

# ESPACIO ITH

Un lenguaje Natural Tecnológico

18

AÑO 9 | No. 2  
Julio - Diciembre  
2019

El Turismo como Estrategia para Mejorar el Desarrollo. El Caso de Comunidades Indígenas de Huatabampo, Sonora

Propuesta de Metodología para un Modelo de Clasificación y Predicción de Casos de Violencia contra la Mujer

Utilización del Modelo ETAS para la predicción del crimen de robo a vivienda

Propuesta de Mejora para la Seguridad en Vehículos de Movilidad Sustentable

Propuesta para Abordar la Necesidad de Profesionales en Ciberseguridad



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO





**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**



## **Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Hermosillo**

M.C. Gerardo Ochoa Salcido  
**Director**

Dra. María Trinidad Serna Encinas  
**Editora**

### **Comité Editorial**

M.A. Eugenio Borboa Acosta  
Ing. Karla María Apodaca Ibarra  
Ing. Luis Carlos Santos  
M.C.O. Ana Silvia López Millán

### **Colaboradores**

(Revisores)

Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías  
Dr. Guillermo Valencia Palomo  
Dr. Gil Arturo Quijano Vega  
Dr. Fernando Javier Carrasco Guigón  
Dr. Germán Alonso Ruíz Domínguez  
Dr. José Antonio Hoyo Montaña  
Dra. Rosalía del Carmen Gutiérrez Urquidez  
M.C. César Enrique Rose Gómez  
M.C. Sonia Regina Meneses Mendoza  
M.C. Fredy Alberto Hernández Aguirre  
M.C.O. Rosa Irene Sánchez Fermín



*Revista de difusión técnico científico  
del Tecnológico Nacional de México/  
Instituto Tecnológico de Hermosillo  
Volumen 18 Año 9, Núm. 2  
Julio-Diciembre 2019*

**Espacio ITH Un lenguaje Natural Tecnológico**, Año 9, Número 1, Julio-Diciembre 2019, es una publicación semestral, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Universidad No. 1200, quinto piso, Col. Xoco, Benito Juárez, Ciudad de México, C.P. 03330, Tel. 5536002511, Ext. 65064, d\_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Responsable Dra. María Trinidad Serna Encinas. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2015-083115541600-102, ISSN: En trámite, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Impresa por Impresores Redpress de México, S.A. de C.V., Mazatán # 330, Colonia Lomas de Madrid. C.P. 83103. Hermosillo, Sonora, fecha de término de la impresión febrero 2020.

El objetivo de la revista es fomentar la publicación de resultados o avances de investigación, así como de trabajos de divulgación a nivel posgrado y licenciatura, realizados en las instituciones de educación superior.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto encargado o si lo permite, poner las condiciones.

## Editorial

**E**l Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo (TecNM/ITH) se complace en presentarles la edición número 18 de la revista Espacio ITH, Un Lenguaje Natural Tecnológico.

Dentro de las páginas de la presente edición, podrán encontrar diversos artículos sobre inteligencia artificial, tópico actual de gran relevancia en la comunidad científica y tecnológica, así como artículos del área de metal-mecánica y de turismo, entre otros temas.

Con cada edición que el TecNM/ITH tiene el honor de publicar, nuestros colaboradores buscan difundir los hallazgos de sus investigaciones y, de esa forma, generar una discusión rica y constructiva que mantenga el avance del conocimiento.

Agradezco la participación de los estudiantes, profesores e investigadores que hicieron posible, una vez más, la publicación de esta edición, e invitar a la comunidad tecnológica en general, a que publiquen sus trabajos, difundiendo así el resultado de su labor docente.

*“En el Esfuerzo Común, la Grandeza de Todos”.*

**M.C. Gerardo Ochoa Salcido**

Director

# Contenido

- 7 Determinación de la energía del estado base del período 2 del grupo 1A hasta el grupo IVA incluyendo los átomos de hidrógeno y helio de la tabla periódica, utilizando el método de escalamiento
- 16 El turismo como estrategia para mejorar el desarrollo. El caso de comunidades indígenas de Huatabampo, Sonora
- 22 Arquitectura para un sistema de recomendación de ejercicios a niños con dificultad específica de aprendizaje mediante un algoritmo de machine learning
- 29 Evaluación del nivel competitivo de una empresa manufacturera de exportación de Hermosillo: diseño y aplicación del modelo
- 36 Determinación del factor de enfriamiento, utilizado para la determinación de la carga térmica de canales de puerco
- 41 Propuesta de mejora para la seguridad en vehículos de movilidad sustentable
- 46 Propuesta para abordar la necesidad de profesionales en ciberseguridad
- 55 Propuesta para la digitalización de procedimiento de residencias profesionales para el Instituto Tecnológico de Hermosillo
- 59 Metodología propuesta para un sistema de registro de ordenes para su implementación en una mesa interactiva multiusuario inteligente
- 64 Utilización del modelo ETAS para la predicción del crimen de robo a vivienda
- 69 Metodología propuesta para un sistema de control doméstico como soporte a personas con esclerosis lateral amiotrófica (ELA)

## Determinación de la energía del estado base del período 2 del grupo 1A hasta el grupo IVA incluyendo los átomos de hidrógeno y helio de la tabla periódica, utilizando el método de escalamiento

Dámaso O. Ochoa Landín, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Ramona O. Barrera Nieblas y Fco. Arteaga García, Universidad Tecnológica de Hermosillo  
 Departamento de Metal – Mecánica  
 Correo electrónico: [doctavio31@gmail.com](mailto:doctavio31@gmail.com)

**Resumen:** En este trabajo se utilizarán las ecuaciones para un sistema de  $N$  – electrones en la aproximación de Hartree-Fock, mismas a las que aplicaremos los cuatro pasos de escalamiento siguientes: generalizar el problema a  $D$  dimensiones; transformar a un espacio convenientemente escalado, para quitar la dependencia genérica de  $D$  de la cantidad que se determinará; evaluar la cantidad escalada a uno o más valores de  $D$ , tales como  $D \rightarrow \infty$  y obtener una aproximación para  $D = 3$  con el propósito de determinar la energía del estado base de átomos.

### 1. Introducción

A finales del siglo XIX fue medido con gran precisión el espectro del hidrógeno atómico y su interpretación fue confusa. En 1885, el profesor Johannes Balmer desarrolló una fórmula empírica para las longitudes de onda de las líneas espectrales del hidrógeno atómico. La fórmula que el profesor Balmer propuso es:

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01097 \left[ \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right] \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

En 1990, basado en estudios anteriores sobre las leyes de radiación de una cavidad, debido a Kirchoff, Wien y Raylhigh principalmente, Max Planck propuso que la energía irradiada por una cavidad no procedía a través de una corriente continua, sino que se emitía y absorbía en paquetes de energía (quantas) y que era por lo tanto intermitente y discontinua, definida por la siguiente ecuación:

$$E = nhv \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

En este contexto, el físico danés Neils Bohr, propuso un modelo en que el electrón gira alrededor del núcleo y además presentó dos postulados audaces:

1. **El postulado de los estados estacionarios:** el átomo puede existir durante mucho tiempo sin irradiar energía en cualquiera de los estados estacionarios de energía bien definida.

2. **Postulado de la frecuencia:** el átomo puede emitir o absorber energía (paquetes de energía) únicamente cuando el átomo cambia de uno de sus estados estacionarios a otro.

La teoría de Bohr fue sorprendentemente exitosa en el análisis de las radiaciones emitidas por el átomo de hidrógeno (fórmula de Balmer). Motivado por este éxito, Bohr ya pensaba en algunas configuraciones [2] para diferentes moléculas, como se observa en la figura 1.

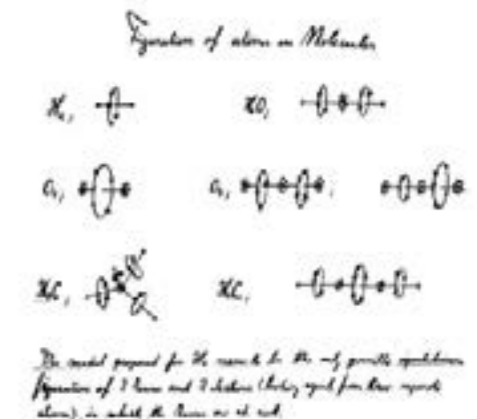


Fig. 1. Configuraciones de átomos y moléculas propuestas por Bohr.

Sin embargo, la teoría de Bohr no proporcionó información para comprender cómo forma el átomo de hidrógeno enlaces moleculares con otros átomos. Por esta y otras fallas, el modelo de Bohr fue abandonado.

En 1926, el físico austriaco Edwin Schrödinger presentó su famosa ecuación para estudiar el comportamiento de los electrones y otras partículas. La ecuación de Schrödinger se puede resolver analíticamente para algunos casos y, en otros, se puede utilizar un método aproximado como es la teoría de la perturbación y el método de Hartree-Fock.

Tomar la dimensión del espacio como una variable se ha convertido en una costumbre útil en mecánica estadística, Teoría de campos y óptica cuántica. A menudo, la solución se obtiene en el límite cuando  $D \rightarrow \infty$ .

J.G. Losser y D.R. Herschbach [5], estudiaron la D-dependencia de la correlación de energía para átomos de dos electrones. Gracias a los trabajos de estos investigadores, los diversos métodos de escalamiento dimensional ahora disponibles implican típicamente cuatro pasos:

1. Generalizar el problema a  $D$  dimensiones.
2. Transformar a un espacio convenientemente escalado para remover la mayor  $D$ -dependencia genérica de la cantidad que se determina.
3. Evaluar la cantidad reducida en uno o más valores de  $D$  espaciales tales como  $D \rightarrow \infty$ , donde el cálculo resulta fácil.
4. Obtener una aproximación para  $D = 3$ , relacionándola con los  $D$ -valores espaciales, generalmente por alguna interpolación o procedimiento de interpolación.

## 2. Fundamentos Teóricos

La ecuación de Schrödinger, independiente del tiempo, es una ecuación de eigenvalores. En la notación de Dirac toma la siguiente forma.

$$H|\Psi_\alpha\rangle = \varepsilon_\alpha |\Psi_\alpha\rangle \quad \alpha = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Donde el Hamiltoniano  $H$  es un operador Hermitiano y por tal razón los eigenvalores  $\varepsilon_\alpha$  son reales y el número infinito de eigenfunciones  $|\Psi_\alpha\rangle$ , que satisfacen la ecuación (1), son ortonormales. En la representación  $\{|\vec{r}\rangle\}$  tenemos

$$\langle \vec{r} | H | \Psi_\alpha \rangle = \varepsilon_\alpha \langle \vec{r} | \Psi_\alpha \rangle \quad \alpha = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Donde

$$\varepsilon_0 < \varepsilon_1 < \varepsilon_2 < \dots$$

Para un sistema formado por  $N$  – electrones y  $M$  – núcleos, la ecuación de Schrödinger (2) en unidades atómicas es

$$\left[ -\sum_i \frac{1}{2} \nabla_i^2 - \sum_A \frac{Z_A}{r_{Ai}} + \sum_{ij} \frac{1}{r_{ij}} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \right] \Psi_\alpha(\vec{r}) = \varepsilon_\alpha \Psi_\alpha(\vec{r}) \quad (3)$$

En la ecuación (3),  $M_A$  es razón de masa de los núcleos  $A$  a la masa de un electrón,  $Z_A$  es el número atómico de los núcleos  $A$  y  $Z_B$  es el

número atómico de los núcleos  $B$ . El primer término de la ecuación (3) es el operador para la energía cinética de los electrones; el segundo término es la energía cinética de los núcleos; el tercer término representa la atracción coulombiana entre los electrones y el núcleo y, finalmente, el cuarto y quinto término representan la repulsión entre electrones y entre núcleos, respectivamente.

Puesto que los núcleos son más pesados que los electrones, para una buena aproximación uno puede considerar que los electrones se están moviendo en el campo de núcleos fijos (aproximación de Born – Oppenheimer). Dentro de esta aproximación, el segundo término de la ecuación (3) la energía cinética de los núcleos puede ser despreciada y la repulsión entre núcleos (quinto término de la ecuación 3) puede ser considerado constante. En este contexto, el Hamiltoniano  $H$  está formado por un Hamiltoniano electrónico  $H_{elect}$  y un término constante que es la repulsión entre núcleos.

$$H = H_{elect} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \quad (4)$$

Donde el Hamiltoniano electrónico está dado por la siguiente expresión

$$H_{elect} = -\sum_i \frac{1}{2} \nabla_i^2 - \sum_{iA} \frac{Z_A}{r_{Ai}} + \sum_{ij} \frac{1}{r_{ij}} \quad (5)$$

Recordando que cualquier constante adicionada a un operador únicamente adiciona al operador un eigenvalor (una constante) y no tiene efecto sobre las eigenfunciones. Al sustituir la ecuación (4) en la ecuación (2), tenemos

$$\langle \vec{r} | H_{elect} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} | \Psi_{\alpha elect} \rangle = \left( \varepsilon_\alpha + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \right) \langle \vec{r} | \Psi_{\alpha elect} \rangle \quad (6)$$

Aplicando el operador obtenemos

$$\left[ -\sum_i \frac{1}{2} \nabla_i^2 - \sum_{iA} \frac{Z_A}{r_{Ai}} + \sum_{ij} \frac{1}{r_{ij}} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \right] \Psi_{\alpha elect}(\vec{r}) = \left( \varepsilon_{\alpha elect} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \right) \Psi_{\alpha elect}(\vec{r}) \quad (7)$$

Una solución a la ecuación de Schrödinger (7), que involucra el Hamiltoniano electrónico, es la función de onda

$$\Psi_{\alpha elect} = \Psi_{\alpha elect}(\{r_i\}, \{R_A\}) \quad (8)$$

La cual describe el movimiento de los electrones y depende explícitamente de las coordenadas electrónicas y paramétricas y de las coordenadas nucleares, al igual que la energía de los electrones

$$\varepsilon_{\alpha elect} = \varepsilon_{\alpha elect}(\{R_A\}) \quad (9)$$

La energía total para los núcleos fijos es

$$\varepsilon_{\alpha total} = \varepsilon_{\alpha elect} + \sum_{AB} \frac{Z_A Z_B}{R_{AB}} \quad (10)$$

Cuando se aplica la ecuación (7) al átomo de hidrógeno, obtenemos

$$\left[ -\frac{1}{2} \nabla^2 - \frac{1}{r} \right] \Psi_{\alpha elect}(\vec{r}) = \varepsilon_{\alpha elect} \Psi_{\alpha elect}(\vec{r}) \quad (11)$$

Donde el Laplaciano en coordenadas esféricas es

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \left( \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{1}{\tan \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right) \quad (12)$$

La dependencia angular del Laplaciano está contenida enteramente en el operador  $L^2$  (cuadrado del momento angular).

El Hamiltoniano electrónico descrito por la ecuación (5) depende únicamente de las coordenadas espaciales del electrón. Para poder describir completamente un electrón, es necesario especificar su spin<sup>4</sup>. Esto se logra introduciendo dos funciones spin  $|\alpha\rangle \equiv \left| \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\rangle$  y  $|\beta\rangle \equiv \left| \frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right\rangle$  correspondiendo respectivamente a spin hacia arriba y spin hacia abajo. El conjunto  $\{|\alpha\rangle, |\beta\rangle\}$  formado por estas dos funciones es completo y las funciones son ortogonales

$$\langle \alpha | \alpha \rangle = \langle \beta | \beta \rangle = \int d\omega \alpha^*(\omega) \alpha(\omega) = \int d\omega \beta^*(\omega) \beta(\omega) = 1 \quad (13)$$

En este formalismo un electrón se describe no únicamente por las tres componentes espaciales de  $\vec{r}$  sino también por una coordenada spin  $\mathcal{W}$ . Estas cuatro coordenadas se denotan por  $x\{\vec{r}, \mathcal{W}\}$ , donde  $x$  indica ambas coordenadas (espacio y spin). La ecuación de onda para  $N$  electrones no solo debe satisfacer la ecuación de Schrödinger (1) sino también debe ser antisimétrica (principio de exclusión de Pauling) con respecto al intercambio de coordenadas

$$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = -\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (14)$$

Para cumplir con el principio de exclusión, la función de onda para  $N$  electrones debe tener la siguiente forma

$$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\sigma} (-1)^\sigma \phi_\sigma \{x_i(x_1), x_j(x_2), \dots, x_k(x_N)\} \quad (15)$$

Donde el factor  $N!^{-1/2}$  es un factor de normalización. El estado base llamado estado base variacional Hartree Fock, se representa de la siguiente manera  $|\Psi_0\rangle = |x_1(x_1), \dots, x_N(x_N)\rangle$

La energía del estado base la podemos escribir como

$$\langle \Psi_0 | \mathcal{H} | \Psi_0 \rangle = \sum_i \langle \Psi_0 | h(i) | \Psi_0 \rangle + \sum_{i \neq j} \langle \Psi_0 | r_{ij}^{-1} | \Psi_0 \rangle \quad (17)$$

Donde el primer término de la ecuación (17) representa las variables dinámicas que dependen únicamente de la posición o momento del electrón en cuestión y el segundo término representa la interacción coulombiana.

La ecuación (17) se puede escribir en función del spin orbital

$$\langle \Psi_0 | \mathcal{H} | \Psi_0 \rangle = \sum_a \langle \chi_a | h | \chi_a \rangle + \frac{1}{2} \sum_a \sum_b \langle \chi_a \chi_b | \chi_a \chi_b \rangle \quad (18)$$

Donde:

$$|\Psi_0\rangle = |x_1, x_2, \dots, x_a, x_b, \dots, x_N\rangle$$

$$\langle \chi_a | h | \chi_a \rangle = \int dx_1 \chi_a^*(x_1) h(x_1) \chi_a(x_1)$$

$$\langle \chi_a \chi_b | \chi_a \chi_b \rangle = \int dx_1 dx_2 \chi_a^*(x_1) \chi_b^*(x_2) r_{12}^{-1} (1 - P_{12}) \chi_a(x_1) \chi_b(x_2)$$

Los mejores orbital spin, de acuerdo con el principio variacional, son aquellos que minimizan la energía electrónica

$$E_0 = \langle \Psi_0 | \mathcal{H} | \Psi_0 \rangle = \sum_a \langle \chi_a | h | \chi_a \rangle + \frac{1}{2} \sum_a \sum_b \langle \chi_a \chi_b | \chi_a \chi_b \rangle \quad (19)$$

Cuando en un mismo orbital espacial tenemos dos electrones con spin opuesto, se dice que el spin orbital es restringido de capa cerrada. Un conjunto de spin orbital restringido tiene la siguiente forma

$$\chi_i = \psi_i(r) \alpha(\omega) = \psi_i(r) \quad (20a)$$

$$\chi_i = \psi_i(r) \beta(\omega) = \bar{\psi}_i(r) \quad (20b)$$

Por lo tanto, el estado base restringido de capa cerrada se puede escribir

$$|\Psi_0\rangle = |\psi_1 \bar{\psi}_1 \dots \psi_a \bar{\psi}_a \dots \psi_{N/2} \bar{\psi}_{N/2}\rangle \quad (21)$$

Para el determinante de capa cerrada la energía de capa cerrada [1] es

$$E_0 = 2 \sum_a^{N/2} (\psi_a | h | \psi_a) + \sum_a \sum_b^{N/2} 2 (\psi_a \psi_b | \psi_a \psi_b) - (\psi_a \psi_b | \psi_a \psi_b) \quad (22)$$

Donde:

$$(\psi_a | h | \psi_a) = \int dr_1 \psi_a^* \left( -\frac{1}{2} \nabla_1^2 - \sum_A \frac{Z_A}{r_{A1}} \right) \psi_a$$

$$(\psi_a \psi_b | \psi_b \psi_a) = \int dr_1 dr_2 \psi_a^*(r_1) \psi_b^*(r_2) r_{12}^{-1} \psi_a(r_1) \psi_b(r_2)$$

$$(\psi_a \psi_b | \psi_b \psi_a) = \int dr_1 dr_2 \psi_a^*(r_1) \psi_b^*(r_2) r_{12}^{-1} \psi_a(r_1) \psi_b(r_2)$$

## 3. Desarrollo

### 3.1 Escalamiento

En este trabajo utilizaremos la ecuación (22), que corresponde a la energía del estado base y aplicaremos el método de escalamiento con el propósito de determinar la energía de dicho estado. Para llevar a cabo el escalamiento [3], [4], [5] aplicaremos los pasos mencionados en la introducción, que son:

1. Generalizar el problema a  $D$  dimensiones.
2. Transformar a un espacio convenientemente escalado para quitar la dependencia genérica principal de  $D$ , de la cantidad que se determinará.
3. Evaluar la cantidad escalada a uno o más valores de  $D$ , tales como  $D \rightarrow \infty$ .

Podemos escribir el Laplaciano en  $D$  dimensiones en función del cuadrado del momento angular

$$\nabla_D^2 = \frac{1}{r^{D-1}} \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) \right] - \frac{L_{D-1}^2}{r^2} \quad (23)$$

Donde el cuadrado del momento angular está dado por

$$L_{D-1}^2 = -\frac{1}{\sin^{k-1} \theta_k} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) + \frac{L_{k-1}^2}{\sin^2 \theta_k} \quad (24)$$

Donde  $k = 1, 2, \dots, D-1$  y los ángulos se definen en una manera jerarquizada con el rango  $0 \leq \theta_1 \leq 2\pi$  y  $0 \leq \theta_k \leq \pi$ .

Sustituyendo la ecuación (24) en (23), obtenemos

$$\nabla_D^2 = \frac{1}{r^{D-1}} \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) \right] + \frac{1}{r^2 \sin^{k-1} \theta_k} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) - \frac{L_{k-1}^2}{r^2 \sin^2 \theta_k} \quad (25)$$

$k = 1, 2, 3, \dots, D-1$

### 3.2 Átomo de Hidrógeno ( $Z_A = 1$ )

Como el átomo de hidrógeno tiene un solo electrón, la ecuación de la energía del estado base (22) se reduce a

$$E_0 = (\psi_1 | h | \psi_1) \quad (26)$$

Escribiendo la ecuación (26) en D dimensiones, tenemos:

$$E_D = (\psi_D | h_D | \psi_D) \quad (27)$$

Donde

$$h_D = -\frac{1}{2} \frac{1}{r^{D-1}} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{L_{D-1}^2}{2r^2} - \frac{Z_A}{r} \quad (28)$$

Donde, como ya se mencionó con anterioridad,

$$L_{D-1}^2 = -\frac{1}{\sin^{k-1} \theta_k} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) + \frac{L_{k-1}^2}{\sin^2 \theta_k} \quad (29)$$

Y la función de onda puede separarse en una función radial y una función angular

$$\psi_D = R_D(r) Y(\Omega_{D-1}) \quad (30)$$

El factor angular  $Y(\Omega_{D-1})$ , es una eigenfunción del operador  $L_{k-1}$ , de tal manera que

$$L_{k-1}^2 Y(\Omega_{D-1}) = CY(\Omega_{D-1}) \quad (31)$$

Donde  $C$  es el eigenvalor que tiene el siguiente valor:  $C = l(l+D-2)$ , donde  $l$  es el número cuántico. Por otro lado, la componente radial de la ecuación de Schrödinger, puede ser simplificada cambiando el factor radial de la función de onda  $\psi_D$  a  $J_D^{\frac{1}{2}}$ , donde  $J_D = r^{-\frac{D-1}{2}} \mu_D$ , siendo  $r^{-\frac{D-1}{2}}$  la parte radial del jacobiano en D dimensiones. Por lo tanto, la función de onda la podemos escribir como

$$\psi_D = r^{-\frac{D-1}{2}} \mu_D Y(\Omega_D) \quad (32)$$

Sustituyendo las ecuaciones (28) y (29) en la ecuación (27), tenemos:

$$E_D = \int dr \psi_D^*(r) \left[ -\frac{1}{2} \frac{1}{r^{D-1}} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{2r^2} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) + \frac{L_{k-1}^2}{2r^2 \sin^2 \theta_k} - \frac{Z_A}{r} \right] \psi_D(r) \quad (33)$$

Al aplicar el operador sobre la función de onda dada por la ecuación (32), obtenemos:

$$E_D = \int dr \psi_D^*(r) \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d^2}{dr^2} - \frac{(D-1)(D-3)}{2} \frac{1}{r^2} \right) - \frac{1}{2r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta_{D-1}^2} + \frac{1}{2r^2} \frac{D-2}{\tan \theta_{D-1}} \frac{\partial}{\partial \theta_{D-1}} + \frac{l(l+D-2)}{2r^2 \sin^2 \theta_{D-1}} - \frac{1}{r} \right] \psi_D(r) \quad (34)$$

Transformando el espacio escalado con  $r = \frac{D^2}{2} r'$ ,

obtenemos

$$E_D = \int dr \psi_D^*(r) \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d^2}{dr'^2} - \frac{(D-1)(D-3)}{2} \frac{1}{r'^2} \right) - \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta_{D-1}^2} + \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{D-2}{\tan \theta_{D-1}} \frac{\partial}{\partial \theta_{D-1}} + \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{l(l+D-2)}{\sin^2 \theta_{D-1}} - \frac{Z_A}{r'} \right] \psi_D(r) \quad (35)$$

Evaluando la cantidad escalada en  $D \rightarrow \infty$  y eliminando las primas tenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2} - \frac{Z_A}{r} \quad (36)$$

Como se puede observar, la ecuación (36) es precisamente la ecuación propuesta por Neils Bohr para el átomo de hidrógeno. Derivando la ecuación (36) e igualando a cero obtenemos el radio para el cual la energía es mínima y, tomando en cuenta que para el átomo de hidrógeno  $Z_A = 1$ , tenemos:

$$\text{Para } r = 1, E_{\min} = -\frac{1}{2}$$

La configuración propuesta para el átomo de hidrógenos es la que se muestra en la figura 2.

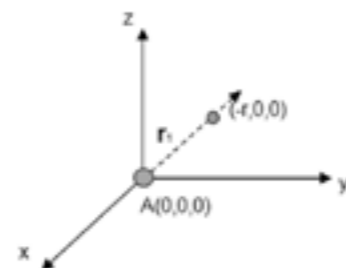


Fig. 2. Configuración del átomo de hidrógeno.

En la figura 3, se grafica la ecuación (36), donde se puede observar la energía del estado base

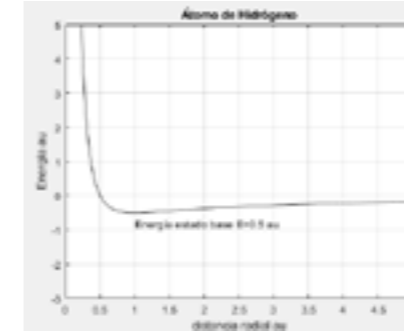


Fig. 3. Energía del estado base para el átomo de hidrógeno.

### 3.3 Átomo de Helio ( $Z_A = 2$ )

Para un átomo de dos electrones como el átomo de helio en el orbital 1s, tenemos que la energía del estado base (22), se reduce a

$$E_0 = 2(\psi_1 | h(1) | \psi_1) + (\psi_1 \psi_1 | \psi_1 \psi_1) \quad (37)$$

Donde el orbital espacial  $\psi_1$  es el orbital 1s y el operador  $h$  está dado por la siguiente expresión

$$h = -\frac{1}{2} \nabla^2 - \frac{Z_A}{r}$$

Escribiendo la ecuación (37) en D dimensiones, tenemos:

$$E_D = 2(\psi_{1D} | h_D(1) | \psi_{1D}) + (\psi_{1D} \psi_{1D} | \psi_{1D} \psi_{1D}) \quad (38)$$

Donde

$$h_D = -\frac{1}{2} \frac{1}{r^{D-1}} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{L_{D-1}^2}{2r^2} - \frac{Z_A}{r} \quad (39)$$

Y

$$L_{D-1}^2 = -\frac{1}{\sin^{k-1} \theta_k} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) + \frac{L_{k-1}^2}{\sin^2 \theta_k} \quad (40)$$

Y

$$(\psi_{1D} \psi_{1D} | \psi_{1D} \psi_{1D}) = \int dr_1 \psi_{1D}^*(r_1) \langle r_{12}^{-1} \rangle \psi_{1D}(r_1) \quad (41)$$

La ecuación (40)  $L_{k-1}^2$  es un operador cuyos eigenvalores son  $l(l+D-2)$ . La función de onda  $\psi_{1D}$  de nueva cuenta la podemos escribir como

$$\psi_{1D} = r^{-\frac{(D-1)}{2}} \mu_D Y(\Omega_{D-1}) \quad (42)$$

Sustituyendo las ecuaciones (42), (41), (40) y (39) en (38), obtenemos:

$$E_D = 2 \int dr \psi_D^*(r) \left[ -\frac{1}{2} \frac{1}{r^{D-1}} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{D-1} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{\sin^{k-1} \theta_k} \frac{\partial}{\partial \theta_k} \left( \sin^{k-1} \theta_k \frac{\partial}{\partial \theta_k} \right) + \frac{L_{k-1}^2}{\sin^2 \theta_k} - \frac{Z_A}{r} \right] \psi_D(r) + \int dr \psi_{1D}^2(r) \langle r_{12}^{-1} \rangle \psi_{1D}(r) \quad (43)$$

Transformando el espacio escalado por  $r = \frac{D^2}{2} r'$ ,

obtenemos

$$E_D = 2 \int dr \psi_D^*(r) \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d^2}{dr'^2} - \frac{D-1}{2} \frac{D-3}{2} \frac{1}{r'^2} \right) - \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta_{D-1}^2} + \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{D-2}{\tan \theta_{D-1}} \frac{\partial}{\partial \theta_{D-1}} + \frac{4}{2D^2 r'^2} \frac{l(l+D-2)}{\sin^2 \theta_{D-1}} - \frac{Z_A}{r'} \right] \psi_D(r) + \int dr \psi_D^*(r) \langle r_{12}^{-1} \rangle \psi_D(r) \quad (44)$$

Evaluando la cantidad escalada en  $D \rightarrow \infty$  y eliminando las primas obtenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^2} \right] - \frac{2Z_A}{r} + \frac{1}{r_{12}} \quad (45)$$

Al aplicar la ecuación (45) al átomo de helio, tenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \left( \frac{n_1^2}{r_1^2} + \frac{n_2^2}{r_2^2} \right) - \frac{Z_{A1}}{r_{A1}} - \frac{Z_{A2}}{r_{A2}} + \frac{1}{r_{12}} \quad (46)$$

Donde  $n$  es el número cuántico principal y toma los valores de  $n_1 = 1$  y  $n_2 = 1$ , ya que los electrones se encuentran a la misma distancia del núcleo.

Para determinar los valores de  $r_{A1}$ ,  $r_{A2}$  y  $r_{12}$ , es necesario proponer una configuración como la que se muestra en la figura 4.

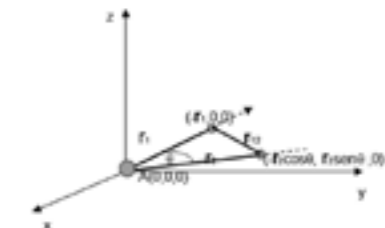


Fig. 4. Configuración átomo de helio propuesta.

De esta configuración propuesta tenemos:

$$r_{A1} = r_1$$

$$r_{A2} = r_2$$

$$r_{12} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \theta}$$

Sustituyendo estas últimas ecuaciones en la ecuación (46), obtenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r^2} - \frac{4}{r} + \frac{1}{r\sqrt{2-2\cos\theta}} \quad (47)$$

Minimizando la ecuación (47) obtenemos:

$$\theta = 180^\circ \text{ y } r = \frac{4}{7} au.$$

Para estos valores la energía mínima es  $E_{\min} = -3.0625 u.a.$  y la configuración más aceptable para el átomo de helio es la que se presenta en la figura 5.

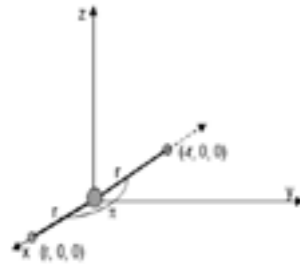


Fig. 5. Configuración del átomo de helio real.

En la figura 6, se grafica la ecuación (47) tomando  $\theta = 180^\circ$ , donde se puede observar la energía del estado base.

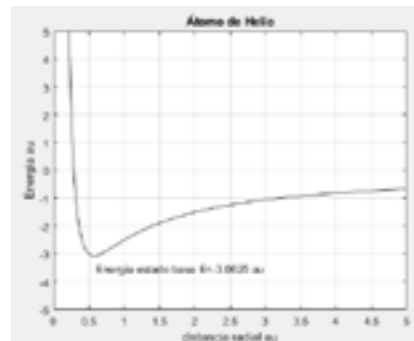


Fig. 6. Energía del estado base del átomo de helio.

### 3.4 Átomo de Litio ( $Z_A = 3$ )

Siguiendo el mismo procedimiento que para el átomo de helio, tenemos que la expresión para la energía escalada, cuando  $D \rightarrow \infty$ , es

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \left( \frac{n_1^2}{r_1^2} + \frac{n_2^2}{r_2^2} + \frac{n_3^2}{r_3^2} \right) - \frac{Z_A}{r_{A1}} - \frac{Z_A}{r_{A2}} - \frac{Z_A}{r_{A3}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \frac{1}{r_{23}} \quad (48)$$

Para el átomo de litio los electrones 1 y 2 están a la misma distancia, por lo tanto,  $r_1 = r_2$  mientras que las capas  $n_1 = n_2 = 1$ . El tercer electrón está a una distancia radial diferente de  $r_1$  y la denominaremos  $r_2$  y la capa  $n_3 = 2$ . Para determinar las distancias

radiales es necesario establecer una configuración como la que se muestra en la figura 7.

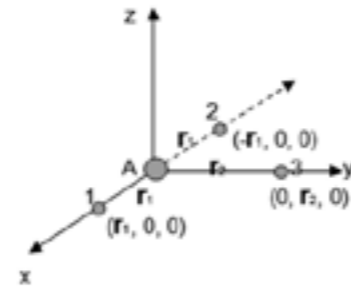


Fig. 7. Configuración de átomo de litio.

De esta configuración propuesta tenemos

$$r_1 = r_2 \quad n_1 = n_2 = 1 \quad n_3 = 2$$

$$r_{A1} = r_{A2} = r_1$$

$$r_{A3} = r_2$$

$$r_{12} = 2r_1$$

$$r_{13} = r_{23} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

Sustituyendo estas ecuaciones en la ecuación (48) tenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{2}{r_2^2} - \frac{11}{2r_1} - \frac{3}{r_2} + \frac{2}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}} \quad (49)$$

Minimizando la ecuación (49) se obtiene una energía mínima de  $E_{\min} = -7.6996 a.u.$  para  $r_1 = 0.363742 a.u.$  y  $r_2 = 3.8993 a.u.$

En la figura 8 se grafica la ecuación (49), donde se puede observar la energía del estado base.

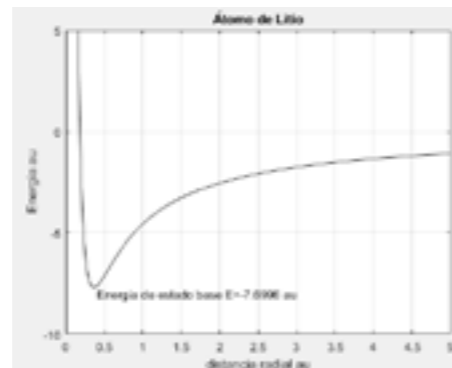


Fig. 8. Energía del estado base del átomo de litio.

### 3.5 Átomo de Berilio ( $Z_A = 4$ )

Para el átomo de berilio tenemos que la expresión para la energía escalada cuando  $D \rightarrow \infty$  es

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \left( \frac{n_1^2}{r_1^2} + \frac{n_2^2}{r_2^2} + \frac{n_3^2}{r_3^2} + \frac{n_4^2}{r_4^2} \right) - \frac{Z_A}{r_{A1}} - \frac{Z_A}{r_{A2}} - \frac{Z_A}{r_{A3}} - \frac{Z_A}{r_{A4}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \frac{1}{r_{34}} \quad (50)$$

Para el átomo de berilio tenemos

$$n_1 = n_2 = 1$$

$$n_3 = n_4 = 2$$

$$r_2 = r_1$$

$$r_3 = r_4 = r_2$$

Sustituyendo esta información en la ecuación (50), tenemos:

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{4}{r_2^2} - \frac{4}{r_{A1}} - \frac{4}{r_{A2}} - \frac{4}{r_{A3}} - \frac{4}{r_{A4}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \frac{1}{r_{34}} \quad (51)$$

Para determinar las coordenadas radiales es necesario establecer una configuración como la que se muestra en la figura 9.

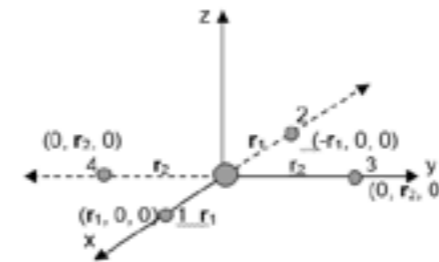


Fig. 9. configuración de átomo de berilio.

De esta configuración propuesta tenemos:

$$r_{A1} = r_{A2} = r_1$$

$$r_{A3} = r_{A4} = r_2$$

$$r_{12} = 2r_1$$

$$r_{34} = 2r_2$$

$$r_{13} = r_{14} = r_{23} = r_{24} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

Al sustituir esta información en la ecuación (51) obtenemos

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{4}{r_2^2} + \frac{4}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}} - \frac{15}{2r_1} - \frac{15}{2r_2} \quad (52)$$

Minimizando la ecuación (52) se obtiene la energía mínima de  $E_{\min} = -14.8403 a.u.$  para  $r_1 = 0.266905 a.u.$  y  $r_2 = 2.23195 a.u.$

En la figura 10 se grafica la ecuación (52), donde se puede observar la energía del estado base.

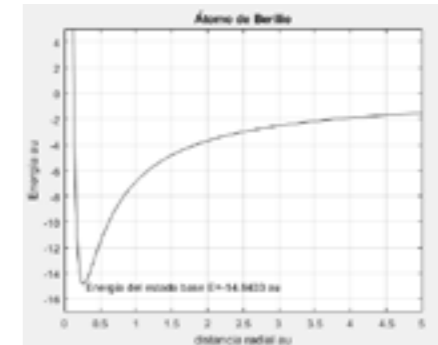


Fig. 10. Energía del estado base del átomo de berilio.

### 3.6 Átomo de Boro ( $Z_A = 5$ )

Para el átomo de boro tenemos que la expresión para la energía escalada cuando  $D \rightarrow \infty$  es

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \left( \frac{n_1^2}{r_1^2} + \frac{n_2^2}{r_2^2} + \frac{n_3^2}{r_3^2} + \frac{n_4^2}{r_4^2} + \frac{n_5^2}{r_5^2} \right) - \frac{Z_A}{r_{A1}} - \frac{Z_A}{r_{A2}} - \frac{Z_A}{r_{A3}} - \frac{Z_A}{r_{A4}} - \frac{Z_A}{r_{A5}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{15}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \frac{1}{r_{25}} + \frac{1}{r_{34}} + \frac{1}{r_{35}} + \frac{1}{r_{45}} \quad (53)$$

Para el átomo de boro tenemos que

$$n_1 = n_2 = 1$$

$$n_3 = n_4 = n_5 = 2$$

$$r_2 = r_1$$

$$r_3 = r_4 = r_5 = r_2$$

Sustituyendo esta información en la ecuación (53), tenemos

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{6}{r_2^2} - \frac{5}{r_{A1}} - \frac{5}{r_{A2}} - \frac{5}{r_{A3}} - \frac{5}{r_{A4}} - \frac{5}{r_{A5}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{15}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \frac{1}{r_{25}} + \frac{1}{r_{34}} + \frac{1}{r_{35}} + \frac{1}{r_{45}} \quad (54)$$

Para determinar las distancias radiales es necesario establecer una configuración como la que se muestra en la figura 11.

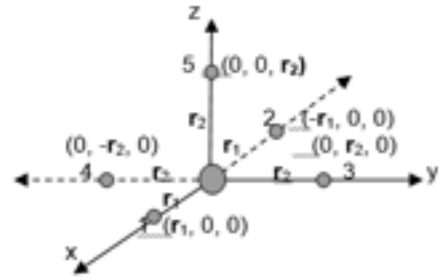


Fig. 11. Configuración del átomo de boro.

De esta configuración tenemos

$$\begin{aligned} r_{A1} &= r_{A2} = r_1 \\ r_{A3} &= r_{A4} = r_{A5} = r_2 \\ r_{12} &= 2r_1 \\ r_{34} &= 2r_2 \\ r_{13} &= r_{14} = r_{15} = r_{23} = r_{24} = r_{25} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2} \\ r_{35} &= r_{45} = \sqrt{2} r_2 \end{aligned}$$

Sustituyendo esta información en la ecuación (54) obtenemos

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{6}{r_2^2} + \frac{6}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}} - \frac{19}{2r_1} - \frac{29}{2r_2} + \frac{\sqrt{2}}{r_2} \quad (55)$$

Minimizando la ecuación (55), se obtiene la energía mínima  $E_{\min} = -24.6824 a.u.$  para

$$r_1 = 0.210792 a.u. \text{ y } r_2 = 1.66019 a.u.$$

En la figura 12 se grafica la ecuación (55), donde se puede observar la energía del estado base.

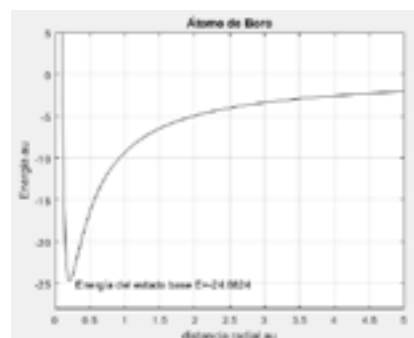


Fig. 12. Energía del estado base del átomo de berilio.

### 3.7 Átomo de Carbono ( $Z_A = 6$ )

Para el átomo de carbono tenemos que la expresión para la energía escalada cuando  $D \rightarrow \infty$  es

$$\begin{aligned} E_{D \rightarrow \infty} &= \frac{1}{2} \left( \frac{n_1^2}{r_1^2} + \frac{n_2^2}{r_2^2} + \frac{n_3^2}{r_3^2} + \frac{n_4^2}{r_4^2} + \frac{n_5^2}{r_5^2} + \frac{n_6^2}{r_6^2} \right) - \frac{Z_A}{r_{A1}} - \\ &\quad \frac{Z_A}{r_{A2}} - \frac{Z_A}{r_{A3}} - \frac{Z_A}{r_{A4}} - \frac{Z_A}{r_{A5}} - \frac{Z_A}{r_{A6}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \\ &\quad \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{15}} + \frac{1}{r_{16}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \frac{1}{r_{25}} + \frac{1}{r_{26}} + \frac{1}{r_{34}} + \\ &\quad \frac{1}{r_{35}} + \frac{1}{r_{36}} + \frac{1}{r_{45}} + \frac{1}{r_{46}} + \frac{1}{r_{56}} \end{aligned} \quad (56)$$

Para el átomo de carbono tenemos:

$$\begin{aligned} n_1 &= n_2 = 1 \\ n_3 &= n_4 = n_5 = n_6 = 2 \\ r_2 &= r_1 \\ r_3 &= r_4 = r_5 = r_6 = r_2 \end{aligned}$$

Sustituyendo esta información en la ecuación (56) tenemos

$$\begin{aligned} E_{D \rightarrow \infty} &= \frac{1}{r_1^2} + \frac{8}{r_2^2} - \frac{6}{r_{A1}} - \frac{6}{r_{A2}} - \frac{6}{r_{A3}} - \\ &\quad \frac{6}{r_{A4}} - \frac{6}{r_{A5}} - \frac{6}{r_{A6}} + \frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{r_{13}} + \\ &\quad \frac{1}{r_{14}} + \frac{1}{r_{15}} + \frac{1}{r_{16}} + \frac{1}{r_{23}} + \frac{1}{r_{24}} + \\ &\quad \frac{1}{r_{25}} + \frac{1}{r_{26}} + \frac{1}{r_{34}} + \frac{1}{r_{35}} + \frac{1}{r_{36}} + \\ &\quad \frac{1}{r_{45}} + \frac{1}{r_{46}} + \frac{1}{r_{56}} \end{aligned} \quad (57)$$

Para determinar las distancias radiales es necesario establecer una configuración como la que se muestra en la figura 13.

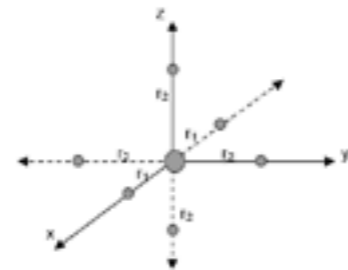


Fig. 13. Configuración de átomo de carbono.

De esta configuración propuesta tenemos

$$\begin{aligned} r_{A1} &= r_{A2} = r_1 \\ r_{A3} &= r_{A4} = r_{A5} = r_{A6} = r_2 \\ r_{12} &= 2r_1 \\ r_{34} &= r_{56} = 2r_2 \\ r_{13} &= r_{14} = r_{15} = r_{16} = r_{23} = r_{24} = r_{25} = r_{26} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2} \\ r_{35} &= r_{36} = r_{45} = r_{46} = \sqrt{2} r_2 \end{aligned}$$

Al sustituir esta información en la ecuación (56) obtenemos

$$E_{D \rightarrow \infty} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{8}{r_2^2} + \frac{8}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}} - \frac{23}{2r_1} - \frac{23}{2r_2} + \frac{2\sqrt{2}}{r_2} \quad (58)$$

Minimizando la ecuación (58) se obtiene la energía mínima  $E_{\min} = -37.7461 a.u.$  para

$$r_1 = 0.174202 a.u. \text{ y } r_2 = 1.29186 a.u.$$

En la figura 14 se grafica la ecuación (58), donde se puede observar la energía del estado base.

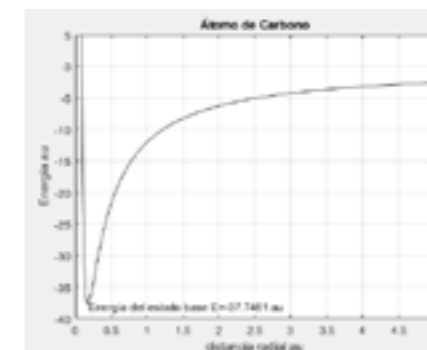


Fig. 14. Energía del estado base del átomo de carbono.

### 4. Resultados

Se utilizó el programa Gaussian para determinar la energía mínima y así, poder verificar la exactitud del método de escalamiento en la determinación de la energía mínima.

Tabla 1. Resultados obtenidos.

Átomo	$E_{\min}$ en a.u. Con escalamiento	$E_{\min}$ en a.u. Con el Gaussian
H	-0.5	-0.496198
He	-3.0625	-2.85516
Li	-7.6996	-7.432026
Be	-14.8403	-14.5719
B	-24.6824	-24.5310
C	-37.7461	-37.6902

Tabla 2. Bases utilizadas en el programa Gaussian.

Átomo	Base
H	HF/3-21G
He	6-31G(d)
Li	6-311++G(3df, 2pd)
Be	6-311++G(3df, 2pd)
B	6-311++G(3df, 2pd)
C	6-311++G(3df, 2pd)

### 5. Conclusiones

De los resultados obtenidos podemos observar que la energía determinada para estos átomos [2], utilizando el método de escalamiento, es muy similar a la energía obtenida con el programa Gaussian, y esto se debe a que la densidad electrónica para  $D \rightarrow \infty$ , corresponde a un límite pseudoclásico en el cual el electrón está localizado a una distancia radial fija (propuesta de Neils Bohr). Para átomos con más electrones que los vistos aquí, se dificulta la determinación de la energía mínima al minimizar la ecuación de energía.

### 6. Bibliografía

- [1] Modern Quantum Chemistry Attila Szabo, Neils S. Ostlund, Mac Graw-Hill. Publishing company.
- [2] Artículos Bohr's 1913 molecular model revisited. Simple and Surprisingly Accurate approach to the chemical bond obtained from Dimensional Scaling. Anatoly A. Svidzinsky Marlan O. Scully Dudley R. Herchbac.
- [3] J.G. Losser and D.R. Herschbach, J. Chem. Phys. 84, 3882 (1986), Hylleraas-Pekeris calculations for D-dimensional two-electron atoms.
- [4] J.G. Losser and D.R. Herschbach, J. chem. Phys. 86, 3512 (1987), 1/D expansions for two-electron atoms.
- [5] J.G. Losser and D.R. Herschbach, J. chem. Phys. 86, 3512 (1987), D-dependence of correlation energy for two-electron atoms.



## El turismo como estrategia para mejorar el desarrollo. El caso de comunidades indígenas de Huatabampo, Sonora

Gil Arturo Quijano Vega<sup>1</sup> y Ana Silvia Llanes Romo<sup>2</sup>

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo,  
Dirección: Av. Tecnológico S/N Col. Sahuaro, Hermosillo, Sonora  
Telefono:6622606500 ext. 136, e-mail: gilarturoquijano@gmail.com

### Resumen:

El presente artículo pretende justificar de manera teórica la incursión del municipio de Huatabampo, Sonora en la actividad turística, como una estrategia para mejorar las condiciones de desarrollo económico y social de sus comunidades indígenas. Para ello se revisó el estado del arte existente sobre el tema, se analizaron algunas fuentes de información acerca del contexto del municipio de Huatabampo, así como de sus principales actividades económicas y características geográficas y naturales. Se realizó un breve inventario de atractivos turísticos de la región y al final se pudo detectar que el municipio de Huatabampo tiene las condiciones necesarias para emprender proyectos turísticos de impacto económico interesante pero, sobre todo, de gran valor para incrementar el desarrollo social de sus habitantes, especialmente de las comunidades indígenas. Como recomendación se sugiere el diseño de una ruta turística para el municipio tomando como eje central las tradiciones de la etnia Mayo y que se aprovechen al mismo tiempo los paisajes y riqueza natural de la región.

**Palabras clave:** Turismo, Comunidades indígenas, etnia Mayo, Huatabampo

### 1. Introducción

Una de las primeras definiciones de turismo data de 1942 cuando Hunziker y Krapf mencionaron que Turismo es el “conjunto de relaciones y fenómenos que se producen como consecuencia del desplazamiento y estancia temporal de personas fuera de su lugar de residencia, siempre que no esté motivado por razones lucrativas”. Theobald (1998) complementa lo anterior al referir que turismo es “la acción de desplazarse a otra ciudad, región o país con la finalidad de disfrutar de días de ocio y diversión”. Por su parte, la Organización Mundial del Turismo (OMT) menciona que el turismo es un fenómeno social, cultural y económico

relacionado con el movimiento de las personas a lugares que se encuentran fuera de su lugar de residencia habitual por motivos personales, de negocios o profesionales (OMT, 2008); de hecho, menciona que estas personas se denominan visitantes y turismo tiene que ver con las actividades que realizan en su viaje, las cuales, por lo general, implican un gasto.

Por lo tanto, de la conceptualización anterior de turismo, se puede destacar como interesante que en ese desplazamiento ocurre una interacción entre viajeros y prestadores de servicios (transporte, hospedaje, alimentación, etc.), lo que permite a la actividad turística influir en la economía y cultura del lugar visitado. Entonces, si la política económica de un gobierno (ya sea federal, estatal o municipal) busca la competitividad, la eficiencia y la generación de empleos en sectores estratégicos, el sector turístico debe convertirse en uno de los ejes prioritarios para el crecimiento económico, ya que es uno de los sectores que más ingresos económicos aportan por concepto de divisas.

Uno de los aspectos que hacen que México resalte a nivel internacional en el sector turismo es, sin duda, su amplia y excelente diversidad cultural, característica que se debe a la herencia de sus primeros pueblos, su arte y sus lenguas; lo que lo convierte en una de las naciones latinoamericanas con mayor legado y población indígena (Presidencia de la República, 2007). Los pueblos indígenas mexicanos surgieron hace más de 10 mil años, cuando los primeros grupos de seres humanos provenientes de Asia y del norte de América llegaron al territorio de lo que hoy es nuestro país. Estos grupos hablaban idiomas diferentes y tenían tradiciones culturales distintas, todos vivían de la caza y la recolección y al distribuirse en los diversos ecosistemas que existían en México, cada grupo adaptó su forma de vida y su cultura a las condiciones medioambientales que le tocó vivir (Navarrete, 2008). Es por ello, concluye el autor, que en este país existen más de 62

grupos etnolingüísticos distintos, lo que conlleva grandes diferencias entre ellos, pues tienen sus lenguas propias, sus tradiciones particulares y conservan características de sus formas de vida ancestrales. Desgraciadamente, y de manera paradójica por la gran riqueza cultural e histórica que representan, los pueblos y comunidades indígenas de México se caracterizan por vivir con altos niveles de pobreza y en una situación económica de gran desventaja que no les permite mejorar en el rubro de desarrollo humano (Presidencia de la República, 2007).

Ahora, adentrándose un poco al contexto sonorenses, Zarate (2016) menciona que, desde la época de la conquista y la colonización de los territorios indígenas, las etnias del estado de Sonora han sido objeto de múltiples agravios, lo que ha ocasionado la reducción de sus poblaciones y territorios. A manera de ejemplo basta decir que en la actualidad las etnias sonorenses viven en comunidades rurales pequeñas y presentan un gran atraso en indicadores de desarrollo social, a decir por su grado de escolaridad, analfabetismo, fuentes de ingresos (en su mayoría trabajos asalariados de baja remuneración), condiciones y bienes de la vivienda y servicios de salud, entre otros (Zárate, 2016). Lo paradójico es que, aunque cuentan con recursos naturales aprovechables (actualmente los ejidos son propietarios de casi el 70% del territorio nacional), carecen de bienes para la producción o medios para aprovecharlos.

Sonora cuenta con 8 pueblos originarios que forman parte de su identidad y cuyos integrantes se esfuerzan a diario por preservar sus raíces, magia, cultura, enigmas y tradiciones; estos pueblos son: Cucapás, Guarijíos, Kikapus, Mayos, Pápagos, Pimas, Seris y Yaquis. Estas etnias luchan por sobrevivir y, aunque tienen graves carencias y en ocasiones falta de oportunidades, su espíritu férreo y el arraigo a su tierra los mantiene de pie (El Imparcial, 2017). En cuanto a ingresos, refiere la misma fuente, aunque las etnias sonorenses cuentan con recursos naturales propios, no los aprovechan por falta de capital, dejando en manos ajenas tales recursos a través de una renta mínima; por lo que trabajan como jornaleros agrícolas, empleados domésticos u otros.

El grupo indígena de los Mayos (ubicados en los municipios de Navojoa, Álamos, Etchojoa y Huatabampo, principalmente) constituyen la etnia sonorenses más grande, con una población de 186.257 habitantes que están asentados en la parte baja del río Mayo y, por ser la etnia más abierta a las oportunidades de la modernidad, corre el riesgo de perder sus tradiciones y cultura (El Imparcial, 2017). Sus principales problemas son la venta y renta de tierras ejidales, sobreexplotación de sus litorales y pérdida de

mantos freáticos para agua de consumo y cultivos (Zárate, 2016). Las condiciones de rezago social en los municipios con población indígena del estado de Sonora presentan resultados que llaman la atención, y un ejemplo es la región del Mayo con sus principales datos en rezago social:

Tabla 1. Indicadores sociales para la región del Mayo

Municipio	Grado de rezago				
	Social	Educativo	Infraestructura básica	Condiciones de la vivienda	Bienes dentro de vivienda
Álamos	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
Benito Juárez	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Etchojoa	Medio	Bajo	Medio	Medio	Alto
Huatabampo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio
Navojoa	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio

Fuente: CDI (2009) en Zarate (2016)

Es por lo anterior que se considera de gran importancia promover al sector turístico de esta región con la intención de aprovechar la riqueza natural y cultural que posee, al mismo tiempo que se genera desarrollo para sus habitantes.

### 2. Marco teórico

La palabra turismo es comúnmente entendida como la acción de desplazarse a otra ciudad, región o país con la finalidad de disfrutar de días de ocio y diversión. Pero como ya se platicó anteriormente, en este viaje existe interacción entre viajeros y prestadores de servicios, lo que le permite influir en la economía y cultura del lugar visitado. Etimológicamente, la palabra “tour” se deriva del latín “tornare” y del griego “tornos” que significa movimiento alrededor de un punto central o eje, por lo que al agregarle los sufijos “-ism” o “-ist” que significa “realizar una acción”, el Tour representa un viaje redondo, o “el acto de salir y regresar al punto de partida original, y por lo tanto, el que realiza dicho viaje puede ser llamado turista” (Theobald, 1998).

El turismo, entonces, es el desplazamiento temporal que realizan las personas desde su lugar de origen hacia un destino elegido. Comprende las acciones y actividades que se realizan durante dicho periodo de desplazamiento fuera de su entorno habitual. Cuando una persona realiza un viaje, requiere de una innumerable cantidad de servicios que van desde transporte, hospedaje y alimentos, hasta distracciones, esparcimiento o compras. Así, pues, el turismo engloba un conjunto de actividades que producen los bienes y servicios que demandan los turistas (OMT, 2006).

<sup>1</sup>Profesor- investigador de la Maestría en Administración del I.T. de Hermosillo

<sup>2</sup>Alumna de la Maestría en Administración del I.T. de Hermosillo

En México, la política económica del gobierno federal (2012) se sustentaba en la competitividad, la eficiencia y la generación de empleos en los sectores que se consideran estratégicos. Es por ello que el sector turístico es uno de los ejes prioritarios para el crecimiento económico, ya que es uno de los sectores que más ingresos económicos aportan al país por concepto de divisas. Esto se refleja de manera sustancial en el Programa Sectorial de Turismo 2007-2012, documento rector que pretendía articular los esfuerzos para hacer del turismo “una actividad estratégica e integrada a la vida económica, social, cultural y política del país, capaz de atender de forma competitiva una amplia gama de segmentos de mercado nacional e internacional, sin detrimento de la calidad del patrimonio natural y cultural” (SECTUR).

En las últimas décadas, el fenómeno turístico ha ido adquiriendo una gran importancia y todo apunta a que en el futuro éste seguirá su ritmo ascendente pues, de ser considerado como un fenómeno coyuntural cuya importancia social y sobre todo económica era relativizada y minimizada por importantes organismos internacionales, en época reciente ha pasado a ser considerado como un fenómeno estructural; cuyo protagonismo en la economía internacional, en general, y en la de muchos países, regiones y localidades en particular, cada vez es mayor, superando, en muchos casos, al de los sectores productivos tradicionales como la agricultura, la minería, la pesca, las manufacturas, etc. (Barroso y Flores, 2006).

Recientemente se ha replanteado la visión que prevalecía sobre el turismo que hasta hace poco se limitaba al llamado turismo convencional, basado en los elementos de sol, mar y arena. Como parte de este nuevo planteamiento, el turismo ahora es considerado como una actividad socioeconómica a través de la cual pueden ser cumplidos algunos propósitos que se formulan las autoridades de los distintos niveles de gobierno, tendientes a elevar las condiciones de bienestar de la población (SECTUR).

La Secretaría de Turismo de México expone que las ventajas o puntos positivos a considerar con respecto a la actividad turística son (SECTUR):

- Generación de empleos directos e indirectos.
- Ingresos para el municipio.
- Dinamización de la economía.
- Revalorización del talento local.
- Impulso a la pequeña y mediana empresa (PyME's).
- Mejoramiento de la infraestructura básica.

<sup>3</sup><https://huatabampo.gob.mx/transparencia/PMD%202019%20-%202021%20PDF%20FINAL%20HUATABAMPO.pdf>

- Mejoramiento de la calidad de vida.
- Proceso de capacitación permanente.
- Conservación y promoción del patrimonio natural y cultural.
- Identidad cultural.
- Fomentar los vínculos interinstitucionales en los tres niveles de gobierno.

De ahí resalta la importancia de que el turismo se promueva como una actividad económica que favorece el desarrollo social y económico de los lugares que lo ejercen.

### 3. Desarrollo

#### *El municipio de Huatabampo*<sup>3</sup>.

El territorio que ocupa el municipio ha sido tradicionalmente territorio de los indios mayos. En 1614 los misioneros jesuitas Pedro Méndez y Diego de la Cruz, acompañados del capitán Diego Martínez de Hurdaide hicieron su entrada en el Río Mayo. Fundaron los pueblos de Misión del Mayo, entre los que se encuentra Santa Cruz Río Mayo, ubicado en el territorio del actual municipio de Huatabampo. El nombre de Huatabampo proviene de la lengua cahita (yaqui y mayo) de las raíces "huata", sauce; "baam", plural de "baa", agua; y "po" en; "sauce en el agua".

La actual Ciudad de Huatabampo empezó a formarse en la última década del siglo XIX. Fue erigida en cabecera de municipio por decreto de la Legislatura local el 10 de diciembre de 1898, comprendiendo las comisarías de Moroncarit, San Pedro y Etchojoa. Estas dos últimas fueron segregadas para constituir el municipio de Etchojoa. El 3 de mayo de 1933 se le agregó la comisaría de Agiabampo. El título de ciudad se le concedió en 1927 durante el gobierno del General Topete.

El municipio de Huatabampo se localiza el sur del Estado y colinda con los siguientes municipios: al norte con el municipio de Etchojoa, al sur con el municipio de Ahome, Sinaloa, al este con los municipios de Navojoa y Álamos y al oeste con el Golfo de California. El municipio cuenta con 1,170 kilómetros cuadrados que representan el 0.63% de la superficie total del Estado y se encuentra a una altura promedio sobre el nivel del mar de 10 metros. Las localidades más importantes además de la cabecera son: Ejido la Unión, Yavaros, Sahuaral de Otero, Etchoropo, Huatabampito, Moroncarit, Agiabampo, Estación Luis, Las Bocas, El Caro, Citavaro, Pozo Dulce y el Júpate.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI en 2010, la población total del municipio fue de 79,313 habitantes; con una población económicamente activa de 32,628, de la cual el Sector primario absorbe alrededor de 10 mil personas, la industria manufacturera 499 y los Servicios emplean a 14,333 habitantes.

Según los resultados que presenta la encuesta intercensal INEGI 2015, el municipio contó con un total de 80,524 habitantes, de los cuales 40,185 eran hombres y 40,339 eran mujeres. El 62% de dicha Población vive en una de las 134 comunidades y localidades que componen al municipio, de las cuales el 80% son comunidades rurales menores de 500 habitantes.

El municipio de Huatabampo cuenta con 110 kilómetros de litoral, de los cuales un 70% son playas con buenas condiciones topográficas ideales para el impulso turístico; las playas más importantes son Las Bocas Norte, Las Bocas Sur, Bachomojaqui, Camahuiroa, Los Baños de Agiabampo y Huatabampito; campos pesqueros como Santa Bárbara, Boca del Río Mayo y Puerto de Yavaros.

Por otra parte, las fiestas tradiciones de la comunidad Yoreme-Mayo son también un importante recurso turístico. Dichos festejos son un acontecimiento entre la población municipal y regional. Se cuentan por miles los visitantes que año con año arriban a las fiestas de celebración de la Santísima Trinidad y el Espíritu Santo. También son importantes las ceremonias previas a la semana mayor, donde se manifiestan de manera detallada, los elementos culturales de la tradición Yoreme-Mayo.

#### *El turismo en Huatabampo*

El turismo en Huatabampo tiene un gran potencial por su diversidad de recursos naturales (campos agrícolas y pesqueros, playas, sierra, etc.) pero sobre todo por su riqueza cultural y étnica. Por ejemplo, en una investigación realizada por Quijano (2019) se pudo detectar que el 93.2 % de la población entrevistada (personas mayores de edad que trabajan y que el 46.8% son residentes de la ciudad de Hermosillo, el 31.6 % viven en Huatabampo, el 6.8% son de Cd. Obregón, el 4.6% residen en Navojoa, y el 10.2% restante son de distintas ciudades del Estado de Sonora) está dispuesta a realizar visitas a los lugares y tradiciones de las comunidades indígenas mayo. Esto se debe a que la región del mayo, más específicamente Huatabampo, cuenta con diferentes atractivos turísticos, entre ellos:

- La cultura y tradiciones de la etnia Mayo, con todas sus fiestas y ceremonias que incluyen la danza del pascola y venado. Entre las más importantes está la

cuaresma con los fariseos y todas las celebraciones de los viernes, pero específicamente la semana Santa; las fiestas de la Santísima Trinidad (también se le conoce como fiesta del Espíritu Santo porque se realiza el día de Pentecostés); las fiestas de: San Juan, La virgen de Guadalupe, El Señor de los Milagros, San Pedro y San Pablo, Virgen del Carmen, la Santa Cruz, etc., infinidad de fiestas que se realizan en todas las comunidades indígenas dependiendo del Santo patrono que veneran y el ciclo litúrgico de la iglesia católica.

- La historia de Huatabampo, que es conocido como la “tierra de generales” por todos aquellos hombres guerreros que participaron en los movimientos que dieron vida a la nación que hoy conocemos (entre ellos los generales Álvaro Obregón, Tiburcio Otero, Ignacio Otero, Anselmo Macías y el coronel Jesús Otero). En el centro de la ciudad se encuentra la casa de Álvaro Obregón acondicionada como museo y su mausoleo en el panteón municipal, lugares de visita obligada.

- Las playas del municipio. Como se mencionó anteriormente, Huatabampo tiene más de 100 kilómetros de litoral marítimo y una mayor parte de ellos son playas en estado virgen; sin embargo, se cuenta con una naciente infraestructura en las playas de Huatabampito, Las Bocas y Camahuiroa; y con acceso a playas como El Siari y La Boca del Río Mayo. Sin duda son lugares que se deben conocer.

Es importante mencionar que el gobierno del estado de Sonora promueve la ruta turística Sierra – Mar que se integra por los municipios de Álamos, Navojoa y Huatabampo que, aunque no ha impactado de manera suficiente en el municipio de Huatabampo, se puede aprovechar para difundir más los recursos turísticos que se poseen y que constituyen una ventaja comparativa de esta región.

### 4. Conclusiones

El presente artículo busca servir de referencia para considerar al turismo como una actividad para potenciar el desarrollo económico y social de algunas de las comunidades indígenas del municipio de Huatabampo. Entre las nuevas vertientes del turismo que se están aprovechando a nivel mundial están el Turismo Rural, Turismo Ecológico, Turismo indígena o etnográfico, turismo Cultural, Agroturismo, etc.; y todas ellas son aplicables para los recursos naturales y culturales que posee Huatabampo. Sólo basta un plan de desarrollo o programa de trabajo para implementar proyectos encaminados a incentivar el turismo en la región.

El sustento teórico y la experiencia que demuestran el impacto positivo de la relación turismo – desarrollo se encuentra ampliamente documentado. La Organización Mundial del Turismo menciona que en las últimas décadas, el turismo ha experimentado un continuo crecimiento que lo ha llevado a convertirse en uno de los sectores económicos que crece con mayor rapidez en el mundo (OMT, 2018). Al mismo tiempo afirma que existe una estrecha relación entre turismo y desarrollo, a tal grado que la actividad turística se ha convertido en motor clave del progreso económico en países y regiones. Ejemplo de lo anterior, la OMT refiere que el volumen de negocio del turismo iguala o supera al de las exportaciones de petróleo, productos alimentarios o automóviles; siendo uno de los principales actores del comercio internacional y representa la principal fuente de ingresos de varios países en desarrollo.

Por otra parte, el índice de competitividad turística de los estados mexicanos, publicado por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, menciona que, como cualquier otro sector de la economía, el turismo incide en la generación de empleos, la atracción de inversiones, el impulso al desarrollo económico y sus consecuentes repercusiones positivas en la calidad de vida de las comunidades a las que impacta (Tello, et. al, 2012). De hecho, el autor afirma que, si el gobierno cumple con su función de facilitador y regulador para alcanzar un sector turístico profesional y productivo, promoverá la competitividad; transformando las riquezas naturales y culturales de un estado en mayor desarrollo social y económico para la región.

Para este caso en particular, y considerando los comentarios anteriores, la principal estrategia que se recomienda como producto del presente estudio es el diseño de una ruta turística específicamente para las comunidades de la etnia mayo de Huatabampo. Se propone que dicha ruta tenga como eje central o atracción principal las fiestas ceremoniales de la etnia Mayo y a partir de ahí ir agregando los diferentes atractivos que tenga la región dependiendo de la temporada (por ejemplo, en temporada de frío será muy difícil ofrecer la playa o los campamentos al aire libre, pero si se pueden ofrecer la caminata, paseos a caballo o en lanchas, etc.). Como eje secundario se recomienda diseñar visitas guiadas a los distintos atractivos históricos y culturales de la región por ejemplo el museo de Álvaro Obregón. También considerar los activos naturales que tiene la región como las playas de Huatabampo o las riveras del Rio Mayo. Es decir, aprovechar todos los atractivos turísticos que la región posee (ver figura 1).

Es muy importante que se considere a la ruta como un “clúster turístico”, ya que cada eslabón o componente de ella va a generar actividad económica para los demás integrantes de la ruta, pero también al resto de comunidades y población a su alrededor, y en ese sentido, el impacto podrá ser mayor y tendrá mejores beneficios para la región en general.



Figura 1. Ruta turística para Huatabampo.  
Fuente: Elaboración propia con imágenes de google.com.

## 5. Referencias

- Barroso, M. y Flores, D. (2006). La competitividad internacional de los destinos turísticos: del enfoque macroeconómico al enfoque estratégico. *Cuadernos de Turismo*, Núm. 17, ene-jun 2006. Murcia, España.
- El Imparcial (2017). Ocho Etnias en Sonora que se mantienen en pie. Reportaje especial y documental. Publicado del 19 al 25 de junio del 2017. Hermosillo, Sonora.
- Hunziker, W. y Krapf, K. (1942). *Grundriss der Allgemeire Fremderverkehrslehre*, Zurich *Plygraphischer verlag*. En Viloria (2012). Desarrollo Turístico y su relación con el transporte. *Gestión turística*. Núm 17, enero-junio 2012, Universidad Austral de Chile.
- Navarrete, F. (2008). *Los pueblos indígenas de México: pueblos indígenas del México contemporáneo*. Primera Edición. Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México, D.F.
- OMT (2006). *Tendencias de los mercados turísticos. Panorama mundial y actualidad del turismo*. España 2004

- OMT (2008). *Indicadores turísticos y tendencias*. Organización Mundial del Turismo
- OMT (2018). *¿Por qué el Turismo?* Organización Mundial de Turismo. [www2.unwto.org.es](http://www2.unwto.org.es)
- Presidencia de la República (2007). *Plan Nacional de Desarrollo México 2007 – 2012*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. México.
- Quijano (2019). *Estrategias competitivas para el Sector Turístico de la Región del Mayo del estado de Sonora, como propuestas para mejorar el desarrollo en comunidades indígenas*. Reporte de investigación. Tecnológico Nacional de México, Instituto tecnológico de Hermosillo. Sonora, México.
- SECTUR. Secretaría de Turismo de México. Varios documentos consultados en mayo, 2019. <https://www.gob.mx/sectur/>
- Tello, J.; Cerda, G. y Pardo, M. (2012). *Índice de Competitividad Turística de los estados mexicanos ICTEM 2012*. Tecnológico de Monterrey. México.
- Theobald, W. (1998). *Global Tourism*. Ed. Plant a Tree, U.K.
- Zarate, J.L. (2016). Grupos étnicos de Sonora: territorios y condiciones actuales de vida y rezago. *Región y Sociedad*. Año XXVIII, No 65. El Colegio de Sonora. México.

## Arquitectura para un sistema de recomendación de ejercicios a niños con dificultad específica de aprendizaje mediante un algoritmo de machine learning

Victor Manuel Moreno García<sup>1</sup>, Ana Luisa Millán Castro<sup>2</sup>, María Trinidad Serna Encinas<sup>1</sup>, César Enrique Rose Gómez.<sup>1</sup>

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, <sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ciencias de la Computación. <sup>2</sup>Departamento de Sistemas y Computación.

Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México  
Correos electrónicos: vmoreno85@hotmail.com, anamillanith@gmail.com, matise0273@gmail.com, croseg@gmail.com

**RESUMEN:** Se propone la arquitectura de un sistema web que recomiende una serie de ejercicios enfocados a la conciencia fonológica de niños que presentan una dificultad específica de aprendizaje. Se implementará un algoritmo de machine learning a través de un modelo que trabaje con diagnósticos de alfabetización, donde se incluyen datos sobre discapacidades, dificultades severas, trastornos y aptitudes sobresalientes; que actualmente se están identificando en niños que cursan su educación primaria dentro de las instalaciones del Colegio EDIA ubicado en Hermosillo, Sonora. El sistema inicia proporcionando los datos del diagnóstico de alfabetización, que corresponden a los valores de entrada utilizados por el modelo de aprendizaje supervisado. Los datos de salida o de predicción corresponderán a una categoría de diagnóstico de alfabetización siendo: pre silábico, silábico, silábico alfabético y alfabético. Éstos se almacenarán en el registro del alumno, asignándole una unidad de trabajo, que se encuentra integrada por ejercicios enfocados en reforzar los procesos de iniciación de la lectoescritura del niño, independientemente del grado académico que esté cursando. Su implementación está contemplada para niños que cursan los tres años de educación básica (primaria). Los niños que se encuentran con sospecha o diagnóstico de una dificultad específica de aprendizaje suelen desempeñarse como alumnos regulares, compartiendo lugar con alumnos de bajo rendimiento que presentan otro tipo de trastorno. La finalidad de la presente arquitectura es proponer un algoritmo de machine learning que pueda clasificar alumnos basándose en la información de los formatos de alfabetización utilizados en el Colegio EDIA.

**PALABRAS CLAVE:** dificultad específica de aprendizaje, diagnóstico de alfabetización, procesos de lectoescritura, machine learning, algoritmo supervisado, SIRAL.

### 1. INTRODUCCIÓN

El National Joint Committee for Learning Disabilities define las dificultades específicas del aprendizaje como un grupo heterogéneo de trastornos que se manifiestan en dificultades de adquisición y uso de habilidades de escucha, habla, lectura, escritura y cálculo [1]. Estos trastornos se encuentran clasificados en el DSM-V como problemas en el reconocimiento de palabras de forma precisa, mal deletreo y poca capacidad ortográfica [2].

Las dificultades específicas del aprendizaje (DEA) se encuentran agrupadas en tres trastornos: la dislexia, la disgrafía y la discalculia. Los niños con alguna dificultad comenzarán a presentar una serie de síntomas, siendo la mayoría detectados en la escolarización y aumentando gradualmente si no se logra realizar la intervención con un especialista. Además, en el caso de la dislexia, se sabe que suelen venir acompañadas de otros trastornos como el TDAH, trastornos de lenguaje simple y trastornos del desarrollo de la coordinación, por mencionar algunos [3].

En México, aproximadamente el 7% de los niños sufren algún tipo de trastorno de lenguaje, provocando problemas de aprendizaje en áreas como lectoescritura, manejo de números y dislexia, en caso de no ser detectado y atendido a su debido tiempo. Asimismo, el Dr. José Benjamín Guerrero López, coordinador de la clínica del programa salud mental en la UNAM, estima que en México el porcentaje de población infantil con dislexia ronda entre el 8 y 10% [4].

Los síntomas de las DEA se detectan en etapa de escolarización y, de acuerdo a sus principales características, suelen presentarse cuando el niño se enfrenta a la decodificación e interpretación de los componentes léxicos en la lectura y escritura. En el caso de la dislexia, se presentan problemas con la lectura provocando un bajo nivel de comprensión lectora, ocasionado por la dificultad de conectar grafemas (letras) con fonemas (sonidos). El principal problema

de la disgrafía se encuentra en las habilidades motrices de la persona que lo padece afectando su destreza visio-perceptiva y su coordinación visio-motriz, ocasionándole escritura bastante deficiente y poco legible. Al igual que los dos trastornos anteriores, la discalculia es caracterizada por un debilitamiento o pérdida de la capacidad para calcular, manipular símbolos numéricos o realizar operaciones aritméticas simples.

En el caso de las dificultades específicas de aprendizaje, su identificación a temprana edad es importante para aplicar los procesos de regularización adecuados y así evitar que el problema se agrave ocasionando inseguridad personal y baja autoestima. Los principales tratamientos suelen venir acompañados de actividades para el reforzamiento de la conciencia fonológica, además de actividades orales y escritas, además de buscar mejorar la actividad motriz y perceptiva.

Cuando hablamos de inteligencia artificial, a grandes rasgos nos referimos a la capacidad que puedan tener las máquinas para simular conductas realizadas por el ser humano. Durante años fue imposible poder materializar este conocimiento, debido principalmente a la poca capacidad de memoria y almacenamiento de las computadoras para procesar la información. La educación, actualmente, ha desempeñado un papel importante ofreciendo sistemas de apoyo a alumnos en la elaboración de determinadas tareas hasta sistemas basados en micro mundos que ofrecen un entorno exploratorio según la experiencia que tenga el usuario.

El machine learning, una rama de la inteligencia artificial, ofrece una serie de modelos de aprendizaje automático capaces de predecir, clasificar y agrupar la información a partir de la generación de datos almacenados. El machine learning es una disciplina científica que estudia cómo los sistemas pueden programarse para aprender y mejorar la experiencia sin la intervención humana [5].

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta de arquitectura para un sistema web de recomendación de ejercicios a niños con dificultades específicas de aprendizaje, a través de la implementación de algoritmos de machine learning que apoyen el proceso de regularización con la elaboración de actividades, que forman parte de los procesos de iniciación de la lectoescritura.

Los alumnos que utilicen el Sistema SIRAL (Sistema Inteligente de Recomendación de Actividades de Lectoescritura) estarán siendo apoyados por su docente en la elaboración de actividades a un ritmo adecuado a las necesidades de aprendizaje escolar diario. Para dar a conocer nuestra propuesta,

presentamos nuestros fundamentos teóricos, desarrollo de la propuesta, resultados esperados y conclusiones.

### 2. MARCO TEÓRICO

Las dificultades específicas del aprendizaje es un término utilizado para referir a un grupo heterogéneo de alteraciones que se manifiestan en la dificultad de adquisición y uso de habilidades de escucha, habla, lectura, escritura y razonamiento matemático.

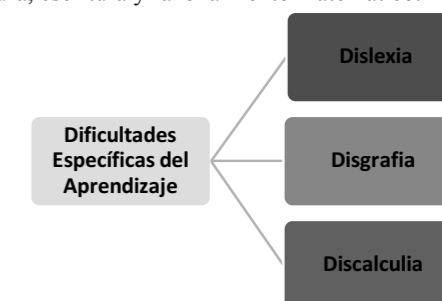


Figura 1. Clasificación de las DEA a nivel mundial.

#### 2.1 Dislexia

La definición de dislexia, hasta la fecha, suele ser objeto de debate provocando que existan múltiples definiciones de ésta. Los primeros informes sobre la dislexia tienen su origen aproximadamente hace 100 años, cuando un científico alemán utilizó el término “dislexia” para describir los problemas y dificultades de pacientes adultos que habían sufrido algún tipo de daño cerebral [6]. El primer caso de dislexia documentado se llevó a cabo por el pediatra P. Morgan en el año 1896, cuando describió un caso infantil con un joven llamado Percy, que en ocasiones escribía su nombre “Percy”. Morgan utilizaba el concepto de ceguera de palabras (Word blindness, en inglés) para referirse a la dislexia y, comenzando así, sus estudios con niños y problemas de lectura, escritura y lenguaje [7].

De acuerdo a las definiciones anteriores, las personas con dislexia presentan un trastorno y no una enfermedad, ya que se identifica como una alteración que afecta la funcionalidad de la conducta lectora impidiéndole extraer de una forma adecuada la información escrita; presentando, además, una gran comorbilidad de trastornos del desarrollo como trastornos específicos de lenguaje, retraso simple de lenguaje, entre otros. También suele venir acompañada de trastornos como el TDA/TDAH que, a pesar de no ser una dificultad específica, afecta en gran medida la habilidad cognitiva general [3].

Los síntomas se detectan cuando existen problemas con la lectura. En el caso de la dislexia, puede presentarse baja comprensión lectora, errores en la lectura y escritura como es la omisión, sustitución y

trasposición de números, letras y palabras, ortografía deficitaria y principalmente dificultad en conectar grafemas (letras) con fonemas (sonidos). Esto ocasiona inseguridad en la pronunciación de las letras, dificultad al rimar y un desarrollo asimétrico, es decir, puede presentar un mayor nivel intelectual o gran creatividad en comparación con sus habilidades lingüísticas [8].

Podemos encontrar dos grandes tipos de dislexia: la dislexia del desarrollo que abarca dislexia fonológica, (un problema para leer pseudopalabras y un trastorno de la lectura en el método no léxico) no permitiéndoles leer a través de su ruta léxica, ya que se encuentra alterada su ruta fonológica, debido a la incapacidad de implementar métodos de conversión grafema-fonema que se caracteriza por la lectura de palabras más familiares ante palabras desconocidas o pseudopalabras. Mientras que la dislexia superficial es un problema para leer palabras irregulares y un trastorno de lectura de palabras completas, impidiendo a las personas que la padecen leer a través de su proceso fonológico pero no del léxico, siendo incapaces, normalmente, de reconocer palabras de forma léxica. Este es un caso de dislexia bastante común en el idioma inglés.

Y, finalmente, el otro tipo de dislexia, la adquirida, que suele originarse después de traumatismos en la parte posterior del hemisferio izquierdo de su cerebro que controla la lectura y escritura, provenientes de un tumor cerebral o un accidente cardiovascular, que se manifiesta, en personas cuyos niveles de lectura y escritura son normales [9].

## 2.2 Disgrafía

En situaciones de Disgrafía, la American Psychiatric Association la describe como una discapacidad en la expresión escrita y una serie de habilidades de escritura que se encuentran por debajo del promedio respecto a la edad, inteligencia y etapa educativa en la que se encuentre la persona [2]. Así, como en la dislexia, las causas que originan la disgrafía pueden ser diversas. Thorne citando a Farham-Digory en el año 2004 [10], establece que se puede deber a alteraciones en algunos componentes de la escritura como son:

- Destreza visio-perceptiva.
- Habilidad de representar una palabra escrita en la memoria y su codificación ortográfica.
- Habilidad motriz.
- Coordinación visio-motriz.

Algunas dificultades presentadas en la disgrafía suelen ser la afectación en la fluidez al escribir generando una escritura bastante deficiente, apreciándose poca legibilidad y una deficiente

habilidad en el dibujo acompañada de una motricidad manual bastante deficiente.

Al igual que la dislexia, se pueden encontrar un número significativo de clasificaciones, pero según Deuel [11], se distinguen tres tipos de disgrafía: 1) disgrafía disléxica, que es una proyección de la dislexia en la escritura, llevando a escrituras ilegibles y ortografías bastantes deficientes que incluyen omisión de letras, sílabas o palabras y confusión de letras con orientación simétrica similar, pero se puede identificar buena destreza y capacidad para dibujar y motricidad manual normal. 2) Disgrafía motriz, que suele producirse debido a alteraciones motrices en la persona, afectando la fluidez al escribir y observándose trastornos en las formas de las letras, alteraciones en los tamaños y simetría de letras escritas e intercalación de letras mayúsculas y minúsculas además de posición inadecuada al tomar el lápiz para escribir. 3) Disgrafía espacial, que provoca en la persona que la padece una escritura espontánea con palabras desordenadas, letras bastantes separadas, escritura inclinada, problemas de coloreado y problemas en la organización de palabras de izquierda a derecha.

## 2.3 Discalculia

Se puede definirla como un problema de aprendizaje relacionado al área de la matemática, según Bretniz [12], la discalculia afecta profundamente el aprendizaje de las capacidades aritméticas, definiéndose en ocasiones como “dislexia matemática”. Al igual que los trastornos anteriores, es independiente al nivel de inteligencia de la persona que lo padece, centrándose la dificultad en la capacidad de interpretación de símbolos numéricos y conocimientos aritméticos como suma, resta, multiplicación y división.

La discalculia se puede clasificar en cuatro tipos de acuerdo a su área o aspecto matemático donde se presenta dicho trastorno, presentando las clasificaciones propuestas por Kosc [13]: 1) Discalculia verbal, caracterizada por problemas para nombrar y comprender los conceptos matemáticos a través del lenguaje. 2) Discalculia léxica, presentándose cuando la persona tiene problemas en la lectura de símbolos matemáticos, números o expresiones, 3) Discalculia gráfica, se da dentro de la grafía de los números, que suelen ser problemas para escribir o dibujar de una manera correcta los números, símbolos y ecuaciones. 4) Discalculia practognóstica, tiene su origen en el proceso de traducir el conocimiento sobre conceptos abstracto-matemáticos a conceptos reales, principalmente para enumerar y manipular operaciones matemáticas. Y finalmente, 5) Discalculia ideognóstica, teniendo su dificultad asociada a la comprensión de conceptos y sus

relaciones, es decir, dificultad para realizar cálculos u operaciones de manera mental.

## 2.4 Diagnóstico y tratamiento

Los métodos actuales para la detección de alguna dificultad específica de aprendizaje varían, siendo los más comunes las pruebas de conciencia fonológica, pruebas de decodificación, pruebas de fluidez, pruebas de comprensión lectora, según el especialista que interviene en su detección. La identificación a temprana edad es clave para aplicar el tratamiento adecuado en el proceso de regularización del niño, ya que, en etapas mayores, los trastornos suelen agravarse e incluso presentar otros tipos de problemas como depresión, baja autoestima e inseguridad personal.

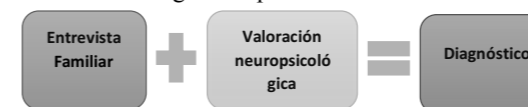


Figura 2. Identificación oportuna de las DEA.

## 2.5 Machine Learning

Podemos definir al machine learning como la implementación de algoritmos que, a través del reconocimiento de patrones, permite a las computadoras tener la capacidad para aprender. Es una disciplina científica proveniente de la inteligencia artificial, que estudia cómo los sistemas pueden programarse para aprender y mejorar en base a la experiencia sin la intervención humana [5].

### 2.6 Machine Learning Supervisado

Los algoritmos supervisados trabajan con conjunto de datos etiquetados, es decir, el algoritmo debe aprender una relación entre los datos y las etiquetas bajo las cuales se encuentran, buscando aplicar la relación aprendida al momento de recibir nueva información a predecir. Su objetivo es el obtener modelos de clasificación válidos que puedan ser utilizados para trabajar con nuevos datos a futuro [14]. Dentro de este aprendizaje supervisado podemos trabajar con dos tipos de algoritmos: 1) Regresión, algoritmos que tienen como objetivo predecir valores continuos, encontrando la regresión lineal, regresión polinomial y regresión logística, por mencionar algunos. 2) Clasificación, algoritmos que tienen como objetivo asignar una clase de pertenencia al conjunto de datos, siendo los más utilizados vecinos cercanos, máquinas de soporte, árboles de decisión.

### 2.7 Machine Learning No Supervisado

Tienen su base en trabajar con datos sin etiquetas o estructuras conocidas, ya que en estos modelos la

principal necesidad es que la máquina nos diga qué hay de común en los datos y así poder agruparlos [15]. Como se mencionó anteriormente, el principal objetivo de estos algoritmos es agrupar los datos de acuerdo a las similitudes encontradas para crear nuevos grupos de datos llamados Clústeres. Los algoritmos de aprendizaje no supervisado más utilizados suelen ser: K-means y Agrupamiento Jerárquico.

### 2.8 Machine Learning de Reforzamiento

Este tipo de aprendizaje está basado en desarrollar un sistema basado en agentes, que vaya mejorando su desempeño en función de las interacciones con el entorno. Dada la información sobre su estado actual, es posible aplicar un método de recompensas, que permita al algoritmo penalizar o premiar según su desempeño, aprendiendo de este esquema. A través de la interacción con su entorno, un agente puede utilizar el aprendizaje de refuerzo para aprender una serie de acciones que maximicen su recompensa a través de un enfoque de prueba y error o una planificación deliberativa [16].

El proceso de implementación de un modelo que involucre un algoritmo de machine learning puede ser explicado a través de la siguiente figura:



Figura 3. Proceso de implementación de un modelo de Machine Learning.

Es necesario iniciar con un proceso denominado pre procesamiento de datos. Consiste en elegir el set de datos, normalizando las columnas, e identificar si es necesario utilizar valores números o caracteres, ya que algunos algoritmos solo trabajarán con los primeros tipos de datos y, otros, podrán incluir ambos tipos. Posteriormente, se debe elegir un algoritmo según nuestro objetivo principal, ya sea un algoritmo de regresión, clasificación o agrupamiento, procediendo a dividir nuestro set de datos con un 80% para entrenamiento y el 20% restante para prueba. Al término del entrenamiento, y sólo si nuestros

porcentajes de precisión son fiables, será posible realizar predicciones con datos nuevos y evaluar nuestro modelo para llevarlo a un entorno de producción.

### 3. DESARROLLO

Para poder llevar a cabo nuestra propuesta de arquitectura, estaremos trabajando sobre una metodología de tres etapas: la primera etapa es el estudio del estado del arte, que nos permite obtener los alcances y limitaciones tanto de los algoritmos de machine learning como del reconocimiento de sistemas similares al propuesto. En la segunda etapa encontramos el análisis y diseño de la propuesta de la arquitectura a implementar, que incluye la selección del algoritmo de machine learning.

Y finalmente la última etapa, formada por la integración de nuestro modelo de machine learning entrenado al sistema SIRAL, permitiéndonos realizar las pruebas de implementación con datos del diagnóstico de alfabetización proporcionados por el Colegio EDIA.

Uno de los puntos importantes para iniciar con nuestra propuesta es revisar si existen sistemas o aplicaciones que ya ofrecen actividades similares a nuestra propuesta. Se han encontrado dos aplicaciones que trabajan específicamente con la dislexia, aunque comparten el desarrollo de actividades de lectura y escritura.

Dyetective es una aplicación móvil de trabajo para la detección y mejora de habilidades relacionadas con la dislexia, la cual puede ser utilizada por niños a partir de los siete años de edad. Actualmente, Dyetective cuenta con alrededor de 42000 ejercicios enfocados a actividades de lectura y escritura, y su desarrollo está a cargo de la fundación Change Dyslexia dirigida por la Dra. Luz Rello.

Otro caso similar es una aplicación móvil de nombre Deslixate, desarrollada en la UNAM por los estudiantes Sandra Karen Cadena y Cesar López Martínez, cuya finalidad es ofrecer un prediagnóstico de dislexia mediante la elaboración de 10 ejercicios basados en juegos.

Una vez analizadas algunas herramientas de trabajo en apoyo a trastornos específicos y dificultades, fue posible encontrar que, al menos en México, no se está trabajando con una herramienta disponible y de fácil acceso en la educación básica, que ofrezca actividades escolares que apoyen el reforzamiento en los procesos de aprendizaje de lectura y escritura mediante machine learning.

Durante el proceso de desarrollo de la propuesta fue posible detectar que se necesitará de un algoritmo supervisado que clasifique al alumno, dado que los formatos de alfabetización manejan cuatro tipos de nivel para cada alumno correspondiendo a:

- 1) Pre silábico: Los niños buscan distinguir los dos modos de representación gráfica: los dibujos y la escritura. En esta etapa, el niño es capaz de establecer una composición diferenciada y controlada de grafías.
- 2) Silábico: Los niños que llegan a este periodo, son capaces de escribir letras como si fueran sílabas, coincidiendo cuantitativamente y cualitativamente la cantidad de grafemas con las sílabas a representar.
- 3) Silábico Alfabético: En este periodo, los niños son capaces de asignar una letra por cada sonido, pero aún conservan algunos conceptos del nivel anterior por lo que aún siguen agregando una letra para aquellas sílabas.
- 4) Alfabético: Los niños son capaces de corresponder una grafía por cada fonema, al igual que cada letra escrita coincide con el sonido correspondiente.

Para poder determinar la selección e implementación de un algoritmo de machine learning, es necesario utilizar métricas que nos permitan analizar la precisión del algoritmo. Asimismo, se analiza la posibilidad de reforzarla tomando como base el siguiente diagrama.

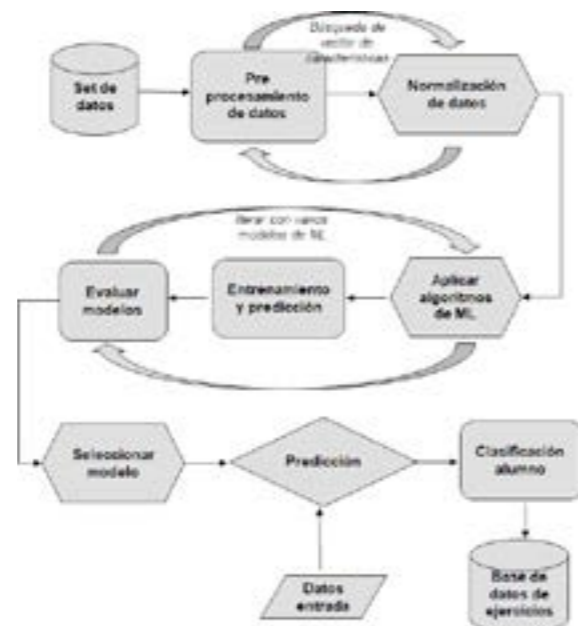


Figura 4. Diagrama de apoyo para la selección e implementación de un modelo supervisado de ML.

El objetivo del diagrama presentado en la figura 4 es apoyar durante el proceso de selección e implementación de un algoritmo de machine learning. En primer lugar, se procesan los datos normalizándolos para un mejor uso y, posteriormente, se itera con varios modelos de machine learning para evaluar el desempeño de cada algoritmo. Finalmente, se realizan predicciones con nuevos datos ajenos al set de entrenamiento, aplicando las métricas correspondientes que nos determinen cual es más efectivo.

Algunos puntos importantes a considerar es el escalado de datos, una práctica bastante importante cuando se tienen datos con valores muy desproporcionados, permitiendo la normalización de los datos a fin de que el algoritmo trabaje de una mejor manera.

Una vez llevado a cabo el proceso anterior, es posible poder establecer nuestra primera propuesta de arquitectura del sistema SIRAL, integrando la propuesta selección de algoritmo ML, que puede observarse en la figura 6:

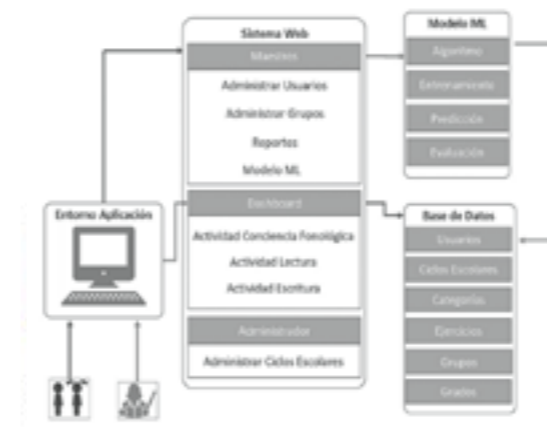


Figura 5. Arquitectura propuesta para Sistema de recomendación de ejercicios a niños con DEA mediante un algoritmo de ML.

Como se observa en la figura anterior, nuestro sistema estará compuesto por un entorno de trabajo web, donde se dispondrá de usuarios con determinado rol, entre ellos el de alumno y maestro, permitiendo desempeñar diferentes actividades. En el primer caso, el algoritmo se encargará de asignar la categoría de trabajo con sus respectivas actividades, como se mencionó en puntos anteriores. Para los maestros, el sistema pone a su disposición un área para administrar alumnos y grupos, además de contar con un módulo de reportes, para ir conociendo el desempeño de sus alumnos registrados.

### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Una vez que se obtenga un set de datos para trabajar con la selección del algoritmo, es importante normalizar los datos e incluso escalarlos para que el algoritmo tenga un mejor desempeño al momento de su entrenamiento, además de seleccionar un vector de características para el entrenamiento, debido a que no es necesario en algunos casos utilizar todas las columnas del set de datos.

Actualmente, se está trabajando con una primera implementación para la selección del algoritmo utilizando como plataforma de trabajo Anaconda y el lenguaje de programación Python, con las librerías scikit-learn que se emplean para machine learning. Además, se entrenará un modelo con los algoritmos KNN, SMV, Naive Bayes, Decision Trees y Random Forest buscando obtener al menos una precisión del 80%, para considerarse en el desarrollo de nuestra arquitectura.

### 5. CONCLUSIONES

Hoy en día afrontamos un avance tecnológico en el ramo de la IA. Contamos con herramientas que nos permiten cada vez implementar soluciones a problemas o, en su defecto, alternativas que mejoren los procesos de implementación cotidianos en la tecnología. En el caso del sector educativo, cada día se incorporan nuevas formas de aprendizaje, pero no siempre se encuentran al alcance de la sociedad más vulnerable. Por esto, ofrecemos una propuesta de arquitectura que a futuro se consolidará en un sistema para apoyo a niños con dificultades de aprendizaje durante su proceso de aprendizaje y de regularización en caso de necesitarla durante sus primeros tres años de educación básica.

### 6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la beca 930194, otorgada al primer autor del presente artículo, para realizar los estudios de maestría en el programa de Maestría en Ciencias de la Computación en Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo y al Colegio EDIA ubicado en la ciudad de Hermosillo Sonora por las facilidades otorgadas para el desarrollo e implementación del sistema SIRAL.

### 7. REFERENCIAS

[1] NJCLD, *Collective Perspectives on Issues Affecting Learning Disabilities. Position Papers and Statements*. Pro-Ed, 1994.  
 [2] APA, *Manual diagnóstico y estadístico de los*

- trastornos mentales : DSM-5. Editorial Médica Panamericana, 2014.
- [3] C. Snow, M. Burns, and Griffin P., *Preventing Reading Difficulties in Young Children*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2015.
- [4] UNAM, "El 17 % de la población infantil mundial podría padecer dislexia: UNAM," *universia*, 2014. [Online]. Available: <https://noticias.universia.net.mx/en-portada/noticia/2014/11/18/1115217/dislexia-trastorno-padecen-10-ninos-mundo.html>.
- [5] A. Ibañez, "The Deep Learning Hype - Think Big," 2018. [Online]. Available: <https://business.blogthinkbig.com/the-deep-learning-hype/>.
- [6] T. Høien and I. Lundberg, *Dyslexia: From Theory to Intervention*, vol. 18. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000.
- [7] W. P. Morgan, "A case of congenital word blindness," *Br. Med. J.*, vol. 2, no. 1871, p. 1378, Nov. 1896, doi: 10.1136/bmj.2.1871.1378.
- [8] L. Rello, *Superar la dislexia : una experiencia personal a través de la investigación*. Ediciones Paidós, 2018.
- [9] A. Castles and M. Coltheart, "Varieties of developmental dyslexia.," *Cognition*, vol. 47, no. 2, pp. 149–80, May 1993.
- [10] G. Thorne, "Graphomotor Skills: why some kids hate to write.," 2004.
- [11] R. K. Deuel, "Developmental Dysgraphia and Motor Skills Disorders," *J. Child Neurol.*, vol. 10, no. 1\_suppl, pp. S6–S8, Jan. 1995, doi: 10.1177/08830738950100S103.
- [12] K. Horowitz-T and Z. Breznitz, *¿Puede el mecanismo de detección de errores beneficiarse del entrenamiento de la memoria de trabajo? Una comparación entre los disléxicos y los sujetos de control un estudio de ERP*. 2009.
- [13] L. Kosc, "Psychology and psychopathology of mathematical abilities," in *Studia Psychologica*, pp. 159–162.
- [14] B. Sierra, *Aprendizaje automático*. Pearson Educacion S.A., 2006.
- [15] A. Géron, *Hands On Machine Learning with Scikit-Learn & TensorFlow*. O'Really Media, 2017.
- [16] S. Raschka, *Python Machine Learning*. Birmingham: Packt Publishing, 2017.

## Evaluación del nivel competitivo de una empresa manufacturera de exportación de Hermosillo: diseño y aplicación del modelo

Richard Eduardo Medina Gil Lamadrid<sup>1</sup>, Dr. Gil Arturo Quijano Vega<sup>2</sup>  
 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Hermosillo  
 Av. Tecnológico s/n, Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México.  
 e-mail: richard.medinagill@gmail.com, gilarturoquijano@gmail.com

### RESUMEN:

La presente investigación surge a partir del problema que existe entre las PYMEs para medir su competitividad, ya que la mayoría de los modelos están diseñados para las grandes empresas, además de ser muy extensos. Esto provoca que, en ocasiones, los resultados que se obtienen no son suficientemente confiables porque algunos de los factores de dichos modelos no se adaptan a las PYMEs y no se acercan a la realidad que se presenta en la organización. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es proponer un modelo de medición de competitividad que se adapte a una PYME cuyo mercado principal es de exportación. Para alcanzar el propósito anterior, se realizó una búsqueda de los principales artículos cuyos autores se enfocan en evaluar la competitividad empresarial y se analizó qué factores pudieran adaptarse a una empresa exportadora de este tipo. Al final, se realizó una propuesta de modelo para utilizarse en la PYME en estudio, concluyendo que el modelo podría replicarse a cualquier empresa exportadora interesada en conocer y mejorar su nivel competitivo.

**Palabras clave:** Competitividad, PYME, Exportación.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, todas las empresas están enfrentando retos y cambios significativos en el ámbito tecnológico, económico y empresarial, exigidos por un entorno altamente competitivo del cual, para poder sobresalir, se requieren de métodos y estrategias de competitividad empresarial. Llevando estos métodos y estrategias a la práctica por medio de un modelo para la competitividad y diagnóstico de la situación, se podría lograr un cambio significativamente positivo para cualquier organización con el compromiso y dirección necesarios.

La presente investigación parte de la necesidad de conocer y medir la competitividad en una empresa exportadora de Hermosillo, Sonora. La competitividad es parte importante para las empresas porque, gracias a ella, se puede ver su crecimiento en el entorno económico y social; sobre todo porque las empresas están comprometidas con sus clientes a dar el mejor servicio o productos y siempre con la mejor calidad [1].

Aun cuando existen instrumentos de medición de competitividad, como el desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), algunos de ellos comprenden una gran cantidad de factores que no se ajustan a las necesidades de la mayoría de las empresas al ser éstas PYMEs, diferenciándose con respecto a las empresas líderes y desarrolladas. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo presentar una propuesta de modelo de competitividad empresarial enfocado en la industria de exportación, para conocer el nivel de competitividad, el entorno general de la empresa y sus ventajas competitivas, permitiendo así tomar decisiones y llevar a cabo acciones para mejorar y sobresalir en la nueva revolución industrial. Para la realización de esta propuesta se consideró el diseño de un modelo propio, basado en las áreas que utiliza el Modelo Nacional para la Competitividad. Se eligió este modelo al ser una guía enfocada a las PYMEs que buscan ser una empresa sobresaliente y líder en México; aunque también se toma referencia del modelo del Banco Interamericano de Desarrollo respecto al área de mercado de exportación para la empresa.

## 2. MARCO TEÓRICO

La competitividad es un concepto complejo que se ha estudiado desde diversos enfoques y disciplinas, sin embargo, no ha sido posible llegar a una definición única y ampliamente aceptada. A pesar de ser un concepto que ya se discutía varios siglos atrás,

<sup>1</sup> Alumno de 7º semestre de la carrera de Ingeniero en Gestión Empresarial, I.T. Hermosillo

<sup>2</sup> Profesor de la Maestría en Administración del I.T. de Hermosillo

concretamente desde el siglo XVI (Allen, 1988), no ha existido en la literatura un acuerdo de lo que realmente implica. Sin embargo, otros autores como Ezeala-Harrison (1999), destacan la importancia de que exista un acuerdo en la definición del concepto de competitividad como requisito para la generación de un adecuado marco teórico sobre el mismo.

A continuación, se mencionan algunas definiciones de competitividad para comprender el concepto que se dará a la palabra en esta investigación:

El concepto de competitividad es resultado de diversos cambios ocurridos en la segunda parte del siglo XX en relación con el estudio del crecimiento y la capacidad económica de una región (país) o de una unidad productiva [2].

La competitividad es un concepto bien definido en relación con el mundo de las empresas, ya que puede entenderse como la capacidad por parte de éstas de mantener o aumentar su rentabilidad en las condiciones que prevalecen en el mercado [3].

El European Management Forum define a la competitividad industrial como la capacidad de una industria de producir bienes con patrones de calidad específicos, requeridos por mercados determinados, utilizando recursos en niveles iguales o inferiores a los que prevalecen en industrias semejantes en el resto del mundo, durante un cierto período de tiempo.

Por otra parte, también se refiere a la competitividad como la capacidad que tiene una organización, pública o privada, con o sin fines de lucro, de lograr y mantener ventajas que le permitan consolidar y mejorar su posición en el entorno socioeconómico en el que se desenvuelve. Estas ventajas están definidas por sus recursos y su habilidad para obtener rendimientos mayores a los de sus competidores [4].

Según Porter, el concepto de competitividad conlleva al concepto de excelencia, que implica eficiencia y eficacia por parte de la organización [5].

Martin Álvarez define la competitividad como “la capacidad que tiene una organización para incrementar, consolidar y mantener su presencia en el mercado” [6]. Para el autor la competitividad se sustenta en 10 principios básicos que contribuyen directamente al incremento, consolidación y mantenimiento de su presencia en el mercado. Así mismo, menciona que el propósito de cada uno de los diez principios de competitividad es:

1. Del equipo directivo: tomar el control de todo lo que pasa dentro de la organización.
2. Del avance: medir los principales indicadores de desempeño de la organización, para saber si está avanzando o retrocediendo.
3. De la posición competitiva: evaluar sus ventajas y desventajas competitivas frente a sus principales competidores.
4. De las funciones: definir las funciones y actividades del cien por ciento del personal, para que cada cual sepa lo que tiene que hacer.
5. De la capacitación: capacitar y adiestrar a todo el personal para actualizar sus conocimientos, a las nuevas necesidades de la organización.
6. De las políticas y de los procedimientos: definir las políticas y procedimientos que documentan la tecnología directiva y operativa de la organización.
7. De la calidad: asegurar la calidad del producto o servicio ofrecido a través de la implantación de un sistema de calidad.
8. De la dirección: implantar dentro de la organización la misión y los objetivos e indicadores de negocio y los factores clave de éxito.
9. De las mejoras: implantar proyectos de mejora que fortalezcan la competitividad de la organización.
10. De la cultura: redefinir y homogeneizar la forma de pensar y sentir de todo el personal hacia el progreso de la organización.

En relación a la Industria manufacturera de exportación, se debe analizar el panorama actual del que México forma parte y con ello tener claro que el mercado extranjero es sumamente importante para las empresas nacionales. De acuerdo con información obtenida de la base de datos del Banco Mundial, para finales del 2018 el valor monetario de las exportaciones de México alcanzaba los 480,015.56 millones de dólares, destinando el 79% de las exportaciones de México hacia Estados Unidos [7].

La industria manufacturera se constituye de todo tipo de empresas, desde muy pequeñas hasta grandes conglomerados. En México existen 7 mil 276 compañías de este tipo que participan en el comercio exterior, mismas que exportan más de mil millones de dólares diarios. Una parte importante de la Industria Manufacturera es que está formada por las maquiladoras de exportación; que son fábricas donde se producen o ensamblan una gran variedad de productos (como equipos electrónicos o autopartes) que se van al extranjero [8].

Como base del diseño del modelo de medición de competitividad propuesto, se tomó como referencia el Modelo Nacional para la Competitividad, que es un referente de prácticas de excelencia fundamentado en ocho principios, que delinear las prácticas, cultura y forma en que toman decisiones las organizaciones de alto desempeño [9].

### 3. DESARROLLO

Para el desarrollo del cuestionario de competitividad, se realizó una búsqueda sobre los principales artículos y autores que presentan un modelo de competitividad empresarial. Entre los modelos más aplicables se encuentran: Álvarez (2001), Ugo Fea (1995), Saavedra (2013) y Martínez, et. al. (2010).

Se asistió a las instalaciones de la empresa investigada para el permiso y guía de la administradora, obteniendo así la información necesaria de todas las áreas operativas de la empresa, con el fin de tener una idea del contexto interno y externo de la organización. También se realizó una entrevista con el gerente para conocer sus expectativas y visión de la empresa. Lo anterior es necesario para obtener y aplicar el modelo de competitividad más adecuado a la empresa en cuestión.

Para obtener un mejor análisis de las características internas y la situación externa de la empresa, se utilizó el análisis FODA; ya que proporciona el conocimiento necesario para reforzar la validación del modelo de competitividad, tomando como base las necesidades de la empresa. Así mismo, se realizó la cadena de valor, para identificar las actividades primordiales para que la empresa sea competitiva y con ello tomar una idea de los factores a evaluar en el modelo para medir la competitividad (ver figura 1).

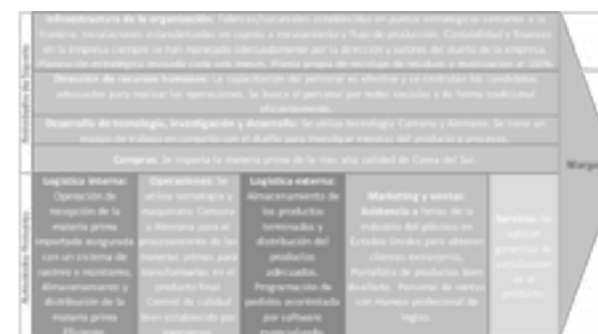


Figura 1. Cadena de valor de empresa exportadora.

Una vez que se obtuvo y se analizó la información de la empresa, se revisó el modelo Nacional para la Competitividad con el fin de aplicarlo a la organización

investigada. El resultado fue que se tuvo que combinar con algunos aspectos del modelo del Banco Interamericano de Desarrollo, específicamente con aquellos relacionados con el mercado exportador. Al final se adoptaron los siguientes factores de competitividad:

1. Liderazgo
2. Enfoque al Cliente
3. Planeación
4. Procesos
5. Personal
6. Mercado de Exportación

Al elegir los factores se agregaron los ítems que mejor representarían a cada uno de ellos, los cuales se tuvieron que adaptar al contexto, los requerimientos y las necesidades de la empresa. Diseñando así un cuestionario con seis factores y 65 ítems. Los factores e indicadores (ítems) para el cuestionario de competitividad se muestran a continuación.

Tabla 1. Indicadores para medir la competitividad.

<b>1. Liderazgo</b>
En la empresa los líderes motivan y reconocen al personal.
El grupo directivo estimula un clima organizacional óptimo para que las conductas reflejen la aplicación de los valores de la empresa.
El nivel de las competencias del grupo directivo es adecuado para responder a los retos de la estrategia y su ejecución.
Los mecanismos basados en los indicadores clave de desempeño se han establecido para evaluar correctamente el desempeño organizacional.
La posición competitiva de la empresa en los últimos tres años es y ha sido sustentable, considerando la evolución de los mercados, la industria, la tecnología, así como las expectativas de los grupos de diferentes grupos de interés.
Las acciones que se están llevando a cabo para lograr la cultura organizacional son las deseadas.
El nivel de desempeño de la organización en los últimos tres años ha sido adecuado respecto a los objetivos estratégicos planteados.
<b>2. Clientes</b>
Los productos y servicios han sido completamente aceptados por los clientes, en los diferentes segmentos de mercado en los últimos tres años.



La cantidad de nuevos productos y/o servicios introducidos en los últimos cinco años es la adecuada.
Se evalúa cuantitativamente y cualitativamente la percepción de valor y satisfacción de los clientes.
El nivel de percepción de valor y satisfacción de los clientes es alto en los diferentes mercados y segmentos en los últimos cinco años.
En la empresa se asegura cumplimiento de los compromisos establecidos en la empresa, evaluando el desempeño de los productos y/o servicios.
Se toman acciones respecto a los principales aprendizajes de la organización y se realiza un seguimiento.
<b>3. Planeación</b>
Al planear se desarrolla un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para la empresa y el sector donde ésta opera, con la adecuada participación de las áreas.
Se han realizado cambios que han impactado positivamente en la estructura organizacional en los últimos cinco años.
El sistema de información de la empresa está diseñado para satisfacer los requerimientos funcionales de información de la Gerencia General y de todos los departamentos en forma oportuna y confiable.
La empresa tiene planes de contingencia para ampliar su capacidad de producción más allá de su potencial actual para responder a una demanda superior a su capacidad de producción.
El nivel de cumplimiento entre lo planeado y ejecutado en los últimos tres años se ha logrado.
<b>4. Procesos</b>
En la empresa se realizan proyectos enfocados al desarrollo y/o fortalecimiento de capacidades clave.
Se establecen las metas de desempeño de los procesos.
Se utilizan métodos para estandarizar los procesos y asegurar un alto nivel de confianza en el cumplimiento consistente de los requerimientos y expectativas de los clientes.
El nivel de desempeño de los procesos en la empresa es el deseado.
En la empresa se hace uso de criterios para establecer las prioridades de innovación de productos, servicios, procesos y sistemas.
En la empresa se evalúa el desempeño de los principales proveedores.

En la empresa se han mejorado las capacidades organizacionales a través de la innovación y mejora de las cadenas de procesos organizacionales.
<b>5. Personal</b>
Para contribuir al logro de los objetivos, la mejora e innovación de la organización, se cuenta con mecanismos para facultar y alentar al personal.
La empresa cuenta con mecanismos para proporcionar al personal el acceso a la información y, el conocimiento para facilitar el análisis y la toma de decisiones.
En la empresa se lleva a cabo eficientes programas para el desarrollo de las competencias del personal con resultados observables en la organización.
En la empresa se evalúa y mejora el proceso de desarrollo de competencias periódicamente.
Se utiliza una metodología para establecer los factores clave de satisfacción del personal.
La empresa logra que el personal desarrolle un sentido de pertenencia.
La empresa ha establecido programas e incentivos para mejorar el clima laboral.
La empresa tiene un programa de salud ocupacional implementado (plan de prevención de enfermedades ocupacionales, seguridad laboral, planes de emergencia, etc.) y se fomenta en el personal el estilo de vida saludable.
La empresa tiene un programa de seguridad industrial para prevenir accidentes de trabajo, los documenta cuando ocurren y toma acciones preventivas y correctivas.
La planta, los procesos y los equipos están diseñados para procurar un ambiente seguro para el trabajador.
<b>6. Mercado de Exportación</b>
La empresa tiene un plan anual de exportación, escrito y detallado.
La empresa diseña sus productos para la exportación en forma diferente a como diseña para el mercado nacional.
La empresa conoce y cumple las normas de calidad y de identificación (rotulación) que deben cumplir sus productos de exportación.
El departamento responsable del desarrollo de nuevos productos cuenta con un presupuesto formal y adecuado, el equipo requerido y el personal calificado para realizar eficientemente su trabajo.

La empresa tiene un procedimiento para investigar, analizar, elegir y explotar nuevos mercados de exportación.
En los últimos dos años, las exportaciones han generado un porcentaje importante de las ventas y de las utilidades totales de la empresa.
La empresa tiene un conocimiento claro de la competencia y del entorno competitivo en los mercados de exportación seleccionados.
La empresa hace un seguimiento a sus exportaciones para medir el nivel de satisfacción del cliente y asegurar su recompra.
Se dispone de catálogos de productos, folletos publicitarios y especificaciones técnicas para el mercado de exportación (preferiblemente en inglés o en el idioma del mercado de destino).
La empresa conoce el manejo de la distribución física internacional, sus costos y su impacto en el precio de exportación.
La empresa cumple con los requisitos de tiempo de entrega al cliente internacional.
La empresa toma las precauciones suficientes para evitar la introducción de drogas ilícitas en su mercancía de exportación.
La empresa conoce sus costos, los precios de su competencia internacional y las condiciones generales del sector que le permitan negociar con seguridad con sus clientes, canales de distribución y otros actores.
La empresa ha participado en ferias internacionales (relacionadas con el negocio) en los últimos dos años.
La empresa tiene personal adecuadamente familiarizado con sus productos y procesos y adicionalmente domina el inglés.

Elaboración propia a partir del MNC (2019).

Para evaluar cada uno de los ítems se utilizó una escala de medición tipo Likert con cinco puntuaciones. La descripción de la escala se detalla enseguida.

Tabla 2. Escala de medición para cada ítem

Valor	Descripción
1	No existe, no se conoce, o nunca se ha aplicado.
2	Sí existe, pero no es suficiente o se aplicó una sola vez.
3	Sí existe, pero cumple con lo mínimo establecido

4	Sí es suficiente y eficiente.
5	Sí cumple, es excelente, eficiente y sobresaliente respecto a la competencia.

Elaboración propia a partir del MNC (2019).

Para evaluar el Nivel de Competitividad de la empresa se decidió utilizar la escala de Álvarez (2001) que contiene cuatro niveles:

1) Etapa I. Incipiente: bajo nivel de competitividad  
La empresa es altamente vulnerable a los cambios del medio ambiente, actúa según las presiones del mercado, la aplicación de los principios de competitividad es prácticamente nula y tiene poco control sobre su destino.

2) Etapa II. Aceptable: Regular nivel de competitividad.  
Los principios de competitividad se aplican aceptablemente, y se requiere fortalecerlos. El equipo directivo se hace responsable del futuro de su organización y dirige su destino hacia donde visualiza lo que mejor le conviene.

3) Etapa III. Superior: Buen nivel de competitividad.  
La empresa comienza a ocupar posiciones de liderazgo y se caracteriza por el grado de innovación que mantiene dentro de su mercado. Domina los principios de competitividad, se mantiene despierta y reacciona de manera inmediata a cualquier cambio del medio ambiente.

4) Etapa IV. Sobresaliente: Muy alto nivel de competitividad.

La empresa que se encuentra en esta etapa es considerada como visionaria, por la generación de tecnología directiva a un ritmo acelerado, sirviendo de benchmark al resto de la industria, pues es la que va generando los cambios y las demás se van adaptando a ellos. Los principios de Competitividad se aplican con alta eficiencia y todos los miembros de la empresa tienen una real convicción de ellos. Al final, la escala de evaluación se resume en la siguiente tabla.

Tabla 3. Porcentajes para determinar el nivel de competitividad de la empresa.

Porcentaje de Cumplimiento	Etapa	Nivel de Competitividad
Menor a 25%	I. Incipiente	Bajo nivel de competitividad
De 25.01 % a 50%	II. Aceptable	Regular nivel de competitividad

De 50.01 % a 75%	III. Superior	Buen nivel de competitividad
De 75.01 % a 100%	IV. Sobresaliente	Muy alto nivel competitivo

Elaboración propia a partir de la propuesta de Álvarez (2001) y García (2012).

Por último, se propuso una fórmula para obtener el resultado de cada área o factor del modelo y se propuso una ponderación para cada factor (ver tabla 4):

$$= \left[ \frac{(a/b) * c}{100} \right] = \% \text{ de competitividad por área}$$

Nomenclatura:

Suma total de respuestas del factor = a

Número total de ítems del factor = b

Valor del peso asignado del factor = c

Tabla 4. Pesos relativos por factor.

1. Liderazgo	0.15
2. Clientes	0.10
3. Planeación	0.15
4. Procesos	0.15
5. Personal	0.20
6. Exportación	0.25

La Suma total del resultado de cada factor = % de competitividad de la empresa.

#### 4. CONCLUSIONES

Se podría decir que la competitividad de las empresas a través de los años ha ido mejorando, ya que varias empresas han creado una serie de planes y estrategias que lograron funcionar en el mediano y largo plazo, por lo que otras empresas competidoras y de sectores diferentes las han replicado. Actualmente, el mercado es más exigente ya que tiene la tendencia a renovarse constantemente, enfrentando así nuevos retos hacia el futuro. Esto sirve para ser cada vez mejores en su entorno y realizarse como organización que logra sobrevivir a los retos y amenazas de las crisis económicas y la globalización. Los recursos y el talento humano es parte esencial para que la organización pueda tener un alto grado de competitividad o fallar en áreas internas de la empresa.

El utilizar esta herramienta propuesta para conocer el nivel de competitividad fue bastante adecuada, ya que se presentó un apartado especial enfocado en la exportación de productos por tratarse de una empresa donde su principal mercado es el extranjero. Haciendo uso de este modelo se logró medir el nivel de competitividad y detectar las áreas de oportunidad que presenta la empresa para, de esta forma, mejorar en aquellos factores que ayudan a que la empresa sea “sobresaliente”, líder en el mercado en que se desarrolla, para tener muy alto nivel de competitividad.

El cuestionario del modelo de competitividad se realizó para una empresa mediana que se dedica a la exportación de productos plásticos. Por su naturaleza, tiene ítems que sólo van enfocados a empresas con mercados extranjeros o de exportación que pudiera no corresponder a otro sector. Sin embargo, contiene la información necesaria para realizar adaptaciones para diferentes tipos de giros comerciales.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial. “La globalización es la única respuesta”. [www.bancomundial.org/es/news/opinion/2016/08/08/globalization-is-the-only-answer](http://www.bancomundial.org/es/news/opinion/2016/08/08/globalization-is-the-only-answer).
- [2] López, E. (1999), El Concepto de Competitividad en el posicionamiento Tecnológico. *Aprender A Aprender*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [3] Reig, E. (2007), *Competitividad, crecimiento y capitalización de las regiones españolas*. Fundación BBVA. España.
- [4] Mathews, J. (2009), Competitividad el significado de la competitividad y oportunidades de internacionalización para las mypes. Visto en <http://www.crecemype.pe/Crechemype/docs/COMPETITIVIDAD.pdf>
- [5] Porter, M. (1990) *The Competitive Advantages of Nations*. The Free Press, New York.
- [6] Álvarez, M. (2001). *Manual de competitividad*. Editorial Panorama. México.
- [7] Estrategia Aduanera. (2019). “México: país líder en el libre comercio” [www.estrategiaaduanera.mx/mexico-pais-lider-en-el-libre-comercio/](http://www.estrategiaaduanera.mx/mexico-pais-lider-en-el-libre-comercio/)
- [8] INEGI (2005), “Industria manufacturera”. [www.cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E](http://www.cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E)

- [9] Instituto para el Fomento a la Calidad Total. (2018). “Modelo Nacional para la Competitividad”. [www.pnc.org.mx/modelo-nacional-para-la-competitividad/](http://www.pnc.org.mx/modelo-nacional-para-la-competitividad/)

## Determinación del factor de enfriamiento, utilizado para la determinación de la carga térmica de canales de puerco

Dámaso Octavio Ochoa Landín  
 Instituto Tecnológico de Hermosillo  
 Departamento Metal-Mecánica  
 Correo electrónico: [doctavio31@gmail.com](mailto:doctavio31@gmail.com)

**Resumen:** El proceso de transferencia de calor en el enfriamiento de canales de puerco presenta gran complejidad ya que implica un fenómeno transitorio de transferencia de calor en los canales y en el medio de enfriamiento. Generalmente, la carga térmica del producto se determina calculando el cambio de entalpía de éste, en un determinado intervalo de tiempo. Este método de cálculo adolece de error, ya que el proceso de enfriamiento no es lineal. Para facilitar la determinación de la carga térmica de los canales se utiliza un factor de rapidez, el cual se aplica al cambio de entalpía que experimentan los canales en un intervalo de tiempo.

El presente trabajo tiene el propósito de explicar cómo se obtiene este factor de rapidez y como varía con las condiciones de operación.

**Palabras claves:** Transitorio, Biot, Fourier, Nusselt.

### 1. Introducción

La determinación de la carga térmica de producto se determina de la siguiente manera:

$$Q = \frac{m \hat{C}_p (T_{oi} - T_{of})}{f_R \Delta t} \quad (1)$$

Donde:

$m$ : masa del producto

$\hat{C}_p$ : calor específico del producto

$f_R$ : factor de enfriamiento

$\Delta t$ : tiempo de enfriamiento

$T_{oi} - T_{of}$ : cambio de temperatura que experimenta el producto (medidos en el centro del canal).

En muy pocas fuentes bibliográficas se especifica el valor del factor de enfriamiento, pero no se detalla cómo se obtiene. El presente trabajo tiene como propósito determinar dicho factor y mostrar cómo depende de las condiciones de operación, modelando los canales de puerco como si fueran cilindros y considerando que el flujo de calor es unidireccional al estado transitorio.

### 2. Fundamentos Teóricos [1]

La determinación de la temperatura dentro del canal, como una función de la posición y del tiempo, se logra realizando un balance de energía en un cilindro, como se muestra en la figura 1.

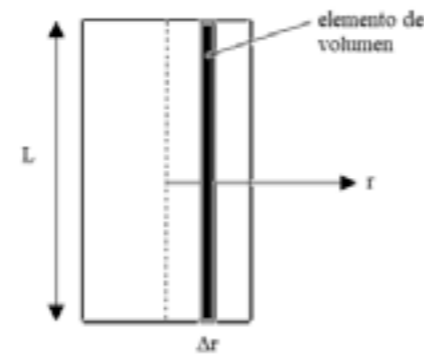


Fig. 1. Elemento de volumen.

$$q_r 2\pi r L \Big|_r - q_r 2\pi r L \Big|_{r+\Delta r} = \rho 2\pi r \Delta r L \hat{C}_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Al dividir entre  $-2\pi L \Delta r$ , obtenemos:

$$\frac{q_r r \Big|_{r+\Delta r} - q_r r \Big|_r}{\Delta r} = -\rho r \hat{C}_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Al aplicar el límite cuando  $\Delta r \rightarrow 0$ , obtenemos:

$$\frac{\partial q_r r}{\partial r} = -\rho r \hat{C}_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

Como el calor se transfiere por conducción, tenemos:

$$q_r = -k \frac{\partial T}{\partial r} \quad (3)$$

Sustituyendo la ecuación de Fourier (3) en la ecuación diferencial (2), obtenemos:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = \frac{r}{\rho \hat{C}_p} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (4)$$

Donde,  $\frac{k}{\rho \hat{C}_p}$  se conoce como difusividad térmica y se representa con la letra  $\alpha$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = \frac{r}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (5)$$

Resolviendo la ecuación (5), obtenemos:

$$\frac{T(r,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{2}{\lambda_n} \right) \frac{J_1(\lambda_n)}{J_0^2(\lambda_n) + J_1^2(\lambda_n)} \exp(-\lambda_n^2 \tau) J_0 \left( \frac{\lambda_n r}{r_o} \right) \quad (6)$$

Donde:

$$\tau = \frac{\alpha t}{r_o^2} \quad \text{Número de Fourier}$$

$$J_0 \text{ y } J_1 \quad \text{Funciones Bessel}$$

$\lambda_n$  son los valores propios de  $\lambda_n \frac{J_1(\lambda_n)}{J_0(\lambda_n)} = Bi$ , donde

$$Bi = \frac{hr_o}{k} \quad (\text{número de Biot})$$

Si el número de Fourier es mayor que 0.2, el primer término de la serie (6), es importante reducir ésta a:

$$\frac{T(r,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \left( \frac{2}{\lambda_1} \right) \frac{J_1(\lambda_1)}{J_0^2(\lambda_1) + J_1^2(\lambda_1)} \exp(-\lambda_1^2 \tau) J_0 \left( \frac{\lambda_1 r}{r_o} \right) \quad (7)$$

Para determinar la temperatura en el centro del canal, la ecuación (7), toma la forma

$$\frac{T(0,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \left( \frac{2}{\lambda_1} \right) \frac{J_1(\lambda_1)}{J_0^2(\lambda_1) + J_1^2(\lambda_1)} \exp(-\lambda_1^2 \tau) \quad (8)$$

Para determinar la temperatura en la superficie del canal, la ecuación (7), toma la forma

$$\frac{T(r_o,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \left( \frac{2}{\lambda_1} \right) \frac{J_1(\lambda_1)}{J_0^2(\lambda_1) + J_1^2(\lambda_1)} \exp(-\lambda_1^2 \tau) J_0(\lambda_1) \quad (9)$$

Al dividir la ecuación (9) entre la ecuación (8), obtenemos una expresión que nos permite determinar el parámetro  $\lambda_1$  para condiciones de temperatura previamente establecidas y, posteriormente, determinar el coeficiente de transferencia de calor.

Para la determinación de la transferencia de calor en un tiempo finito  $t$ , es necesario determinar la relación

$\frac{Q}{Q_{\max}}$  que se define de la siguiente manera para cilindros

$$\left( \frac{Q}{Q_{\max}} \right)_{\text{cilin}} = 1 - 2\theta_{0,\text{cilin}} \frac{J_1(\lambda_1)}{\lambda_1} \quad (10)$$

Donde  $Q_{\max}$ , está dada por la siguiente expresión

$$Q_{\max} = m_{\text{prod}} \hat{C}_p (T_i - T_\infty) \quad (11)$$

### 3. Desarrollo

#### 3.1 Determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección $h$ [2]

Para la determinación del coeficiente de transferencia de calor  $h$ , utilizaremos un  $\Delta T_D = 10^\circ F^{[3]}$  (es la  $\Delta T_D$  de diseño y corresponde a la diferencia de temperatura entre el aire del que se alimenta al evaporador  $T_1$  y la temperatura de vaporización del refrigerante  $T_{\text{evp}}$ ), y considerando que el evaporador está bien diseñado<sup>[3]</sup>, se tiene que la temperatura del aire que abandona el evaporador debe ser

$$T_2 = T_1 - \frac{\Delta T_D}{2} \quad (12)$$

Para nuestro caso, la temperatura de vaporización del refrigerante ( $\text{NH}_3$ ) es de  $20^\circ F$ , por lo tanto, la temperatura a la entrada del evaporador es  $T_1 = 30^\circ F$ . Al sustituir estas temperaturas en la ecuación (12), obtenemos que  $T_2 = 25^\circ F (-3.889^\circ C)$ . La temperatura  $T_2$  será la temperatura del aire a la entrada de los canales de puerco ( $T_{\text{in}}$ ) y la temperatura  $T_1 = 30^\circ F (-1.111^\circ C)$  será la temperatura que abandona los canales de puerco  $T_{\text{out}}$ . Con esta información determinamos la temperatura promedio del medio

$$T_\infty = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{-1.111^\circ C - 3.889^\circ C}{2} = -2.5^\circ C$$

Se desea que la temperatura en el centro del canal sea de  $T_{\text{of}} = 20^\circ C$ , mientras que la temperatura en la superficie del canal sea de  $T_{\text{sf}} = 2^\circ C$  al término del enfriamiento. Si consideramos que la temperatura inicial del canal es de  $T_{\text{oi}} = T_{\text{si}} = 40^\circ C$ , procedemos a determinar una temperatura promedio del canal de puerco para así determinar las propiedades termo-físicas

$$T_{\text{prom}} = \frac{40^\circ C + 20^\circ C}{2} = 30^\circ C$$

Propiedades termo-físicas [4] del puerco a la  $T_{\text{prom}}$

$$\rho = 1005.766 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{densidad}$$

$$\hat{C}_p = 3060.84 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ C} \quad \text{calor específico}$$

$$k = 0.40184 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ C} \quad \text{conductividad térmica}$$

$$\alpha = 1.3053 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{seg}} \quad \text{difusividad térmica}$$

Con el propósito de cumplir con la condición de que la temperatura en el centro debe de ser de  $20^\circ C$  y en la superficie  $2^\circ C$ , es necesario dividir la ecuación (9) entre la ecuación (8) para obtener:

$$\frac{T(r_o, t) - T_\infty}{T(0, t) - T_\infty} = J_0(\lambda_1) \quad (13)$$

Al sustituir los valores de temperatura en la ecuación (13), obtenemos:

$$\frac{2^\circ\text{C} + 2.5^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} + 2.5^\circ\text{C}} = 0.2 = J_0(\lambda_1)$$

El valor de  $\lambda_1$  que satisface la relación anterior es 2.04153. Con este valor de  $\lambda_1$ , determinamos el valor de  $J_1(\lambda_1) = 0.573703$ . Ahora utilizaremos las ecuaciones (8) o (9) para obtener el número de Fourier y, siendo el valor de este  $\tau = 0.25346$  (como se observa, es mayor que 0.2), por lo tanto el haber utilizado el primer término de la serie fue correcto. Procedemos ahora a determinar el tiempo de enfriamiento de la definición del número de Fourier

$$t = \frac{\tau r_o^2}{(\alpha)(3600 \frac{\text{seg}}{\text{hr}})} = 21.58 \text{ hrs}$$

Conociendo el valor de  $\lambda_1$  (eigenvalor), podemos determinar el número de Biot utilizando la eigenfunción  $\lambda_1 \frac{J_1(\lambda_1)}{J_0(\lambda_1)} = Bi$ . Al sustituir el valor de

$\lambda_1$ , obtenemos que el número de Biot es 5.8562. Utilizando la definición de este, obtenemos que el coeficiente de transferencia de calor es  $h = 11.766 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$

### 3.2 Determinación de la velocidad de aproximación

Se propone un arreglo en línea como se muestra en la figura 2.

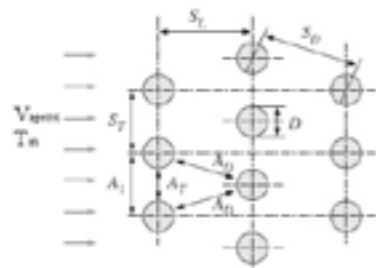


Fig. 2. Arreglo escalonado.

Donde:

$$D = 0.4 \text{ m}$$

$$S_T = 0.60 \text{ m}$$

$$S_L = 0.50 \text{ m}$$

$$S_D = \sqrt{\left(\frac{S_T}{2}\right)^2 + (S_L)^2} = 0.5831 \text{ m}$$

$$V_{\text{aprox}} = 0.51 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \text{ velocidad propuesta}$$

Con esta información, determinamos la velocidad máxima utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{\text{max}} = \frac{S_T}{S_T - D} \quad (14)$$

Si se cumple la siguiente condición

$$S_D \geq \frac{(S_T + D)}{2}$$

Al sustituir los valores del arreglo en (14), tenemos que la velocidad máxima es  $V_{\text{max}} = 1.53 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$

Las propiedades físicas de la película [2] se determinan a la temperatura promedio de ésta,  $T_f = 9.25^\circ\text{C}$

$$\rho_f = 1.2113 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ densidad de la película}$$

$$\hat{C}_{Pf} = 1011.5 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \text{ calor específico de la película}$$

$$K_f = 0.024348 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \text{ conductividad de la película}$$

$$\mu_f = 1.7819 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m seg}} \text{ viscosidad de la película}$$

La temperatura promedio de la superficie es  $T_s = 21^\circ\text{C}$  y las propiedades físicas del aire a estas condiciones son:

$$\rho_s = 1.164 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ densidad del aire en la sup.}$$

$$\hat{C}_{Ps} = 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \text{ calor específico de aire en la sup.}$$

$$K_s = 0.0251 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \text{ conductividad del aire en la sup.}$$

Con esta información determinamos los siguientes números adimensionales:

$$\text{Re}_{\text{max}} = 4.1603 \times 10^4 \text{ número de Reynolds}$$

$$\text{Pr}_f = 0.74023 \text{ número de prandtl de la película}$$

$$\text{Pr}_s = 0.73541 \text{ número de prandtl en la superficie}$$

Para la determinación del número de Nusselt, utilizamos la ecuación de Zukauskas [1]

$$\text{Nu} = 0.27 \text{Re}_{\text{max}}^{0.63} \text{Pr}_f^{0.36} \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_s}\right)^{0.25} \quad (15)$$

Sustituyendo los números adimensionales, tenemos que  $\text{Nu} = \frac{hD}{K_f} = 197.29$ . Despejando el coeficiente de

transferencia de calor tenemos  $h = 11.768 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$ . Como

se puede observar, el coeficiente de transferencia de calor determinado con la ecuación de Zukauskas concuerda con el coeficiente calculado en la sección 3; esto quiere decir que la velocidad de aproximación propuesta es correcta. Con esta velocidad de aproximación es posible seleccionar el evaporador que proporcione esta velocidad.

### 5. Determinación del factor de enfriamiento

La determinación de  $Q_{\text{max}}$  se realiza con la siguiente ecuación

$$Q_{\text{max}} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L \rho \hat{C}_P (T_i - T_\infty) \quad (16)$$

Donde:

$$D = 0.4 \text{ m}$$

diámetro del modelo

$$L = 1.5 \text{ m}$$

longitud del modelo

$$\rho = 1005.7664 \text{ kg/m}^3$$

densidad del producto

$$C_p = 3.06084 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

calor específico del producto

$$T_i = 40^\circ\text{C}$$

Temperatura inicial de canal

$$T_\infty = -2.5^\circ\text{C}$$

Temperatura del medio

Al sustituir esta información en la expresión del calor máximo (16), obtenemos:

$$Q_{\text{max}} = 24,661.65 \frac{\text{KJ}}{\text{canal}}$$

A continuación, determinamos la relación  $\left(\frac{Q}{Q_{\text{max}}}\right)_{\text{cilin}}$  con la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{Q}{Q_{\text{max}}}\right)_{\text{cilin}} = 1 - 2\theta_{0,\text{cilin}} \frac{J_1(\lambda_1)}{\lambda_1} \quad (17)$$

Donde:

$$\lambda_1 = 2.04153$$

$$J_1(\lambda_1) = 0.573703$$

$$\theta_0 = \frac{T(0,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 0.5294$$

Al sustituir estos valores en (17), obtenemos:

$$\left(\frac{Q}{Q_{\text{max}}}\right)_{\text{cilin}} = 0.70246$$

Donde:

$$Q = 17,323.823 \frac{\text{kJ}}{\text{canal}}$$

El factor de rapidez se define de la siguiente manera:

$$f_R = \frac{m \hat{C}_P (T_{0i} - T_{0f})}{Q} \quad (18)$$

Donde:

$$m = \rho V = \left(1005.7664 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \frac{(\pi)(0.40\text{m})^2 (1.5\text{m})}{4} = 189.583 \frac{\text{kg}}{\text{canal}}$$

$$\hat{C}_P = 3.0608 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$T_{0i} = 40^\circ\text{C} \quad T_{0f} = 20^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en (18), tenemos que el factor de enfriamiento para los canales de peruco es:

$$f_R = \frac{\left(189.583 \frac{\text{kg}}{\text{canal}}\right) \left(3.0608 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}{17,323.823 \frac{\text{J}}{\text{canal}}} = 0.6699$$

A continuación, en la figura 3 se presentan dos curvas donde se observa cómo está variando la temperatura con el tiempo en el centro del canal y en la superficie del mismo.

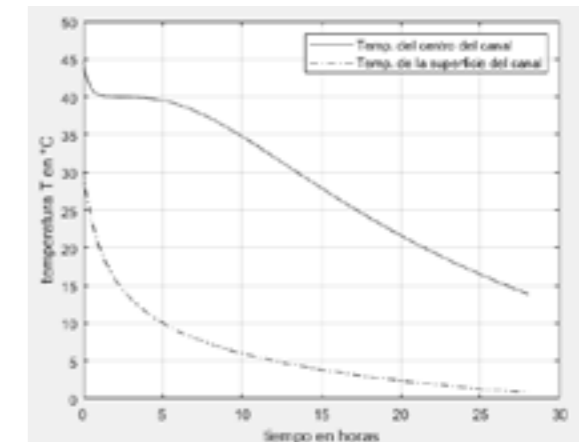


Fig. 3. Temperatura en el centro del canal y en su superficie como función del tiempo.

Para realizar estas gráficas se utilizaron 6 términos de la serie (6).

### 4. Conclusiones

Ya que en la bibliografía técnica de refrigeración existe poca o nula información sobre los factores de rapidez, en este artículo se presenta la manera de determinarlo. Así, los ingenieros, utilizando este factor de rapidez, pueden fácilmente calcular la carga térmica del producto, simplemente determinando el cambio de entalpía que experimenta el producto y corrigiendo ésta con el factor de rapidez como se muestra en la ecuación (1). Para las condiciones que se establecieron en este artículo:

$T_{io} = 40^{\circ}C$  temperatura inicial en el centro  
 $T_{is} = 40^{\circ}C$  temperatura inicial en la superficie  
 $T_{fo} = 20^{\circ}C$  temperatura final en el centro  
 $T_{fs} = 2^{\circ}C$  temperatura final en la superficie

El factor de rapidez es  $f_R = 0.6699$ , la velocidad de aproximación es de  $V_{aprox} = 0.51 \frac{m}{seg}$  y el tiempo de enfriamiento es de  $t = 21.57 hrs$ . Es importante aclarar que si las condiciones cambian, el factor de rapidez también cambia. Por ejemplo, supongamos las siguientes condiciones:

$T_{io} = 40^{\circ}C$  temperatura inicial en el centro  
 $T_{is} = 40^{\circ}C$  temperatura inicial en la superficie  
 $T_{fo} = 15^{\circ}C$  temperatura final en el centro  
 $T_{fs} = 2^{\circ}C$  temperatura final en la superficie

El factor de rapidez es  $f_R = 0.7799$ , la velocidad de aproximación es de  $V_{aprox} = 0.32 \frac{m}{seg}$  y el tiempo de enfriamiento es de  $t = 29.05 hrs$ . Desde un punto de vista práctico, es conveniente utilizar el factor de 0.67 y una velocidad de aproximación de 0.51 m/seg para determinar la carga térmica del producto.

## 5. Bibliografía

1. Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar. Transferencia de Calor y Masa. Editorial Mc Graw Hill, cuarta edición.
2. Frank Kreith, Raj M. Manglik, Mark S. Bohn. Principles of Heat Transfer. Editorial Cengage Learning, seventh edition.
3. Roy J. Dossat. Principles of Refrigeration. Editorial John Wiley & sons, inc.
4. Ashrae Handbook (2006). Refrigeration

## Propuesta de mejora para la seguridad en vehículos de movilidad sustentable

Rocío Adriana Mendoza Vázquez<sup>1</sup>, Christian Raúl Arias Márquez<sup>2</sup>, José Reynaldo Sánchez Quintero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo. Departamento de Electrónica y Biomédica. Ave. Tecnológico y Periférico Poniente S/N, C.P. 83170 Colonia Sahuaro, Hermosillo Sonora, México

<sup>2</sup>Universidad De La Salle Bajío, Avenida Universidad 602, C.P. 37150, Colonia Lomas del Campestre, León, Guanajuato, México

Correos electrónicos: rocio\_01@hotmail.com, crarias@delasalle.edu.mx, jose.reynaldosq@gmail.com

**Resumen:** Actualmente, el calentamiento global es un tema de interés debido a los efectos que puede generar al entorno y a la salud humana. Buscando alternativas para disminuirlo, se propone el uso de vehículos que no contaminan. Este artículo de investigación describe las propuestas de mejora en seguridad, para la fabricación de vehículos de movilidad sustentable, es decir, vehículos que no emiten contaminantes al medio ambiente, acotándose al velomóvil. Para este vehículo se revisaron las medidas de protección del piloto y la estabilidad de él. Primeramente, se localizaron zonas de interés para mejorar los componentes del vehículo y agregar estructuras que beneficien la seguridad. Después, se describe la propuesta de material de fabricación para incorporarlos al equipo. Por último, se diseñaron las piezas en un software de modelado 3D, Fusion 360. Las piezas modeladas corresponden a dos arcos en C; ubicados lateralmente para la protección del piloto y un poste superior, pieza importante para la estabilidad del vehículo.

**Palabras clave:** Velomóvil; Seguridad; CAD; medio ambiente.

## 1. Introducción

Hoy en día, el calentamiento global es un problema que involucra a cada ser vivo del planeta. Su origen es provocado por diferentes factores ambientales, uno de los principales es el causado por contaminación en vehículos de combustión.

El impacto que el cambio climático puede generar es importante, ya que afecta a la estabilidad de los sectores ambientales, económicos y sociales [1]. Por ejemplo, en México se ha experimentado un déficit de producción alimentaria en las zonas

rurales desde 1995 como efecto del cambio del clima [2].

Parte de la contaminación generada en México es por la emisión de gases por vehículos que funcionan con hidrocarburos. Ésta contribuye con el 21% del total de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por cada 5,000 kilómetros recorridos por automóvil se producen aproximadamente, 750 kilogramos de este gas contaminante [3]. Además, la emisión de CO<sub>2</sub> se ve afectada por factores de octanaje en el combustible y la altura de la ciudad en la que se opera el vehículo [4].

Una alternativa para transportes con energías limpias son los velomóviles. Estos son vehículos de tracción humana que avanzan por medio de pedaleo. Esta tecnología ambiental se ha destacado por su formulación como generador de progreso sostenible, siendo factor clave para la creación de ciudades sustentables [5].

El funcionamiento es similar al de una bicicleta, con la ventaja de proteger al piloto del exterior. Este debe presentar un diseño aerodinámico, lo cual lo hace práctico para desplazarse a distancias cortas. Por esta razón, se debe buscar la ligereza y resistencia del vehículo simultáneamente.

La aerodinámica es un tema sumamente importante en el desarrollo de un vehículo de tracción humana, pues a mayor dinámica más velocidad puede adquirir y, por lo tanto, avanzar mayor distancia en menor tiempo [6] [7].

Algunos autores, han realizado su propuesta de diseño para la modificación y optimización de los vehículos de movilidad sustentable, por ejemplo,

diseños orientados a mejorar el confort y maniobrabilidad del vehículo [8]. Así como el uso eficiente de la energía, seguridad y velocidad de desplazamiento con la aplicación de mejoras en maniobrabilidad [9].

La propuesta de incorporación de estos transportes implica la revisión de medidas de seguridad y análisis del vehículo, de tal manera que lo coloque en funcionamiento, como una alternativa segura para el piloto y con beneficios ambientales.

Este trabajo de investigación propone mejoras estructurales a los vehículos de propulsión humana, velomóviles, para la protección del piloto y mejora de la estabilidad del vehículo.

## 2. Desarrollo

### 2.1 Metodología del trabajo

La figura 1 muestra las fases a seguir para el desarrollo de este proyecto. La Fase 1: Documentación, recaba toda la información necesaria para la conformación de las piezas. En la Fase 2: Análisis y diseño, se definen las piezas a fabricar y las dimensiones que tendrán. Por último, la Fase 3: Modelado 3D, es la realización de las piezas en el software CAD.



Figura 1. Fases del modelado del velomóvil.

### 2.2 Identificación de componentes a modelar

Para la mejora de los vehículos de propulsión humana se propone la modificación de las bases del chasis y la protección del pasajero, que brindará mayor seguridad en caso de una volcadura o accidente mientras se maneja el vehículo.

La Figura 2 muestra los dos componentes principales: el chasis que sostiene la estructura del vehículo, las ruedas, la dinamo, los pedales y ruedas para la propulsión y la localización del piloto.

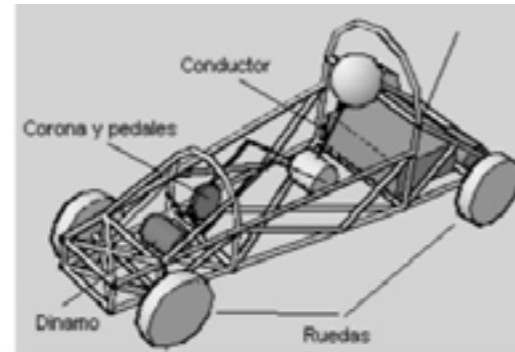


Figura 2. Componentes principales de un velomóvil [8].

Las piezas propuestas serán aplicadas en la parte superior del piloto, como estructura de resguardo. Se detectaron dos arcos en C para la sujeción y protección piloto y un poste superior para protegerlo en caso de volcaduras, como piezas a modelar.

### 2.3 Materiales y equipo

Para el modelado de las piezas en 3D se utilizó FUSION 360, ya que permite el modelado 3D de superficies complejas, además de permitir técnicas de modelado adecuadas para la realización de este trabajo.

Las piezas fueron modeladas considerando como material futuro la fibra de carbono y fibra de vidrio debido a la facilidad para la fabricación de moldes para su replicas en producción. Además, la fabricación de piezas en Ácido Poliláctico (PLA, por sus siglas en inglés de *Polylactic Acid*) en impresión 3D.

La fibra de carbono proporciona la dureza que se necesita para el desarrollo de un soporte y, al mismo tiempo, brinda la ligereza requerida para no aumentar el peso total del vehículo; todo esto es posible gracias a la composición de la misma que entrelaza delgados hilos de carbono [10].

La fibra de vidrio funciona para crear moldes sólidos y manejables, pues al entrar en contacto con el agua se vuelve un poco más maleable. Es un material de no tan alto costo a comparación de la fibra de carbono.

### 2.4 Diseño del poste superior

Para ofrecer protección ante un impacto frontal o lateral, se diseñó el poste superior. El modelo de la

pieza se realizó tomando en cuenta las medidas del vehículo, la altura y el largo de las piernas del piloto. Las curvas se hicieron basándose en la ubicación exacta donde se realiza el pedaleo y el borde del chasis donde se anclará. Además, esta pieza funciona como sujetador de la transmisión y en anclaje de componentes.



Figura 3. Plano de poste superior en escala de 1:5.

Los parámetros determinados se utilizaron para el modelado de la Figura 3, donde se muestra el dibujo de la propuesta de poste superior. La Figura 4 presenta el diseño 3D de la pieza modelada en el software de Fusion 360.

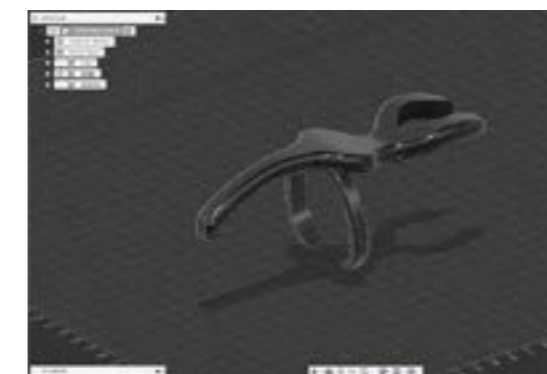


Figura 3. Diseño 3D del poste superior en Fusion 360.

### 2.5 Diseño de los arcos en C laterales

El diseño se realizó a partir de la primera pieza diseñada, el poste principal. Esta pieza tiene el propósito de ofrecer seguridad al piloto en caso de

volcaduras, fijándolo y restringiendo su grado de movimiento.

Para realizarla, se consideraron distancias para obtener el grosor de la pieza y que ésta no hiciera contacto con cualquier otro componente del vehículo.

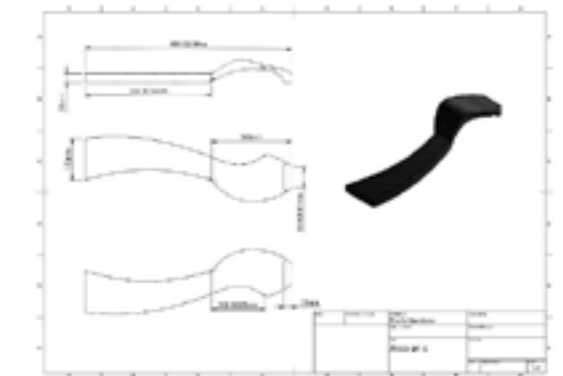


Figura 4. Plano de arco en C.

La Figura 4 muestra el plano a utilizar para el diseño de la pieza de arco en C, que sirve como protección del piloto. El arco en C, modelado en 3D, es presentado en la Figura 5 donde ya se observa el detallado de las curvas y la concavidad de la pieza.

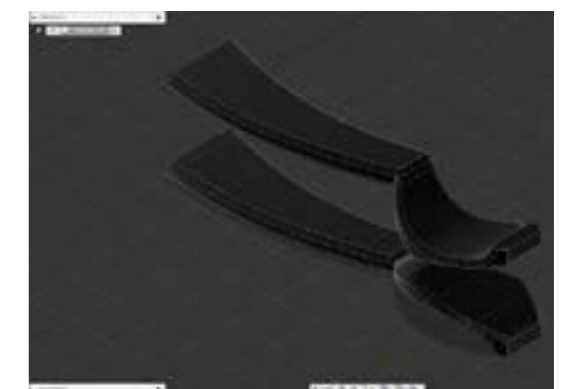


Figura 5. Modelado 3D de los arcos en C laterales.

### 2.6. Ensamble final

El ensamblaje de dos arcos en C y el poste superior se presenta en la Figura 7, como resultado de la unión final de la medida de protección para el piloto.



Figura 6. Diseño final de la pieza modelada en 3D.

### 2.7. Ensamble final en físico

En la Figura 8 podemos observar en ensamble físico, la pieza propuesta. Para su armado se utilizó fibra de carbono.

Para realizarlo, se elaboró un molde a base de espuma de poliuretano. Una vez que se logró la forma deseada, se aplicó la fibra de carbono adheriéndola con resina, para lograr su rigidez al momento del secado.



Figura 8. Ensamble final en físico.

Una vez concretada la fijación de la fibra de carbono, se crearon los anclajes y las sujeciones necesarias de la estructura.

### 3. Discusión y análisis de resultados

El diseño de la pieza construida para vehículos de propulsión humana brinda protección ante el impacto o volcadura del vehículo. Esto como resultado de la incorporación de un poste de protección primaria, colocado sobre la estructura

para proteger al piloto, así como evitar movimiento que comprometan su seguridad dentro del vehículo y beneficie su estabilidad.

La pieza lograda se modeló en un software en 3D. Posteriormente, se construyó en físico utilizando un molde de poliuretano y se le aplicó fibra de carbono para el recubrimiento. Este material se seleccionó por sus características estructurales.

El modelo de la pieza que se construyó puede ser complementario con otros velomóviles planteados. Por ejemplo, el diseño propuesto por [7]. Este vehículo no tiene un soporte que ofrezca protección rígida, en la parte superior, con anclaje al chasis ante volcaduras. Así como en [9], donde se logra mayor ergonomía en el diseño, pero se pueden mejorar aspectos de seguridad con la estructura que se propone en este artículo.

### 4. Conclusiones

Se realizó el diseño de piezas que cumplen la función de brindar protección y soporte al velomóvil. Los arcos en C pueden colocarse de manera conveniente dependiendo de piloto y el poste superior brinda la seguridad de impactos o volcaduras. Una vez logrado el ensamblaje de ambas piezas en el software de CAD, se realizó un ensamblaje físico con las medidas y figuras establecidas en el diseño de segmentos. Por último, se creó una base para recubrirlo con el material de fibra de carbono, por las propiedades estructurales que brinda, lográndose construir la estructura deseada. Se espera en un futuro poder aplicar este tipo de protección en vehículos de propulsión humana usados para competencias internacionales.

### 5. Referencias

- [1] S. Luna, A. Perales y A. Lastiri, «Calentamiento global, población, alimentación y sustentabilidad: límites en el contexto económico y social del Sector Agropecuario en México» *Revista Crecer Empresarial: Journal of Management and Development*, vol. 1, n° 01, pp. 1-12, 2017.
- [2] A. M. Hernández-Solano y V. S. Ávila-Foucat, «Adaptación al cambio climático y sus efectos en la economía de los hogares rurales mexicanos productores de alimentos» *Ensayos. Revista de economía*, vol. 38, n° 1, pp. .61-86, 2019.

*Revista de economía*, vol. 38, n° 1, pp. .61-86, 2019.

- [3] Euroventyc, «Las emisiones de CO2 en México: un problema que nos compete a todos» 01-12-2019. [En línea]. Disponible en: <https://ventanas-pvc.org/emisiones-de-co2-en-mexico/>.
- [4] L. E. Tipanluisa, A. P. Remache, C. R. Ayabaca y S. W. Reina, «Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades» *Información tecnológica*, vol. 28, n° 1, 2017.
- [5] A. Rincón, J. L. Romero, M. Guillén, A. Hernández y J. Quiroz, «Construcción de ciudades sustentables: una visión ecológica desde la perspectiva de la investigación estudiantil» *REDIELUZ*, vol. 1, n° 2, pp. 150-155, 2011.
- [6] Autovidal, «La importancia de la aerodinámica» Autovidal, 12-12-2012. [En línea]. Available:

<https://blog.autovidal.es/tecnica/la-importancia-de-la-aerodinamica/>. [Último acceso: 01-12-2019].

- [7] M. Chiclote, S. Raico y J. Acosta, «Diseño y construcción de un velomobile impulsado por fuerza humana (Tesis)» Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2018.
- [8] G. Rojas, «Diseño y modelamiento de un vehículo híbrido humano-eléctrico (Tesis)» repositorio.unal.edu.co, Bogotá, 2013.
- [9] J. Sanhueza, «Modelo para diseñar un habitáculo confortable de velomóvil (Tesis)», Repositorio académico de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2014.
- [10] CarboSystem, «Fibra de carbono: Información, estructura y propiedades | CarboSystem». 06-11-2019. [En línea]. Disponible en: <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>.

## Propuesta para abordar la necesidad de profesionales en ciberseguridad

Jalil Gerardo Espinoza Zepeda, Oscar Mario Rodríguez Elías  
Tecnológico Nacional de México/I.T. de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación  
jgez.sys@gmail.com, omrodriguez@ithermosillo.edu.mx

### RESUMEN

Algunos de los principales riesgos económicos a nivel mundial están relacionados con aspectos de la seguridad de la información y de las tecnologías, considerándose gran incidente de fraudes o robo de datos en el quinto lugar del año 2017, ataques cibernéticos en tercero y fraude o robo de datos en el cuarto lugar en el 2018. En el año 2019, se consideró a los ataques cibernéticos en quinto y fraude o robo de datos en cuarto. Toda solución de Seguridad de la Información se enfoca en tres pilares: Tecnología, Procesos y Personas (Talento Humano). En este ámbito, el recurso humano se vuelve un factor de suma importancia, así como uno de los aspectos más débiles en el entorno nacional, debido a la falta de especialistas en ciberseguridad. Como un acercamiento a la solución del problema, en este trabajo se plantea la elaboración de un sistema que sea capaz de detectar las necesidades de capacitación de un individuo en el área de seguridad informática de forma automatizada, para facilitar establecer una ruta de capacitación adecuada de acuerdo al rol en ciberseguridad al que el individuo va dirigido.

**Palabras Clave:** Seguridad informática, Ciberseguridad, Capacitación, Riesgos de seguridad.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos de la era moderna, sin duda alguna, es la de mantener la información segura de entidades ajenas a ella, y que las personas autorizadas no hagan mal uso de la misma. De esto surge la pregunta: ¿Cómo mantener los datos seguros en un mundo digital que se encuentra conectada a la red mundial?, sobre todo en donde las tecnologías están a la mano de todos, desde un teléfono personal, equipos de cómputo, equipos de seguridad, hogares inteligentes, ropa con nanotecnología, autos computarizados, órganos artificiales, etc.. En particular, el nuevo entorno denominado como el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés).

El aumento del uso del internet está en paralelo con el incremento del uso de dispositivos conectados a la red

mundial, tasa que de acuerdo a [1], constituían 2.4 dispositivos por persona en 2017, con una proyección a 3.6 dispositivos para el 2022 (ver Figura 1).

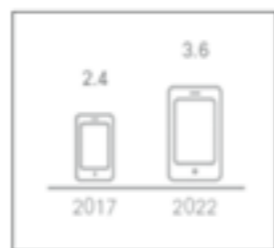


Figura 1. Dispositivos conectados al internet por persona [1].

Por otra parte, también de acuerdo a [1], la cantidad de usuarios de Internet en el año 2017 se calculó en cerca de 4,800 millones (45.3% de la población mundial), esperándose un aumento de 3,400 millones para el 2022, que representaría el 59.7% de la población mundial (ver Figura 2). Este incremento es constante, por día, mes y año.

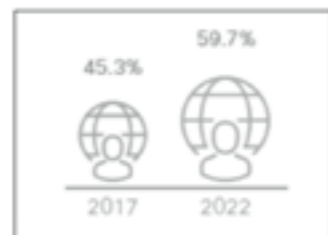


Figura 2. Usuarios de internet del 2017 al esperado en el 2022, en porcentaje de la población mundial [1].

De acuerdo a [2], un estudio de datos de ruteo en Internet, realizado por un equipo en China en 2009, con intervalos semestrales y de diciembre de 2001 a diciembre de 2006, observó un comportamiento creciente de la Internet similar a la Ley de Moore, pues calcularon que el tamaño de la Internet se duplica cada 5.32 años. Estos datos fueron utilizados para calcular las tendencias en el crecimiento de dispositivos conectados por persona, que se calculaba en 500 millones en 2003, y utilizando también datos de la Oficina de Censos de EE. UU [2].

Existen proyecciones que sostienen que el 43% de todos los dispositivos en red estarán conectados a dispositivos móviles para 2022. Pero esto no para aquí, a nivel mundial se estima que el tráfico de Internet crecerá 3.7 veces desde 2017 hasta 2022, una tasa de crecimiento anual compuesta del 30%. Otra estadística más amplia es donde el tráfico global de Internet para 2022 será equivalente a 193 veces el volumen de todo el Internet global que había en 2005 [3]. Es decir, que se espera que los datos transmitidos por internet alcanzarán los 49.8 gigabytes/mes por persona en 2022, frente a los 16.2 gigabytes/mes por persona que se calcularon en 2017 [3] (ver Figura 3).

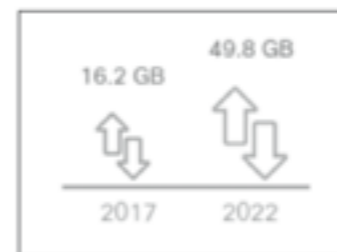


Figura 3. Tráfico de datos promedio por persona al mes [1].

El incremento de uso de los dispositivos digitales e incremento del tráfico de datos en la red requiere de mayor infraestructura, como de personal capacitado para la configuración correcta de los sistemas de forma segura. La necesidad de expertos en el área de la ciberseguridad se ha vuelto muy relevante, ya que se necesitan analizar las amenazas, riesgos, probabilidad de que ocurra un ataque e impacto en la organización o individuos. Sólo a manera de ejemplo, el número total de ataques DDoS (denegación de servicios) se espera que crezca 1.9 veces hacia el 2022, en comparación con lo registrado en 2017, una tasa de crecimiento anual compuesta del 14% [1]. Como muestra de lo que sucede en el entorno nacional, estimaciones de una compañía especializada en ciberseguridad, indican que, en el año 2019, se recibieron 9.5 ciberataques por malware por segundo en México [4].

Los usuarios que utilizan la tecnología deben ser conscientes de las vulnerabilidades de seguridad a las que están expuestos diariamente y las medidas a realizar para el aseguramiento de la información. Tomar en cuenta la falta de personal capacitado en ciberseguridad figura como uno de los principales problemas de fugas de información en las organizaciones.

En el presente artículo se aborda la necesidad de profesionales en el área de las TI como expertos en la ciberseguridad, así como un esfuerzo en la búsqueda del incremento de dichos especialistas. Para lo

anterior, se abordan temas relacionados con la seguridad e integridad de la información, además de dar a conocer estadísticas relevantes a nivel nacional y mundial, que permitan dimensionar el tamaño del problema.

### LA CIBERSRGURIDAD EN MÉXICO Y EL MUNDO

La utilización de tecnología digital es parte de la vida diaria para muchos usuarios, en donde su principal uso es la utilización del internet. El reporte más reciente ofrecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en colaboración con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), arrojaron los datos mostrados en la Figura 4, donde se puede observar que en México hay más de 74.3 millones de usuarios de Internet de seis años o más, que representan el 65.8% de la población en ese rango de edad. En 2018 se observó un crecimiento de 4.2 puntos porcentuales respecto a lo reportado en 2017, y no sería extraño que el crecimiento durante el 2019 haya sido igual o mayor, pues a nivel mundial, el crecimiento de 2018 a 2019 se estimó en 9% [5], mientras que el de enero de 2019 a enero de 2020 en 7% [6].

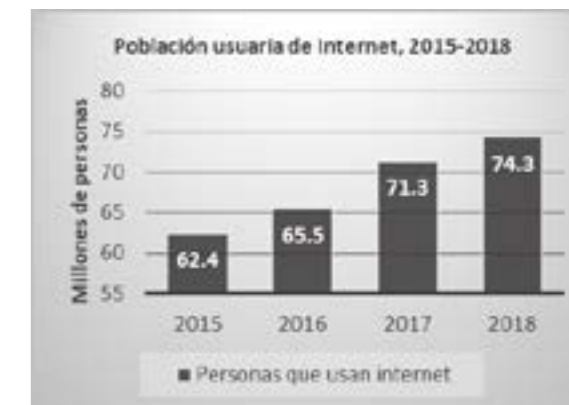


Figura 4. Población usuaria de internet en México, 2015-2018 [7].

Tomado en cuenta los datos anteriores, se observa un aumento constante por año y, en consecuencia a esto, un incremento en el tráfico de datos en la red, así como nuevos escenarios y desafíos, lo que quizá haya impactado en que la ciberseguridad se esté convirtiendo en un tema de alta relevancia en muy amplios sectores de la sociedad.

### Entendiendo la ciberseguridad

Si bien el término ciberseguridad es ampliamente usado, es un concepto que no ha sido bien definido y



representa más bien una especie de generalización de una amplia variedad de conceptos, todos ellos relacionados con riesgos, vulnerabilidades, fallas, etc. de equipos de cómputo, software, sistemas de información, entre otros. Estos abarcan aspectos de infraestructura física, software, tecnologías, pasando también por aspectos sociales, organizacionales, económicos, ecológicos y humanos [8].

Podríamos decir que la ciberseguridad sirve para referirse a los riesgos que se generan por el uso de las nuevas tecnologías, así como a las leyes, reglamentos, políticas, estrategias, técnicas, tecnologías, entre otros, enfocados a abordar dichos riesgos, ya sea para detectarlos, evitarlos, reducirlos, resolver sus consecuencias, castigar culpables, etc.

El manejo y manipulación de la información es delicado. Esto hace que sea necesario un nivel de conocimiento y habilidades técnicas en varias áreas, haciéndose más relevancia en organizaciones grandes, por el gran flujo de datos que se manejan.

Dentro de una organización, el tema de la seguridad de la información es un punto importante, al que es necesario dedicar tiempo y recursos. Por esta razón, una organización debe crear un Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI), con el objetivo de salvaguardar la información, una vez identificados los activos de información que deben ser protegidos y en qué grado [9].

Por tal motivo, es importante que la institución implemente el ciclo de vida de la ciberseguridad (ver Figura 5).

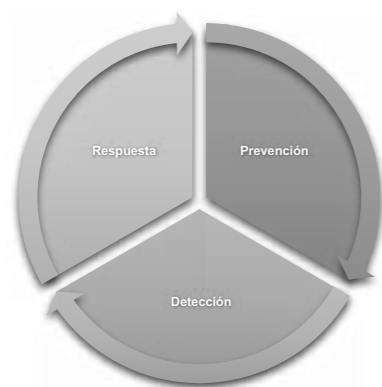


Figura 5. Ciclo de vida de la Ciberseguridad.

Debemos entender a la seguridad de la información como un proceso integrado por un conjunto de estrategias, medidas preventivas y medidas reactivas que se ponen en práctica en las instituciones para proteger la información y mantener su

confidencialidad, disponibilidad e integridad de la misma [9]. Para lograr lo anterior, es importante reflexionar las siguientes preguntas:

1. ¿Se identifica qué información sensible se debe proteger?
2. ¿Se conocen las consecuencias de la pérdida de datos sensibles?
3. ¿Se identifican las posibles amenazas a la información que se maneja?
4. ¿Se sabe qué hacer en casos de robo de información?

Las organizaciones y sus activos de información, sean estos físicos o digitales, se enfrentan de forma creciente a amenazas como: fraude asistido por computadora, espionaje, sabotaje, vandalismo, fenómenos naturales, descuido, desconocimiento o mal uso del tratamiento de la información por parte del recurso humano. Muchas de esas amenazas provienen de ingenieros sociales, *hackers*, empleados negligentes, errores, entre otros, que buscan dañar la integridad de una organización [9].

Toda solución de seguridad de la información se fundamenta en tres pilares: Tecnología, Procesos y Personas (Talento Humano).

1. La tecnología aplicada a la organización permite el manejo adecuado de la información, el desarrollo de las actividades organizacionales y la resolución de problemas. La tecnología permite elaborar y manipular información, así como su almacenamiento, procesamiento, mantenimiento, recuperación, presentación y difusión por medio de señales acústicas, ópticas o electromagnéticas.
2. Los procesos son un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan o transforman elementos de entrada en resultados.
3. Las personas que usan o tienen un interés en la seguridad de la información: autoridades, funcionarios, académicos, alumnos, personal de base, de confianza y demás empleados; clientes, proveedores, prestadores de servicios, contratistas y consultores.

**Riego del avance tecnológico a nivel mundial**

Diferentes organizaciones a nivel mundial muestran que entre los principales desafíos a nivel mundial está la ciberseguridad, ejemplo de ello es el informe de riesgos mundiales del Foro Económico Mundial 2017-2019 (ver Tabla 1) [10].

Tabla 1. Los cinco principales riesgos mundiales en términos de probabilidad [10].

	2017	2018	2019
1st	Eventos Meteorológicos extremos	Eventos Meteorológicos extremos	Eventos Meteorológicos extremos
2nd	Migración involuntaria a gran escala	Desastres naturales graves	Fracaso de la mitigación del cambio climático y la adaptación a este
3rd	Desastres naturales graves	Ataques Cibernéticos	Desastres naturales graves
4th	Ataques terroristas a gran escala	Fraude o robo de datos	Fraude o robo de datos
5th	Gran incidente de fraudes o robo de datos	Fracaso de la mitigación del cambio climático y la adaptación a este	Ataques Cibernéticos

En el informe mencionado, se muestra el panorama de riesgos en evolución 2017–2019 donde se observa que entre los principales riesgos económicos a nivel mundial están aspectos de la seguridad en la tecnología, considerándose gran incidente de fraudes o robo de datos en el 5to lugar del año 2017, ataques cibernéticos en 3ro y fraude o robo de datos el 4to lugar en el 2018, y en el año 2019 se consideró a los ataques cibernéticos en 5to y fraude o robo de datos en 4to. Estos datos hacen ver que las personas mal intencionadas están presentes en todo el mundo y que continuamente están buscando vulnerabilidades en los sistemas, para cometer delitos.

En los últimos años, la seguridad de la información se volvió un tema que nos compete a todos, ya que en la actualidad encontramos muchos aspectos de nuestra vida diaria influenciada por la tecnología. Ejemplo de ello es el estudio realizado por el INEGI que, en su comunicado de prensa número 179/19, informa las principales actividades que los usuarios de internet realizan, y que se muestran en la Figura 6 [11].

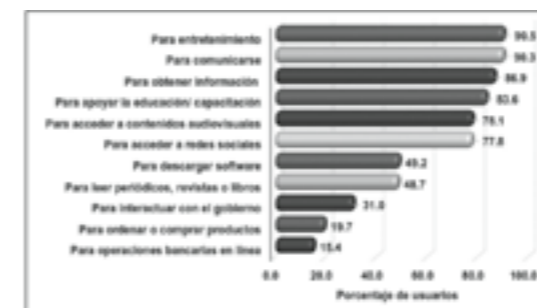


Figura 6. Usuarios de internet por tipo de uso [11].

Debido al aumento en el número de usuarios, así como al incremento en las actividades que éstos realizan a través de internet, cada vez hay más personas expuestas a riesgos de seguridad.

**Ciberseguridad en México**

Quizá el sector en el que más impacta la ciberseguridad en México es el financiero. En este ámbito, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), en conjunto con la Organización de Estados Americanos (OEA), en 2019 emitieron un reporte titulado “Estado de la Ciberseguridad en el Sistema Financiero Mexicano”. En el mencionado estudio, se analiza la situación del sector financiero mexicano con respecto a la ciberseguridad, identificando los principales riesgos y su impacto, así como recomendaciones.

Es de destacar que dicho informe encontró que el 100% de las instituciones financieras reportan haber sido víctimas de ataques cibernéticos, hayan sido éstos exitosos o no [12]. Los eventos de seguridad digital más comúnmente identificados son [12]:

- i) El código malicioso o malware (56% del total de entidades).
- ii) El phishing dirigido para tener acceso a sistemas de la entidad (47% del total de entidades).
- iii) La violación de políticas de escritorio limpio (clear desk) (31% del total de entidades).

Se destaca que un 19% de las entidades e instituciones financieras identifican ocurrencia de eventos de malware diariamente.

Los riesgos de seguridad de la información que consideran que merecen mayor atención por parte de las entidades e instituciones financieras de México, sin importar el tamaño de la organización, son:

- i) La pérdida / robo de activos de información clasificada (confidencial o sensible),
- ii) El secuestro de información, y
- iii) El compromiso de credenciales de usuarios privilegiados.

Un dato importante que arroja el reporte mencionado es que “el costo total anual de respuesta y de recuperación ante incidentes de seguridad digital de las entidades e instituciones financieras en México en 2018 fue de \$107 millones [de dólares] aproximadamente”.

La importancia de la ciberseguridad para el sistema financiero mexicano se evidencia también por los

esfuerzos que se han venido realizando en ámbitos legislativos. Por ejemplo, en el informe anual más reciente de la CNBV, el primer punto abordado corresponde a la denominada Ley Fintech, la cual se enfoca en buscar aprovechar los beneficios del uso de las nuevas tecnologías en el sector financiero, pero también los riesgos que éstas conllevan [13].

Es importante resaltar que no sólo el sector financiero mexicano está expuesto a los riesgos de ciberseguridad; de hecho, se considera que México es uno de los países que más ciberataques recibe, con estimaciones que superan el 80% para empresas que han sido víctimas de ciberataques [14]. Los problemas de ciberseguridad que se han sufrido en el país en los últimos años lo han posicionado en el lugar 63 del índice global en ciberseguridad [15]. Algunos de los eventos más relevantes se listan en la Tabla 2.

Tabla 2. Algunos de los principales ataques cibernéticos en México en los últimos años.

Año	Empresa/Sector	Descripción
2019	Pemex/Gobierno	Ataque tipo Ransomware que afectó al 5% de los equipos de cómputo de PEMEX, los cibercriminales exigían casi 5 millones de dólares.
2018	SPEI/Financiero	Se atacó el sistema de pagos interbancarios, con un costo estimado entre los 400 a 800 millones de pesos.
2017	Telecomunicaciones	Un virus desarrollado en Corea del Norte afectó a empresas del sector de las telecomunicaciones.
2017	Todos	El virus Wannacry afectó a miles de computadoras de más de 500 empresas, entidades públicas, e individuos.

Como se puede observar, la ciberseguridad se ha vuelto un asunto incluso de seguridad nacional, pues como observa [16], las amenazas a la seguridad definidas en el artículo 5 de la Ley de Seguridad Nacional que se relacionan con la ciberseguridad incluyen:

- I. Actos tendentes a consumir espionaje, sabotaje, terrorismo, rebelión, traición a la patria, genocidio, en contra de los Estados Unidos Mexicanos dentro del territorio nacional; (...) V. Actos tendentes a obstaculizar o bloquear operaciones militares o navales contra la delincuencia organizada; (...) XI. Actos tendentes a obstaculizar o bloquear actividades de inteligencia o contrainteligencia, y XII. Actos tendentes a destruir o inhabilitar la infraestructura de carácter estratégico o indispensable para la provisión de bienes o servicios públicos. [17].

La relevancia de la ciberseguridad se ve también resaltada por la Estrategia Nacional de Ciberseguridad

emitida en 2017 donde, entre las principales necesidades que se destacan, está el desarrollo de capital humano especializado en materia de ciberseguridad [18].

#### Necesidad de profesionales en Ciberseguridad

La concientización, educación y capacitación en materia de ciberseguridad es una de las tareas más relevantes para abordar la problemática de la ciberseguridad en México, pues las organizaciones dedican una buena parte de sus esfuerzos en estas áreas [12].

Capacitar al personal se puede convertir en un valor agregado para el individuo, el gobierno y todas las organizaciones. Realizar las funciones de manera adecuada y segura se refleja en la calidad de un servicio, reducción de tiempos en el desarrollo de una actividad, así como en la integridad de los datos que se manejan y el buen uso de ellos.

Las entidades e instituciones financieras reportan que necesitan de más profesionales en el área de las tecnologías de la información. Esto lleva, en muchos casos, a requerir procesos de tercerización, siendo la actividad que más frecuentemente se contrata la relativa a la realización de pruebas de seguridad / análisis de vulnerabilidades con un 34% del total, seguida del monitoreo de la infraestructura de seguridad con un 31% del total [3].

David Taboada, Director General de Código Verde, una de las principales empresas especialistas en ciberseguridad en México, mencionó que [19] en un estudio publicado en el 2016, ISACA pronosticó que para el 2019 habría una escasez de 2 millones de profesionales de Seguridad Informática en el mundo [20], y que Cybersecurity Ventures pronostica que la brecha aumentará a 3.5 millones para el 2021. Esto es consistente con lo reportado en [3], que indica que la fuerza laboral de seguridad cibernética necesita crecer un 62% para cumplir con las demandas de las empresas estadounidenses en la actualidad, que se estiman en 805,000, pero al considerar 10 de las principales economías, la cifra sube a 2.8 millones, con estimaciones de hasta 4.07 millones a nivel global, lo que indica que la fuerza de trabajo en ciberseguridad a nivel global necesita crecer en 145% [3]. Para el caso particular de México, hay estimaciones que sostienen que para 2022 se requerirán entre 1.8 y 2 millones de especialistas en ciberseguridad [21].

El incremento de la necesidad de especialistas en ciberseguridad está muy relacionado con los avances de la denominada Industria 4.0, pues los riesgos

relativos a la ciberseguridad representan una de las principales barreras para la adopción de las nuevas tecnologías que esta revolución industrial trae aparejadas [22], lo que convierte a la ciberseguridad en un área esencial para la formación de los profesionales del futuro, como se observa en [23].

Debido a la dificultad que encuentran las empresas para obtener especialistas en áreas como la ciberseguridad, éstas buscan alternativas de solución, como la tercerización de servicios, o el trabajar de la mano con socios que les permitan lograr especializarse [24]. Todo esto muestra la necesidad de buscar estrategias que permitan ampliar la fuerza de trabajo en ciberseguridad. No obstante, lograr lo anterior no es tarea fácil, pues la ciberseguridad es un área sumamente amplia, así como los diferentes tipos de perfiles que requieren diversos niveles de especialización.

Aun cuando la ciberseguridad es un área que atrae a los profesionales de las TIs, es un área difícil para especializarse. Por ejemplo, en el estudio reportado en [8], se observó que el 65% de los profesionales de TI que trabajan en empresas relacionadas a la ciberseguridad, quisieran trabajar en ciberseguridad por el resto de sus carreras, no obstante, la gran mayoría (81%) reportan que requieren certificaciones o capacitación para prepararse para futuros roles. Entre las áreas donde se reporta la necesidad de estas certificaciones y/o capacitaciones se encuentran las siguientes:

- Seguridad en cómputo en la nube
- Evaluación, análisis y administración de riesgos
- Gobernanza, conformidad y administración de riesgos (GRC)
- Seguridad y análisis inteligente de amenazas
- Ingeniería y administración de seguridad
- Pruebas de penetración
- Detección de intrusiones
- Monitoreo de red

Las motivaciones de los participantes del estudio reportado en [8], para obtener esas certificaciones, giran principalmente en torno a un deseo de mejorar en su trabajo o aprender más. De hecho, según los encuestados, el principal motivador para obtener una certificación de ciberseguridad es mejorar o agregar a un conjunto de habilidades. Otros de los motivadores es mantenerse competitivos en la industria, avanzar en su carrera y convertirse en un experto. Mucho más abajo en la lista está el deseo de ganar más dinero. Como resultado, el 84% de los profesionales de ciberseguridad planean buscar una nueva certificación en algún momento, mientras que el 59% actualmente

está buscando una nueva certificación o planea hacerlo dentro del próximo año [8].

Todo lo anterior muestra una evidente necesidad de formación de profesionales en el área de la ciberseguridad, una tarea que no es fácil, pues la alta diversidad en alternativas de especialización, así como de perfiles de candidatos a realizar dichas especializaciones, dificulta el diseñar programas para capacitar a profesionales de diversas áreas de las TI, e incluso de otras disciplinas, tarea que representa un reto que es necesario enfrentar.

#### UNA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Las nuevas necesidades que la ciberseguridad está dejando observar, ponen una especial presión en el tema de la formación de recursos humanos, pues la demanda de especialistas altamente calificados en ciberseguridad está en crecimiento, y no se prevé que disminuya pronto [25]. Algunos de los factores que hemos detectado que dificultan la formación de capital humano en temas de ciberseguridad son los siguientes:

- **La amplitud del tema.** Las áreas de la ciberseguridad son muy diversas, y difícilmente una persona puede dominarlas todas, por lo que se necesita identificar qué áreas son más relevantes para cada caso particular.
- **La variedad de puestos destino.** Los puestos en los que se requieren conocimientos de ciberseguridad también varían mucho y, por lo mismo, el nivel y cantidad de conocimientos que se requieren.
- **La gran diversidad de perfiles de los candidatos.** Las personas que requieren conocimientos en ciberseguridad también varía mucho con respecto al origen y perfil de las mismas. No solamente personas con un perfil de informática o computación requieren saber sobre ciberseguridad, con frecuencia las personas de áreas administrativas, humanidades, ciencias, etc., también necesitan capacitarse en ciberseguridad.
- **La variedad en la oferta de cursos y certificaciones.** Dados los puntos anteriores, también existe una amplia variedad en cursos, certificaciones y casas certificadoras, lo que dificulta poder elegir cuál es la mejor estrategia de capacitación para cada caso particular.
- **La falta de instructores especialistas.** Finalmente, existe poca oferta con respecto a especialistas que pueda capacitar o certificar personas en temas de ciberseguridad.

Dada la importancia del tema de la ciberseguridad, y la necesidad de personas capaces de capacitar y entrenar en esta área, el Tecnológico Nacional de México, a través del Instituto Tecnológico de Hermosillo, ha emprendido acciones con miras a solventar, al menos, en parte el problema. Una de estas acciones ha sido la firma de un convenio de colaboración con una de las principales empresas especialistas en ciberseguridad en México, la cual ofrece cursos de capacitación y certificación de las principales casas certificadoras en el área a nivel mundial.

Como inicio de los trabajos de colaboración derivados del mencionado convenio, se ha definido un proyecto cuyo objetivo es diseñar un sistema que sea capaz de detectar de forma automática las necesidades de capacitación en el área de seguridad informática de un individuo, de forma que facilite establecer una ruta de capacitación adecuada de acuerdo al rol de trabajo que desarrolla o desarrollará, tomando en cuenta el perfil de conocimientos del candidato a la capacitación.

Evaluar las habilidades y conocimientos de un individuo en el área de la ciberseguridad es un proceso especializado que lleva tiempo y planeación para ser lo más asertivos posibles. Cualquier profesional o técnico que se desempeña en el manejo y manipulación de información requiere actualización de forma periódica, porque de lo contrario llegará un momento en que se desfasarán y lejos de aportar a la organización, harán que ésta pierda defensa ante ataques cibernéticos, además de reducción en la competitividad y productividad.

La elaboración del proyecto se ha dividido en seis fases generales:

1. En la primera, se definirán a detalle los requerimientos necesarios del sistema, en conjunto con la empresa.
2. En la segunda etapa se definirá la mejor forma de desarrollar la aplicación, de acuerdo a los requerimientos del sistema, mediante un diseño de alto y bajo nivel.
3. En la tercera etapa se definirá el algoritmo que determine los cursos de capacitación.
4. En la cuarta etapa se desarrollará la aplicación.
5. Para la quinta etapa, se verificarán los requerimientos del sistema desarrollado, realizando pruebas de laboratorio.
6. En la sexta etapa se validará el sistema con la empresa, y se identificarán elementos factibles para la mejora.

Para el desarrollo del sistema, se buscará automatizar la metodología que la empresa actualmente utiliza para determinar los cursos que ofrece a sus clientes, un

proceso manual que consume mucho tiempo y limita el alcance de la empresa en términos de la cantidad de personas que puede atender. Se espera que, con la automatización de este proceso, se pueda incrementar el alcance de la empresa por un factor de 10. En este sentido, la principal aportación de la empresa al proyecto será su experiencia.

Por su parte, para el desarrollo de la solución, se hará uso de avances tecnológicos que se han desarrollado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH), en particular, se utilizará el concepto de perfil de conocimiento definido en [26], así como las técnicas para el mapeo de perfiles de conocimiento propuestas en [27]. Estas técnicas permiten comparar el perfil de conocimiento de un individuo contra el definido para un puesto de trabajo, identificando qué aspectos del perfil del puesto se cumplen, y cuáles no. De esta forma se buscará identificar las áreas de conocimiento y habilidades en las que debe ser capacitada una persona (ver Figura 7).

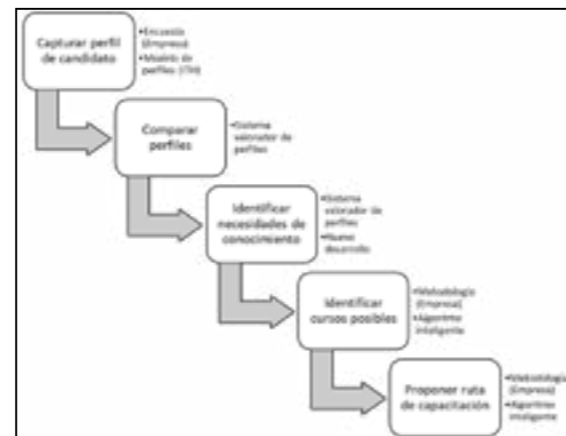


Figura 7. Esquema general de la solución propuesta.

El esquema general de la solución propuesta presentado en la Figura 7, muestra un proceso general de cinco etapas. Primero se captura el perfil de conocimientos y habilidades del candidato a la capacitación, utilizando una encuesta que ha sido definida por la empresa, así como el modelo de perfiles desarrollado en el ITH. En la segunda etapa, se compara el perfil del candidato con el perfil en ciberseguridad al que quiere llegar, utilizando el modelo difuso desarrollado en el ITH, para identificar en la etapa tres las necesidades de conocimiento para alcanzar dicho puesto, con apoyo del sistema anteriormente mencionado en conjunto con el desarrollo de una nueva aplicación. En la etapa cuatro, se identificarán los cursos que puedan solventar las necesidades, mediante el uso de la metodología que ya maneja la empresa, así como el desarrollo de un

algoritmo inteligente que automatice el proceso. Finalmente, en la etapa cinco se programará una ruta de capacitación adecuada para las necesidades particulares del candidato.

## CONCLUSIÓN

Las empresas e individuos deben considerar la ciberseguridad como acciones para prevenir y mitigar la filtración, robo, pérdida de datos y/o uso no deseado de la información, lo cual puede afectar en aspectos económicos, sociales, culturales, políticos, entre otros. Mantener los datos seguros es de suma importancia para la confianza de los clientes y de todo usuario que utilice la tecnología digital. Si las personas perdieran la fe en la seguridad de sus datos, estos reducirían o dejarían de utilizar los medios digitales que actualmente se conocen.

Para proporcionar una capacitación más adecuada y eficiente, es necesario analizar el perfil de cada candidato, en función de su nivel de conocimientos actual y al que se quiere llegar. Realizar lo anterior de manera manual es una tarea tediosa, que consume tiempo, lo que limita la cantidad de personas a evaluar, así como de cursos a ofrecer. Para lograr aumentar el impacto en cantidad y calidad de la capacitación en ciberseguridad, se observa la necesidad del desarrollo de un sistema que automatice al menos en parte este proceso.

Es en este sentido que el presente artículo propone el desarrollo e implementación de un sistema auxiliar en el proceso de selección, que asistiría en el establecimiento de un plan de capacitación para una persona u organización, ofreciendo una o varias recomendaciones. Se busca que sea, en parte, un instrumento facilitador, que permita la operatividad y efectividad en la toma de decisión de la empresa vinculada en el área de la ciberseguridad. Más específicamente, se busca reducir los tiempos de evaluación de los diagnósticos y en proporción contraria un aumento de la cantidad los mismos que se puedan realizar en un tiempo determinado.

El siguiente paso en el desarrollo de la solución propuesta será la identificación de requerimientos detallados en colaboración con la empresa, para continuar con el proceso de diseño, implementación y validación del sistema resultante mediante su aplicación en casos reales.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del CONACYT con la beca número 744901 otorgada al primer autor. Así mismo, agradecemos todo el apoyo otorgado por la empresa Código Verde, y en particular a su Director General,

Ing. David Taboada, para la obtención de datos para la elaboración de este artículo, así como para la realización del proyecto que aquí se propone.

## REFERENCIAS

- [1] CISCO, “VNI Forecast Highlights Tool,” *Portal Web de CISCO*, 2020. [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights.html](https://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights.html). [Accessed: 02-Feb-2020]
- [2] D. Evans, “Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo,” San José, C.A., USA, 2011 [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf)
- [3] ISC2, “Strategies for Building and Growing Strong Cybersecurity Teams: (ISC)2 Cybersecurity Workforce Study, 2019,” 2019 [Online]. Available: <https://www.isc2.org/-/media/ISC2/Research/2019-Cybersecurity-Workforce-Study/ISC2-Cybersecurity-Workforce-Study-2019.ashx?la=en&hash=D087F6468B4991E0BEFFC017BC1ADF59CD5A2EF7>
- [4] M. Hernández Armenta, “México registró 9.5 ataques de malware por segundo en 2019,” *Forbes México*, Ciudad de México, 21-Nov-2019 [Online]. Available: <https://www.forbes.com.mx/mexico-registro-9-5-ataques-de-malware-por-segundo-en-2019/>
- [5] J. Del Carmen, “Estadísticas de Internet 2020,” *Portal Web CualHost*, 2020. [Online]. Available: <https://www.cualhost.com/recursos/estadisticas-de-internet/>. [Accessed: 31-Jan-2020]
- [6] S. Kemp, “Digital trends 2020: Every single stat you need to know about the internet,” *Portal Web TheNextWeb*, 2020. [Online]. Available: <https://thenextweb.com/podium/2020/01/30/digital-trends-2020-every-single-stat-you-need-to-know-about-the-internet/>. [Accessed: 31-Jan-2020]
- [7] C. Dimitriadis, “Cybersecurity Snapshot: Cyberthreats, Regulations, Workforce Issues in 2016,” *Portal Web ISACA*, 2016. [Online]. Available: <https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2016/cybersecurity-snapshot-cyberthreats-regulations-workforce-issues-in-2016>. [Accessed: 02-Feb-2020]
- [8] L. Wilbanks, “Cybersecurity: Welcome to my world,” *IT Prof.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–64, 2007.
- [9] Fundación Telefónica, *Ciberseguridad, la*

- protección de la información en un mundo digital. Madrid, Spain: Editorial Ariel, 2016.
- [10] FEM (Foro Económico Mundial), “Informe de riesgos mundiales 2019: 14.ª edición,” Ginebra, Suiza, 2020 [Online]. Available: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2019/January/ES-Global-Risks-Report-2019.pdf>
- [11] INEGI, “Comunicado de Prensa número 179/19,” Ciudad de México, 2019 [Online]. Available: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/OtrTemEcon/ENDUTIH\\_2018.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/OtrTemEcon/ENDUTIH_2018.pdf)
- [12] Organización de Estados Americanos and Comisión Nacional Bancaria y de Valores, “Estado de la Ciberseguridad en el Sistema Financiero Mexicano,” Ciudad de México, 2019 [Online]. Available: <http://www.oas.org/es/sms/cicte/documents/informes/Estado-de-la-Ciberseguridad-en-el-Sistema-Financiero-Mexicano.pdf>
- [13] Comisión Nacional Bancaria y de Valores, “Informe Anual 2018,” Ciudad de México, 2019 [Online]. Available: <https://www.cnbv.gob.mx/TRANSPARENCIA/Transparencia-Focalizada/Documents/InformeAnual2018.pdf>
- [14] K. Guzmán, “México, país con más ciberataques en el mundo,” *Milenio*, Ciudad de México, 30-Jul-2019 [Online]. Available: <https://www.milenio.com/negocios/mexico-pais-con-mas-ciberataques-en-el-mundo>
- [15] ITU, *Global Cybersecurity Index (GCI)*. 2019 [Online]. Available: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2017-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2017-PDF-E.pdf)
- [16] J. Romero Galicia, “Conceptualización de una Estrategia de Ciberseguridad para la Seguridad Nacional de México,” *Rev. Int. Ciencias Soc. y Humanidades*, vol. XXVIII, no. 2, 2018 [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/654/65458498003/html/index.html>
- [17] Congreso de la Unión, *Ley de Seguridad Nacional*. México, 2005, pp. 1–17 [Online]. Available: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSegNac\\_081119.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSegNac_081119.pdf)
- [18] Gobierno de México, “Estrategia Nacional de Ciberseguridad,” Ciudad de México, 2017 [Online]. Available: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271884/Estrategia\\_Nacional\\_Ciberseguridad.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271884/Estrategia_Nacional_Ciberseguridad.pdf)
- [19] D. Taboada Garza, “Resolviendo los Retos del Talento Humano en la Seguridad de la Información,” Monterrey, N.L., México, 2019.
- [20] ISACA, “State of Cybersecurity 2019: Learn about several clear challenges enterprises are facing,” 2019 [Online]. Available: <https://cybersecurity.isaca.org/state-of-cybersecurity#2-2019-study-results>
- [21] M. del P. Martínez, “México tendrá la demanda de 2 millones de especialistas en Ciberseguridad,” *El Economista*, Ciudad de México, 07-Jun-2019 [Online]. Available: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-tendra-la-demanda-de-2-millones-de-especialistas-en-Ciberseguridad-20190607-0054.html>
- [22] W. Aulbur, A. CJ, and R. Bigghe, “Skill Development for Industry 4.0,” 2016.
- [23] M. Clavert, “Industry 4.0 implications for higher education institutions,” 2006.
- [24] Manpower Group, “Encuesta de Escasez de Talento 2018: Resolviendo la Escasez de Talento,” 2018.
- [25] A. McGettrick, “Toward Effective Cybersecurity Education,” *IEEE Secur. Priv.*, vol. 11, no. 6, pp. 66–68, Nov. 2013 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6682988/>
- [26] O. M. Rodríguez-Elias, M. de J. Velázquez-Mendoza, and C. E. Rose-Gómez, “An Ontology Based System for Knowledge Profile Management,” in *Current Trends on Knowledge-Based Systems*, vol. 120, G. Alor-Hernández and R. Valencia-García, Eds. Cham: Springer, 2017, pp. 49–72 [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-51905-0>
- [27] J. A. Rosas Daniel, O. M. Rodríguez-Elias, M. de J. Velázquez-Mendoza, and C. E. Rose-Gómez, “Diseño de un sistema para valoración de perfiles de recursos humanos,” *Rev. Coloq. Investig. Multidiscip.*, vol. 3, no. 1, pp. 403–414, 2015.

## Propuesta de metodología para un modelo de clasificación y predicción de casos de violencia contra la mujer

Esteban Coatlallope Hernández Pérez, César Enrique Rose Gómez  
 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Hermosillo  
 División de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ciencias de la Computación  
 Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México  
 Correos electrónicos: [esteban.hernandezp95@gmail.com](mailto:esteban.hernandezp95@gmail.com), [crose@ith.mx](mailto:crose@ith.mx)

### RESUMEN

La violencia contra la mujer es todo acto de violencia de género que afecte en los ámbitos físico, sexual o psicológico a la mujer. Esta problemática ha mostrado una tendencia a ir en aumento a nivel mundial, causando graves daños a la sociedad.

Los casos de violencia contra la mujer se dividen en distintas clasificaciones, dependiendo del aspecto en el que dañen a la víctima, pudiendo ser físico, psicológico, sexual o económico.

La propuesta de metodología presentada en este artículo consiste en la explicación de cuál sería el conjunto de fases para obtener un modelo que realice la clasificación y predicción de casos de violencia contra la mujer mediante algoritmos y métodos de inteligencia artificial.

**Palabras claves:** Violencia contra la mujer, Sistema de clasificación, Sistema de predicción.

### 1. INTRODUCCIÓN

La violencia de género contra la mujer es una problemática de salud pública y de carácter social que afecta gravemente los derechos humanos de la mujer.

Según un estudio realizado por la United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) titulado “Estudio mundial de homicidios relacionados al género de mujeres y niñas”, se estima que de las 87,000 mujeres que fueron asesinadas globalmente en el 2017, 50,000, es decir el 58% (Figura 1), fueron matadas por sus parejas o miembros familiares [1].



Figura 1. Femicidios causados por pareja o familiar en 2017 [1].

En México, según las estadísticas, el 66.1% de las mujeres han sufrido al menos un incidente de violencia emocional, económica, física, sexual o discriminación a lo largo de su vida en al menos un ámbito y 41.3% de las mujeres han sido víctima de violencia sexual en algún momento de su vida [2]. Estos datos se basan en los resultados de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en el Hogar en 2016.

A su vez, en [2], existe un apartado que indica los lugares donde ocurren con mayor frecuencia actos de violencia contra la mujer, plasmando estos datos en el siguiente gráfico (Figura 2). Analizando dicho gráfico, se observa que el lugar en el que ocurren con mayor frecuencia casos de violencia contra la mujer es en la vía pública, principalmente en la calle y los parques, con un porcentaje de incidencia de 74% de los casos, seguido estrechamente por los distintos medios de transporte público.

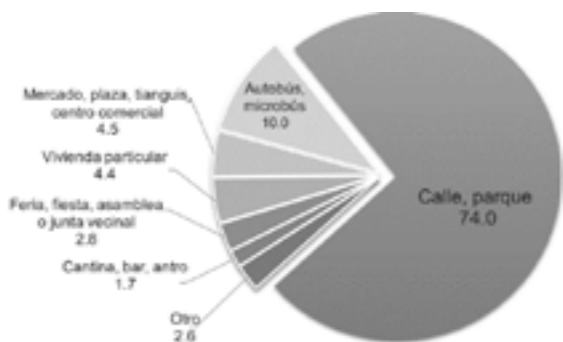


Figura 2. Lugares donde ocurren con mayor frecuencia casos de violencia contra la mujer [2].

Parte de los casos de violencia contra la mujer son los feminicidios, habiendo en México, en el periodo de enero a septiembre del 2019, un total de 726 feminicidios a nivel nacional [3]. Sonora se ubica en la posición 8 de los estados con mayor número de feminicidios teniendo, durante el periodo mencionado, un total de 28 feminicidios. Veracruz es el estado en la posición 1 con una lamentable cantidad de 140 casos.

De lo anterior, según lo mencionado en el informe del Secretariado Ejecutivo de Seguridad Nacional, Sonora cuenta con cinco municipios entre los primeros 100 a nivel Nacional en número de feminicidios [3].

- Nogales en posición 10
- Cajeme en posición 32
- Hermosillo en posición 33
- San Luis Río Colorado en posición 46
- Guaymas en posición 75



Figura 3. Señalamiento de los municipios en Sonora con la mayor cantidad de feminicidios en el periodo enero-septiembre del 2019.

La metodología para obtener un modelo de clasificación y predicción de casos de violencia contra la mujer surge de la revisión de los datos estadísticos de la problemática.

Para su realización se utilizarán herramientas de inteligencia artificial y bancos de datos proporcionados por diversas instituciones, como son el Instituto Sonorense de la Mujer e INEGI.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para entender el fundamento de la problemática que es la violencia contra la mujer, primero se debe entender en qué consiste la misma. Las Organización de las Naciones Unidas la define como: “todo acto de violencia de género que resulte, o pueda tener como resultado un daño físico, sexual o psicológico para la mujer, inclusive las amenazas de tales actos, la coacción o la privación arbitraria de libertad, tanto si se producen en la vida pública como en la privada” [5].

Esto, de manera preliminar, hace una clasificación amplia del tipo de violencia a la que está expuesta la víctima.

Otra manera de clasificación más concisa está dictaminada por la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (LGAMVLV) [4] la cual muestra las siguientes clasificaciones:

- La violencia psicológica: Es cualquier acto u omisión que dañe la estabilidad psicológica, que puede consistir en: negligencia, abandono, descuido reiterado, celotipia, insultos, humillaciones, devaluación, marginación, indiferencia, infidelidad, comparaciones destructivas, rechazo, restricción a la autodeterminación y amenazas, las cuales conllevan a la víctima a la depresión, al aislamiento, a la devaluación de su autoestima e incluso al suicidio.

- La violencia física: Es cualquier acto que inflige daño no accidental, usando la fuerza física o algún tipo de arma u objeto que pueda provocar o no lesiones ya sean internas, externas, o ambas.

- La violencia patrimonial: Es cualquier acto u omisión que afecta la supervivencia de la víctima. Se manifiesta en: la transformación, sustracción, destrucción, retención o distracción de objetos, documentos personales, bienes y valores, derechos patrimoniales o recursos económicos destinados a satisfacer sus necesidades y puede abarcar los daños a los bienes comunes o propios de la víctima.

- Violencia económica: Es toda acción u omisión del agresor que afecta la supervivencia económica de la víctima. Se manifiesta a través de limitaciones encaminadas a controlar el ingreso de sus percepciones económicas, así como la percepción de un salario menor por igual trabajo, dentro de un mismo centro laboral.

- La violencia sexual: Es cualquier acto que degrada o daña el cuerpo y/o la sexualidad de la víctima y que por tanto atenta contra su libertad, dignidad e integridad física. Es una expresión de abuso de poder que implica la supremacía masculina sobre la mujer, al denigrarla y concebirla como objeto.

Dadas las clasificaciones anteriores, se puede contar con un desglose más claro de las limitaciones para cada tipo de violencia contra la mujer.

Tan importante como es el conocimiento de las distintas clasificaciones de los casos de violencia contra la mujer, es necesario hacer énfasis en los factores de riesgo, los cuáles pueden ser factores que involucran al agresor, a la víctima o a ambos. Según la Organización Mundial de la Salud, en su apartado de Violencia Contra la Mujer [6], se tienen los siguientes factores de riesgo:

### Factores de riesgo de violencia de pareja y de violencia sexual:

- Bajo nivel de instrucción (agresores de violencia sexual y víctimas de violencia sexual).
- Historial de exposición al maltrato infantil (agresores y víctimas).
- Experiencia de violencia familiar (agresores y víctimas).
- Trastorno de personalidad antisocial (agresores).
- Uso nocivo del alcohol (agresores y víctimas).
- Tener muchas parejas o inspirar sospechas de infidelidad en la pareja (agresores).
- Actitudes que toleran la violencia (agresores).
- Existencia de normas sociales que privilegian a los hombres o les atribuyen un estatus superior y otorgan un estatus inferior a las mujeres.
- Acceso reducido de la mujer a empleo remunerado.

### Factores asociados exclusivamente a la violencia de pareja:

- Antecedentes de violencia.

- Discordia e insatisfacción marital.
- Dificultades de comunicación entre los miembros de la pareja.
- Conducta dominante masculina hacia su pareja.

### Factores asociados exclusivamente a la violencia sexual:

- Creencia en el honor de la familia y la pureza sexual.
- Ideologías que consagran los privilegios sexuales del hombre.
- La levedad de las sanciones legales contra los actos de violencia sexual.

## 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del modelo de clasificación y predicción de casos de violencia contra la mujer, se implementará una metodología que constará de cinco fases, como se observa en la Figura 4, que a su vez estarán distribuidas de forma modular para llevar una secuencia lógica de trabajo.



Figura 4. Diagrama de Fases.

**Fase 1:** En esta fase se consultará información de distintos medios para comprender la complejidad y

profundidad del tema. Lo anterior permite establecer las bases para la definición del estado del arte. Así mismo, en esta primera etapa se plantean la justificación y los objetivos, y se estudian trabajos relacionados previos como antecedentes.

**Fase 2:** Se trabajará el análisis de los datos, se estudiarán los algoritmos para clasificación y predicción haciendo una comparación de los que se utilizan con mayor frecuencia en tareas similares al del modelo propuesto. Los datos estadísticos de estudio serán proporcionados por organizaciones gubernamentales que tengan relación con el tema de estudio, tales como el INEGI y el Instituto Sonorense de la Mujer.

**Fase 3:** Consiste en el diseño del modelo, para ello se considerarán los algoritmos estudiados en la fase anterior, analizando cuáles presentan una mayor precisión y eficiencia en los resultados del procesamiento de datos, permitiendo la selección de las herramientas de inteligencia artificial a utilizarse.

**Fase 4:** Se implementará el modelo previamente diseñado en la fase anterior, para ello se realizará un pre-procesamiento a los datos obtenidos de los organismos encargados de la recolección de datos de carácter social. Teniendo el modelo a utilizarse y los datos pre-procesados, se procederá a realizar la experimentación y pruebas de funcionalidad, lo que permitirá hacer una evaluación de los resultados.

**Fase 5:** Esta es la última etapa. Consiste en la elaboración de conclusiones basándose en los resultados obtenidos dando a conocer las aportaciones de la investigación.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Con la implementación de la metodología presentada, se espera lograr el funcionamiento en su totalidad del modelo, utilizando todos los recursos de investigación y las herramientas requeridas de inteligencia artificial.

El resultado de la implementación del modelo es clasificar el tipo de violencia sufrida por la víctima, utilizando como entrada los datos seleccionados para tal objetivo; lo anterior permitirá obtener información más precisa del tipo de violencia. Asimismo, se realizará una predicción de riesgo para evitar que aumente el tipo de violencia que presente la víctima. Se considera que esto coadyuve a las autoridades correspondientes encargadas de los casos de violencia contra la mujer para actuar con mayor precisión utilizando los datos arrojados por el modelo.

#### 5. CONCLUSIÓN

La metodología mostrada en este artículo se encuentra en proceso de implementación al momento de la publicación del mismo, esperando próximamente tener avances significativos en la investigación que arrojen los resultados esperados.

Los datos estadísticos de los que surge la problemática que conllevó a la escritura del presente artículo son verdaderamente alarmantes, pues muestran la crudeza y realidad de los maltratos a los que son expuestas las mujeres en el mundo únicamente por el hecho de ser mujeres. Además de crear conciencia de los riesgos del entorno que se vive en la actualidad.

#### 6. REFERENCIAS

- [1] United Nations Office on Drugs and Crime (2018). Global Study on Homicide 2018, p. 10.
- [2] ENDIREH, “Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares 2016”, <http://ism.sonora.gob.mx/images/ISM/Biblioteca/EN-DIREH2016Sonora.pdf>. (Visitado el 19 de enero del 2020).
- [3] Secretariado Ejecutivo, Información sobre violencia contra las mujeres, Incidencia delictiva y llamadas de emergencia 9-1-1 Centro Nacional de Información, Enero-Septiembre 2019.
- [4] Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (LGAMVLV), Última reforma publicada DOF 17-12-2015, Capítulo 1, Artículo 6.
- [5] OMS, Organización mundial de la Salud, “Violencia contra la mujer”, [https://www.who.int/topics/gender\\_based\\_violence/es/](https://www.who.int/topics/gender_based_violence/es/). (Visitado el 19 de enero del 2020).
- [6] OMS, Organización mundial de la Salud, “Datos y cifras” en Violencia contra la mujer, <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/violence-against-women> (Visitado el 19 de enero del 2020).

### Metodología propuesta para un sistema de registro de ordenes para su implementación en una mesa interactiva multiusuario inteligente

Angel Eduardo Gaxiola Javier, Rafael Armando Galaz Bustamante  
 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Hermosillo  
 División de estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ciencias de la Computación  
 Ave. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México  
 Correos electrónicos: angeleduardogj@gmail.com, rafael\_galaz\_b@yahoo.com.mx

**RESUMEN:** En la industria de preparación de alimentos y bebidas se propone el uso de herramientas tecnológicas en restaurantes para la mejora de la satisfacción del cliente. Al implementar nuevas herramientas, los restaurantes tienen que reajustar los procesos que se llevan a cabo en las actividades operativas que les permiten ejercer la actividad como negocio. Entre estas herramientas podemos encontrar interfaces humano-computadora, que permiten la facilidad de la interacción entre las personas y la tecnología a ser implementada. El uso de mesas interactivas multiusuarios inteligentes en restaurantes puede ayudar a la experiencia que un restaurante puede ofrecer a sus comensales. También puede automatizar algunas de sus actividades, como el registro de órdenes. La propuesta de la metodología en este artículo tiene como finalidad describir las fases que serán involucradas para el desarrollo de un sistema de registro de órdenes para restaurantes que formará parte de una mesa interactiva multiusuario inteligente. El desarrollo de esta metodología se detalla en la redacción de la investigación del proyecto, al igual que el proceso del desarrollo y trabajo técnico el cual se enfoca en la evolución del producto que nos permitirá el cumplir con el objetivo.

**Palabras claves:** Interfaz humano computadora, Interfaz multiusuario, Interfaz inteligente, mesa interactiva, mesa inteligente, sistema de registro de órdenes.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Según el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), en su censo publicado en el año 2013, los establecimientos dedicados a la preparación de alimentos y bebidas representaron el 1.1% del PIB (Producto Interno Bruto) mexicano. Lamentablemente, en los últimos diez años la tendencia se mantiene a la baja, en donde cifras del año 2003 reflejaron una contribución del 1.7% al PIB mexicano [1].

Tabla1. Producto Interno Bruto y su variación porcentual de los servicios de preparación de alimentos y bebidas 2003-2014.

PRODUCTO INTERNO BRUTO MEXICANO			
Periodo	Total, Nacional	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	Representación porcentual
2003	7,695,624	129,403	1.7%
2004	8,693,240	137,125	1.6%
2005	9,441,350	141 836	1.5%
2006	10,538,115	146 771	1.4%
2007	11,403,263	152 951	1.3%
2008	12,256,863	153 927	1.3%
2009	12,093,890	147 875	1.2%
2010	13,282,061	152 167	1.1%
2011	14,550,014	160 238	1.1%
2012	15,626,907	172 438	1.1%
2013	16,118,031	177 145	1.1%
2014	17,256,00	185 939	1.1%

Este decremento es consecuencia de problemas y retos que enfrenta la industria de preparación de alimentos y bebidas en México. Donde la competitividad de los restaurantes ha disminuido, afectando así la rentabilidad de estos negocios ante la gran y diversa oferta que se puede encontrar en esta industria [2,3].

El tiempo y la precisión para registrar una orden son factores claves que influyen en la evaluación para definir la reputación de un restaurante frente a la competencia, lo que le permite mantener una base de clientes [4]. Distintos estudios presentan estas dos variables como deficiencias comunes en un restaurante, por ejemplo:

- La alta cantidad de tiempo de espera en una larga fila o de espera de un mesero, que un comensal puede pasar para registrar una orden.
- Errores en el registro de una orden.

Ante estos datos, algunos restaurantes buscan automatizar el registro de ordenes con el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la calidad del servicio a ofrecer a los comensales, siendo así más competitivos en la industria de preparación de alimentos y bebidas.

En México se pueden encontrar antecedentes de la aplicación de mesas interactivas y mesas interactivas multiusuario inteligente.

En 2009, el restaurante EL OCHO RECREATIVO en la Ciudad de México implementó en su establecimiento una experiencia interactiva de espera de ordenes (Alimentos y bebidas). Mientras el comensal espera su orden, puede hacer el uso de una mesa interactiva, poniendo a su disposición juegos digitales y demás contenido multimedia (Audio, imágenes y videos) [5].

El restaurante MUTO en la Ciudad de México llegó más lejos en el uso de esta herramienta, permitiendo al comensal realizar su orden tan sólo al llegar a una mesa interactiva multiusuario inteligente, sin necesidad de esperar a un mesero. Además de incluir las técnicas de interactividad con contenido multimedia, el restaurante MUTO añadió el uso de redes sociales y permitió algunas funcionalidades que permitían el uso de internet en el dispositivo puesto a disposición de los comensales [6].

Los antecedentes anteriores muestran la viabilidad de la aplicación de estas herramientas tecnológicas en restaurantes, razón para el desarrollo de un sistema para el registro de órdenes, que pueda ser implementado en una mesa multiusuario inteligente.

Este artículo se enfoca en la propuesta de la metodología a seguir que permita el desarrollo de un sistema de registro de órdenes para un dispositivo como lo puede ser una mesa interactiva multiusuario inteligente que permita satisfacer las necesidades de nuestro caso de estudio como lo es el restaurante BK CARNE ASADA Y HOT DOGS.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Interfaces humano-computadora

La interacción entre humanos y maquinas es un área de investigación con el nombre de interfaces humano-maquina o interfaces humano-computadora. Donde se

involucra el estudio de un usuario en control de un sistema o proceso. El estudio dado involucra múltiples disciplinas relacionadas con ciencia de la computación (desarrollo de experiencias de usuario, desarrollo de software que permita el procesamiento de gestos, procesamiento de imágenes y procesamiento de audio, etc.), así como las ciencias humanas (Estudio de factores humanos, psicología, aprendizaje cognitivo, ergonomía, etc.). Todo lo anterior permite el diseño, desarrollo y la implementación de estas interfaces [7].

### 2.2. Superficie interactiva

Una superficie interactiva tiene la capacidad de ofrecer contenido multisensorial (audio, imágenes y videos) tomando la función de una interfaz que permite la interacción entre un usuario (Persona) y un dispositivo electrónico (computadora de escritorio, computadora portátil, dispositivo móvil, etc.). Este tipo de superficie permite la interacción utilizando las manos del usuario, basándose en una serie de gestos que es una práctica fundamental (no la única) en el uso de sistemas interactivos, lo que permite la manipulación de elementos digitales que son presentados en el dispositivo [8,9].

### 2.3. Interfaz inteligente

Una interfaz puede ser diseñada de tal manera que sea clasificada como una interfaz inteligente donde, al ser diseñada, tienen que utilizarse técnicas de diseño centrado en lo humano, transformando las tradicionales interfaces humano-computadora. Esto genera nuevas formas de interactuar con las máquinas, incluso con otros humanos. Además de esto, se tiene que combinar un conjunto de tecnologías como hardware que cuentan con pantallas táctiles, cámaras, micrófonos y distintos tipos de sensores; por ejemplo biométricos. También el software que se implementa permite procesar comandos de voz, procesamiento de imágenes, etc. En conjunto, todo lo anterior permite el desarrollo de interfaces inteligentes tales que su diseño les permite trabajar en conjunto con otras tecnologías como puede ser computo en la nube, realidad aumentada y realidad virtual. Tecnologías que permiten añadir complejidad a la experiencia que se le puede ofrecer al usuario [10].

### 2.4. Mesa interactiva

Una mesa interactiva o táctil es un dispositivo que permite la interacción entre una persona y una computadora, por lo que se considera una interface humano-computadora, comparable a la función de un

teléfono móvil con pantalla táctil, donde el usuario interactúa con los dedos de sus manos. En algunos casos, puede darse esta interacción incluso con el uso de objetos en lugar de los dedos. Esta interacción es procesada por un software que se encuentra en el dispositivo interpretando el contacto que recibe ya sea un desplazamiento del dedo por la pantalla, un clic, etc. [11].

### 2.5. Mesa multiusuario

La superficie que proporciona una mesa interactiva puede interactuar con un dedo o con varios dedos del mismo usuario. ¿Qué sucede cuando se quiere interactuar con más de un usuario a la vez? Aquí es donde entra la interfaz inteligente con el diseño enfocado a los usuarios. Entonces, se deben contemplar diferentes instancias que representen independencia entre sí, donde cada una debe ser ajustable en tamaño, posición y rotación de acuerdo a las necesidades de cada usuario y la posición que éste tenga en la mesa. Se tiene que tomar en cuenta que algunos usuarios pueden tener dificultades motrices, por lo que es importante la inclusión o contar con diferentes formas de gestión de estas instancias [12].

## 3. METODOLOGÍA

Para concretar el desarrollo de un sistema de registro de órdenes para su implementación en mesas interactivas multiusuarios inteligentes es necesario implementar una metodología de trabajo, por lo que en este artículo se proponen 4 fases.

Cada una de las fases se acompaña con el desarrollo de la investigación, donde se redactan distintos puntos en los que estas fases se irán implementando.

Las fases y las actividades, de las cuales se componen, se encuentran calendarizadas. Así, se tiene que cumplir con las fechas estipuladas pero, a pesar de esto, las actividades a realizarse dentro de cada fase pueden ser retomadas.

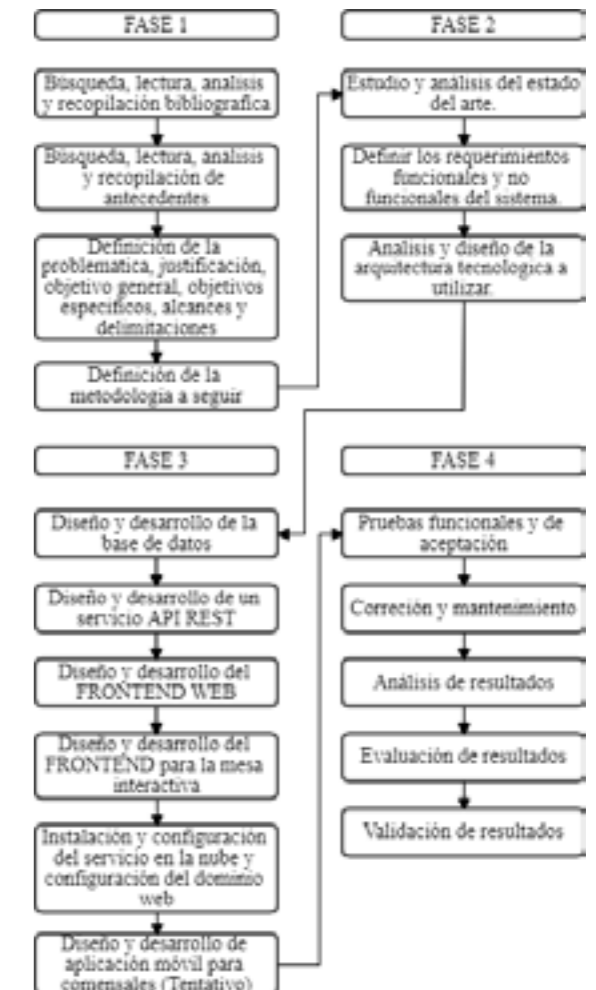


Figura 1. Diagrama de flujo para la metodología propuesta.

**Fase 1:** En la primera fase se realizará la búsqueda de bibliografía que se relacione con el tema de la investigación para su lectura detallada e identificación del contenido más relevante que, al ser analizado, permita determinar si es de utilidad para ser tomado como referencia y ser recopilado para implementar como bibliografía.

De igual forma, se procederá con la misma serie de pasos para recopilar antecedentes que ayuden a nutrir la investigación y relacionar el trabajo con trabajos previos.

Con este conocimiento es posible la definición de la problemática, justificación, objetivo general, objetivos específicos, así como los alcances y las delimitaciones, que son puntos para ser implementados en el capítulo I del trabajo de investigación.

**Fase 2:** Con las bases establecidas en la primera fase, podremos elaborar un estudio más a profundidad de la información recopilada y analizarla para realizar el estudio del arte.

Se hará un estudio de nuestro caso de estudio y sus necesidades para definir los requerimientos que el producto a elaborar deberá cumplir, definiéndolos como requerimientos funcionales y no funcionales.

Los requerimientos permiten el análisis y diseño de los elementos a involucrar en la arquitectura, plasmándola de tal manera que permita el cumplimiento de los requerimientos, al momento del desarrollo.

**Fase 3:** La fase 3 consta del diseño y desarrollo de distintos elementos, los cuales se vieron contemplados en la fase 2. Algunos de estos elementos son:

Base de datos: Nos permite almacenar la información de interés.

API REST: Proporciona la lógica con la que cuenta el BACKEND o las reglas de negocio. El uso de una API REST permite al proyecto integrar y modificar elementos de la arquitectura tecnológica sin afectar a otros.

FRONTEND WEB: Al desarrollar una plataforma web permite poner a disposición del usuario un medio por el cual hacer el registro al sistema desde cualquier lugar distinto al restaurante si es que así lo desea, ya que un usuario tiene que tener un perfil para hacer uso de una mesa interactiva multiusuario inteligente. Por lo tanto, en esta fase también se involucra la producción de la tecnología de la que hará uso el cliente web para consumir el servicio de la API REST.

FRONTEND para la mesa interactiva: Es el software necesario para hacer uso de la mesa interactiva, convirtiéndola en una interfaz inteligente.

Este software trabajará parecido al FRONTEND WEB ya que hará consumo de la API REST. A diferencia de hacer uso de tecnologías web, éste será desarrollado con el uso de tecnología móvil, ya que es normal encontrar sistemas operativos en mesas interactivas que funcionan como los que encontramos en dispositivos móviles. En este software se integrarán distintas funciones en las cuales se encontrará la función del registro de orden, además se incluirán las funciones del FRONTEND WEB en caso de requerir el registro de un nuevo usuario con el uso de la mesa interactiva y procesará la interacción con múltiples usuarios.

En esta fase también se hará la instalación y configuración de herramientas y servicios de terceros a utilizar, como servicios en la nube y vincularlo con un dominio web. Esto permite hospedar y hacer accesible el proyecto.

Adicional a estas actividades, se contempla la posibilidad de hacer una aplicación móvil, para agregar interacciones extras a las ya planificadas en la investigación entre la mesa interactiva multiusuario inteligente con el usuario. Este punto es tentativo, por lo cual puede ser retirado como parte de la investigación.

**Fase 4:** En la última fase encontraremos pruebas de funcionamiento y aceptación, que es verificar el buen funcionamiento del producto a desarrollar antes de hacer su implementación.

Las correcciones y mantenimiento ayudarán a reducir el número o eliminar las fallas encontradas en las pruebas de funcionamiento y aceptación.

En los últimos pasos de nuestra metodología, se hará el análisis, la evaluación y la validación de los resultados, con lo que concluiremos la investigación.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Al implementar la metodología propuesta en este artículo, se espera lograr un sistema de registro de órdenes para mesas interactivas logrando así una mesa interactiva multiusuario inteligente. De esta manera podremos automatizar el registro de órdenes que se lleva a cabo en restaurantes.

#### 5. CONCLUSIÓN

Este artículo muestra la propuesta del método a seguir en el desarrollo de la investigación, que está compuesto por 4 fases. Actualmente se está trabajando con la fase 2 y se esperan avances significativos. La búsqueda, lectura, análisis y recopilación de conocimiento es algo que acompañará toda la metodología a seguir, independiente de la fase en la que se encuentre la investigación. Encontramos proyectos muy similares a la actividad a realizar, pero nuestro trabajo es la de mejorar la forma en la que se desarrollan este tipo de productos, utilizando tecnologías, estrategias y estándares de trabajos actuales que permitan generar una mejora en este tipo de herramientas y que cumpla con las necesidades de nuestro caso de estudio.

#### 6. REFERENCIAS

- [1] INEGI, “CENSOS ECONÓMICOS 2014 LA INDUSTRIA RESTAURANtera EN MÉXICO”, INEGI, MÉXICO, 2014.
- [2] J. AGUIRRE (2018, MAYO, 28). LOS RESTAURANTES QUIEBRAN PORQUE NO CAPTAN LA ESENCIA DE LA EXPERIENCIA. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTPS://NEWSWEEKESPANOL.COM/2018/05/R-RESTAURANTES-QUIEBRAN-CAPTAN-ESENCIA-EXPERIENCIA/](https://newsweek.espanol.com/2018/05/r-restaurantes-queiebran-captan-esencia-experiencia/)
- [3] ASOCIACIÓN MEXICANA DE RESTAURANTES, A.C. (2018, MAYO, 28) LOS RESTAURANTES QUIEBRAN PORQUE NO CAPTAN LA ESENCIA DE LA EXPERIENCIA. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTP://WWW.AMR.ORG.MX/NOTICIAS.PHTML?ID=2515](http://www.amr.org.mx/noticias.phtml?id=2515)
- [4] VINDYA L. ACHINI E., HIRANTHI P., ORABASHI M. “FOODY-SMART RESTAURANT Y GESTION DE SISTEMA DE PEDIDOS” IN IEEE 6TH REGION 10 TECNOLOGIA HUMANITARIA., DICIEMBRE 2018.
- [5] SIETEMEDIA. (2009) MESA INTERACTIVA, VIDEOJUEGOS. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTP://WWW.SIETEMEDIA.COM.MX/PORTFOLIO/RESTAURANTE-OCHO-MESA-INTERACTIVA/](http://www.sietemedia.com.mx/portfolio/restaurante-ocho-mesa-interactiva/)
- [6] SIETEMEDIA. (2009) MUTO. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTP://WWW.SIETEMEDIA.COM.MX/PORTFOLIO/MUTO-ROMA-2/](http://www.sietemedia.com.mx/portfolio/muto-roma-2/)
- [7] P. MONTUSCHI, A. SANNA, F. LAMBERTI, G. PARAVATI. (2014) INTERACCIÓN ENTRE HUMANOS Y COMPUTADORAS: TENDENCIAS ACTUALES Y FUTURAS. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTPS://WWW.COMPUTER.ORG/PUBLICATIONS/TECH-NEWS/COMPUTING-NOW/HUMAN-COMPUTER-INTERACTION-PRESENT-AND-FUTURE-TRENDS-SPANISH-VERSION](https://www.computer.org/publications/tech-news/computing-now/human-computer-interaction-present-and-future-trends-spanish-version)
- [8] LUIS A., MARCELA D. RODRIGUEZ, “INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADORA Y APLICACIONES EN MÉXICO”, PRIMERA EDICIÓN, MÉXICO, ACADEMIA MEXICANA DE COMPUTACIÓN, 2018.

[9] H. ACUÑA, RAUL. “INTERFACES PARA HUMANOS: MÁS ALLÁ DE LOS TECLADOS Y RATONES.”, VOL. 23, PP. 162-163, ABRIL 2015.

[10] ALLAN C., JONATHAN B., JITEN D., ROB E. “INTERFACES INTELIGENTES RE-IMAGINANDO LA MANERA COMO HUMANOS, MÁQUINAS Y DATOS INTERACTÚAN”, DELOITTE INSIGHTS, VOL .10, PP. 71-73

[11] C. VILLAGÓMEZ (2011, MARZO, 3) LAS MESAS TÁCTILES. [ONLINE] AVAILABLE: [HTTPS://ES.CCM.NET/FAQ/6032-LAS-MESAS-TACTILES](https://es.ccm.net/faq/6032-las-mesas-tactiles)

[12] M. CVIJANOVIC, P. KIRIN, D. PLESA, J. SOKO, S. STAMENOV, A. CIKOJEVIC, S. KELEMEN, A. KARIN, “MULTI-USER WEB APPLICATION FOR CONTENT MANAGEMENT ON MULTI-TOUCH DEVICES”, IN MIPRO, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONVENTION, CROATIA, PP. 463, MAYO 2014.



## Utilización del Modelo ETAS para la predicción del crimen de robo a vivienda

José Ulises Teyechea Peralta, María Trinidad Serna Encinas

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ciencias de la Computación

Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México

Correos electrónicos: uteyechea@gmail.com, tserna@ith.mx

**RESUMEN:** Se observa una alta correlación entre los datos registrados para dos fenómenos aparentemente no relacionados, a ser terremotos y crimen, en particular robo a vivienda. En sismología se ha observado que un primer terremoto aumenta el riesgo de subsecuentes terremotos o réplicas. En criminología se ha observado que un primer robo aumenta el riesgo de subsecuentes robos en un patrón criminal, conocida como victimización repetida. En sismología la caracterización espacio-temporal de estas réplicas se modela empleando el proceso punto de auto excitación, o bien, ETAS (del inglés, *Epidemic Type Aftershock Sequence*). El objetivo de este artículo es proponer que el mismo modelo matemático empleado en sismología, es apropiado para describir el patrón espacio-temporal criminal asociado al robo a casa habitación.

**Palabras claves:** Robo a vivienda; Secuencias de réplica de tipo epidémico (ETAS); Proceso puntual.

### 1. INTRODUCCIÓN

Existe un patrón en el robo a casa-habitación que nos permite predecir la probabilidad asociada al posible robo futuro en viviendas vecinas. Es interesante notar que el mismo patrón observado en el robo a casa-habitación también ocurre en el fenómeno natural conocido como terremoto, ya que la ocurrencia de un primer terremoto aumenta el riesgo de que ocurran terremotos o réplicas subsecuentes en la vecindad del primer epicentro. Por lo tanto, proponemos el modelo matemático "Proceso-punto auto-excitable" empleado en la predicción de la ocurrencia de terremotos, para modelar la predicción del crimen.

Los resultados de investigación publicados en el área de criminología, muestran que el crimen es contagioso tal como se observa en la victimización repetida, por ejemplo: la probabilidad de que viviendas vecinas sean seleccionadas para robo, aumenta por la heterogeneidad socio-económica de

sus habitantes, la gran similitud en el diseño de la vivienda y, así mismo, por la proximidad al lugar donde vive el delincuente [1].

Este patrón de ataque de los ladrones da lugar a la formación de grupos en el espacio y tiempo de viviendas en riesgo. Por espacio nos referimos a una zona geográfica de determinado tamaño centrada en la primera vivienda con reporte de robo; y por tiempo nos referimos al hecho de que los robos se llevan a cabo dentro de una cierta ventana de tiempo, después del cual, el riesgo asociado a la zona vuelve a la normalidad [2].

De la misma manera, la ocurrencia de un primer terremoto aumenta la probabilidad de subsecuentes terremotos o réplicas. A continuación, en la Figura 1 se muestra un histograma de grupos de terremotos de magnitud 3.0 o superior cercanos entre sí. La Figura 2 muestra un histograma de grupos de viviendas vecinas, que reportaron un robo en diferentes intervalos de tiempo.

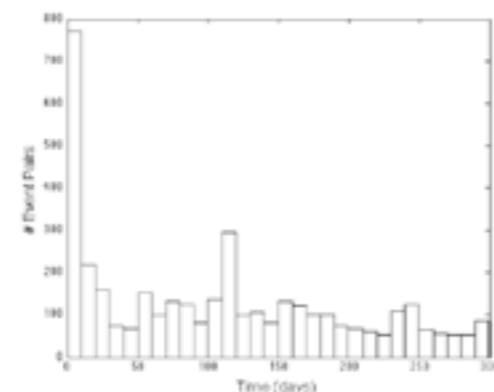


Figura 1. Histograma de tiempo (menos de 300 días) entre eventos de terremoto del sur de California de magnitud 3.0 o mayor, separado por 110 kilómetros o menos.

En la Figura 1 se observa una gran cantidad de terremotos que ocurren consecutivamente en una ventana de tiempo que va de cero a diez días, lo cual indica una alta actividad sísmica debido a las réplicas cercanas al primer epicentro que ocurren después de un primer terremoto; mientras que la actividad sísmica debida a las réplicas disminuye conforme pasa el tiempo, es decir, hay una relación de proporcionalidad inversa entre la cantidad de terremotos registrados y el tiempo.

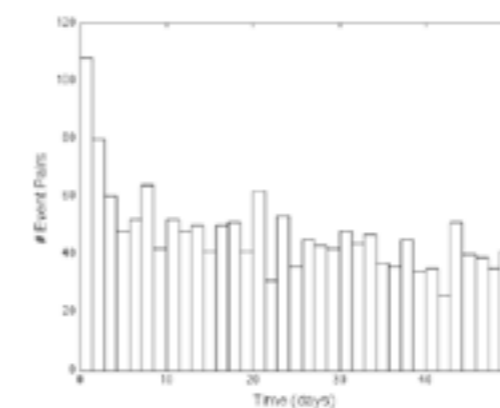


Figura 2. Histograma de tiempo (menos de 50 días) entre eventos de robo separados por 200 metros o menos.

En la Figura 2 observamos un patrón similar al mostrado en la Figura 1: hay una gran cantidad de crímenes que ocurren consecutivamente dentro de una ventana de tiempo que va de cero a diez días, reforzando así la idea de victimización repetida. Así mismo, notamos una relación de proporcionalidad inversa entre la cantidad de crímenes cercanos entre sí y el tiempo. En otras palabras, no se observa victimización repetida para secuencias de robos a vivienda conforme el tiempo entre los eventos individuales de robo aumenta.

Los histogramas mostrados en la Figura 1 y 2 muestran la existencia empírica de una alta correlación positiva entre la distribución espacio-temporal de estos dos tipos de eventos, que a primera vista, aparentan ser muy distintos entre sí. Así mismo, se observa una alta probabilidad de eventos repetidos para intervalos relativamente pequeños de tiempo, es decir, si ocurre uno es probable que ocurra otro posteriormente dentro de una ventana de tiempo pequeña.

La distribución de los eventos en los histogramas anteriores podría ser aproximada por una distribución de *Poisson*, sin embargo, ésta asume que los eventos

son independientes entre sí y que existe un valor promedio de robos o valor medio de terremotos, que podemos esperar que ocurran. Es posible argumentar a favor de la última de estas suposiciones, pero suponer que los eventos son independientes entre sí va en contra de la evidencia experimental expuesta anteriormente para el caso de las réplicas. Sin embargo, sí es posible asumir que los primeros eventos sísmicos ocurren aleatoriamente tanto espacial como temporalmente.

Dada que la evidencia experimental muestra un patrón de comportamiento similar entre ambos fenómenos, se propone emplear el modelo matemático de Proceso-punto auto-excitable, para modelar el agrupamiento espacio-temporal de robos a casa habitación.

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### Distribución temporal en una secuencia de terremotos

Cada terremoto, que bien puede ser el primero o alguna réplica, es seguido por una sucesión de nuevos terremotos. El modelo "*Epidemic Type Aftershock Sequence*" (ETAS), es un proceso punto que representa la actividad de terremotos de magnitud  $M_0$  o mayor que ocurren en una cierta región, durante cierto periodo de tiempo. Este modelo asume una actividad sísmica de fondo, con una ocurrencia  $\mu$  constante durante cierto tiempo. (Proceso estacionario de *Poisson*).

La actividad sísmica de las réplicas se modela empleando un proceso de *Poisson* no estacionario de tal manera que la tasa a la que ocurre la  $i$ -ésima réplica al tiempo  $t$  está dada por

$$v_i(t) = \frac{K_0}{(t - t_i + c)^p} e^{\alpha(M_i - M_0)} \quad (2.1)$$

Donde los parámetros  $K_0$ ,  $\alpha$ ,  $c$  y  $p$  permanecen constantes para cada réplica  $i$ .

Estos parámetros representan las características de la actividad sísmica en la región. En particular,  $\alpha$  y  $p$  caracterizan la distribución temporal de cada uno de los terremotos.

El valor de  $p$  indica la tasa de decaimiento de las réplicas,  $\alpha$  mide la eficiencia con la cuál un terremoto puede generar subsecuentes réplicas; por ejemplo, el valor de  $\alpha$  es grande si no hay réplicas de magnitud mayor a alguna cota inferior  $M_0$ .

La tasa de ocurrencia para toda la secuencia de terremotos al tiempo  $t$  se le conoce como “Función de intensidad condicional”, y se construye de acuerdo a los datos experimentales recopilados durante la ocurrencia de un terremoto.

$$\lambda_0(t; H_t) = \mu + \sum_{i, t_i < t} v_i(t) \quad (2.2)$$

A partir de las estimaciones obtenidas empleando el modelo ETAS, es posible predecir la tasa de ocurrencia esperada para alguna secuencia de terremotos, por ejemplo: comparando la tasa de ocurrencia predicha con las mediciones experimentales de campo, se pueden reconocer periodos de mayor o menor actividad sísmica, es decir, si el modelo predice una cierta actividad sísmica en una región, pero las mediciones experimentales muestran una disminución significativa de actividad sísmica (*Relative quiescence*), entonces se puede esperar la ocurrencia de un gran terremoto en la misma región o en alguna región colindante.

#### Distribución espacial en una secuencia de terremotos

Es importante recordar que el modelo ETAS no distingue entre el primer terremoto y sus réplicas, sino que busca encontrar una forma funcional apropiada que describa la relación causal espacio-temporal en una sucesión de terremotos cualquiera.

Así como vimos anteriormente, la función de intensidad condicional para un proceso-punto espacio-temporal, se enuncia en el modelo de Hawkes para un proceso-punto auto-excitable” [3]. A continuación, se presenta la función condicional de intensidad en su forma extendida de acuerdo a [4].

$$\lambda(t, x, y; H_t) = \mu(x, y) + \sum_{i, t_i < t} g(t - t_i, x - x_i, y - y_i; M_i) \quad (2.3)$$

Donde  $H_t$  corresponde a la secuencia de datos históricos de cada epicentro con coordenadas  $\{(x_i, y_i)\}$ ,  $H_t = \{(t_i, x_i, y_i, M_i); t_i < t\}$  y magnitudes  $\{M_i\}$  a partir de algún tiempo inicial  $t_0$  hasta algún tiempo final  $t$ .

De aquí surgen las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la forma funcional de los términos espaciales en el modelo de Hawkes?

2. ¿Cómo es que las regiones donde ocurren las secuencias de terremotos puede ser escalada con la magnitud?

La forma funcional de  $g$  propuesta en [3] se expresa en la siguiente forma generalizada:

$$g(t, x, y; M) = \kappa(M) \frac{(p-1)c^{p-1}}{(t+c)^p} \left[ \frac{1}{\pi \sigma(M)} f\left(\frac{x^2 + y^2}{\sigma(M)}\right) \right] \quad (2.4)$$

Donde  $\kappa(M)$  es proporcional a  $e^{\alpha M}$  y corresponde al número esperado de réplicas de terremotos de magnitud  $M$ ,  $(p-1)c^{p-1} / (t+c)^p$  es la densidad de probabilidad para la intensidad en función del tiempo, y  $\pi^{-1} \sigma(M)^{-1} f((x^2 + y^2)/\sigma(M))$  es la densidad de probabilidad para la intensidad en función de las coordenadas espaciales del epicentro, la cual puede ser modelada empleando la ley potencial.

### 3. METODOLOGÍA

#### Proceso punto auto-excitable para modelar el crimen, robo a casa habitación

Dadas las observaciones hechas para las Figuras 1 y 2, el modelo propuesto para modelar el crimen de robo a casa habitación es [5].

$$\lambda(t, x, y) = v(t) \mu(x, y) + \sum_{i, t_i < t} g(t - t_i, x - x_i, y - y_i) \quad (3.1)$$

Observe cómo se asume una variación independiente del tiempo  $\mu$ , que corresponde a un cierto valor esperado de crímenes constante en el tiempo, pero diferentes regiones geográficas tendrán una cantidad menor o mayor de crímenes promedio.

Para la forma funcional de la función  $g$ , se propone el uso de la ecuación (2.4), sin embargo, esta propuesta de  $g$  se obtuvo en sismología durante un periodo de décadas de investigación científica, por lo que se requiere tiempo para refinar la forma funcional de  $g$ .

Para el presente trabajo proponemos como primera aproximación la forma actual de la ecuación (2.4), para poder obtener un vistazo rápido que nos permita comenzar a entender el patrón criminal de victimización repetida en el robo a vivienda.

En parte, nuestro razonamiento es parcialmente justificado por la alta correlación espacio-temporal observada en las figuras 1 y 2, aunque no es posible afirmar con completa certeza que la forma funcional de  $g$  es óptima. Así mismo, se propone el uso de algoritmos de “machine learning” para determinar los valores óptimos de todos los parámetros que aparecen en  $g$ .

Alternativamente, es posible estimar las funciones  $v$ ,  $\mu$  y  $g$  directamente a partir de los datos, empleando métodos no paramétricos e iterativos, como se describe a continuación.

La probabilidad de que el evento  $i$  es un evento de fondo,  $p_{ii}$ , está dado por:

$$p_{ii} = \frac{\mu(t_i, x_i, y_i)}{\lambda(t_i, x_i, y_i)} \quad (3.2)$$

y la probabilidad de que el evento  $j$  cause el evento  $i$ ,  $p_{ji}$ , está dada por:

$$p_{ji} = \frac{g(t_i - t_j, x_i - x_j, y_i - y_j)}{\lambda(t_i, x_i, y_i)} \quad (3.3)$$

Sea  $p$  una matriz con elementos  $p_{ji}$ , entonces, “Stochastic Declustering” se puede emplear de la siguiente manera. Sea  $p_0$  una aproximación inicial (puede ser una matriz con elementos aleatorios) de la matriz  $p$ , entonces tenemos  $N(N+1)/2$  datos probabilísticos  $\{(t_i, x_i, y_i, p_{ii})\}_{i=1}^N$  y  $\{(t_i - t_j, x_i - x_j, y_i - y_j, p_{ji})\}_{i>j}$ .

Dados estos datos, se emplea un proceso iterativo no paramétrico para la estimación de  $\mu$ , que resulte en  $\mu_0$  y  $g_0$ , y de esta manera se procede iterativamente de la siguiente manera:

- Paso 1. Estimar  $\mu_n$  y  $g_n$  a partir de  $p_{n-1}$ .
- Paso 2. Actualizar  $p_n$  usando  $\mu_n$  y  $g_n$  empleando las ecuaciones (3.2) y (3.3).

En el caso del modelo propuesto por [5], se realizaron los siguientes cambios para obtener la densidad condicional de crímenes:

Paso 1. Muestreo de eventos de fondo  $b = \{(t_i, x_i, y_i)\}_{i=1}^N$  y sus respectivas réplicas  $r = \{(t_i, x_i, y_i)\}_{i=1}^N$  a partir de  $p_{n-1}$ .

Paso 2. Estimar  $\mu_n$ ,  $g_n$  y  $v_n$  a partir de los datos obtenidos en el Paso 1 empleando algún algoritmo eficiente como, por ejemplo, *Kernel density estimation*.

Paso 3. Actualizar  $p_n$  a partir de  $\mu_n$ ,  $g_n$  y  $v_n$  obtenidos en el Paso 2.

### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Mediante la implementación de los algoritmos descritos anteriormente esperamos obtener un sistema que permita predecir la probabilidad del riesgo asociado a la ocurrencia del crimen robo a vivienda.

### 5. CONCLUSIÓN

A lo largo del presente estudio hemos hecho notar cómo dos fenómenos, aparentemente no relacionados, muestran una alta correlación obtenida a partir de las mediciones experimentales realizadas en ambos tipos de eventos, a ser robo a casa-habitación y terremotos.

Por lo tanto, se propone el estudio del crimen robo a casa-habitación empleando el modelo matemático ETAS, con el objetivo de lograr obtener una caracterización espacio-temporal del crimen futuro.

### 6. REFERENCIAS

- [1] Michael Townsley, Ross Homel, Janet Chaseling, Infectious Burglaries. A Test of the Near Repeat Hypothesis, *The British Journal of Criminology*, Volume 43, Issue 3, 1 June 2003, Pages 615–633, <https://doi.org/10.1093/bjc/43.3.615>
- [2] Wu Z., Jiang C., Li X., Li G., Ding Z. (2014) Time-Dependent Seismic Hazard of the Southern Longmenshan Fault Zone and the Sichuan-Yunnan Region: Earthquake Predictability and Its Limit. In: *Earthquake Phenomenology from the Field*. SpringerBriefs in Earth Sciences. Springer, Singapore
- [3] Hawkes, Alan G. “Point Spectra of Some Mutually Exciting Point Processes.” *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, vol. 33, no. 3, 1971, pp. 438–443. *JSTOR*, [www.jstor.org/stable/2984686](http://www.jstor.org/stable/2984686). Accessed 27 Jan. 2020.

[4] Ogata, Y. Annals of the Institute of Statistical Mathematics (1998) 50: 379. <https://doi.org/10.1023/A:1003403601725>

[5] G. O. Mohler, M. B. Short, P. J. Brantingham, F. P. Schoenberg & G. E. Tita (2011) Self-Exciting Point Process Modeling of Crime, Journal of the American Statistical Association, 106:493, 100-108, DOI: [10.1198/jasa.2011.ap09546](https://doi.org/10.1198/jasa.2011.ap09546)

## Metodología propuesta para un sistema de control domótico como soporte a personas con esclerosis lateral amiotrófica (ELA)

Roberto Lorenzo Aguilar Maldonado, Cesar Enrique Rose Gómez  
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de  
Hermosillo

División de estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ciencias de la Computación  
Ave. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México  
Correos electrónicos: [robertolorenzoaguilarith@gmail.com](mailto:robertolorenzoaguilarith@gmail.com), [crose@ith.mx](mailto:crose@ith.mx)

**RESUMEN.** La esclerosis lateral amiotrófica es una enfermedad que afecta las neuronas encargadas de llevar a cabo los movimientos de los músculos y su progresión puede imposibilitarlos de todos los movimientos del cuerpo, lo cual no permite a las personas realizar diversas tareas. Por lo tanto, las terapias ocupacionales se encargan de estimular la independencia de las personas en su entorno, de tal manera que en este artículo se presenta la metodología propuesta para el desarrollo de un sistema que permita la interacción de estas personas, a través del seguimiento ocular, con los dispositivos conectados a la red de un hogar inteligente.

**Palabras Claves:** Domótica, Iot, Sensor de mirada, Terapia Ocupacional, Esclerosis lateral amiotrófica, Motoneuronas.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), es una enfermedad degenerativa que afecta las neuronas encargadas del movimiento de los músculos. A este tipo de neuronas se le conocen como motoneuronas o neuronas motoras. Una persona diagnosticada con ELA manifiesta una pérdida progresiva en sus capacidades motrices y su promedio de vida es, aproximadamente, de 3 a 8 años. En la actualidad, no se cuenta con cura y se desconocen las causas que la originan, sin embargo, se atribuye que el 95% son casos esporádicos y un 5% son cuestiones hereditarias. [1]

Según el Apoyo Integral Gila AC, una de cada 20,000 personas en el mundo es diagnosticada con ELA y se calcula que en México hay 6,000 casos de ELA diagnosticados. [2]

La sintomatología se puede presentar de maneras diferentes dependiendo el tipo de ELA: bulbar o medular-espinal.

- El tipo bulbar provoca problemas en la voz, la articulación de las palabras y la posibilidad de alimentarse de forma autónoma, ya que altera los músculos que empujan la comida a través del tubo digestivo.
- El tipo medular-espinal se manifiesta mediante debilidad en las extremidades: caídas repentinas, imposibilidad de caminar y movimientos en los dedos como abotonar una camisa, escribir, etc.

Con el progreso de la enfermedad, tipo bulbar o medular-espinal, las personas suelen presentar dificultades en el proceso de alimentación y respiración; por lo tanto, se vuelven dependientes de un plan de asistencia personalizado, el cual está conformado por personal capacitado, así como dispositivos electrónicos especiales.

Los diferentes tipos de asistencia para controlar los síntomas que requiere un paciente con ELA son:

- Medicamentos
- Terapia física
- Terapia psicológica
- Terapia del lenguaje
- Apoyo nutricional
- Apoyo para respirar
- Terapia Ocupacional

El costo de un plan de asistencia va aumentando en relación a progresión de la enfermedad.

Según la sociedad española de neurología (SEN) el costo de un paciente con ELA o distrofia muscular se acerca a los 50,000 euros anuales, cantidad que los servicios públicos de salud en México no cubre.

La terapia ocupacional (TO) juega un papel importante en el aumento de calidad de vida de las personas con

ELA, ya que son un conjunto de técnicas y personas que trabajan en el desarrollo de habilidades que permitan la independencia funcional y prevengan la incapacidad a través de la adaptación de tareas a la medida que la persona lo requiera. [3]

La terapia ocupacional dentro del hogar se vuelve un gran reto debido a las barreras arquitectónicas y el acceso a los dispositivos necesarios en el desenvolvimiento de las tareas domésticas como el control del clima, luces, apertura de puertas, cortinas, entre otros dispositivos. [4]

En la actualidad existen tecnologías como sintetizadores de voz con seguimiento de mirada que asisten en el proceso de comunicación, así como interfaces gráficas con frases comunes para expresar síntomas. Sin embargo surge la necesidad de una herramienta que asista a las personas con ELA en el control de los dispositivos del hogar, con la finalidad de empoderar su independencia y con esto mejorar su calidad de vida. [5]

Este artículo propone la metodología a seguir para desarrollar un sistema que, a través de la implementación de una aplicación para tableta y un dispositivo de seguimiento de mirada, permita utilizar los dispositivos conectados a la red del hogar, así como la comunicación a través de dispositivos móviles.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El progreso del ELA es degenerativo y la intervención de un sistema a la medida que adicione funcionalidades sobre el entorno en el hogar es una vía necesaria para la independencia de las personas en estas condiciones.

La automatización del hogar mediante el uso de tecnologías se denomina domótica, la cual se encarga de proveer la capacidad de manipular los dispositivos conectados a la red con la finalidad de aumentar el confort en el hogar.

El internet de las cosas (IOT), abre un catálogo de oportunidades para una nueva era en la TO. Los aspectos más importantes a considerar son: propiciar un ambiente de bajo consumo energético, seguro y automatización de procesos rutinarios para volver más ligero el día a día de las personas.

Como se mencionó anteriormente, las personas con ELA suelen perder fuerza y movilidad en los

músculos, sin embargo, la mirada se conserva sin importar la etapa en la que se encuentren.

En la actualidad, existen varias técnicas y dispositivos para el control del seguimiento ocular, este se muestra en la Figura 1. Algunas implementaciones son neuromarketing, analizando contenido de valor para el cliente en una página web o supermercado, inmersión en videojuegos, prediciendo intenciones y estados de ánimo de las personas, etc. [4].



Fig. 1 Seguimiento Ocular.

Podemos encontrar algunas librerías de Javascript como WebGaze.js para incorporar el seguimiento de mirada a través de la cámara del cliente, como parte de estrategia de mejora de experiencia de usuario (UX), etc. [5]

Sin embargo, este tipo de implementación aún no es tan precisa para incorporar como enlace entre el hogar inteligente y las personas con ELA.



Fig. 2 Gafas Seguimiento Ocular.

Es necesario un dispositivo que sea fácil de usar ya que será una extensión de colaboración diaria, como

las gafas de la Figura 2. Un dispositivo ergonómico que genere el menor desgaste posible, que sea amigable con el usuario final y lo menos invasivo posible.

En la actualidad, contamos en nuestros hogares con muchos dispositivos conectados a la red, como las Smart TVs, Smart Phones, Kits básicos de luces, termostatos de clima, etc., los cuales básicamente están acondicionados con un sistema embebido.

Un sistema embebido puede ser diseñado de diferentes maneras según el caso de uso y estos tipos de sistemas se encuentran dentro de nuestros dispositivos. En términos generales, es una placa electrónica con actuadores, sensores y un módulo de comunicación que pueden realizar una acción de forma autónoma como cerrar una válvula de gas al detectar una fuga; o controlados por un coordinador como la manipulación de una cámara en tiempo real por un usuario.

En la actualidad, la microelectrónica brinda capacidad de procesamiento de bajo consumo que propicia la implementación de sistemas inteligentes y amigables con el medio ambiente a menor escala en dimensiones, como se puede observar en la Figura 3.

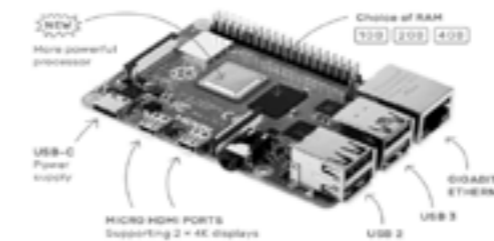


Fig. 3 Placa Simple de Bajo Costo.

## 3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la implementación de prototipo del sistema inteligente de domótica a través del seguimiento de mirada, es necesario establecer una metodología de trabajo. En la figura 4 se muestran las etapas de la metodología propuesta y, a continuación, se describen las etapas.

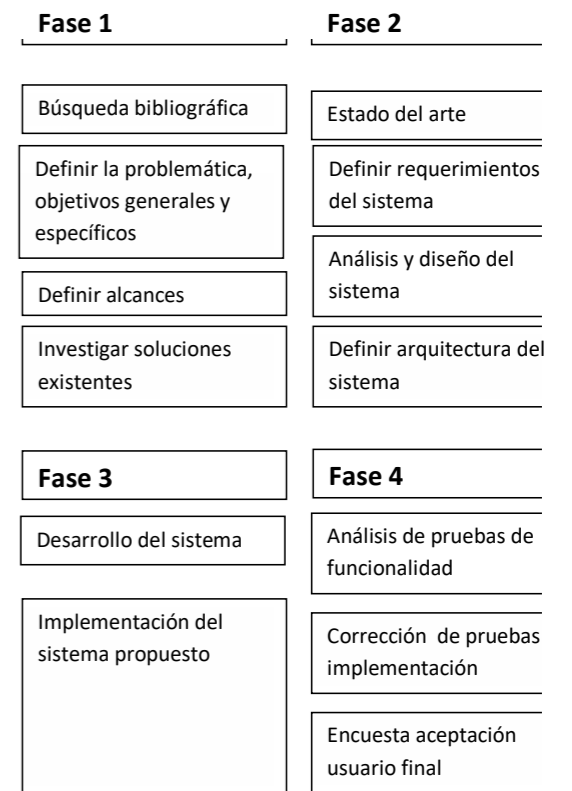


Fig. 4 Diagrama de la Metodología.

**Fase 1:** La primera etapa se basa en la revisión de fuentes bibliográficas, tomando en primera instancia el estudio de los sistemas basados en casas inteligentes para personas con ELA, específicamente tomando como campo de estudio personas limitadas a problemas motrices, que se les facilite el manipular una tableta a través del seguimiento ocular.

**Fase 2:** Una vez desarrollado lo anterior, en la fase 2 es posible indagar más a profundidad sobre los temas más importantes para la creación de nuestro repositorio de requerimientos funcionales y no funcionales.

Utilizando herramientas de ingeniería de software, se documentará, mediante diagramas, el camino para cumplir con el objetivo, delimitando la cobertura del mismo, dejando claro a su vez los componentes o herramientas de integración para completar con la arquitectura del sistema.

**Fase 3:** Esta fase se centrará en el desarrollo e implementación del sistema.

App Tableta: Se desarrollará una interfaz amigable con

el usuario, en la cual se podrá interactuar con el hogar inteligente a través del sensor de seguimiento de mirada.

Base 3D: El sensor de seguimiento se incorporará a una tableta mediante un prototipo, con el fin de darle mayor ángulo de libertad de acción al conjunto tableta-sensor de mirada.

Servidor-Coordenador: Se instalará y configurará un Servicio API-Rest en una placa de bajo costo para coordinar los nodos en la red.

Nodos-Red: Se generarán los prototipos de sistemas embebidos, los cuales formarán parte del hogar inteligente.

**Fase 4:** En la última etapa se hará análisis y corrección de la implementación de los resultados del modelo propuesto, se eliminarán fallas e incorporarán mejoras, como trabajos futuros, y se realizará una encuesta al usuario final para analizar la aceptación del producto final.

#### 4. Resultados Esperados

Al finalizar las fases de la metodología se espera cumplir de manera satisfactoria con el objetivo, obteniendo un producto de calidad capaz de brindar un entorno en el hogar incluyente para personas con ELA, contribuyendo con nuevas metodologías de terapia ocupacional y teniendo como pilar las nuevas tecnologías emergentes como lo es el internet de las cosas de la industria 4.0 [8].

#### 5. CONCLUSIÓN

Esta propuesta de metodología tiene como objetivo convertir a la tecnología de manera incluyente, servir de apoyo a expertos en la temática de terapias ocupacionales y contribuir con la independencia de las personas en el hogar.

#### 6. REFERENCIAS

[1] Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. (2018). La Esclerosis Lateral Amiotrófica ELA. 28/01/2020, de Gobierno de México Sitio web: <https://www.gob.mx/conadis/es/articulos/la-esclerosis-lateral-amiotrofica-ela?idiom=es>.

[2] info@aig.org.mx. (2019). QUÉ ES LA ELA?

06/10/2019, de Gila Sitio web: <https://www.ela.org.mx/que-es-la-ela/>.

[3] TELETÓN MÉXICO. (2019). TERAPIA OCUPACIONAL, UNA PUERTA A LA LIBERTAD. 28 de Enero del 2020, de TELETÓN MÉXICO Sitio web: <https://teleton.org/terapia-ocupacional-una-puerta-a-la-libertad/>

[4] Rose Grijalva, A. P. (2010). Diseño de espacio a través de la intervención tecnológica para personas con capacidades especiales, Tesis de Licenciatura de Arquitectura de Espacios Interiores, CEDIM, Monterrey, México.

[5] Grijalva Hernández, O. A. (2016). Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación, Instituto Tecnológico de Hermosillo.

[6] Eye Tracking y Neuromarketing. (2019). Eye Insights Neuro Marketing Research. Enero 28, 2020, de Eye Tracking y Neuromarketing Sitio web: <https://www.eyetrackinsights.com/>.

[7] Alexandra Papoutsaki and Patsom Sangkloy and James Laskey and Nediya Daskalova and Jeff Huang and James Hays. (2016). WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions. 28 de enero del 2020, de AAAI Sitio web: <https://webgazer.cs.brown.edu/>

[8] epicor. (2020). ¿Qué es la Industria 4.0: la Internet Industrial de las Cosas (IIoT)? 28 de enero del 2020, de epicor Sitio web: [https://www.epicor.com/es-mx/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/?gclid=CjwKCAiA1L\\_xBRA2EiwAgcLKAwGzyuzfVF6i6VE8e\\_tcYafrijg59HNW8EINrhHL1ov5wHCVdgyIRjAhoC4-AQAvD\\_BwE](https://www.epicor.com/es-mx/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/?gclid=CjwKCAiA1L_xBRA2EiwAgcLKAwGzyuzfVF6i6VE8e_tcYafrijg59HNW8EINrhHL1ov5wHCVdgyIRjAhoC4-AQAvD_BwE)

## NORMAS PARA PUBLICAR

Se invita a la comunidad académica del ITH y de otras Instituciones de Educación Superior, a someter manuscritos de artículos inéditos a revisión, para ser publicados en la Revista Espacio ITH.

Las temáticas de la revista, sin excluir otras, son: Ciencias Económico-Administrativas, Eléctrica-Electrónica, Ingeniería Industrial, Mecánica-Mecatrónica, Biomédica, Educación, Tecnologías de la Información, Ciencias Básicas.

Sobre el formato del manuscrito

- Escrito en Word en hoja tamaño carta (21.59 x 27.94 cm) a dos columnas con 1.0 cm de separación y renglones a espaciado sencillo, se usará letra Times New Roman tamaño 10, usando mayúsculas y minúsculas y con márgenes de 2.5 cm en todos los lados. Las páginas no deben ser numeradas. Se deberá escribir el texto en cuartillas completas, evitando que queden textos cortos en una cuartilla, con el fin de optimizar el espacio.
- Se recomienda que las figuras, gráficas y tablas tengan una calidad mínima de 300 ppp y deberán colocarse lo más cercano al lugar donde se mencionan. Todas las figuras y tablas deben numerarse progresivamente e incluir el título en la parte inferior de las mismas en cursiva.
- El artículo debe constar de un máximo de 8 páginas, incluyendo tablas y figuras. En casos excepcionales, se podrá acordar con el Editor una extensión mayor, previo análisis de la relevancia e importancia de dicha ampliación.
- Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades.
- Se deben utilizar cifras arábigas para la identificación y numeración de las secciones, así como para los pies de tablas y/o figuras.
- **Sólo se aceptarán artículos escritos en blanco y negro.**

Sobre el contenido del manuscrito

Los artículos deberán llevar la siguiente secuencia en su estructura.

- Encabezado: Título del artículo en español. Debe ser breve, pero descriptivo del tema. Nombre completo del autor o autores indicando su máximo grado académico. Institución de pertenencia de cada autor sin abreviaturas y empezando por la Institución, pasando por las dependencias y finalizando con el departamento. Correo electrónico, teléfono y dirección postal de cada autor. (Si los correos son de un servidor en común, NO agruparlos. Escribir cada correo de forma separada).
- Resumen: Escrito en español y de extensión máxima de 300 palabras. Lista de 4 a 6 palabras en español, las cuales serán utilizadas para facilitar la localización del artículo en índices.
- Introducción: Se describen los objetivos y fundamentos del trabajo. Esta sección no contiene datos experimentales o de las pruebas ni las conclusiones de la investigación.
- Desarrollo: Se debe describir claramente los métodos y las pruebas realizadas y de ser posible realizar una comparación sobre ventajas, desventajas y limitaciones respecto a otros métodos existentes. Se deben incluir los cálculos y/o modelos matemáticos

que sustenten la investigación propuesta. Para todas las siglas utilizadas, deberá aclararse su significado desde su primera aparición en el trabajo. Evitar el uso de nombres comerciales ni el lugar de la institución o dependencia donde fue realizada la investigación, salvo que sean estrictamente necesarios para la explicación de la misma.

- Discusión y análisis de resultados: Se presentarán con una secuencia lógica procurando resaltar las observaciones importantes. Se describirán los resultados de las pruebas sin interpretar o hacer juicios de valor.
- Conclusiones: Además de las conclusiones derivadas de la investigación, se pueden incluir datos para una posible investigación futura.
- Referencias: En el caso de incluir como bibliografía a trabajos aceptados pero aún sin publicar, se debe indicar el nombre de la revista, y la expresión "en prensa". Deberán listarse solamente las referencias incluidas en el texto. Éstas se registrarán de acuerdo a las normas internacionales, se colocarán al final del texto y estarán ordenadas según su aparición en el mismo. El número de la referencia se anotará inmediatamente después de que se cite, poniendo el número entre corchetes. Ejemplos de referencias: [1] libro, [2] capítulo de libro, [3] publicación periódica, [4] congreso y [5] documento de internet.

[1] Date, C.J., (2001), Introducción a los Sistemas de Bases de Datos, Pearson Educación de México, S. A., México.

[2] Silberschatz, A., Korth, H.F. y Sudarshan, S., (2007), "Almacenamiento y estructuras de archivos" en Fundamentos de diseño de bases de datos, McGraw-Hill (España), p. 355-386.

[3] Cholen, S., (2000), Rev. Discusiones, volumen 6, No. 2, p. 10-15.

[4] Díaz, T.H. y Serna, M.T., (2011), "Ruta óptima de recorrido de un sistema de transporte utilizando un SIG", I Congreso Internacional de Electrónica, Instrumentación y Computación, Minatitlán, Veracruz, (22 al 24 de Junio de 2011), p. 6-10.

[5] Bérard, E.V., "A comparison of Object-Oriented Methodologies", <http://www.toa.com>, (visitado el 15 de enero de 2009).

En cualquier momento del proceso de arbitraje, el Editor podrá solicitar a los autores el envío del archivo electrónico o del escaneo de cualquier material citado en el artículo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HERMOSILLO

Avenida Tecnológico s/n.  
Col. El Sahuaro C.P. 83170  
Hermosillo, Sonora, México  
[www.ith.mx](http://www.ith.mx)