.

WebQuest para el curso de Análisis Numérico en Ingenierías

## Indagación en el área Médica

Para resolver ecuaciones escalares no lineales

Docente: Carlos D. Zapata y Sánchez  
Puebla, México - 2020

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

### Introducción

Durante una epidemia, la proporción  $p(t)$  de individuos infectados después de un cierto tiempo  $t$  está dada por la relación:

$$p(t) = \frac{t^2}{3(1+t^2)}$$

Donde  $t$  está medido en meses y la epidemia da inicio en  $t=0$ .

Este sitio de Autor desarrollado web bajo licencia CC BY-SA

WebQuest: Problemas en el área médica.  
Docente: Carlos Zapata

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

### Tarea

1. Encontrar la proporción máxima de la población infectada.
2. Encontrar el momento en que la proporción de la población se está infectando más rápidamente.
3. Encontrar una relación (función) para el caso de México durante la epidemia de SARS-CoV-2 (COVID-19) iniciando en marzo de 2020 al mes de septiembre de 2020. Para esto, debe aproximar una función suave y continua dentro de este intervalo de tiempo aplicando un polinomio de aproximación.
4. Encontrar la proporción máxima de la población infectada, así como el momento en que la proporción de la población se está infectando más rápidamente.

Image: Freepik.com

WebQuest: Problemas en el área médica.  
Docente: Carlos Zapata

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

### Proceso

1. Acudir y consultar páginas oficiales del gobierno de México:
  - i. <https://www.gob.mx/saia/documentos/informacion-152137>
  - O bien, páginas con información confiable, p.ej:
    - i. <https://verificovid.mx/>
2. Reto: Encontrar y describir lo que se pide en los incisos 1, 2, 3 y 4
3. Consultar en internet, en su libro de texto o en alguno de la bibliografía para decidir qué procedimiento o método visto en clase conviene para:
  - a) Encontrar una función suave y continua para aproximar las curvas de epidemia que se piden
  - b) Encontrar las soluciones a las funciones escalares no lineales que se plantean.

Este sitio de Autor desarrollado web bajo licencia CC BY-SA

WebQuest: Problemas en el área médica.  
Docente: Carlos Zapata

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

### Evaluación

1. Evaluar si se logró encontrar la proporción máxima de la población infectada, mediante el proceso de maximización (derivar e igualar a cero la función) y encontrar la raíz de  $F'$
2. Evaluar si se logró encontrar el momento de propagación más rápida de la infección, mediante el proceso de encontrar  $F''$ , igualar a cero y encontrar la solución.
3. Evaluar si se logró encontrar una relación funcional suave y continua, en el intervalo de tiempo definido mediante una aproximación funcional (polinomial) para el caso de la epidemia de SARS-CoV-2 (COVID-19) para el caso de México.
4. Evaluar si se logró encontrar la proporción máxima de la población infectada y el momento en que el contagio de la población fue más rápido.

Este sitio de Autor desarrollado web bajo licencia CC BY-SA

WebQuest: Problemas en el área médica.  
Docente: Carlos Zapata

WebQuest para el curso de Análisis Numérico

Introducción Tarea Proceso Evaluación Conclusiones Inicio

### Conclusiones

La intención de esta WebQuest es que los alumnos apliquen el conocimiento adquirido en el curso de Análisis Numérico en problemas reales.

En este ejercicio los alumnos deberán aplicar conceptos de cálculo y análisis numérico como la aproximación funcional (polinomial) ya sea con polinomios de Newton o por mínimos cuadrados. La derivada para encontrar un máximo, la segunda derivada para encontrar la aceleración de contagio y la aplicación de métodos numéricos como N-R, secante o bisección para encontrar los valores.

Una parte importante será la del trabajo en equipo para encontrar los datos en la red. Y finalmente: la aplicación de criterios para realizar la comparación de lo encontrado vs las cifras proporcionadas por la agencia gubernamental.

Este sitio de Autor desarrollado web bajo licencia CC BY-SA

WebQuest: Problemas en el área médica.  
Docente: Carlos Zapata

La intención de esta WebQuest es que los estudiantes apliquen el conocimiento adquirido en el curso de Métodos Numéricos en problemas reales. Tomando esta directriz, en el ejercicio antes planteado se propone una función de contagio de una enfermedad en un evento de epidemia, de manera que los estudiantes deben aplicar conceptos de cálculo y análisis numérico como la aproximación funcional (polinomial), ya sea con polinomios de Newton o por mínimos cuadrados; la derivada para encontrar el momento de contagio máximo; la segunda derivada para encontrar la aceleración de contagio; y la aplicación de métodos numéricos como N-R, secante o bisección, para encontrar sus valores.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

Tomando como base la aplicación del ILS (Inventario de Estilos de Aprendizaje de Richard Felder) a 45 estudiantes de cuatro universidades de Puebla, distribuidos en nueve carreras de ingeniería, para identificar sus estilos de aprendizaje predominantes, siendo éstos: activos, sensoriales, secuenciales y muy visuales. El objetivo es ofrecer una o más estrategias de aprendizaje que motiven a los estudiantes a involucrarse en la indagación buscando en bibliotecas o la red, ya sea solos o por equipos.

La WebQuest viene siendo una estrategia alternativa para que los estudiantes aprendan, ya que es un modelo de aprendizaje simple y rico que propicia el uso educativo de Internet con base en el aprendizaje cooperativo y en procesos de investigación para el aprendizaje. La WebQuest es una metodología de aprendizaje basada en los recursos que proporciona internet, la cual invita a los estudiantes a investigar, potenciando aspectos como el pensamiento crítico, la creatividad y la toma de decisiones. Con ello, se contribuye a desarrollar diferentes capacidades para que los estudiantes transformen los conocimientos adquiridos.

### *Recomendaciones*

Se sugiere, al inicio del periodo, realizar un diagnóstico de los estilos de aprendizaje de los estudiantes en cada grupo. Con ello, el conocimiento de las costumbres que tiene cada estudiante para aprender temas complejos de matemáticas ofrecerá un panorama de quiénes son y cómo enfocar las actividades del docente para elegir las estrategias a seguir para estimular el aprendizaje.

Otro punto importante es impartir una capacitación a los docentes en cuanto a la generación de WebQuests. En concreto, la institución o escuela de ingeniería debe contar con una metodología acorde a su filosofía de trabajo, de modo tal que se emitan procedimientos estructurados para la creación y generación de WebQuests, lo que ayudará a los docentes a poder utilizarlos como herramientas de uso cotidiano.

### **Referencias bibliográficas**

Alonso, Gallego y Honey: Los Estilos de Aprendizaje, Procedimientos de diagnóstico y Mejora. Universidad de Deusto, Instituto de Ciencias de la Educación. Ediciones Mensajero, 7a. Edición, 2005

Dodge, B. (2017). What is a WebQuest? Obtenido de WebQuest.com: <https://webquest.org/>

Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding Student differences. *Engineer Education* , 57-72.

Keefe, J. (1979). Learning Style: An Overview. En J. Keefe, *Student Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs*. Reston, VA: National Association of Secondary Schools Principals.

Silva Quiroz, J., & Maturana Castillo, D. (abril de 2017). Una propuesta de modelo para introducir metodologías activas en educación superior. Obtenido de *Revista Innovación Educativa* 17 (73), 117-131: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v17n73/1665-2673-ie-17-73-00117.pdf>

Papert, S., & Harel, I. (1991). Situar el Construccionismo. Obtenido de MIT: [http://web.media.mit.edu/~calla/web\\_comunidad/Readings/situar\\_el\\_construccionismo.pdf](http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Readings/situar_el_construccionismo.pdf)

# Inducción de la Expresión de $\beta$ Amiloide y la Proteína Tau Fosforilada como Marcadores de la Enfermedad de Alzheimer en Bulbos Olfatorios de Rata por la Exposición Aguda y Crónica al Ozono

M.P.S.S. Gloria Corazón Zaragoza Rubio<sup>1</sup>, Dra. en C. María Luisa Mendoza Magaña<sup>2</sup>,  
Dr. en C. Mario Alberto Ramírez Herrera<sup>3</sup>, Q.F.B. Abraham Alberto Ramírez Mendoza<sup>4</sup>

**Resumen**— La exposición a O<sub>3</sub> se ha asociado con un estado de estrés oxidativo importante en el desarrollo y / o aceleración de enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer. Estudiar los daños ocasionados por el O<sub>3</sub> en los bulbos olfatorios resulta relevante para identificar trastornos que pueden considerarse marcadores de esta patología. El presente estudio busca identificar el nivel de la expresión del  $\beta$  amiloide y de la proteína tau fosforilada en los bulbos olfatorios de rata inducido por la exposición aguda (15 días) y crónica (60 días) al ozono. Se encontró que existe una relación con la expresión de  $\beta$  amiloide y tau fosforilada ante exposición a O<sub>3</sub> en bulbos olfatorios de rata. El nivel de reactividad a ambas proteínas fue evidentemente mayor ante una exposición crónica. La exposición a O<sub>3</sub> puede considerarse un factor de riesgo agravante o de aceleración de enfermedades neurodegenerativas.

**Palabras clave**— Ozono, Bulbos olfatorios,  $\beta$  amiloide, tau fosforilada, Alzheimer.

## Introducción

### Contaminación atmosférica y ozono

La contaminación atmosférica se define como la presencia de cualquier gas o material particulado en el aire que no es un constituyente propio, o que normalmente no se encuentra en concentraciones elevadas y generalmente tienen un origen antropogénico. La sobrepoblación y el crecimiento industrial han provocado un aumento en la formación de ozono (O<sub>3</sub>). El O<sub>3</sub> es un alótropo reactivo del oxígeno, pertenece a un grupo de contaminantes atmosféricos “secundarios” al ser producto de reacciones que ocurren en la atmósfera (Michael E et al., 2000). El O<sub>3</sub> presenta la mayor evidencia relacionada con efectos sobre la salud (Gangwar et al., 2020). El límite máximo establecido por la OMS para este gas es de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 0.05 ppm para una media de 8 horas diarias (Organization, 2006). En México se establece que la concentración mínima permisible de O<sub>3</sub> debe ser menor o igual a 0.07 ppm (NOM-020-SSA1-2014, 2014). Sin embargo, durante el 2009, la media de niveles totales diarios de O<sub>3</sub> en la ciudad de México fue de 0.79 ppm, superando ambos límites (Rivas-Arancibia et al., 2010).

### O<sub>3</sub> y estrés oxidativo

La exposición a O<sub>3</sub> provoca aumento en los niveles de proteínas y lípidos oxidados debido al aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés, reactive oxygen species) (Gangwar et al., 2020) además de un déficit en la respuesta de los sistemas de defensa antioxidantes generando un estado de estrés oxidativo (Bello-Medina et al., 2019).

No obstante, un aumento en las especies reactivas y una falla en el sistema de antioxidante produce un estado de estrés oxidativo crónico que causa alteraciones en procesos celulares como el daño de organelos, alteraciones metabólicas y apoptosis (Rodríguez-Martínez et al., 2016; Bello-Medina et al., 2019)

El impacto que producen las ROS está en función de su concentración, cuando estas son bajas como en la exposición crónica al O<sub>3</sub>, las defensas celulares antioxidantes propias del organismo producen un déficit en la respuesta, de los sistemas antioxidantes, en la señalización intracelular, así como una alteración en los procesos metabólicos y muerte celular. Estas ROS son capaces de oxidar proteínas, lípidos y al ADN. Las especies reactivas pueden llegar al sistema nervioso central (SNC) a través de la vía olfatoria (vía directa) o por medio de la circulación sanguínea (vía indirecta).

### Implicación de epitelio olfatorio y bulbo olfatorio.

<sup>1</sup> LA M.P.S.S Gloria Corazón Zaragoza Rubio es Becario de la Dirección General de Calidad y Educación en Salud. Secretaría de Salud, México. [gloria.zaragoza@alumnos.udg.mx](mailto:gloria.zaragoza@alumnos.udg.mx) o [corazonzr@gmail.com](mailto:corazonzr@gmail.com) (autor corresponsal)

La Dra. en C. María Luisa Mendoza Magaña es profesora investigadora en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. [luisa.mendoza@academicos.udg.mx](mailto:luisa.mendoza@academicos.udg.mx)

El Dr. En C. Mario Alberto Ramírez Herrera es profesor investigador en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. [mario.rherrer@academicos.udg.mx](mailto:mario.rherrer@academicos.udg.mx)

EL Q.F.B. Abraham Alberto Ramírez Mendoza es alumno del programa de Doctorado en Farmacología de la Universidad de Guadalajara. [abrahamalberto.ramirez@alumnos.udg.mx](mailto:abrahamalberto.ramirez@alumnos.udg.mx)

La vía directa involucra es el bulbo olfatorio (BO), y el epitelio olfatorio (EO) tiene diferentes mecanismos de defensa útiles ante la entrada de patógenos y daños celulares por exposición ambiental. Estas barreras se deterioran con la edad haciendo el epitelio permeable a agentes externos como bacterias, contaminantes, micro y nano partículas. El BO, primera etapa del procesamiento del sistema olfativo y en estrecho contacto con el mundo externo sirve de acceso para agresiones ambientales, que pueden desencadenar cambios patológicos que luego puede extenderse por todo el cerebro a través de vías olfativas (Abd-Elrahim Batran, 2020). Más allá de una ubicación anatómicamente expuesta, el EO y el BO tienen ciertas características que podrían hacerlos vulnerables a enfermedades.

Son sensibles a la inflamación y al estrés oxidativo, expresan altos niveles de proteínas implicadas en enfermedades neurodegenerativas; y exhiben una actividad neuronal intrínseca que podría hacerlos sensibles al estrés celular y promover la acumulación de proteínas. Agentes externos deterioran las uniones estrechas entre las células epiteliales del EO aumentando la permeabilidad a sustancias externas.

El BO tiene poblaciones densas selectivas de microglía que actúan para evitar que las partículas y patógenos penetren en el cerebro. Estas poblaciones muestran niveles de activación más rápidos durante periodos más largos comparadas con la microglía de otras regiones del cerebro. La microglía activada produce ROS y libera citocinas proinflamatorias que pueden provocar daño celular. Los ROS y las citocinas proinflamatorias, así como cambios en la liberación de neurotransmisores pueden alterar la barrera hematoencefálica, facilitando la penetración de xenobióticos y partículas en el cerebro (Nery-Flores et al., 2019).

Las proteínas Beta amiloide y tau fosforilada ( $\beta$ A y tau) inducen la activación microglía. Del mismo modo, la producción excesiva de ROS aumenta la inflamación y favorece la agregación de proteínas (Rey et al., 2018). Por lo tanto, un ciclo vicioso de inflamación de retroalimentación, que involucra una interacción compleja de la producción de ROS y la agregación de proteínas, podría desempeñar un papel importante en la patogénesis de Alzheimer y las regiones olfativas que podrían ser particularmente vulnerables, debido a la presencia de microglía altamente sensible y una barrera hematoencefálica que se compromete fácilmente (Attems et al., 2014; Rey et al., 2018; Nery-Flores et al., 2019).

#### *Beta amiloide*

El  $\beta$ A comprende los primeros 28 aminoácidos del grupo amino terminal en su porción extramembranal, más 11 a 15 residuos del dominio transmembranal de la PPA. Tiene una secuencia de 39 a 43 aa. De ellos, el  $\beta$ A<sub>42</sub> es el más amiloidogénico, citotóxico y abundante en las placas amiloides.

La hiperreactividad neuronal aumenta la producción de  $\beta$ A a través de vías endocíticas y favorece la liberación de  $\beta$ A en el líquido intersticial, que depende de la actividad sináptica. Tales eventos tienen lugar en las primeras etapas de la EA, cuando la degradación de  $\beta$ A está disminuyendo. Los niveles altos de  $\beta$ A promueven la hiperreactividad neuronal, debido a una disminución en la inhibición sináptica y una mayor incidencia de rafagas de potenciales de acción. Por tanto, se establece un círculo vicioso entre la producción de  $\beta$ A, su liberación y los cambios en la actividad neuronal que probablemente contribuya a la patogénesis de la EA al aumentar la excitotoxicidad.

La expresión de  $\beta$ A en el EO interrumpe el direccionamiento del axón de las NRO. La acumulación de formas neurotóxicas de  $\beta$ A induce cascadas inflamatorias y microgliosis, con anomalías en el flujo de iones y de neurotransmisores, disfunción mitocondrial, estrés oxidativo e hiperfosforilación de la proteína tau.

#### *Proteína tau*

La proteína tau se expresa predominantemente en el sistema nervioso central y periférico, donde es más abundante en los axones de las células nerviosas. Pertenece a la familia de proteínas asociadas a microtúbulos que también comprende MAP2 y MAP4 (Goedert, 2018)

La función de la proteína tau es facilitar la polimerización de la tubulina, de manera que se formen los microtúbulos (MT). Los MT juegan un papel vital en el desarrollo de los procesos celulares y el inicio de la polaridad celular y la transducción de señales intracelulares (Muralidar et al., 2020). La tau se hiperfosforila de forma anormal en las neuronas afectadas en la EA. El efecto de estos eventos es la alteración de la estructura de los microtúbulos, que junto con el empaquetamiento de la proteína tau provocan afectaciones en el mecanismo de transporte neuronal. Como consecuencia de esto, la neurona no puede transmitir señales eléctricas ni transportar nutrientes (Naseri et al., 2019). La hiperfosforilación y agregación de tau se asocian además con una plasticidad sináptica deficiente.

## **Descripción del Método**

#### *Diseño del estudio*

Es un estudio de tipo experimental. Para el análisis de la inmunoreactividad a las proteínas  $\beta$  amiloide y tau fosforilada. Se emplearon 2 grupos de 10 ratas, se estudiaron en dos tiempos de exposición, 5 para la fase aguda y 5 para la fase crónica.

### Grupos experimentales

Grupo intacto: exposición a aire ambiental libre de O<sub>3</sub> por 15 días de exposición durante la fase aguda (IA), y por 60 días para la fase crónica (IC).

Grupo O<sub>3</sub>: expuesto a 0.7 ppm de O<sub>3</sub> por 4 horas durante 15 días para la fase aguda (OA) y durante 60 días durante la fase crónica (OC).

IC	Intacto Crónico	Exposición aire ambiente fase crónica (60 días)
IA	Intacto Agudo	Exposición aire ambiente fase aguda (15 días)
OC	O <sub>3</sub> Crónico	Exposición a 0.7ppm de O <sub>3</sub> durante 4 horas fase crónica (60 días)
OA	O <sub>3</sub> Agudo	Exposición a 0.7ppm de O <sub>3</sub> durante 4 horas fase aguda (15 días)

Cuadro 1. Esquema del grupo control y del experimental. Abreviaturas: IA (intacto agudo); IC (intacto crónico), OA (O<sub>3</sub> agudo), OC (O<sub>3</sub> crónico).

### Animales

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-Z00-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se cuenta con la aprobación de los comités de ética y bioseguridad CI-00512 del Centro Universitario de Ciencias de la Salud y 15/UG-JAL/2012 de la Secretaría de la Salud Jalisco. Se emplearon ratas macho de la cepa Wistar (*Rattus norvegicus*) de 21 días de edad, con un peso de 120 a 150 g. Los animales fueron mantenidos en condiciones controladas de bioterio con ciclos de luz/oscuridad de 12/12 horas, 22 ± 2°C, 50-60% de humedad relativa, agua y alimento (Prolab®RMH Laboratory Animal Diet, 2500 Rodent 5P14) “*ad libitum*”.

### Exposición al O<sub>3</sub>

Los animales se expusieron a 0.7ppm de O<sub>3</sub> por 4 horas diarias tanto durante la fase aguda (15 días) como en la fase crónica (60 días). Los animales se colocaron en una cámara de acrílico hermética, conectada a una cámara de premezclado, la cual recibió el O<sub>3</sub> generado por un ozonizador (Sander Certizon C-100) alimentado con oxígeno de grado médico. La concentración de O<sub>3</sub> se monitoreo con un sensor semiconductor (Ozone Solutions ES-600) para ajustarla y mantenerla constante a la concentración de 0.7 ppm. Para inactivar el O<sub>3</sub> expulsado de la cámara se empleó un filtro de nitrito de sodio y carbonato de potasio disueltos en glicerol, metanol y agua. Para el grupo control intacto se aplicó aire libre de O<sub>3</sub>.

### Sacrificio y obtención de tejidos

Al finalizar el período de exposición los animales se anestesiaron para su sacrificio con pentobarbital sódico dosis de 36 mg/kg por vía intraperitoneal. Una vez anestesiado el animal, se procedió con la perfusión intracardiaca se utilizó una bomba peristáltica (Mityflex-913, ANKO). Primero se usó una solución lavadora (PBS + Heparina 1200 U/L) durante 20 min. Después se colocó la solución fijadora (paraformaldehído 4% en PBS) por 20 min. Se procedió con la decapitación para obtener los bulbos olfatorios. Los bulbos olfatorios se colocaron en paraformaldehído al 4% en PBS por 48 horas para su post-fijación. Finalmente se colocaron en una solución crioprotectora (sacarosa 30%, etilenglicol 30%, en PBS pH 7.2) y se almacenaron a 4°C. Se realizaron cortes coronales de 16 µm de espesor en un criostato (Leica CM1850) a -21°C de todos los grupos.

### Inmunohistoquímica para detección de βA

Los cortes fueron permeabilizados con 0.1% de Tritón X-100 en PBS (TPBS) por 1 h, posteriormente se incubaron con 0.025% de tripsina en PBS por 10 min. La actividad de la peroxidasa endógena fue bloqueada exponiendo los cortes a 3% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en metanol por 30 min. Enseguida se incubaron toda la noche con anti-βA 1:100 (Millipore-Chemicon) diluido en TPBS con 3% de albumina sérica bovina y 0.1 % de azida de sodio (BSA-TPBS) a 4° C. Posteriormente fueron incubados con 10% de suero de conejo en TPBS por 2 h. Enseguida los cortes fueron incubados con anti-IgG de conejo marcado con peroxidasa 1:200 (Sigma-Aldrich) en BSA-TPBS por 2 h. La inmunoreactividad fue revelada con una solución de 6 mg de DAB en 9 mL de Tris Cl 0.01 M pH 7.6 agregando 1 mL de solución incrementadora a base de cloruro de cobalto, cloruro de níquel y peróxido de hidrógeno al 0.03%. Finalmente, para su observación las laminillas se montaron con glicerina buferada.

### Inmunohistoquímica para detección de tau fosforilada.

Los cortes fueron permeabilizados TPBS por 1 h, incubados con 0.025% de tripsina en PBS por 10 minutos. La actividad de la peroxidasa endógena fue bloqueada exponiendo los cortes a 3% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en metanol por 20 min. Se utilizó buffer de bloqueo con glicina 0.3M durante 10 minutos y posteriormente se incubaron toda la noche a 4°C con

anti-proteína tau policlonal (Bioss-antibodies) diluido 1:50 en TPBS con 3% de albumina sérica bovina y 0.1 % de azida de sodio (BSA-TPBS) enseguida se lavaron con TPBS. Posteriormente fueron incubados con 10% de suero de cabra en TPBS por 2 h y, después se incubaron con avidina de huevo a temperatura ambiente durante 1 hora. Los cortes fueron incubados con anti-IgG de conejo biotinilado 1:200 (Sigma-Aldrich) en BSA-TPBS por 2h. La inmunoreactividad fue revelada con una solución de 6 mg de DAB en 9 mL de Tris Cl 0.01 M pH 7.6 y 1 mL de solución incrementadora. Después los cortes fueron contrateñidos con hematoxilina-eosina. Finalmente, las laminillas se montaron con glicerina buferada para su observación.

Tanto de la detección de  $\beta$ A como de tau en cada grupo de estudio, se tomaron por corte 10 imágenes en cada uno de los objetivos (10x, 20x y 40x) con una cámara Cool-Snap acoplada a un microscopio Olympus IX-50 y el programa computacional Image-Pro Plus (Media Cybernetics).

### Resultados

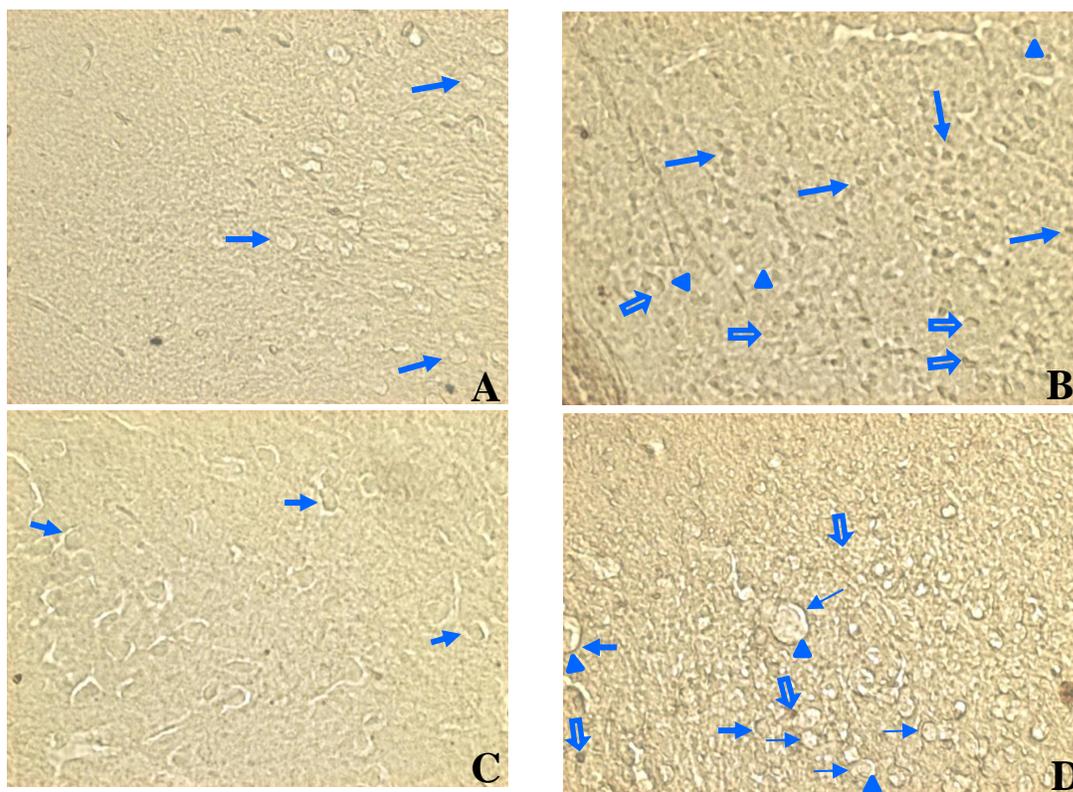


Figura 1. Inmunodetección de  $\beta$  amiloide ( $\beta$ A) en bulbo olfatorio.

A) Grupo IA, reacción de fondo, sin alteración aparente ( $\rightarrow$ ). B) Grupo OA, presentó depósito de  $\beta$ A en la periferia ( $\rightleftarrows$ ) y superficie celular ( $\rightleftarrows$ ). Algunas células mostraron un aparente incremento de volumen ( $\blacktriangle$ ), con mayor reactividad en el neuropilo. C) Grupo IC, ligera reacción de fondo, escaso número de células con débil reactividad a  $\beta$ A ( $\rightarrow$ ). D) El grupo OC mostró intensa reactividad en el neuropilo, en la superficie ( $\rightleftarrows$ ) y en la periferia celular ( $\rightarrow$ ). Aparente incremento de volumen celular ( $\blacktriangle$ ) y cariólisis ( $\rightarrow$ ). En la fase crónica se observó el daño más severo que en la fase aguda.

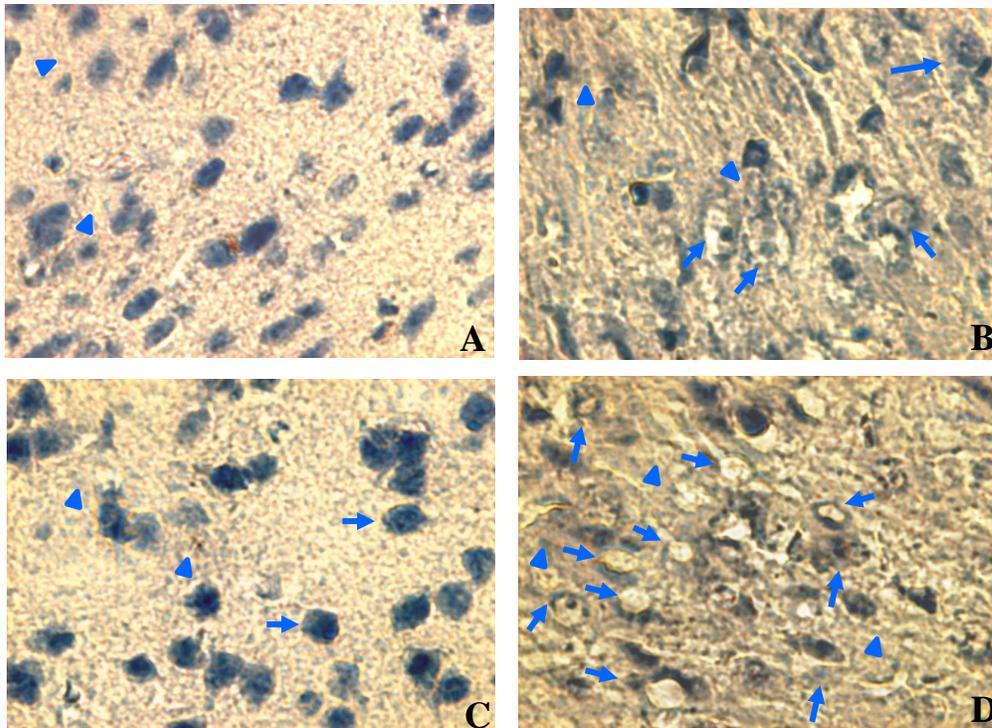


Figura 2. Inmunodetección de proteína tau fosforilada en cortes de bulbo olfatorio.

A) Grupo IA, células neuronales intactas y el neuropilo con reacción de fondo (▲). B) imagen representativa del grupo OA con inmunoreacción en somas neuronales y en el neuropilo (▲). Con somas neuronales con francos cambios degenerativos (↔). C) Grupo IC muestra somas neuronales intactos (↔) y neuropilo débilmente inmunoreactivo (▲). D) Detección de tau muy intensa en neuropilo (▲), se observa mayor número de células con cambios degenerativos (↔) grupo OA.

### Discusión

Previamente se ha documentado el efecto neurodegenerativo del  $O_3$ , sin embargo, no se ha evaluado el daño que provoca en el BO. En nuestro trabajo de investigación la exposición experimental a 0.7 ppm de  $O_3$  por 4 horas diarias durante a los 15 días de exposición, evidenció la expresión de depósitos de  $\beta$  amiloide, particularmente en la periferia y superficie de las células junto con tumefacción celular. El grupo con exposición crónica mostró alta reactividad en el neuropilo, en la superficie celular y en la periferia. Se puede observar que el número promedio de células inmunoreactivas a  $\beta A$ , aumentó de acuerdo al tiempo de exposición, el cambio más significativo se observó en varias células que mostraron cariólisis. En contraste con los grupos expuestos, el grupo intacto no expresó  $\beta A$  en la fase aguda o crónica.

Resultados semejantes fueron encontrados por (Calderón-Garcidueñas et al., 2003) al evaluar la expresión de beta-amiloide (1-42) y mediadores de inflamación en perros naturalmente expuestos a la contaminación urbana. El epitelio nasal respiratorio y olfativo fueron los primeros en desarrollar cambios patológicos, debido a los contaminantes. Las neuronas y los capilares subaracnoideos presentaban placas difusas de  $\beta A$  y aceleración de la patología de tipo Alzheimer. En concordancia hallazgos similares se encontraron en muestras cerebrales de autopsias de sujetos residentes de la ciudad de México y Monterrey, considerados cognitivamente y neurológicamente intactos, sin antecedentes clínicos o evidencia patológica de inflamación donde la inmunoreactividad de  $\beta A$ -42 estaba presente en el BO, acumulado en neuronas mitral y en penacho de 3 sujetos. (Calderón-Garcidueñas et al., 2004)

Existe una clara relación entre el nivel y tiempo de exposición de acuerdo a los resultados de (Rivas-Arancibia et al., 2017) estudiaron el efecto del estrés oxidativo sobre el nivel de reactividad de  $\beta A$ , en la circunvolución del giro dentado del hipocampo en ratas. Los animales fueron expuestos a aire libre de  $O_3$  (grupo de control) y 0.25 ppm de  $O_3$  durante 7, 15, 30, 60 y 90 días, respectivamente. Los ensayos de inmunohistoquímica mostraron un aumento de la inmunoreactividad de  $\beta A$  1-42 a los 60 y 90 días de exposición.

Junto con las placas de  $\beta A$ , la presencia de tau fosforilada es una de las principales características patológicas de la EA. En nuestro trabajo de investigación la reactividad de la proteína tau fosforilada ocurrió tras la exposición a  $O_3$  en comparación con los grupos no expuestos. Recientemente (Xia et al., 2021) identificó que la tau aislada en cerebros

con EA tenía niveles de fosforilación general 3-4 veces más altos en comparación con los controles sanos, lo que indica que la tau fosforilada sea un motor potencial de neurotoxicidad en la EA.

Así mismo, (Calderón-Garcidueñas et al., 2018) demostró que la exposición crónica de zonas con alta contaminación del aire de la ciudad de México puede producir la expresión de tau fosforilada en los bulbos olfativos de niños y adultos relativamente jóvenes desde los 11 meses de edad hasta los 40 años.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que aparentemente, existe una relación con la expresión de  $\beta$ A y tau fosforilada ante exposición a O<sub>3</sub> en bulbos olfatorios de rata dado que el nivel de reactividad a  $\beta$  amiloide y tau fosforilada fue mayor ante una exposición prolongada al O<sub>3</sub>.

El daño oxidativo y la neuroinflamación puede aumentar la amiloidogénesis y la fosforilación de tau, conduciendo a una mayor disfunción neuronal y muerte con presencia de lesiones cerebrales características de la EA.

### Referencias

- Abd-Elrahim Batran, S., 2020. Toxicity of environmental ozone exposure on mice olfactory bulbs, using Western blot technique. *Toxicol Rep* 7, 453-459.
- Attems, J., Walker, L., Jellinger, K.A., 2014. Olfactory bulb involvement in neurodegenerative diseases. *Acta Neuropathol* 127, 459-475.
- Bello-Medina, P.C., Rodríguez-Martínez, E., Prado-Alcalá, R.A., Rivas-Arancibia, S., 2019. Ozone pollution, oxidative stress, synaptic plasticity, and neurodegeneration. *Neurologia (Engl Ed)*.
- Calderón-Garcidueñas, L., González-Maciél, A., Reynoso-Robles, R., Kulesza, R.J., Mukherjee, P.S., Torres-Jardón, R., Rönkkö, T., Doty, R.L., 2018. Alzheimer's disease and alpha-synuclein pathology in the olfactory bulbs of infants, children, teens and adults  $\leq$ 40 years in Metropolitan Mexico City. APOE4 carriers at higher risk of suicide accelerate their olfactory bulb pathology. *Environ Res* 166, 348-362.
- Calderón-Garcidueñas, L., Maronpot, R.R., Torres-Jardón, R., Henríquez-Roldán, C., Schoonhoven, R., Acuña-Ayala, H., Villarreal-Calderón, A., Nakamura, J., Fernando, R., Reed, W., Azzarelli, B., Swenberg, J.A., 2003. DNA damage in nasal and brain tissues of canines exposed to air pollutants is associated with evidence of chronic brain inflammation and neurodegeneration. *Toxicol Pathol* 31, 524-538.
- Calderón-Garcidueñas, L., Reed, W., Maronpot, R.R., Henríquez-Roldán, C., Delgado-Chavez, R., Calderón-Garcidueñas, A., Dragustinovis, I., Franco-Lira, M., Aragón-Flores, M., Solt, A.C., Altenburg, M., Torres-Jardón, R., Swenberg, J.A., 2004. Brain inflammation and Alzheimer's-like pathology in individuals exposed to severe air pollution. *Toxicol Pathol* 32, 650-658.
- Gangwar, R.S., Bevan, G.H., Palanivel, R., Das, L., Rajagopalan, S., 2020. Oxidative stress pathways of air pollution mediated toxicity: Recent insights. *Redox Biol* 34, 101545.
- Goedert, M., 2018. Tau filaments in neurodegenerative diseases. *FEBS Lett* 592, 2383-2391.
- Michael E, Jenkin & Kevin, Clemitshaw., C., 2000. Ozone and other secondary photochemical pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer, *Science direct, Elsevier*, pp. 2499-2527.
- Muralidar, S., Ambi, S.V., Sekaran, S., Thirumalai, D., Palaniappan, B., 2020. Role of tau protein in Alzheimer's disease: The prime pathological player. *Int J Biol Macromol* 163, 1599-1617.
- Naseri, N.N., Wang, H., Guo, J., Sharma, M., Luo, W., 2019. The complexity of tau in Alzheimer's disease. *Neurosci Lett* 705, 183-194.
- Nery-Flores, S.D., Ramirez-Herrera, M.A., Mendoza-Magana, M.L., Romero-Prado, M.M.J., Ramirez-Vazquez, J.J., Banuelos-Pineda, J., Espinoza-Gutierrez, H.A., Ramirez-Mendoza, A.A., Tostado, M.C., 2019. Dietary Curcumin Prevented Astrocytosis, Microgliosis, and Apoptosis Caused by Acute and Chronic Exposure to Ozone. *Molecules* 24.
- NOM-020-SSA1-2014, 2014. Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y criterios para su evaluación., In: Salud, S.d. (Ed.), *Diario Oficial de la Federación*.
- Organization, A.W.H., 2006. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide.
- Rey, N.L., Wesson, D.W., Brundin, P.J.N.o.d., 2018. The olfactory bulb as the entry site for prion-like propagation in neurodegenerative diseases. *109*, 226-248.
- Rivas-Arancibia, S., Guevara-Guzmán, R., López-Vidal, Y., Rodríguez-Martínez, E., Zanardo-Gomes, M., Angoa-Pérez, M., Raisman-Vozari, R., 2010. Oxidative stress caused by ozone exposure induces loss of brain repair in the hippocampus of adult rats. *Toxicol Sci* 113, 187-197.
- Rivas-Arancibia, S., Rodríguez-Martínez, E., Badillo-Ramírez, I., Lopez-Gonzalez, U., Saniger, J.M., 2017. Structural Changes of Amyloid Beta in Hippocampus of Rats Exposed to Ozone: A Raman Spectroscopy Study. *Front Mol Neurosci* 10, 137.

Rodríguez-Martínez, E., Nava-Ruiz, C., Escamilla-Chimal, E., Borgonio-Perez, G., Rivas-Arancibia, S., 2016. The Effect of Chronic Ozone Exposure on the Activation of Endoplasmic Reticulum Stress and Apoptosis in Rat Hippocampus. 8.

Xia, Y., Prokop, S., Giasson, B.I., 2021. "Don't Phos Over Tau": recent developments in clinical biomarkers and therapies targeting tau phosphorylation in Alzheimer's disease and other tauopathies. *Molecular Neurodegeneration* 16, 37.

# Sistema de Control de Bloqueo de Vehículos

Anthony Zetina Michi<sup>1</sup>, Dra. Elsa Noemi Palomo Morales<sup>2</sup>,  
Dr. José de Jesús Moreno Vázquez<sup>3</sup>, M.C. Marcia Lorena Hernández Nieto<sup>4</sup> y M.C. Raúl Antonio Ortiz<sup>5</sup>

**Resumen**—Es un sistema que fue diseñado para evitar la pérdida de los vehículos cuando estos son robados por delincuentes ya que es un dispositivo capaz de inmovilizar los carros mediante una sola llamada telefónica vía satelital, que se puede hacer por cualquier dispositivo celular que cuente con saldo para una llamada. Este dispositivo no daña al carro al ser bloqueado ya que cuando el vehículo es localizado, este puede volver a ser desbloqueado con una contraseña que el propietario tiene personalizada. Este sistema no es detectado por los delincuentes ya que solo el técnico sabe la ubicación del sistema instalado en el vehículo y no cuenta con alguna luz que indique que el carro está siendo rastreado y será inmovilizado.

Tiene un precio muy accesible, tomando en cuenta que los costos de las agencias son muy elevados., ya que ellos te lo dan por renta y ellos son los que lo bloquean, pero con un trámite tardado y fastidioso.

**Palabras clave**— sistema, antirrobo, seguridad, confiable.

## Introducción

El robo de vehículos es uno de los delitos del fuero común más dañinos económicamente. Si hacia finales de 2020 la industria aseguradora reportaba un total de 16 045 automóviles robados en la ciudad de México, se podría inferir fácilmente que la suma del daño patrimonial ocasionado por este delito debió rondar 1 283 600 000 pesos, solamente en ese año y en el rubro de los automóviles particulares.

El sistema de bloqueo para automóvil es capaz de inmovilizar y rastrear un vehículo tras haber sufrido su robo y poderlo recuperar sin daño alguno, una de las innovaciones más importantes de este sistema es el precio de la comercialización ya que es muy accesible y aplicado para todo tipo de vehículos. Actualmente un sistema de alarma en el mercado automotriz y de seguridad cuesta mucho más y con cierta desventaja como proporcionarlo sólo en renta con un costo mensual.

Para el diseño de este sistema se aplicó una encuesta para conocer las necesidades del usuario en cuanto a la seguridad de su automóvil.

El sistema de bloqueo para automóvil ha sido diseñado con materiales y tecnologías que garantizan el buen funcionamiento y eficacia del sistema.

## Desarrollo

La delincuencia relacionada con los vehículos afecta a todas las regiones del mundo y tiene claros vínculos con la delincuencia organizada y el terrorismo.

El término 'Delincuencia relacionada con los vehículos' hace referencia al robo y tráfico con vehículos y al comercio ilícito de piezas de recambio. Estas actividades afectan a la propiedad personal, los negocios, la economía y la seguridad pública en todas las regiones del mundo. El robo organizado de vehículos de motor, a parte de la preocupación inmediata para el propietario, tiene implicaciones financieras para las compañías de seguros, es dañina para la reputación de los fabricantes de automóviles y, en la mayoría de los casos, está vinculado a otras operaciones delictivas organizadas.

**Funcionamiento:** Primero para poder hacer uso de este sistema se tiene que hacer una revisión para determinar donde podría quedar instalado, después se pasa a la instalación del mismo al vehículo, ya estudiado el sistema eléctrico automotriz. Después de instalado se le ofrece un chip nuevo telefónico al cliente o puede poner uno propio, dependiendo de la zona y la intensidad de señal. El técnico será el que inserte el chip la primera vez, solo para verificar

<sup>1</sup> Anthony Zetina Michi es estudiante residente de Ingeniería Electrónica en el TecNM-Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [anthony.azm@gmail.com](mailto:anthony.azm@gmail.com)

<sup>2</sup> La Dra. Elsa Noemi Palomo Morales es Profesora de Ingeniería Electrónica en el TecNM-Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán México [palomoelsa@hotmail.com](mailto:palomoelsa@hotmail.com) (**autor responsable**)

<sup>3</sup> El Dr. José de Jesús Moreno Vázquez es Profesor de Ingeniería Electrónica en el TecNM-Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [jdjmv@hotmail.com](mailto:jdjmv@hotmail.com)

<sup>4</sup> La M.C. Marcia Lorena Hernández Nieto es profesora de Ingeniería Electrónica en el TecNM-Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [marcia.hn@minatitlan.tecnm.mx](mailto:marcia.hn@minatitlan.tecnm.mx)

<sup>5</sup> El M.C. Raúl Antonio Ortiz es profesor y jefe del laboratorio de posgrado de la maestría en Ingeniería en Electrónica del Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [raul.ao@minatitlan.tecnm.mx](mailto:raul.ao@minatitlan.tecnm.mx)

el funcionamiento correcto del equipo dejado, después el cliente elegirá la clave, esta se anexará al dispositivo, posteriormente el cliente realizara una llamada telefónica y el sistema responderá automáticamente e ingresará la clave y bloqueará el vehiculó. Con su aplicación favorita de localización podrá buscar su vehiculó con una dirección y correo propio. La siguiente figura No.1 muestra el diagrama de flujo de la secuencia del desarrollo del sistema.

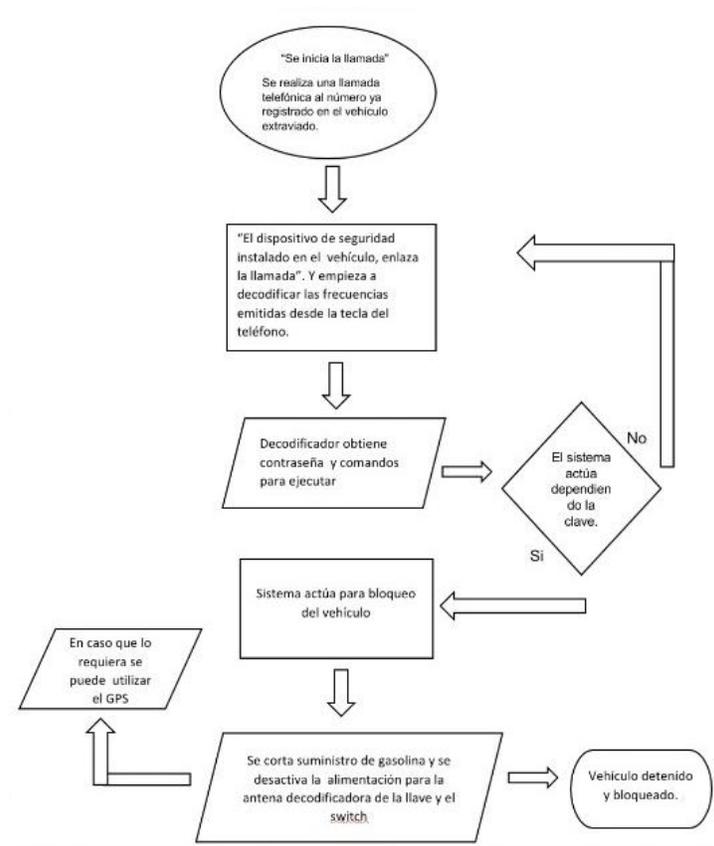


Figura No.1 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema

La instalación del sistema debe realizarla una persona que cuente con el conocimiento eléctrico automotriz suficiente para poder determinar donde quedará instalado el dispositivo, realizara el cableado eléctrico y la instalación de los elementos de protección para el vehículo y el equipo instalado como por ejemplo: Fusibles comunes, fusibles térmicos, relevadores y diodos de retorno de voltaje de alta frecuencia. Este sistema podrá ser capaz de bloquear el vehículo. Primero se cortará la alimentación de la bomba de gasolina y se cortara de la misma manera la alimentación a sensores que permiten el arranque del vehículo como por ejemplo sensor de cigüeñal que si no está en óptimas condiciones el vehículo no puede arrancar. Las condiciones de bloqueo dependerán del cliente “que tipos de corte eléctrico prefiera”. Se le harán recomendaciones. El sistema cuenta con instalación de una sirena que se activará mediante un código que será enviado desde la llamada telefónica, el sistema cuenta con una tarjeta GPS y otro método de comunicación para rastreo, en la figura No.2 se muestra el sistema de control de bloqueo de vehículos.

Sistema de control de bloqueo de vehículos.  
**Se realiza la llamada.**

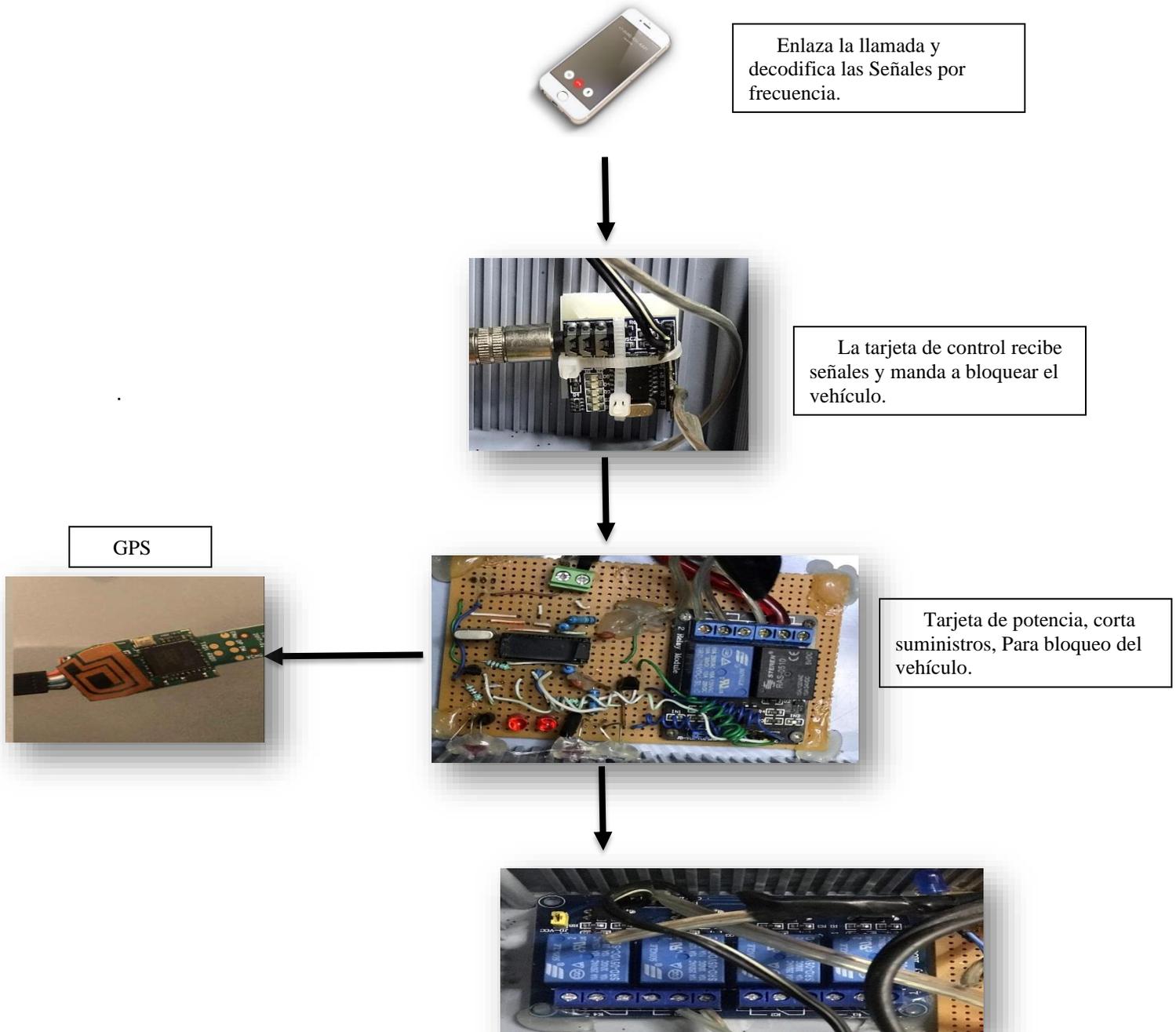


Figura No.2 Sistema de control de bloqueo de vehículos

La siguiente tabla No.1 muestra las características del sistema de bloqueo, así como la tabla No.2 el material utilizado.

Tabla No.1 Características del sistema de bloqueo.

Tablas de dimensiones	
<b>Tamaño</b>	Caja de plástico de 20 x 15 cm
<b>Voltaje con el que trabaja</b>	Opera con un voltaje de 12Vcd de entrada y 5 Vcd en tarjetas de control.
<b>Tiempo de duración continua</b>	El banco de batería de 1200ma le da un tiempo de trabajo continuo de 168 hrs. Se puede aumentar dependiendo el cliente.
<b>Configuración</b>	Su configuración es por el celular, lo puede realizar el cliente. Y la configuración del dispositivo solo el técnico encargado.
<b>Características</b>	Caja de plástico color gris, con dos entradas de alimentación una del vehículo y otra del banco de batería .y tiene 5 salidas.
<b>Peso</b>	400gramos
<b>Modelo</b>	Versión 0.2 zema

Los materiales utilizados se enlistan en la tabla No.2.

Cantidad	Descripción	Figura	Costo Unitario	Costo Total
1	cargador-usb-para-auto-de-4-salidas		\$295.00	\$295.00
1	eliminador-de-3-a-12-vcc-300-ma		\$130.00	\$130.00

1	Banco-de-terminales-de-2-filas-24-tornillos.		\$39.00	\$39.00
20	terminal-chica-con-2-tornillos		\$6.00	\$120
15 metros	cable-dúplex-transparente		\$8.00	\$120.00
2	Cinta negra		\$19.00	\$38.00
1	Sirena redonda-de-15-watts-		\$240.00	\$240.00
10	porta-fusible-automotriz		\$25.00	\$250
20	fusible-automotriz		\$3.00	\$60.00
20	base-auto-adherible		\$5.00	\$100.00
20	led-ultra brillante		\$4.00	\$80.00
2	modulo-de-4-relevadores		\$254.23	\$508.46

1	Silicón profesional		\$99.00	\$99.00
1	Cinchos sujeta cables		\$99.00	\$99.00

Tabla No.2 Listado de material

### Resultado de la encuesta

Existe una gran aceptación del público y futuros clientes, dándonos cuenta de esto mediante encuestas de mercado y graficas de aceptación del producto.

Con muy bajo costo considerando las otras agencias que ofrecen el mismo servicio pero menos eficiente y con un precio muy exagerado, llegamos a unos resultados sólidos en el mercado.



### Recomendaciones

- El sistema de control de bloqueo de vehículos debe ser privado no dar el NIP a cualquier persona en caso de que esto ocurriera solicitar un cambio de NIP.
- Darle mantenimiento anual por posibles actualizaciones.
- No tratar de desinstalarlo por su cuenta, buscar un especialista.
- Leer las hojas de instrucciones para tener una mejor información y manejo.

### Conclusiones

El sistema de control de bloqueo de vehículos fue aceptado y aprobado por una cantidad significativa de usuarios.

Si un vehículo es robado con solo una llamada puede quedar bloqueado llamando desde cualquier teléfono o dispositivo y de la misma forma rastrearlo. La instalación no es visible para los delincuentes, es seguro, el número de bloqueo tiene una contraseña que será el Nip que solo el cliente lo determina.

Después de realizar las pruebas del funcionamiento nos dimos a la tarea de salir a entrevistar a futuros clientes y teniendo una respuesta favorable no dieron otras ideas para el uso del sistema, como dejar bloqueado el vehículo para evitar el uso indebido.

### Referencias bibliográficas

<https://www.prometric.com.mx/tecnologiagps.htm>  
Fuentes de vehículos registrados en México  
<https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>  
Índice se robos de vehículos en México  
<https://noticias.autocosmos.com.mx/2020/07/14/los-vehiculos-mas-robados-de-julio-2019-a-junio-2020-en-mexico>  
Forta, B., Buraglia, A. C., Camden, R., Chalnck, L. y Safari Tech Books Online. (2005).  
Macromedia Coldfusion MX 7 web application construction kit. USA: Macromedia Press.  
Procuraduría Federal del Consumidor (PFC) (2008), "Obligatorios, dispositivos de localización satelital", disponible en: <http://www.oem.com.mx/oem/notas/n795092.htm> [fecha de consulta: 4 de febrero de 2019].

Cámara de Diputados. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en:  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_150917.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf) (fecha de consulta: 9 de abril de 2018).  
Rahid, M. (2004). *Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones*. 3ª ed. Prentice Hall.