

Volumen 4, Número 14 – Abril – Junio – 2020

ISSN 2523-6784

# Revista de Innovación Sistemática

ECORFAN®

## **ECORFAN-Taiwán**

### **Editor en Jefe**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

## **Revista de Innovación Sistemática,**

Volumen 4, Número 14, Junio - 2020, es una revista trimestral editada por ECORFAN-Taiwán. Taiwán, Taipei. YongHe, ZhongXin, calle 69. CP: 23445. WEB [http://www.ecorfan.org/taiwan/rj\\_innovacion\\_sistemica.php](http://www.ecorfan.org/taiwan/rj_innovacion_sistemica.php), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Redactor Jefe: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC. ISSN 2523-6784. Responsable de la última actualización de este problema Unidad Informática ECORFAN. Escamilla Bouchán-Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 30 de Junio, 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual.

# **Revista de Innovación Sistemática**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Innovación Sistemática es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de electromagnetismo , fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales , diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias de Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

## **Comité Arbitral**

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

GONZALEZ - MARRON, David. PhD  
Instituto Tecnológico de Pachuca

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Innovación Sistemática emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-África y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Electromagnetismo, fuentes de distribución eléctrica, innovación en la ingeniería eléctrica, amplificación de señales, diseño de motores eléctricos, ciencias materiales en las plantas eléctricas, gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

## Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos está *Sintonización genética de sistema de inferencia difuso aplicado al control de posición en un motor de corriente directa*, por RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto, LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola y JARA-RUIZ, Ricardo con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes y Universidad Politécnica de Aguascalientes respectivamente, como siguiente artículo está *Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UCI tratado termoquímicamente por borurización*, por MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza, con adscripción en la Universidad Politécnica de Juventino Rosas, como siguiente artículo está *Viabilidad de propuesta de servicio de supervisión remoto en el sector agroindustrial*, por JARA-RUIZ, Ricardo, GARCÍA-REYES, Javier Alexis, RODRÍGUEZ-PADILLA, Luis Ángel y GUERRERO-CONTRERAS, Zaida Raquel, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, como siguiente artículo está *Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario*, por CRUZ-PARADA, José María, ZAMUDIO-RODRIGUEZ, Víctor Manuel, LINO-RAMÍREZ, Carlos y GUTIERREZ-HERNANDEZ, David Asael, con adscripción en el Instituto Tecnológico de León.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Sintonización genética de sistema de inferencia difuso aplicado al control de posición en un motor de corriente directa</b> RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto, LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola y JARA-RUIZ, Ricardo <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i> <i>Universidad Politécnica de Aguascalientes</i>	1-6
<b>Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización</b> MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza <i>Universidad Politécnica de Juventino Rosas</i>	7-14
<b>Viabilidad de propuesta de servicio de supervisión remoto en el sector agroindustrial</b> JARA-RUIZ, Ricardo, GARCÍA-REYES, Javier Alexis, RODRÍGUEZ-PADILLA, Luis Ángel y GUERRERO-CONTRERAS, Zaida Raquel <i>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes</i>	15-20
<b>Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario</b> CRUZ-PARADA, José María, ZAMUDIO-RODRIGUEZ, Víctor Manuel, LINO-RAMÍREZ, Carlos y GUTIERREZ-HERNANDEZ, David Asael <i>Instituto Tecnológico de León</i>	21-27

## Sintonización genética de sistema de inferencia difuso aplicado al control de posición en un motor de corriente directa

### Genetic tuning of fuzzy inference system applied to position control in a direct current motor

RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo†\*´´, DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto´, LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola´ y JARA-RUIZ, Ricardo´

´Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, México.

´´Universidad Politécnica de Aguascalientes, México.

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Martín Eduardo, Rodríguez-Franco* / ORC ID: 0000-0002-6804-4777, Researcher ID Thomson: T-1539-2018, CVU CONACYT ID: 660892

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Sergio Humberto, Delgado-Guerrero* / ORC ID: 0000-0003-2521-5887, Researcher ID Thomson: V-1747-2018, CVU CONACYT ID: 240475

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Yadira Fabiola, López-Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-9041-1908, Researcher ID Thomson: T-1555-2018, CVU CONACYT ID: 375952

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Ricardo, Jara-Ruiz* / ORC ID: 0000-0001-7725-4138, Researcher ID Thomson: T-1532-2018, CVU CONACYT ID: 630276

DOI: 10.35429/JSI.2020.14.4.1.6

Recibido Abril 10, 2020; Aceptado Junio 29, 2020

#### Resumen

El presente trabajo propone el desarrollo y la aplicación de un algoritmo genético para mejorar la función de una máquina de inferencia difusa empleada en el control de posición en el eje de un motor de corriente directa. En esta primera fase, el estudio se realiza sobre el sistema dejando de lado la función de transferencia de que define las características dinámicas del actuador mencionado, lo que lleve a la posterior comprobación física de su comportamiento. Se plantea el análisis del error calculado como la diferencia entre la posición deseada y la posición real alcanzada por eje del motor, así como de la señal que el sistema de inferencia habrá de generar para corregir la magnitud de error dada. Asimismo, se exponen los fundamentos teóricos que sustentan a esta aplicación y la metodología ejecutada para la obtención de los resultados que constatan la efectividad en el empleo del algoritmo genético como medio de sintonización del sistema de inferencia difuso desarrollado, al describir un error global inferior al 20% en la acción de control deducida con respecto a la deseada.

**Lógica difusa, Algoritmo genético, Sintonización de control de posición**

#### Abstract

This paper proposes the development and application of a genetic algorithm to improve the function of a fuzzy inference machine used in the shaft position control of a direct current motor. In this first stage, the study is executed on system leaving out the transfer function that defines the dynamic characteristics of the mentioned actuator, which leads to the subsequent physical verification of its behavior. The analysis of the calculated error is considered as the difference between the desired position and the current position reached by motor shaft, as well as the signal that the inference system will generate to correct the given magnitude of error. Likewise, the theoretical foundations that support this application and the methodology executed to obtain the results that confirm the effectiveness in the use of the genetic algorithm as a means of tuning the fuzzy inference system developed are described, when describing a global error lower than 20% in the control action deducted with respect to the one desired.

**Fuzzy logic, Genetic algorithm, Position control tuning**

**Citación:** RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto, LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola y JARA-RUIZ, Ricardo. Sintonización genética de sistema de inferencia difuso aplicado al control de posición en un motor de corriente directa. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-14:1-6.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: martin.rodriguez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La lógica difusa es empleada para describir fenómenos del mundo real cuyas características principales son la vaguedad y la ambigüedad (Czabanski, Jezewski & Leski, 2017). Es a partir de uso de un lenguaje natural que son introducidas reglas a un controlador, refiriéndose a sistemas de control, o computadora para que éstos imiten la forma del razonamiento humano, en el cual, la esencia del análisis sobre una característica de interés es lingüística y no matemática (Zadeh, 1999). Así, un sistema de inferencia difuso emplea tales variables lingüísticas para conformar una base de conocimiento que permite discernir un comportamiento de salida, dados ciertos parámetros de entrada; ambos con una pertenencia no absoluta a estos conjuntos (Kesarwani & Khilar, 2019).

Sin embargo, para la descripción de un fenómeno real la aplicación de variables lingüísticas queda limitada, por lo que resulta necesaria la adecuada interpretación tanto a la entrada como a la salida del sistema de análisis (Bede, Rudas & Fodor, 2007). Con lo cual, se dota al controlador de elementos que le permitan traducir la información adquirida de la naturaleza para su procesamiento, y posterior a éste, sea capaz de devolver de forma precisa la acción que se tomará para corrección o regulación de un comportamiento dado (Qiao, et al., 2004) (Lee, et al., 2010). Es así, que el diseño de controladores mediante lógica difusa habrá de tomar como referencia el conocimiento previo que se posea del elemento al cual será aplicado (Kunqi, et al., 2019). Con el fin de obtener la respuesta adecuada en un sistema de inferencia difuso, se contempla el uso de algún algoritmo que permita la búsqueda y correlación de características del elemento bajo estudio (Passos & Barrenechea, 2019).

En la presente aplicación, se emplean algoritmos genéticos para el entrenamiento del sistema de inferencia desarrollado, lo que permite la optimización del proceso de búsqueda de parámetros para su ajuste (Arthur, et al., 2019). Los algoritmos genéticos se inspiran en la evolución biológica de las especies a partir del proceso de selección natural, fenómeno estudiado por el naturalista inglés Charles Darwin (Passos & Barrenechea, 2019).

La hibridación entre lógica difusa y algoritmos genéticos permite la convergencia eficiente de la respuesta del sistema en una solución eficaz dentro de un espacio de búsqueda acotado, estableciendo no sólo una solución local óptima, sino global (Civelek, 2019).

## Metodología

La presente aplicación propone la conformación de un prototipo de sistema de control en lazo cerrado de posición, cuyo actuador es un motor de corriente directa, mismo que estará bajo la acción de un controlador difuso. El único parámetro contemplado para este proceso es la señal del error deducida entre un valor de consiga dado por el usuario y aquel leído a partir de la posición real alcanzada por el prototipo. Mientras la variable emitida por el controlador será la cantidad de energía gestionada hacia el motor empleado, con la finalidad de promover un cambio en la posición real de su eje. Se trata de una señal eléctrica del tipo PWM (*pulse width modulation*) correspondiente a la magnitud del cambio sugerido por el controlador, una vez procesado el error.

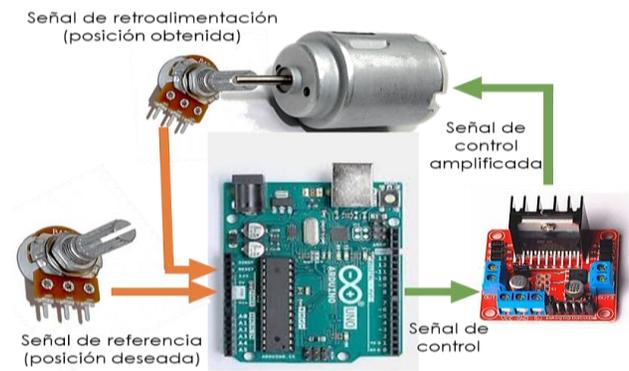
Para asegurar una adecuada funcionalidad del controlador empleado se combinan las técnicas de lógica difusa y algoritmos genéticos. Es a partir de la propuesta de conjuntos difusos asociados al parámetro y la variable de proceso, que se realiza una relación de implicación entre éstos, para definir la acción y salida de control más eficiente, dadas las características del error deducido. A su vez, con la finalidad de establecer una respuesta de control en el sistema de posición, similar a la otorgada a partir del controlador difuso, se emplean algoritmos genéticos para su sintonización. Un conjunto de valores de entrada y salida procedentes del sistema difuso serán los parámetros para el entrenamiento del algoritmo genético utilizado, el cual buscará aproximar las magnitudes y la forma de los conjuntos de entrada y salida del controlador difuso; sin que exista otro medio de relación entre la funcionalidad de ambos.

Posteriormente, se realizará una comparación entre los comportamientos del sistema de control a partir de la función del controlador difuso originalmente propuesto y aquel cuyos elementos fueron deducidos mediante el uso de algoritmos genéticos, empleando datos distintos a los utilizados para el entrenamiento de éste. Se pretende caracterizar un comportamiento muy aproximado entre las respuestas obtenidas por la aplicación de ambas técnicas, lo que lleve a constatar el uso de algoritmos genéticos para la deducción de parámetros y variables de operación de un sistema difuso, con una fidelidad competitiva.

Cabe mencionar que para fines del presente análisis la respuesta del sistema de control establecida a partir de su dinámica, y representada a través de la función de transferencia respectiva, no es contemplada. Es, por tanto, que la orientación de este estudio será la validación del uso de algoritmos genéticos como un medio factible para la adecuada sintonización de controladores difusos, a partir de la información aportada por datos de entrada y salida recopilados de la operación física del proceso bajo análisis. Un análisis distinto al expuesto promoverá brindar continuidad al presente trabajo.

### Proceso de experimentación

Este análisis se aplica a un sistema de control de posición de un motor de corriente directa, la consigna se ingresa al sistema a partir de la señal dada por un primer potenciómetro manipulado por el usuario; mientras un segundo potenciómetro, unido al eje del motor, retroalimenta la posición obtenida, como se expone en la figura 1. Ambas señales son ingresadas a una tarjeta controladora Arduino UNO a través de puertos analógicos de entrada con resolución a 10 bits. A partir del tratamiento de los datos ingresados, se emiten dos señales de control hacia una etapa de potencia (atendiendo al sentido de giro requerido), y de ahí al motor, empleando puertos de salida analógica con resolución a 8 bits.



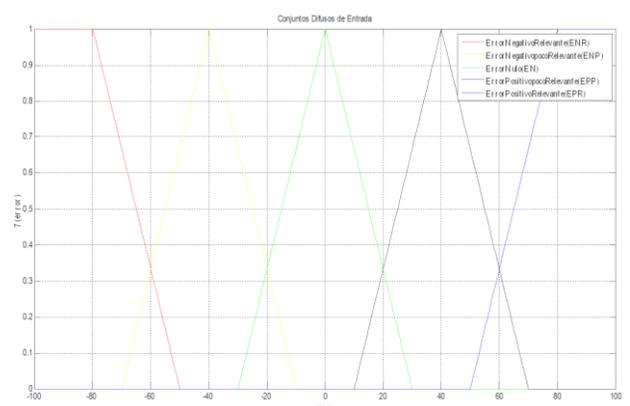
**Figura 1** Sistema de control de posición de motor de corriente directa y señales

Fuente: elaboración propia

La magnitud del error, es decir, la diferencia entre los valores de posición deseada y obtenida, se determina dentro del controlador. Se contempló un sistema de inferencia difuso con cinco conjuntos de entrada y cinco conjuntos de salida. El primer grupo corresponde al error (negativo relevante, negativo poco relevante, nulo, positivo poco relevante y positivo relevante), y el segundo a la acción de control (negativa relevante, negativa poco relevante, nula, positiva poco relevante y positiva relevante), generada dado el análisis del error. Los límites de la señal de error se establecen en (1), mientras los correspondientes a la señal de control emitida se definen en (2). Ambos conjuntos se muestran en los gráficos 1 y 2, respectivamente.

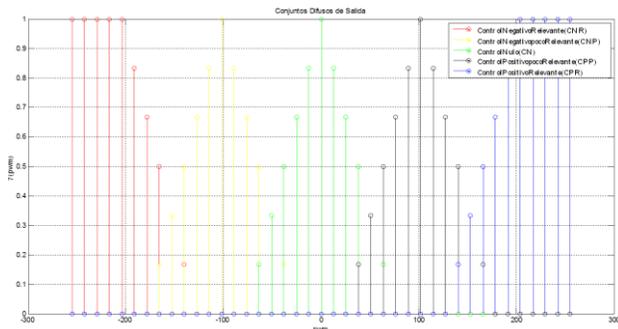
$$error = \{input \in R \mid input = [-100, 100]\} \quad (1)$$

$$control = \left\{ output \in R \mid output = [-255, 255]; \forall \frac{output}{25.5} \bmod 0 \right\} \quad (2)$$



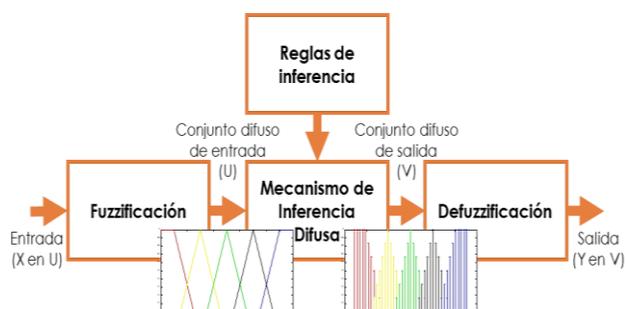
**Gráfico 1** Conjuntos de entrada del sistema de inferencia difuso

Fuente: elaboración propia [Matlab]



**Gráfico 2** Conjuntos de salida del sistema de inferencia difuso  
Fuente: elaboración propia [Matlab]

La fuzzificación realiza la abstracción de los datos ingresados al sistema difuso, como parte del conjunto difuso de entrada (Czabanski, Jezewski & Leski, 2017). Tal grupo de datos ingresan al mecanismo de inferencia, en el que se llevan a cabo la implicación, dadas las reglas de inferencia propuestas y mostradas en la tabla 1, y la agregación. La obtención de un dato de salida es posible a través de la defuzzificación, en la que el valor deducido del proceso anterior y perteneciente al conjunto difuso de salida es traducido para su representación real (Cpalka, 2006). El proceso de fuzzificación se realiza a partir de la implicación de Mamdani, estrategia que relaciona el valor de pertenencia determinado en uno o varios valores específicos de error propuestos para su análisis, una vez aplicado el proceso de fuzzificación, con los valores de pertenencia asociados a los elementos de los conjuntos de salida correspondientes, obteniéndose los valores de pertenencia mínimos entre ambos componentes comparados (Lee, et al., 2010). Mientras la operación de defuzzificación emplea el método de centro de gravedad (COG) el cual permite calcular un valor único o centroide que concentra un promedio de los valores del conjunto final deducido, junto con sus respectivas pertenencias (Cpalka, 2006). Las etapas ejecutadas dentro del sistema de inferencia difusa se visualizan en la figura 2.

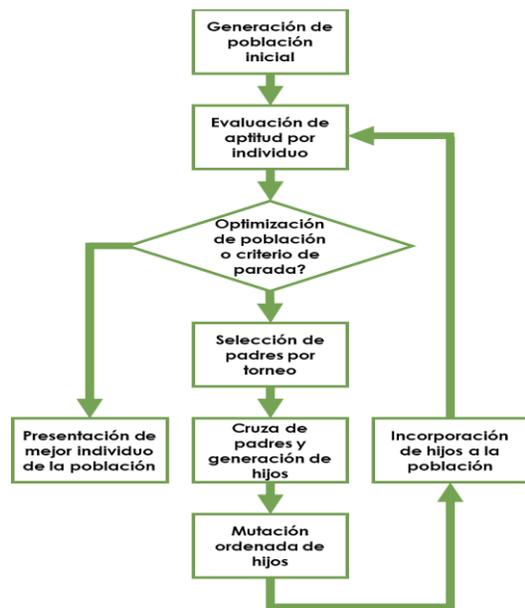


**Figura 2** Etapas del sistema de inferencia difusa  
Fuente: elaboración propia

Señal de error			Señal de control	
Error relevante	negativo	→	Control relevante	positivo
Error negativo poco relevante		→	Control positivo poco relevante	
Error negativo nulo		→	Control nulo	
Error positivo poco relevante		→	Control negativo poco relevante	
Error relevante	positivo	→	Control relevante	negativo

**Tabla 1** Reglas de inferencia propuestas para el mecanismo de inferencia difusa  
Fuente: elaboración propia

Dada una compilación de datos de entrada y salida de un sistema difuso cuyo comportamiento es deseable duplicar, se seleccionó un primer grupo de éstos como parámetros del algoritmo genético. Tal algoritmo entrenará al sistema de inferencia difuso bajo análisis, determinando el valor de los vértices de los conjuntos de entrada y salida requeridos para aproximar la reacción del mismo, según los datos de entrada del conjunto difuso de referencia para imitar su comportamiento. La programación del algoritmo genético ejecuta los procesos presentados en la figura 3.



**Figura 3** Procesos del algoritmo genético  
Fuente: elaboración propia

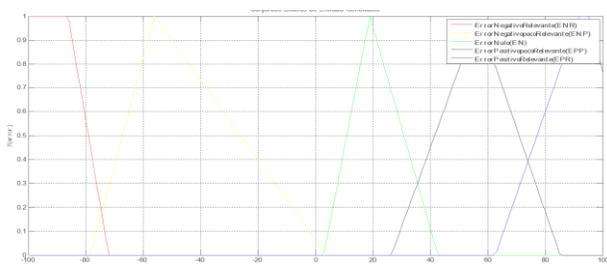
La operación del algoritmo genético principia con la generación de una población inicial binaria, en este caso se propuso el uso de 34 genes, 17 pertenecientes a cada conjunto difuso de entrada o salida establecidos, los cuales representan a los valores de sus vértices, y que a su vez son integrados por 16 alelos.

A partir de tal población, habrá de ser evaluada la aptitud de cada individuo para conocer su adaptabilidad y permanencia en la misma conforme vayan surgiendo nuevas generaciones; la aptitud se determina mediante el cálculo de los mejores valores asignados a los vértices mencionados. Posteriormente, se valora si se ha alcanzado la optimización de la población, es decir, se han obtenido a los mejores individuos de forma global; o se ha cumplido con la condición que permite finalizar la ejecución del algoritmo, que consiste en alcanzar la resolución propuesta en la discrepancia existente entre los conjuntos difusos originales y aquellos generados por el proceso de entrenamiento.

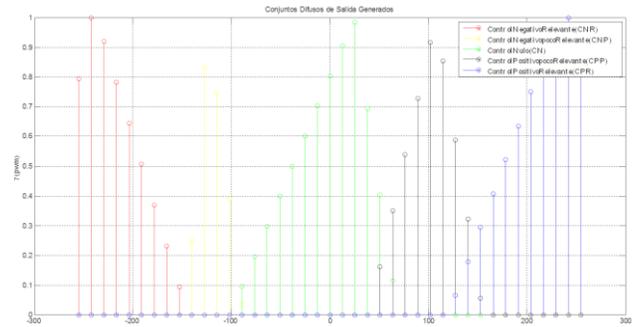
La aplicación de un proceso de selección de individuos por el método de Torneo, permite la determinación de los dos mejores individuos de la población, mismos que son sometidos a un proceso de cruce para generar nuevos individuos con características de ambos padres. Una vez generados tales hijos, su información genética también se ve alterada por efecto de la mutación, una modificación en algunos de los valores correspondientes a sus alelos. Estos nuevos individuos son incorporados en la población, y su aptitud es nuevamente evaluada a fin de descartar a los peores dos elementos, y repetir la totalidad del proceso descrito.

**Evaluación de resultados**

Un segundo grupo de datos provenientes de la compilación mencionada fueron empleados para la ejecución de las pruebas de funcionamiento del sistema híbrido constituido. Tales pruebas iniciaron con la aplicación de los valores de los vértices deducidos durante el entrenamiento del sistema de inferencia difuso, mismos que se muestran en el gráfico 3 para los conjuntos de entrada y en el gráfico 4 para los conjuntos de salida.

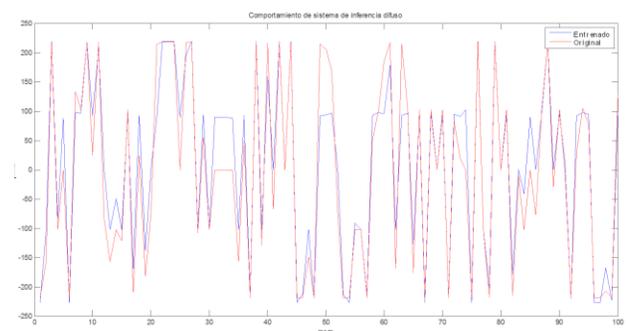


**Gráfico 3** Conjuntos de entrada del sistema de inferencia difuso posterior al entrenamiento  
Fuente: elaboración propia [Matlab]



**Gráfico 4** Conjuntos de salida del sistema de inferencia difuso posterior al entrenamiento  
Fuente: elaboración propia [Matlab]

Además, fueron ingresados al sistema de inferencia difuso entrenado, los datos de prueba previamente establecidos, para obtener el comportamiento del mismo, tanto al aplicar los valores de los vértices en los conjuntos originalmente planteados, así como aquellos obtenidos por acción del proceso de entrenamiento, según se expone en el gráfico 5. Se constata una estrecha similitud entre los comportamientos de los datos de ingresados a sistema entrenado y aquellos arrojados por la aplicación de los valores de los vértices originalmente propuestos.



**Gráfico 5** Comparación entre comportamientos del sistema de inferencia difuso  
Fuente: Elaboración propia [Matlab]

La discrepancia global entre los valores dados de ambos grupos corresponde a 5.49%, lo cual constata una funcionalidad aceptable del sistema de inferencia difuso sintonizado por algoritmos genéticos.

**Conclusiones**

La lógica difusa permite establecer comportamientos específicos de salida, de un sistema bajo estudio, dados ciertos parámetros de entrada; la correlación entre ambos conjuntos se realiza mediante una relación de implicación.

Los algoritmos genéticos permiten la deducción de valores óptimos que llevan al comportamiento de variables específica de una forma conveniente, al proceso tratado, basado en un proceso evolutivo de éstas.

En el presente estudio, la combinación de ambas técnicas propició la sintonización de un sistema de inferencia difuso dados valores de entrada y salida específicos para el control de posición de un motor de corriente directa. Por lo cual, fue tarea del sistema híbrido deducir los valores estratégicos de los vértices de los conjuntos difusos para lograr resultados muy similares a algunos previamente propuestos.

Al finalizar esta aplicación fue posible caracterizar un error global de 5.49% entre los datos de salida previos y los arrojados por el sistema sintonizado, lo cual resulta de gran importancia en un sistema de posición al permitir la corrección oportuna de la magnitud del error, dada una consigna, a través de la generación de la señal adecuada hacia el controlador empleado.

## Referencias

- Arthur, J., et al. (2019). Genetic algorithm for nuclear data evaluation applied to subcritical neutron multiplication inference benchmark experiments. *Annals of Nuclear Energy*. 853-862.
- Bede, B., Rudas, I. J., & Fodor, J. (2007). Friction model by using fuzzy differential equations. *Lecture Notes in Computer Science*. 23-32.
- Civelek, Z. (2019). Optimization of fuzzy logic (Takagi-Sugeno) blade pitch angle controller in wind turbines by genetic algorithm. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. In Press, Corrected Proof.
- Cpalka, K. (2006). A Method for Designing Flexible Neuro-fuzzy Systems. *Lecture Notes in Computer Science*. 212-219.
- Czabanski, R., Jezewski, M., & Leski, J. (2017). Theory and applications of ordered fuzzy numbers. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Cham: Springer International Publishers.
- Kesarwani, A., & Khilar, P. M. (2019). Development of trust based access control models using fuzzy logic in cloud computing. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. In Press, Corrected Proof.
- Kunqi, M., et al. (2019). Numerical investigation on fuzzy logic control energy management strategy of parallel hybrid electric vehicle. *Energy Procedia*. 2643-2648.
- Lee, D. H., et al. (2010). Robust  $H_\infty$  control for uncertain nonlinear active magnetic bearing systems via Takagi-Sugeno fuzzy models. *International Journal of Control, Automation and Systems*. 636-646.
- Passos, G., & Barrenechea, M. (2019). Genetic algorithms applied to an evolutionary model of industrial dynamics. *EconomiA*. In Press Corrected Proof.
- Qiao, F., et al. (2004). Adaptive sliding mode control for MIMO nonlinear systems based on fuzzy logic scheme. *International Journal of Control, Automation and Systems*. 51-62.
- Zadeh, L. A. (1999). Computing with words in information/intelligent systems 1. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Heidelberg: Springer-Verlag.

## Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización

### Experimental and theoretical analysis of the layer - substrate adhesion test on a DIN UC1 steel thermochemically treated by boronizing

MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced†\*, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza

*Universidad Politécnica de Juventino Rosas, Ingeniería Metalúrgica. Hidalgo 102, Comunidad de Valencia, Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. 38253.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *J. Merced, Martínez-Vázquez* / ORC ID: 0000-0002-6230-3846, CVU CONACYT ID: 93450

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Arnulfo, Pérez-Pérez* / ORC ID: 0000-0001-6354-8899, CVU CONACYT ID: 176434

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Gabriel, Rodríguez-Ortiz* / ORC ID: 0000-0002-3615-1973, CVU CONACYT ID: 48565

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Esperanza, Baños-López* / ORC ID: 0000-0003-3983-4507, CVU CONACYT ID: 514562

DOI: 10.35429/JSI.2020.14.4.7.14

Recibido Abril 13, 2020; Aceptado Junio 29, 2020

#### Resumen

En este trabajo se evaluó el efecto del tratamiento termoquímico de borurización sobre la adherencia y morfología superficial de la capa de boruro formada en el acero DIN UC1. El proceso se llevó a cabo por empaquetamiento a la temperatura de 1273 K, a los tiempos de 4800, 6000, 7200 y 14400 segundos. La prueba de adherencia HRC basada en la norma VDI 1398, se simuló en COMSOL 5.0®; analizando el efecto del espesor de la capa de boruro y la rugosidad en la tensión de Von Mises, además de la tensión en la huella de indentación; en la cual se observó que al aumentar el espesor de la capa de 22.2 a 37.8  $\mu\text{m}$  las tensiones aumentaron, y por lo tanto mejoró la adherencia de la capa en el sustrato, lo cual ocasiona solo la formación de microgrietas. En cambio, en el espesor de capa mayor (60.04  $\mu\text{m}$ ) la capa se delamina. Por lo tanto, para una aplicación industrial del acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización se recomiendan espesores de capa hasta 37.8  $\mu\text{m}$ .

#### Adherencia, Von Mises, Borurización

#### Abstract

In this work, the effect of the boronizing thermochemical treatment on the adherence and surface morphology of the boride layer formed in DIN UC1 steel was evaluated. The process was carried out by packing at the temperature of 1273 K, at the times of 4800, 6000, 7200 and 14400 seconds. The HRC adherence test based on the VDI 1398 standard, was simulated in COMSOL 5.0®; analysing the effect of the thickness of the boride layer and the roughness on the Von Mises stress, in addition to the stress on the indentation footprint; in which it was observed that by increasing the thickness of the layer from 22.2 to 37.8  $\mu\text{m}$  the stresses increased, and therefore the adhesion of the layer on the substrate improved, which causes only the formation of microcracks. On the other hand, in the greater layer thickness (60.04  $\mu\text{m}$ ) the layer delaminates. Therefore, for an industrial application of DIN UC1 steel treated thermochemically by borurization, layer thicknesses up to 37.8  $\mu\text{m}$  are recommended.

#### Adhesion, Von Mises, Boronizing

**Citación:** MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza. Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-14:7-14.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [jmartinez\\_ptc@upjr.edu.mx](mailto:jmartinez_ptc@upjr.edu.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de los aceros, ha impulsado el estudio de las técnicas de aplicación de recubrimientos, tratamientos térmicos y termoquímicos para aumentar su vida útil e incrementan la resistencia al desgaste.

Las fallas por desgaste, definidas como la pérdida de función de un elemento por deformación (fluencia) o separación de sus partes (fractura), son el resultado de la remoción o desplazamiento de material de la superficie de una pieza o componente a través del contacto y el movimiento relativo con un sólido, líquido o gas [1]; existe una influencia significativa de la fricción y la lubricación en el índice y severidad de los daños por desgaste [2]. En la resistencia al desgaste, se ha observado que la rugosidad y por consecuencia, el coeficiente de fricción por deslizamiento en el recubrimiento era extremadamente pequeño, por lo que el uso de un recubrimiento puede reducir sustancialmente el desgaste [3]. La pérdida de material reduce la capacidad de carga y la adherencia provocando un aumento en la fricción debido a la generación de residuos. Sobre la base de los datos limitados disponibles, existe información para suponer que la fricción por deslizamiento se relaciona con velocidades de desgaste más bajas debido al empleo de recubrimientos [4] en los que la adherencia juega un papel relevante.

Los tratamientos termoquímicos aportan propiedades para aplicaciones específicas como: disminuir el coeficiente de fricción, aumentar la resistencia a la corrosión y el desgaste. El obtener una óptima resistencia al desgaste [5], depende de la morfología de la superficie [6], la estructura física, la composición química y la rugosidad [7]. Estos tratamientos mejoran las propiedades tribológicas [8, 9, 10], logrando extender la vida útil en las piezas de acero utilizadas en los sistemas mecánicos; lo que ha llevado a reconocer el valor del análisis de las superficies en donde se aplicó un tratamiento termoquímico [11].

Para predecir la falla se han desarrollado varias teorías basándose en observaciones experimentales [12].

Por ejemplo, la Teoría de la Energía de Distorsión fue propuesta por R. Von Mises [13] que observó que los materiales bajo esfuerzos hidrostáticos soportan esfuerzos mucho mayores que sus esfuerzos de fluencia bajo otros estados de carga [14]. Por lo que la distorsión del elemento es debida a los esfuerzos principales restándoles los esfuerzos hidrostáticos ( $\sigma_h$ ), definidos como:

$$\sigma_h = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (1)$$

Donde  $\sigma_i$  representa los esfuerzos por fluencia. La energía de distorsión es la diferencia entre la energía total de deformación por unidad de volumen y la energía de deformación por unidad de volumen debida a los esfuerzos hidrostáticos. Como el material se encuentra en el rango elástico (la falla se produce al llegar a la zona plástica), por lo tanto, el esfuerzo de von Mises se define como:

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3} \\ &= \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (2) \end{aligned}$$

Entonces la falla ocurre cuando:

$$\sigma' = S_y \quad (3)$$

Donde  $S_y$  el esfuerzo cortante a la fluencia.

Se han presentado algoritmos iterativos que resuelven el desplazamiento y las tensiones inducidas por debajo de la superficie de una capa sólida elástica por un indentador rígido bajo condiciones de carga [15] utilizando el potencial de Lennard-Jones para modelar la fuerza de adhesión que actúa entre el penetrador y el sólido, mientras que los efectos de la adhesión a la superficie se caracterizan mediante el parámetro de Tabor. También se ha encontrado que el módulo de cizallamiento y el espesor del recubrimiento tienen un efecto significativo en el comportamiento del material; con recubrimientos más duros se experimentan tensiones de tracción significativamente más grandes, pero un menor desplazamiento de la superficie que en recubrimientos suaves.

La presente investigación permite deducir que, a pequeñas escalas, la adhesión superficial es decisiva en la causa de desgaste o falla del material si los recubrimientos están mal diseñados. Este trabajo también demuestra que existe la necesidad de entender los efectos de la adhesión a la superficie en una escala pequeña para un buen diseño de los recubrimientos. Esto se debe a que cuando el contacto se carga y se descarga repetidamente, se observa una región de alto estrés a lo largo de los bordes de contacto que podrían iniciar el desgaste adhesivo como resultado de la fatiga, dando lugar a la pérdida de la protección. Los estudios de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), en donde se obtienen imágenes topográficas de diferentes porciones de la superficie son complementarias al estudio de adherencia, ya que la disminución en dureza y resistencia a la corrosión se puede deber a la degradación de la superficie del material a medida que aumenta la rugosidad.

### Metodología

El tratamiento de borurización se realizó en el acero DIN UC1, la composición se muestra en la Tabla 1, por empaquetamiento en una mezcla de polvos compuesta por 30% en peso de ácido de ácido bórico, 30% en peso de bórax y el resto de carburo de silicio [16] a la temperatura de 1273 K. El proceso se llevó a cabo introduciendo los sustratos preparados metalográficamente, en una caja de 100 x 150 x 70 mm de placa de acero de ¼. durante 2h, 3h y 4h. La caja de acero se colocó dentro de un horno NABERTHERM precalentado a la temperatura de los tratamientos.

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	Al	S
0.53	0.74	0.30	0.20	0.21	0.082	0.024	0.008

**Tabla 1** Composición química del acero DIN UC1 (% peso)

Fuente: elaboración propia [Word]

Los sustratos de acero DIN UC1 se desbastaron con lijas de carburo de silicio con tamaño de partícula 240, 320, 400, 600, 1000, 2000 por último se pulieron con paño de microfibras y alúmina de 0.05µm. Al terminar el tratamiento las muestras fueron retiradas de la caja, enfriadas a temperatura ambiente, preparadas metalográficamente y atacadas con Nital al 3%.

### Microscopía óptica

En el estudio se utilizó un Microscopio Metalográfico marca Olympus con el software para el análisis de imágenes PaxIt, las micrografías se obtuvieron a 200X para corroborar la presencia de la capa de boruro y medir su espesor.

### Microscopía de Fuerza Atómica (AFM)

La medición de la rugosidad se realizó utilizando un Microscopio de Fuerza Atómica Nanosurf® EasyScan 2 en modo contacto. Las pruebas se realizaron en áreas de 50×50 µm, 25×25 µm y 5×5 µm. donde se reportan los valores en nanómetros de la altura mínima, altura máxima, valor promedio, mediana, rugosidad promedio ( $R_a$ ) y raíz cuadrada de la rugosidad ( $R_{ms}$ ).

### Prueba de adherencia

La simulación se realizó de acuerdo con el método de ensayo de indentación Daimler-Benz Rockwell C con un indentador cónico de diamante con una punta de 200 µm de radio y una carga de 150 kg. Los diferentes tipos de daño observados sirvieron de comparación con los estados convencionales de calidad de adherencia de acuerdo con la escala HF (de HF1 a HF6) [17] que representa la fuerza de adherencia entre el sustrato y el recubrimiento. Entre HF1 y HF4 la adherencia es suficiente, mientras que HF5 y HF6 representan una adherencia insuficiente.

### Simulación en COMSOL®

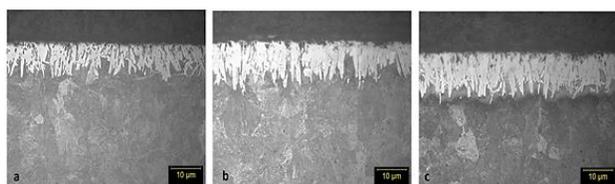
COMSOL Multiphysics® es un software para el modelado de sistemas físicos basándose en el Método del Elemento Finito. El proceso se ejecutó a través de los siguientes pasos: la creación de una geometría, la especificación de una física, la construcción de un mallado, la elección del tipo de solución y la visualización de los resultados, utilizando el módulo de Mecánica Estructural

## Resultados

### Microscopía óptica

La dinámica de crecimiento de la capa de boruro consta de tres etapas [18], durante la primera los cristales de FeB (el primer producto que se forma) creció sobre la superficie metálica hasta cubrir la pieza por completo. Durante la segunda etapa los cristales de FeB aumentaron y formaron Fe<sub>2</sub>B que se desplazó hacia el interior del metal y en la tercera etapa todos los cristales de Fe<sub>2</sub>B tuvieron una orientación cristalográfica preferente [001] dando lugar a morfología tipo diente de sierra [19] como se muestra en la Figura 1.

El espesor de la capa es un parámetro importante en las propiedades finales de la pieza, debido a la forma irregular propia del boruro de hierro la medición se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito por Keddam y colaboradores [20] que consiste en realizar varias mediciones en distintos puntos del sustrato y posteriormente promediarlas.



**Figura 1** Micrografías a 200X de la capa de boruro de hierro (Fe<sub>2</sub>B) a 1273 K durante 2, (b) 3 y (c) 4 horas  
Fuente: elaboración propia [PaxIt]

El crecimiento de espesor de la capa de boruro de hierro depende de la temperatura y el tiempo del tratamiento, es decir a mayor temperatura el espesor de la capa es más grande, como se muestra en la Tabla 2. El mayor espesor de la capa se debe a que la difusividad del boro en el acero aumenta con la temperatura. En el proceso con la mezcla de bórax, ácido bórico y carburo de silicio la capa de boruros se obtuvo en todo el rango de temperaturas.

Tiempo (h)	Espesor de la capa (µm)
2	12.35 ± 1.53
3	20.47 ± 2.02
3.5	23.60 ± 2.04
4	26.48 ± 1.85

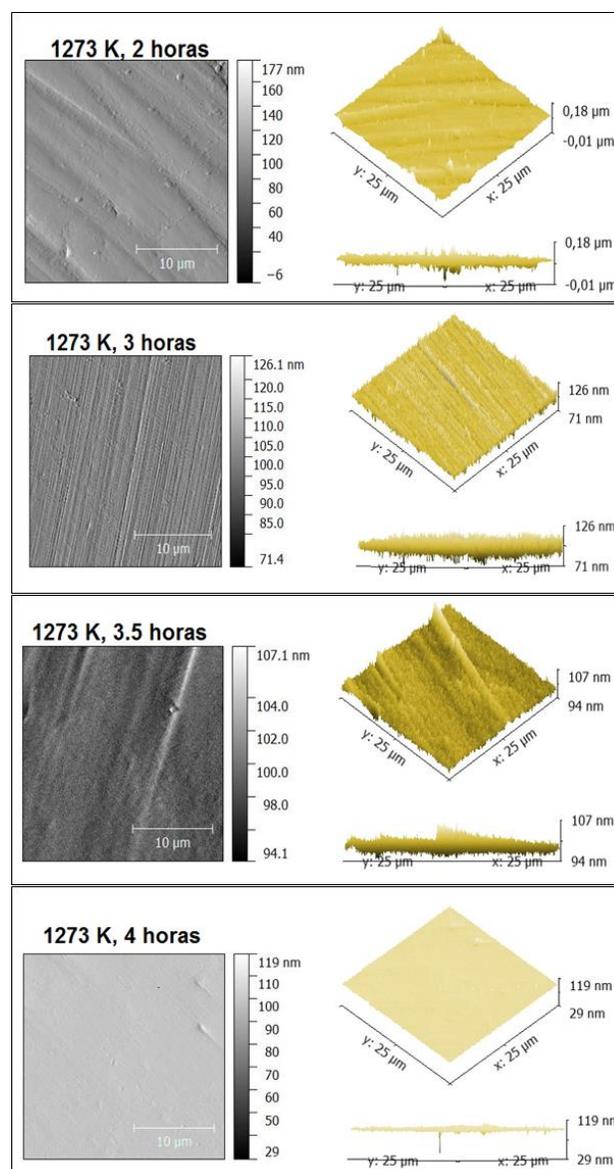
**Tabla 2** Resultados del espesor de la capa del proceso de borurizado con bórax a 1273 K

Fuente: elaboración propia [Excel]

### Microscopía de Fuerza Atómica (AFM)

Las imágenes de AFM de las muestras de este estudio son las boruradas a 1273 K (Figura 2) durante 2 y 3, 3.5 y 4 horas.

Los resultados de la raíz cuadrada de la rugosidad ( $R_{ms}$ ) se muestra en la Tabla 3, en los resultados no se observó un patrón de comportamiento para todos los tiempos y temperaturas. Los cambios en la rugosidad superficial fueron resultado de la formación de la capa de boruro; sin embargo, la disminución en la rugosidad superficial de los sustratos tratados termoquímicamente puede ser consecuencia de que los cristales de boruro saturaron las zonas ásperas de las muestras convirtiendo la superficie irregular en una más lisa.



**Figura 2** Imágenes del análisis por AFM del acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización a 1273K

Fuente: elaboración propia [AFM]

MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza. Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización. Revista de Innovación Sistemática. 2020

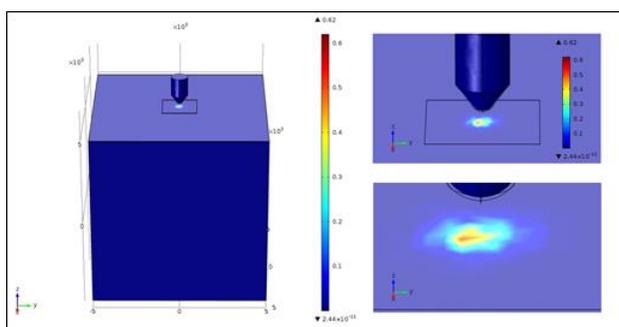
Parámetros de la muestra	Borurización a 1273 K			
	2h	3h	3.5h	4h
Rugosidad Promedio ( $R_a$ ) [nm]	6.065	3.945	0.836	1.106
Raíz cuadrada de la rugosidad ( $R_{ms}$ ) [nm]	8.521	5.103	1.098	1.553
Espesor de la capa ( $\mu\text{m}$ )	12.35	20.47	23.6	26.48

**Tabla 3** Resultados de la rugosidad de las muestras de este estudio

Fuente: elaboración propia [Excel]

### Prueba de adherencia y simulación en COMSOL®

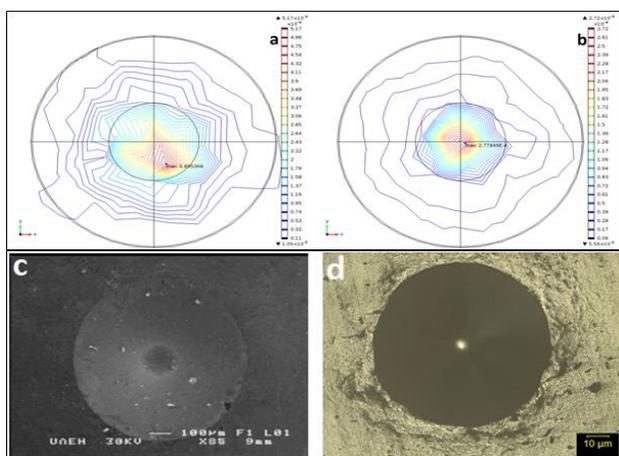
Las imágenes obtenidas de la simulación con COMSOL® de la tensión de Von Mises al aplicar una carga de 150 kg sobre la capa, se muestran en la Figuras 3.



**Figura 3** Resultados de la simulación de la prueba de adherencia para el acero DIN UC1 con un espesor de capa de 26.48  $\mu\text{m}$

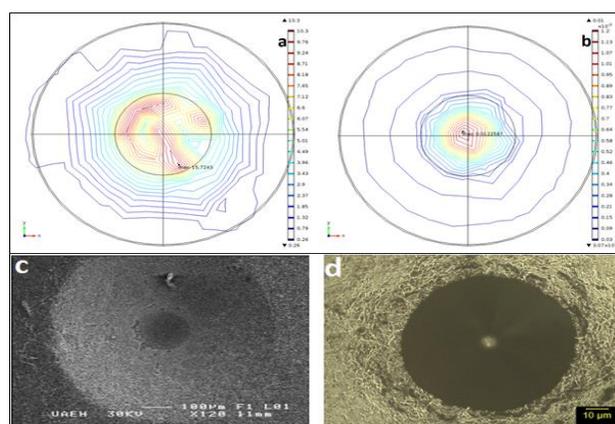
Fuente: elaboración propia [COMSOL]

Las imágenes experimentales y simuladas de la tensión de Von Mises al aplicar una carga de 150 kg sobre la capa del acero DIN UC1 se muestran en las Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7.



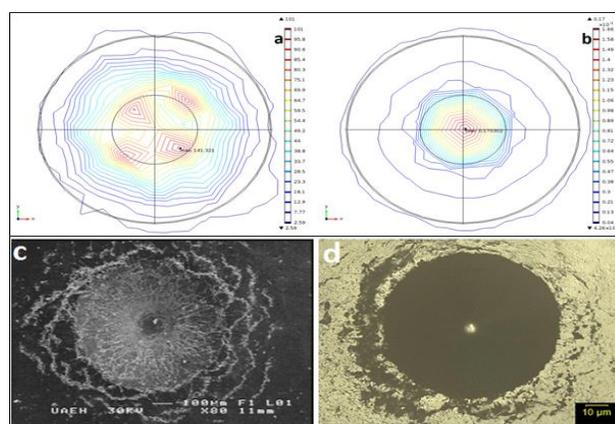
**Figura 4** Resultados de la simulación de la prueba de adherencia para el acero DIN UC1 tratado a 1273 K durante 2 horas con un espesor de capa de 12.35  $\mu\text{m}$ ; a) tensión de Von Mises, y b) desplazamiento del material, resultados del ensayo c) micrografía por MEB y d) micrografía por MO de la indentación

Fuente: elaboración propia [COMSOL]



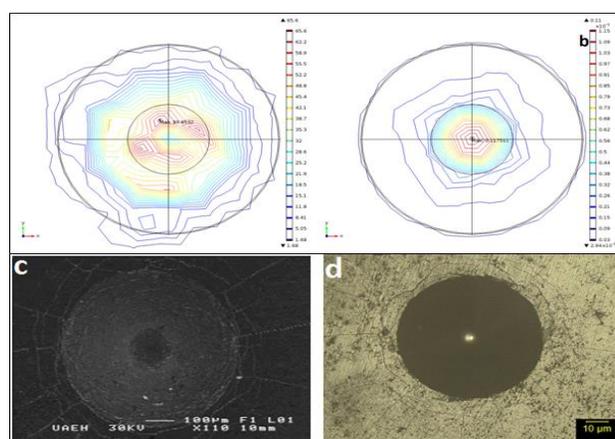
**Figura 5** Resultados de la simulación de la prueba de adherencia para el acero DIN UC1 tratado a 1273 K durante 3 horas con un espesor de capa de 20.47  $\mu\text{m}$ ; (a) huella de indentación, (b) tensión de Von Mises en la huella, resultados del ensayo (c) micrografía por MEB y (d) micrografía por MO

Fuente: elaboración propia [COMSOL]



**Figura 6** Resultados de la simulación de la prueba de adherencia para el acero DIN UC1 tratado a 1273 K durante 3.5 horas con un espesor de capa de 23.30  $\mu\text{m}$ ; (a) huella de indentación, (b) tensión de Von Mises en la huella, resultados del ensayo (c) micrografía por MEB y (d) micrografía por MO

Fuente: elaboración propia [COMSOL]



**Figura 7** Resultados de la simulación de la prueba de adherencia para el acero DIN UC1 tratado a 1273 K durante 4 horas con un espesor de capa de 26.48  $\mu\text{m}$ ; (a) huella de indentación, (b) tensión de Von Mises en la huella, resultados del ensayo (c) micrografía por MEB y (d) micrografía por MO

Fuente: elaboración propia [COMSOL]

La tensión de Von Mises, la tensión máxima en la huella y el desplazamiento de la capa sobre el sustrato en la dirección perpendicular al contacto se muestran en la Tabla 4.

Espesor de la capa ( $\mu\text{m}$ )	Tensión de von Mises (MPa)	Tensión máxima en la huella (MPa)	Desplazamiento máximo de la capa en la dirección	
			x ( $\mu\text{m}$ )	y ( $\mu\text{m}$ )
12.35	0.62	0.6	0.000432	0.000311
20.47	0.8	100	0.04	0.00553
23.30	15.5	1000	2.21	0.13
26.48	123	100	0.21	0.02

**Tabla 4** Resultados de la Simulación  
Fuente: elaboración propia [Excel]

La huella de la indentación simulada tuvo una longitud (considerando la zona de las grietas) entre 2000-2150  $\mu\text{m}$  en todos los espesores de capa. La influencia del espesor de la capa se observó en el agrietamiento alrededor de la huella, al espesor de 23.30  $\mu\text{m}$ , las microgrietas de la capa de boruro de hierro aumentaron y el desplazamiento del material fue mayor (2.21 y 0.13  $\mu\text{m}$  en la dirección x e y, respectivamente), y por consecuencia la tensión de Von Mises en la capa de boruro fue mayor (1000 MPa).

En los espesores de capa menor (12.35 y 20.47 mm) fue donde los valores de la tensión de Von Mises fueron menores, 0.62 y 0.80 MPa, respectivamente. En el espesor de capa mayor de 26.48 mm, la tensión de Von Mises disminuyó nuevamente, con respecto al espesor anterior, y por lo tanto también disminuyó el desplazamiento en cada dirección. En todos los casos, se observa solo la formación de microgrietas, Figura 4(c y d), Figura 5(c y d), Figura 6(c y d) y Figura 7(c y d), no existe delaminación aún en aquel espesor donde la tensión fue mayor; por lo que la adherencia capa-sustrato es aceptable.

## Conclusiones

La geometría de contacto en forma de bola del indentador Rockwell C, en combinación con la transferencia de carga, induce tensiones de corte en los extremos en la interfase. Los recubrimientos con buena adherencia soportan estas tensiones de corte y evitan la delaminación radial. La delaminación en las proximidades de la huella indica una adhesión interfacial pobre.

Las grietas radiales y poca delaminación demuestran un revestimiento fuertemente adherente, pero frágil.

Los resultados de AFM mostraron, una disminución en la  $R_{ms}$  conforme aumentó el tiempo del tratamiento, en 1273 K, la rugosidad estuvo en 6.065 nm (2 horas) y 1.106 nm (4 horas).

La simulación de la prueba de adherencia HRC basada en la norma VDI 1398; se observó para el acero DIN UC1, que en los espesores de capa menor (12.35 y 20.47  $\mu\text{m}$ ) los valores de la tensión de Von Mises fueron pequeños, 0.62 y 0.80 MPa, respectivamente, que se observó también para un espesor de capa de 26.48  $\mu\text{m}$ , por consiguiente, también disminuyó el desplazamiento en cada dirección. En todos los casos, se observa solo la formación de microgrietas, no existe delaminación aún en aquel espesor donde la tensión fue mayor; por lo que la adherencia capa - sustrato es aceptable.

La pérdida de material reduce la capacidad de carga y la adherencia provocando un aumento en la fricción debido a la generación de residuos, por lo que, sobre la base de los datos disponibles, existe información para suponer que la fricción por deslizamiento se relaciona con velocidades de desgaste más bajas debido al empleo de recubrimientos en los que la adherencia juega un papel relevante.

Por lo tanto, para una aplicación industrial del acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización se recomiendan espesores de capa hasta 37.8  $\mu\text{m}$ .

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de PRODEP, la UPJR y la UAEH para la realización de este trabajo.

## Referencias

- [1] Bataev I. A., Golkovskii M. G., Bataev A. A., Losinskaya A. A., Dostovalov R. A., Popelyukh A. I. & Drobyaz E. A. (2014). "Surface hardening of steels with carbon by non-vacuum. *Surface and Coatings*, 242, 164–169. doi: j.surfcoat.2014.01.038

- [2] Reza Bateni M., Szpunar J. A., Wang X. & Li D. Y. (2006). Wear and corrosion wear of medium carbon steel and 304 stainless Steel. *Wear*, 260, 116-122. doi: 10.1016/j.wear.2004.12.037
- [3] Garcia-Bustos E., Figueroa-Guadarrama M. A., Rodríguez-Castro G. A., Gómez-Vargas O. A., Gallardo-Hernández E. A. & Campos-Silva I. (2013). The wear resistance of boride layers measured by the four-ball test. *Surface & Coatings Technology*, 215, 241-246. doi: 10.1016/j.surfcoat.2012.08.090
- [4] Becker E. P. (2004). Trends in tribological materials and engine technology. *Tribology International*, 37, 569-575, 2004. doi: 10.1016/j.triboint.2003.12.006
- [5] Li G., Chen J. & Guan D., (2010). Friction and wear behaviors of nanocrystalline surface layer of medium carbon steel. *Tribology International*, 43, 2216-2221. doi: 10.1016/j.triboint.2010.07.004
- [6] Tabur M., Izciler M., Gul F. & Karacan I. (2009). Abrasive wear behavior of boronized AISI 8620 steel. *Wear*, 266, 1106-1112, 2009. doi: 10.1016/j.wear.2009.03.006
- [7] Dorozkhin S. V. (2010). Bioceramics of calcium orthophosphates. *Biomaterials*, 31, 1465-1485. doi: 10.1016/j.biomaterials.2009.11.050
- [8] Chong W. F. & Chidlow S. J. (2016). Modelling adhesive contact problems involving a layered elastic solid and cylindrical indenter using Lennard Jones potential. *Mechanics of Materials*, 84, 1-11. doi: 10.1016/j.mechmat.2015.01.006
- [9] Márquez-Herrera A., Fernández-Muñoz J. L., Zapata-Torres M., Melendez-Lira M. & Cruz-Alcantar P. (2014). Fe<sub>2</sub>B coating on ASTM A-36 steel surfaces and its evaluation of hardness and corrosion resistance. *Surface & Coatings Technology*, 254, 433-439. doi: 10.1016/j.surfcoat.2014.07.001
- [10] Kartal G., Timur S., Sista V., Eryilmaz O. L. & Erdemir A. (2011). The growth of single Fe<sub>2</sub>B phase on low carbon steel via phase homogenization in electrochemical boriding (PHEB). *Surface & Coatings Technology*, 206, 2005-2011. doi: 10.1016/j.surfcoat.2011.08.049
- [11] Kulka M., Pertek A. & Makuch N. (2011). The importance of carbon concentration–depth profile beneath iron borides for low-cycle fatigue strength. *Materials Science and Engineering*, 528, 8641-8650. doi: 10.1016/j.msea.2011.08.018
- [12] Vidakis N., Antoniadis A. & Bilalis N. (2003). The VDI 3198 indentation test evaluation of a reliable qualitative control for layered compounds. *Journal of Materials Processing Technology*, 1, 481-485, 2003. doi: 10.1016/S0924-0136(03)00300-5
- [13] Holmberg K. et al, (1998). Coatings tribology—contact mechanisms and surface design. *Tribology International*, 31, 107-120. doi: 10.1016/S0301-679X(98)00013-9
- [14] Findik F. (2014). Latest progress on tribological properties of industrial Materials. *Materials and Design*, 57, 218-244. doi: 10.1016/j.matdes.2013.12.028
- [15] ASM, Handbook Volume 4 (1994). Surface Engineering, USA: ASM International. ISBN: 978-0-87170-384-2
- [16] Martínez-Vázquez, J. M., Vargas-Ramírez M., Cortés-Campos M. L. & Hortelano-Capetillo J. G. (2019). Cálculo de la energía de activación de la difusión de boro en la capa de Fe<sub>2</sub>B en la borurización por empaquetamiento de los aceros SAE 1050 y DIN UC1. *Revista de Energía Química y Física*, 6, 8-17. doi: 10.35429/JCPE.2019.18.6.8.17
- [17] Bouarour B., Keddou M., & Allaoui O. (2014). Estimation of the effective boron-diffusion coefficient in the Fe<sub>2</sub>B layers grown on gray cast iron. *MTAEC9*, 48, 515-520. UDK 546.271:532.72

- [18] Carbucicchio M. & Palombarini G. (2004). Mechanism of thermochemical growth of iron borides on iron. *Journal of Materials Sciences*, 39, 933-937. doi: SC.0000012924.74578.87
- [19] Keddam M. (2004). A kinetic model for the borided layers by the paste-boriding process. *Applied Surface Science*, 236, 451-455. doi: 2004.05.141
- [20] Keddam M., Kulka M., Makuch N., Pertek A. & Maldzinski L. (2014). A kinetic model for estimating the boron activation energies in the FeB and Fe<sub>2</sub>B layers during the gas boriding of Armco iron: Effect of boride incubation times. *Applied Surface Science*, 298, 155-163. doi: 2014.01.151.

**Viabilidad de propuesta de servicio de supervisión remoto en el sector agroindustrial****Viability of remote supervision service proposal in the agro-industrial sector**

JARA-RUIZ, Ricardo†\*, GARCÍA-REYES, Javier Alexis, RODRÍGUEZ-PADILLA, Luis Ángel y GUERRERO-CONTRERAS, Zaida Raquel

*Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No. 1001, Estación Rincón, Rincón de Romos, Ags. C.P. 20400.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Ricardo, Jara-Ruiz* / **ORC ID:** 0000-0001-7725-4138, **ID Thomson:** T-1532-2018, **CVU CONACYT ID:** 630276

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Javier Alexis, García-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0002-0738-2860, **OPEN ID:** 9011af55ff3252ab, **CVU CONACYT ID:** 1046924

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Luis Ángel, Rodríguez-Padilla* / **ORC ID:** 0000-0003-1578-8569, **OPEN ID:** 6d03ea9fa301c2a9, **CVU CONACYT ID:** 1046926

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Zaida Raquel, Guerrero-Contreras* / **ORC ID:** 0000-0003-0839-4844, **OPEN ID:** 110816141287151170106, **CVU CONACYT ID:** 401045

**DOI:** 10.35429/JSI.2020.14.4.15.20

Recibido Abril 15, 2020; Aceptado Junio 30, 2020

**Resumen**

En el presente trabajo de investigación se expone una metodología de estudio para el análisis de la viabilidad referente a una propuesta de aplicación agroindustrial con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o Drones. Para esto se realiza un estudio exploratorio cualitativo para dar a conocer la información esencial recabada en campo que permita conocer a detalle y con una mayor certeza las necesidades y principales factores relacionados a los cultivos del mercado actual, así como identificar las herramientas necesarias para determinar este fin. Siendo de importancia para este estudio la recolección de información confiable por medio de la aplicación de entrevistas a especialistas y personal con experiencia en este sector para definir los puntos de interés y a través de esto conocer los resultados del estudio para la formulación de una hipótesis. A partir de estos indicadores se determinará de la manera más asertiva y fundamentada el grado de aceptación y el enfoque hacía que cultivos se dirigirá el servicio, con el objetivo de garantizar la eficiencia y calidad del mismo para de esta forma tomar las decisiones pertinentes y lograr el impacto tecnológico esperado.

**Drone, Agroindustria, Viabilidad****Abstract**

This research paper presents a study methodology for the feasibility analysis of a proposal for agro-industrial application with Unmanned Air Vehicles (UAV) or Drones. For this purpose, a qualitative exploratory study is carried out to publicize the essential information collected in the field that allows to know in detail and with greater certainty the needs and main factors related to the crops of the current market, as well as identify the necessary tools to determine this purpose. Important for this study is the collection of reliable information through the application of interviews with specialists and staff with experience in this sector to define the points of interest and through this know the results of the study for formulating a hypothesis. From these indicators, the degree of acceptance will be determined in the most assertive and well-founded manner and the approach made the crop directed, with the aim of ensuring the efficiency and quality of the service in order to make the decisions achieve the expected technological impact.

**Drone, Agroindustry, Viability**

**Citación:** JARA-RUIZ, Ricardo, GARCÍA-REYES, Javier Alexis, RODRÍGUEZ-PADILLA, Luis Ángel y GUERRERO-CONTRERAS, Zaida Raquel. Viabilidad de propuesta de servicio de supervisión remoto en el sector agroindustrial. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-14:15-20.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ricardo.jara@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La agroindustria y la tecnología han generado una sinergia que ha permitido desarrollar nuevas herramientas y mejorar los procesos propios de este sector.

Por lo que es importante visualizar y estudiar como las nuevas tecnologías se involucran y de qué manera impactan al área de aplicación, para esto se considera la propuesta de Servicio de Supervisión Remoto de cultivos por medio de drones y se desarrolla una investigación exploratoria transversal cualitativa con entrevistas aplicadas de manera aleatoria a expertos en la materia, quienes fueron seleccionados considerando que producen o forman parte del sector agroindustrial regional del estado de Aguascalientes.

A partir de esta información recaudada se procesa y analiza para determinar el grado de aceptación por parte de los especialistas y en que cultivos por sus características el servicio tiene el potencial de ser más rentable para posteriormente elaborar un estudio de viabilidad concluyente.

## Sector agroindustrial

Se están desarrollando nuevos conceptos para permitir que la automatización agrícola prospere y pueda entregar todo su potencial.

En algunos aspectos, esto requiere cambios de paradigmas. La automatización avanza de forma gradual, de tal manera que los nuevos dispositivos mejoran a sus predecesores, este ha sido un enfoque exitoso, pero ignora otras alternativas de solución al mismo problema y en ese aspecto emerge una oportunidad que los científicos están estudiando para cambiar la automatización de las labores agropecuarias con grandes maquinarias, por nuevas máquinas inteligentes de pequeñas dimensiones.

Actualmente plataformas robóticas asistidas por humanos, han demostrado ser el doble de eficientes que la recolección con escaleras móviles.

Los avances en dispositivos de sensores y sistemas de control permiten un uso óptimo de los recursos, pero esto es sólo el comienzo, aún hay un camino por recorrer en torno a la automatización, sin embargo, en pocos años, la automatización y la inteligencia artificial provocarán una revolución en la forma en que los alimentos se producen (Ramírez Morales, Ruilova Reyes, & Garzón Montealegre, 2015).

## Estudio exploratorio cualitativo

En la investigación cualitativa se denomina estudio exploratorio o de viabilidad a lo que en la investigación cuantitativa se llama estudio preliminar o piloto. El estudio exploratorio es un elemento crucial para un buen diseño investigativo que, aunque no garantiza el éxito, sí puede aumentar la probabilidad de lograrlo los resultados del estudio exploratorio pueden ser de gran valor y muy aplicables en la investigación cualitativa, no solo porque ayudan a establecer la competencia del investigador y a validar el instrumento y la metodología, sino también a mejorar mucho el proceso investigativo (Liliana, 2010).

## Entrevista

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. Canales la define como “la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto” (Díaz Bravo , Torruco-García, Martínez-Hernández, & Varela-Ruiz, 2013).

## Estudio de viabilidad

El estudio de viabilidad es un conjunto de actividades que se llevan a cabo para determinar las condiciones y los recursos o disponibilidades que deben confluir para realizar el proyecto y solucionar el o los problemas que se busca atender. El análisis de viabilidad de un proyecto es un procedimiento previo ala realización del estudio de actividad (Zúñiga Blanco, Montoya Maquín, & Cambronero Esquivel, 2007).

## Drones

Los drones son conocidos por las siglas UAS de “Unmanned Aircraft Systems” en inglés, que se traduce como “sistemas aéreos no tripulados”, es decir, aeronaves que tienen la capacidad de volar sin tripulación a bordo y de modo autónomo (Mandujano, 2017).

## Supervisión y monitoreo

El monitoreo tecnológico tiene una gran variedad de sinónimos y de palabras que son parecidas pero solo son complementos o al concepto o tiene una gran relación con la definición del mismo, de igual manera puede comprender que es muy importante en las organizaciones ya que nos ayuda a poder analizar las situaciones que ocurren en el interior o exterior de la empresa por medio de la vigilancia tecnológica, al desarrollar esta herramienta el método de investigación que se utiliza es el de observación el cual es muy importante ya que nos proporciona mejor comprensión de la cosas y ocurrencias pero también se debe de tener entendido que esto puede fallar por cualquiera de los tres errores que puedan pasar, el monitoreo tecnológico es la obtención de información o de datos del cual queremos comprender por medio de diferentes alternativas, del cual se debe analizar, interpretar y hacer las mejores propuestas por medio de ellas hacer la mejor toma de decisión y minimizar la probabilidad de tener riesgo y con ello poder anticiparnos a los cambios que puedan ocurrir (Perez, 2016).

## Sistema de visión

Los objetivos de la visión artificial son esencialmente mejorar la productividad y la calidad en las operaciones de fabricación, disminuir el número de piezas defectuosas, cumplir con las expectativas impuestas por el cliente final, maximizar el rendimiento de la maquinaria y detectar, identificar y visualizar defectos antes de añadir valor al producto.

Los sistemas de visión artificial pretenden ser tan avanzados y complejos como el propio ojo humano. En procesos de medición de precisión ya lo han superado (Secretaria de Estado de Educación y Formación Profesional., 2012).

## Metodología

Como primer paso para el desarrollo del estudio fue determinar la problemática y objetivos a cumplir como parte de la metodología a seguir.

## Planteamiento del problema

No se tiene la certeza e información verídica para determinar la viabilidad y eficiencia de la propuesta de Servicio de Supervisión Remoto de cultivos en el sector agroindustrial

## Objetivo general

Realizar un estudio exploratorio cualitativo a través de herramientas confiables que permitan conocer la viabilidad y grado de aceptación por parte del sector agroindustrial de la propuesta a desarrollar.

## Objetivos particulares

- Seleccionar y desarrollar las herramientas que permitan llevar a cabo el estudio exploratorio cualitativo.
- Recabar información en campo aplicando las herramientas necesarias a especialistas del sector.
- Analizar y procesar la información en búsqueda de datos que contribuyan de una mejor manera al fortalecimiento de los resultados requeridos del objeto de estudio.
- Generar un informe concluyente en el cual se identifiquen datos relevantes y permita determinar la viabilidad de la propuesta.

## Objeto de estudio

Se hace referencia de manera general a la propuesta en desarrollo considerada como el objeto de estudio:

Diseñar una red de servicio remoto que permita al personal del sector agroindustrial generar una solicitud desde su dispositivo móvil o teléfono inteligente con la finalidad de monitorear y supervisar a distancia el estado del cultivo por medio de un dron equipado con un sistema de visión.

### Características

- Inspeccionar el estado del cultivo con la finalidad de dar seguimiento al proceso de madurez del mismo.
- Detectar riesgos de plagas para aplicar las medidas correspondientes.
- Identificar parámetros o características de interés por medio de sistemas de visión y procesamiento de las imágenes obtenidas en campo.

### Registro de información en campo

Se determina a la entrevista como la herramienta principal para cumplir con el objetivo, considerandola como el instrumento más indicado para este fin.

Se procede a realizar una visita en campo a especialistas en el sector agroindustrial con el objetivo de efectuar la adquisición de información relevante a través de entrevistas considerando preguntas estratégicas que permitan recabar datos de interés con fines para el estudio exploratorio cualitativo.

Se consideran las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de cultivo produce?
- ¿Tiempo necesario para la maduración del fruto?
- ¿Temporada (s) de cosecha?
- ¿A qué sector dirige o comercializa su producto?
- ¿Tiene conocimiento o ha hecho uso de algún servicio con drones?
- ¿Sería de interés el emplear drones para el monitoreo y supervisión de su cultivo?
- ¿Qué medios emplea para el monitoreo del cultivo y la detección de posibles riesgos?
- ¿Principales factores que les provoquen pérdidas en su cultivo?
- ¿Qué beneficios esperaría obtener con este servicio?

- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio remoto con drones?
- ¿Con qué frecuencia haría uso o solicitaría este servicio?
- ¿Por qué razones no estaría dispuesto a hacer uso de un servicio de monitoreo con drones?

### Exploración y procesamiento de la información

Para llevar a cabo el análisis de la información fue necesario filtrar y registrar la información en una pequeña base de datos por pregunta y respuestas de los entrevistados para ser procesada e interpretada por un especialista en donde se determinan los siguientes hallazgos:

1. Todos los entrevistados coinciden en que el utilizar drones puede ser una herramienta muy útil para monitorear y mejorar las condiciones de los cultivos.
2. La mayoría de los entrevistados comentan que los principales cultivos del estado que pueden utilizar y beneficiarse fuertemente con este tipo de tecnología son los productores de maíz, de vid y de guayaba.
3. Los productores reconocen grandes beneficios con la implementación de esta tecnología como:
  - Reducir riesgos de plagas.
  - Manejo más eficiente del agua.
  - Inspección más completa y precisa para identificar enfermedades.
  - Un monitoreo de tiempo completo.
  - Acceso a zonas difíciles.

Todo lo anteriormente mencionado se reconoce como problemáticas importantes con las que los productores tienen que lidiar en su labor cotidiana.

4. Ya existen productores en el estado que hacen uso de este tipo de tecnología, sin embargo, la inversión que tienen que realizar es alta, por lo que pequeños y medianos productores ven eso como una limitación importante para poder implementarla en sus empresas.

**Resultados**

Después de analizar la información se puede mencionar que efectivamente es viable y necesario comenzar a implementar este tipo de tecnología en la región, sin embargo, debe ser una tecnología que mejore los precios de ofrecen empresas extranjeras actualmente y que se pueda adaptar el portafolio de servicios a las necesidades específicas de cada cultivo.

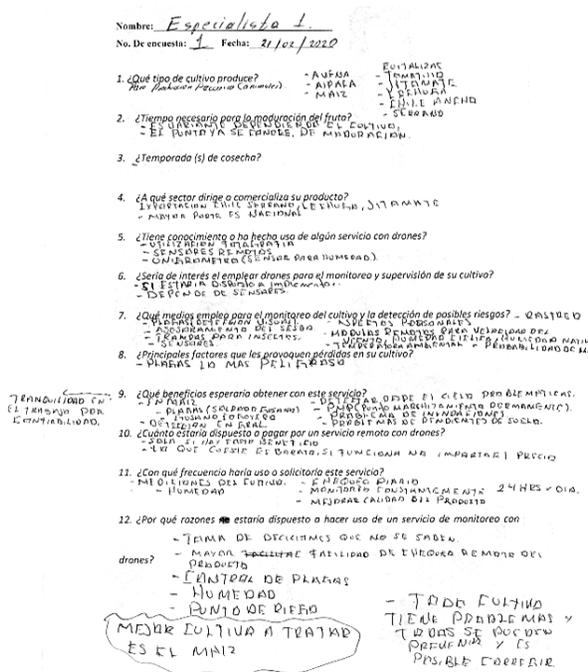
De acuerdo a la información proporcionada por los especialistas se consideran los cultivos del maíz, la guayaba y la vid (uva) con un alto potencial de rentabilidad e implementación del servicio propuesto.

Los productores reconocen que las empresas que han podido implementar la tecnología de monitoreo de drones para sus cultivos han obtenido grandes beneficios en la calidad y productividad de sus empresas.

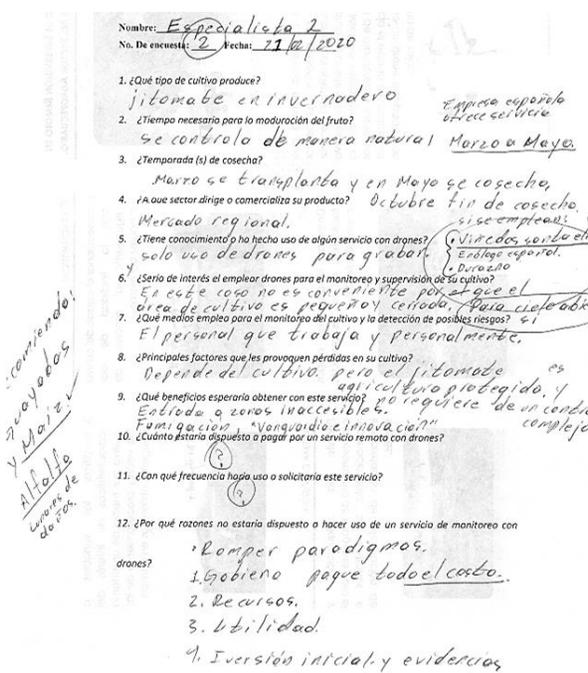
Además, será necesario trabajar en el diseño de dos modelos de negocio; uno para usuarios interesados en adquirir el equipo y otro para los pequeños productores interesados en contratar sólo servicios específicos.

**Anexos**

Enseguida se visualiza una muestra de las encuestas aplicadas y de la información obtenida por medio de las mismas (Figura 1, 2 y 3). Cabe mencionar que se consideran a 12 expertos en la materia.



**Figura 1** Información de especialista 1  
Fuente: elaboración propia [Microsoft Word]



**Figura 2** Información de especialista 2  
Fuente: elaboración propia [Microsoft Word]



## Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario

### Proposal of an architecture for a Smart University Campus

CRUZ-PARADA, José María<sup>†\*</sup>, ZAMUDIO-RODRIGUEZ, Víctor Manuel, LINO-RAMÍREZ, Carlos y GUTIERREZ-HERNANDEZ, David Asael

*Instituto Tecnológico de León. División de Investigación y Estudios de Postgrado. Leon, Gto. México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *José María, Cruz-Parada* / ORC ID: 0000-0003-0196-1666, CVU CONACYT ID: 803748

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Víctor Manuel, Zamudio-Rodriguez* / ORC ID: 0000-0002-9246-7999, CVU CONACYT ID: 70912

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Carlos, Lino-Ramírez* / ORC ID: 0000-0002-6415-8435, CVU CONACYT ID: 395781

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *David Asael, Gutierrez-Hernandez* / ORC ID: 0000-0002-9374-5110, CVU CONACYT ID: 167864

DOI: 10.35429/JSI.2020.14.4.21.27

Recibido Abril 19, 2020; Aceptado Junio 30, 2020

#### Resumen

Se describe una arquitectura para el uso de agentes inteligentes conectados a una aplicación móvil que a su vez también está enlazado a un sistema de control que es administrado por la institución. En este documento se analiza la idea desde su concepción, pasando por el desarrollo elaborado y las pruebas y los resultados que se han llevado a cabo. Esta arquitectura se planea utilizar en la creación de un campus universitario inteligente con recolección de datos, análisis de información y toma de decisiones automatizadas.

**Agentes inteligentes, Arquitectura tecnológica, Campus inteligente, Ambientes inteligentes**

#### Abstract

A proposal of an architecture is described for the use of intelligent agents connected to a mobile application and the same time is also linked to a control system that is managed by the institution. In this document the idea is analyzed from its conception, through the elaborated development and the tests and the results that have been carried out. This architecture is planned to be used in the creation of an intelligent university campus with data collection, information analysis and automated decision making.

**Intelligent environments, Smart campus, Technology architecture, Intelligent agents**

**Citación:** CRUZ-PARADA, José María, ZAMUDIO-RODRIGUEZ, Víctor Manuel, LINO-RAMÍREZ, Carlos y GUTIERREZ-HERNANDEZ, David Asael. Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-14:21-27.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: chema@itleon.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los *ambientes inteligentes* han tenido un gran impacto en los últimos años, debido a nuevas herramientas basadas en sistemas embebidos (sensores y actuadores), que facilitan tener sistemas de cómputo de bajo costo, pero con buenas capacidades para comunicar, sensor y actuar a través un enfoque basado en el análisis de datos. Esto ha dado lugar a nuevos paradigmas como el *Internet de las cosas* (IoT) y la *Industria 4.0*. En el entorno académico, estos nuevos paradigmas cobran especial importancia, pues permiten ofrecer servicios basados en las necesidades del usuario, ya sea aprendiendo comportamientos, detectando situaciones atípicas o prediciendo situaciones de riesgo y actuando en consecuencia.

El proyecto denominado como ‘Smart Campus’, es una propuesta creada para integrar agentes que estén alerta del ambiente y puedan tomar decisiones para generar interacción con los usuarios del Tecnológico Nacional de México en León. Para lograr este objetivo, se propone una arquitectura que busca ser un complemento del sistema integral de procesos que ya cuenta la institución. La estructura propuesta busca tener la posibilidad de agregar o quitar agentes ya sea para actualización, mantenimiento, etc.

En este artículo se presentará el estado del arte para la creación de la propuesta, la arquitectura propuesta donde se analiza los componentes que la forma, los resultados alcanzados hasta el momento, el trabajo futuro que se plantea realizar y las conclusiones correspondientes.

## Estado del arte

### *Agente inteligente*

Se considera como *agente inteligente* a un sistema que puede realizar un proceso automatizado para alcanzar un objetivo, con la condición de que el sistema reconoce y actúa sobre un entorno, ya que puede percibir información, comunicar o recibir datos y realizar una acción correspondiente (Serna et al., 2019). Es importante señalar que el agente realiza acciones sobre un ambiente al estar situado en el interior del (Altube, Sattolo y Lipera, 2016).

### *Ambientes inteligentes*

Un *ambiente inteligente* es descrito como un espacio que está envuelto en un proceso de digitalización por medio de equipos computacionales que pueden sensor y responder (Nehmer et al., 2006) a ciertos objetivos que ayudan a los usuarios involucrados. Ya que se pueden crear tareas que realizan acciones a través de las decisiones que pueden ser llevados a cabo por personas o sistemas automatizados como *agentes* (Ramos, Augusto y Shapiro, 2008).

### *Campus inteligentes*

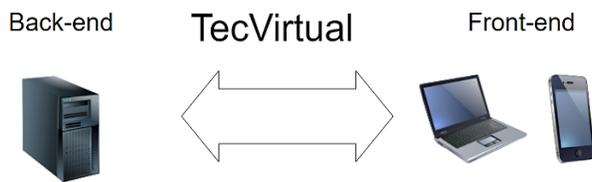
La idea del *campus inteligente* se deriva del concepto de ciudad inteligente que aplica el conjunto de información recabada y los procesos relacionados para lograr una administración eficiente de los recursos y los bienes que son utilizadas en las ciudades, ya que se utiliza información, comunicación y elementos que se integran a través de diversos dispositivos conectados alrededor de este entorno (*ambiente inteligente*) (Fortes et al., 2019). Por lo tanto, las instituciones educativas pueden aprovechar estas características al ser un modelo de comunidad que cuenta con actividades parecidas a una ciudad pequeña como administración, gobernanza, sustentabilidad y aprendizaje (Fortes et al., 2019).

Se puede resumir que un *campus inteligente* utiliza soluciones de IoT para conectar, monitorear, controlar, optimizar y automatizar los sistemas de una universidad (Fraga-Lamas et al., 2019). Existen casos donde se han realizado trabajos relacionados al tema como la plataforma basada en IoT implementada en la institución educativa Moncloa Campus de Excelencia Internacional, ubicado en la ciudad de Madrid, España y cuyo objetivo es experimentar con servicios basados en *Ciudades Inteligentes* (Alvarez-Campana, López, Vázquez, Villagrà & Berrocal, 2017). Otro caso es el diseño de una arquitectura basada en computación en la niebla para aplicaciones de campus inteligentes habilitadas para IoT (Fraga-Lamas et al., 2019).

### Arquitectura propuesta

#### Base de la arquitectura

En la realización de la arquitectura, se utilizó como base la infraestructura tecnológica que se encuentra existente en el Tecnológico Nacional de México en León, como se puede observar en la figura 1. En la arquitectura podemos distinguir los diferentes elementos que lo conforman y que se describen en los siguientes párrafos.



**Figura 1** Arquitectura de Sistema Integral del TecNM en León  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

*TecVirtual* es un sistema que integra la mayoría de los procesos que se realizan de manera automatizada en el Tecnológico Nacional de México en León, por ejemplo, el proceso de ingreso de nuevos alumnos. Este sistema se divide en dos grandes partes que se manejan en el desarrollo de software, los cuales se explican en los siguientes párrafos.

Por un lado, tenemos el concepto de *Front-end* el cual se dedica a desarrollar principalmente interfaces para mostrar información, con el objetivo de ser visualizado o interpretado por los usuarios. Otro punto es la recolección de datos por parte del usuario y también se puede hacer un control dependiendo un proceso, a través de posibles acciones. Del otro lado se encuentra el *Back-end*, el cual se desarrolla para generar los servicios donde se procesa y se analiza la información, así como el lugar donde se realiza el almacenamiento correspondiente mediante *bases de datos* o *sistemas de almacenamiento*. Un punto a destacar es la *seguridad* como una capa intermedia entre cualquier usuario que haga una petición y los servicios que se ofrecen de manera digital.

#### Desarrollo de la arquitectura

Ya que se conoce la base de la arquitectura, se establece cuáles son las entidades que van a interactuar en la infraestructura. Uno de ellos son los *agentes*, representados en la figura 2, de los cuales vamos a tener una cantidad indefinida que estarán esparcidos por todo el *ambiente* y el otro actor necesario, con el objetivo de realizar la comunicación entre dispositivos, es un *servidor de sockets*, el cual se puede visualizar en la figura 3.

### Agents



**Figura 2** Representación gráfica de un agente  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

### Socket

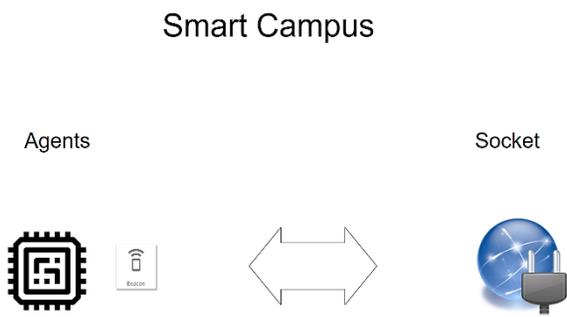


**Figura 3** Representación gráfica del servidor de sockets  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

La decisión trabajar con el manejo de *sockets* es que la comunicación que se haga en tiempo real, como se usa comúnmente en la mensajería instantánea, aparte de que este método de comunicación permite tomar decisiones o tomar acciones al momento de controlar el envío de mensajes, por ejemplo, el poder detectar comportamientos al momento de estar mandando información.

El uso de los *agentes* es indispensable por sus características, el estar alerta de su entorno es lo que se ajusta perfectamente para el proyecto de *campus inteligente*, dado que como está conectado todo el tiempo a una red, se está mandando y recibiendo información con la cual se puede contar con que la comunicación a dicho *agente* es viable.

En el tema de la comunicación por *sockets*, entre *agente*, debe de ser bidireccional, dado que un *agente* puede recolectar datos y mandar un mensaje, también puede recibir o hacer peticiones para recibir información, como se muestra en la figura 4.

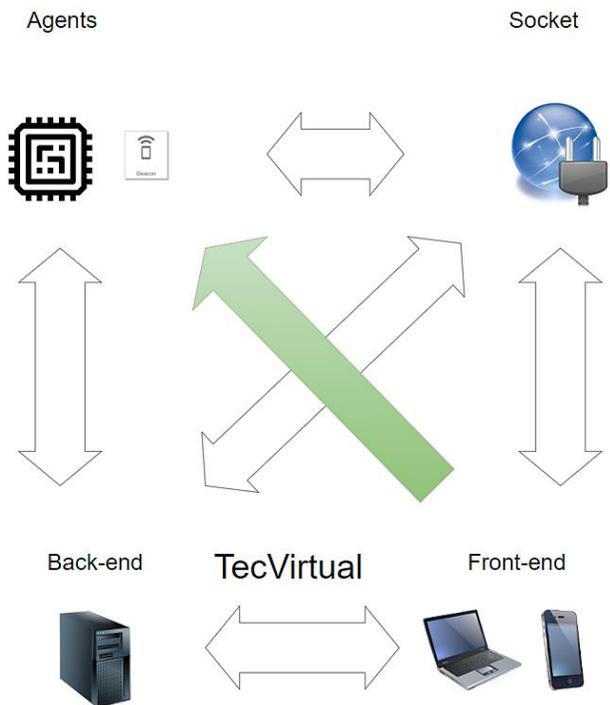


**Figura 4** Interacción entre agentes y servidor de sockets  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

A la interacción de los *agentes* y el *servidor de sockets*, se debe sumar lo que ya se cuenta del sistema integral, el cual ya tiene el objetivo de tener una presentación de la información y control de algunas acciones del lado de los usuarios y para esto se ha implementado aplicaciones con interfaces, tanto en navegador web como en sistemas móviles, que son parte del *Front-end*. Por otro lado, como parte de *Back-end*, se manejan los servicios que se comunican con la seguridad, los servicios para diferentes procesos y servicios de almacenamiento en base de datos, mismos que son representados gráficamente en la figura 1.

Como consecuencia de lo detallado anteriormente, el siguiente paso es conectar esta arquitectura del ambiente inteligente con el sistema integral ya existente, por lo tanto, se propone que los *agentes* van a estar en constante comunicación con los demás dispositivos, sin embargo toda la comunicación a los usuarios va a ser mediante los *sockets*, entonces la comunicación entre *agente* y usuario mediante la aplicación móvil va en una dirección, saliendo del *front-end* rumbo a los agentes pero no en el sentido contrario.

Al mismo tiempo todos deben estar conectados con los *sockets*, dado que es la forma en la cual podemos centralizar toda la información que viaja en el sistema, con esta información se llega a tener una arquitectura definida y que se muestra en la figura 5.



**Figura 5** Propuesta de arquitectura para el campus inteligente  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

*Construcción de la arquitectura*

Del lado del software, un *agente* está construido mediante el lenguaje de programación de *Python*, mientras del lado de hardware, está funcionando un ordenador conocido como *Raspberry Pi 3*, que se visualiza en figura 6.

El uso de este ordenador de placa única es debido a que tiene integrado componentes que realizan la comunicación mediante tecnologías *Wi-Fi* y *Bluetooth*, las cuales se necesitarán en el proyecto, ya que un *agente* contendrá distintos procesos que generan la capacidad de tomar decisiones conforme cambie su entorno y esto puede ser posible utilizando los componentes que se manejan en el hardware.

Regresando al tema de la programación, se utilizará la biblioteca de programación PADE (Python Agent DEvelopment framework), que es una herramienta que permite realizar la ejecución de agentes, en este caso, se ha realizado una prueba, donde se genera el agente y se manda un mensaje a la consola de comandos, para demostrar que ha funcionado correctamente, esto se puede visualizar en la figura 7.



**Figura 6** Ordenador de placa Raspberry Pi 3  
Fuente: elaboración propia [Fotografía]

```
connection established
[Agente_1] 29/02/2020 14:41:31.168 --> ¡Estoy escuchando!
[Agente_1] 29/02/2020 14:41:32.169 --> ¡Estoy escuchando!
[Agente_1] 29/02/2020 14:41:33.170 --> ¡Estoy escuchando!
```

**Figura 7** Primeras pruebas de un agente  
Fuente: elaboración propia [Linux Terminal]

Continuando con la elaboración de pruebas, se desarrolló una aplicación móvil desde cero, con el objetivo de comprobar la comunicación entre un sistema cliente-servidor mediante el uso de *sockets* poniendo de prueba la función de un chat, el desarrollo de la aplicación está implementado mediante la tecnología Ionic.

El beneficio de utilizar dicha herramienta impacta directamente en el tiempo de desarrollo y dinero que se invierte en cualquier aplicación, dado que solo se tiene que trabajar en un desarrollo híbrido, de lo contrario se tendría que desarrollar una aplicación por sistema operativo (Android y iOS) para dispositivos móviles o de escritorio y web. Como consecuencia del uso de Ionic, se realizó la aplicación con un diseño muy sencillo, tipo chat, con el objetivo de llevar a cabo la prueba en un teléfono inteligente con sistema operativo Android, como se muestra en la figura 8.

Chat Room

Enter message

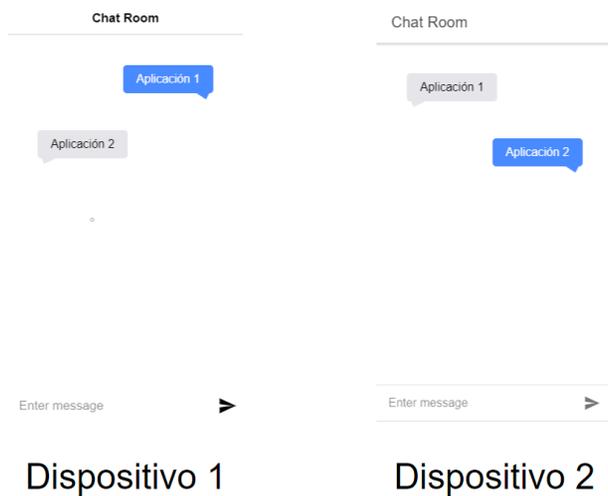


**Figura 8** Aplicación móvil para pruebas  
Fuente: elaboración propia [Captura de pantalla en dispositivo móvil]

El *servidor de sockets* se desarrolla usando el lenguaje de programación *NodeJS* y la biblioteca *socket.io*, la cual cuenta con una gran cantidad de apoyo por medio de la comunidad de desarrollo y una documentación abundante para su futura implementación y crecimiento. A través del servidor, se permite controlar la comunicación entre usuarios, de agentes a usuarios o entre agentes, al mismo tiempo que se podría tomar decisiones con la información.

**Resultados**

Para ver los resultados, se realizó una prueba en la aplicación móvil, donde se planteó mandar un mensaje entre distintos dispositivos para revisar la comunicación entre ellos, el primer dispositivo escribe “Aplicación 1” y el segundo escribe “Aplicación 2”, esto debe verse reflejado de la siguiente manera, los mensajes en color azul, son los mensajes que se escribieron y se mandaron desde un dispositivo cliente, mientras los mensajes en color gris, son los que se recibieron a través del servidor de sockets y se reenviaron al otro dispositivo, los resultados de la prueba se muestran en la figura 9.



**Figura 9** Pruebas con aplicación móvil y sockets  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

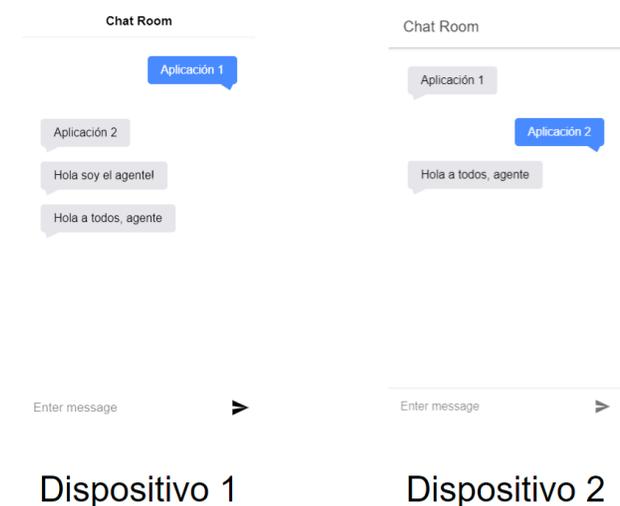
Después se manda un mensaje a sólo un dispositivo mediante un agente y al mismo tiempo se manda otro mensaje a todos los dispositivos, se plantea, como ejemplo, cuando un agente toma una decisión y le manda una recomendación a un usuario específico o a los usuarios en común, todo tiene que pasar por medio de nuestro *servidor de sockets* como se demuestra en la figura 10. Esto se lleva a cabo a través del uso de identificadores para que cada usuario sea tomado como un elemento diferente y saber con quién se está comunicando.

Para tener un identificador, se aprovecha que la aplicación actual maneja como identificador único el CURP (Clave Única de Registro de Población) de los usuarios, por lo tanto, se busca utilizar identificadores de CURP ficticios en la etapa de desarrollo y luego implementarlo a los usuarios que pertenecen al instituto.

Actualmente la Institución cuenta con una matrícula que asciende aproximadamente a los 4500 estudiantes, tomando ese número como base para la prueba, se logró mantener 9000 conexiones estables concurrente, sin impedir el correcto funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta que dicho límite de conexiones va de la mano con la capacidad de procesamiento y la cantidad de memoria de nuestros servidores.

## Trabajo futuro

Como continuación para el proyecto, se necesita diseñar la arquitectura con la cual se van a conectar nuestros *agentes inteligentes*, que se encuentren en diversas ubicaciones, a un sistema central, en donde los agentes puedan recopilar información al mismo tiempo y toda la información se dirija a un centro de datos que pueda ser usada para diferentes procesos como análisis o métodos de inteligencia artificial, como el manejo de *sistemas difusos*, los cuales ayudan a la toma de decisiones en los diferentes ámbitos que podría atacar el ‘Smart Campus’.



**Figura 10** Pruebas de aplicación móvil e interacción con agente  
Fuente: elaboración propia [Draw.io - Diagrams.net]

## Conclusiones

La propuesta que se describe en el documento, es una idea con base a la necesidad de tener sistemas intercomunicados, en este caso los sistemas con lo que maneja el Tecnológico Nacional de México en León y al mismo tiempo implementar un *campus inteligente*, con el fin de asegurar que esta comunicación funciona correctamente, gracias a la experimentación que se realizó, se puede concluir que es una base sólida la que se está construyendo para poder continuar con este proyecto incrementando el tamaño de *agentes* y usuarios que se pueden encontrar en el entorno.

## Agradecimientos

Nos gustaría agradecer al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de León por el apoyo brindado a esta investigación.

## Referencias

Altube, Alejandro, Iris Sattolo y Liliana Lipera (2016). «Bot guía para un ambiente virtual inmersivo». En: XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016).

Alvarez-Campana, M., López, G., Vázquez, E., Villagrà, V., & Berrocal, J. (2017). Smart CEI Moncloa: An IoT-based Platform for People Flow and Environmental Monitoring on a Smart University Campus. *Sensors*, 17(12), 2856.

Fraga-Lamas, P., Celaya-Echarri, M., Lopez-Iturri, P., Castedo, L., Azpilicueta, L., & Aguirre, E. et al. (2019). Design and Experimental Validation of a LoRaWAN Fog Computing Based Architecture for IoT Enabled Smart Campus Applications. *Sensors*, 19(15), 3287.

Fortes, S., Santoyo-Ramón, J., Palacios, D., Baena, E., Mora-García, R., & Medina, M. et al. (2019). The Campus as a Smart City: University of Málaga Environmental, Learning, and Research Approaches. *Sensors*, 19(6), 1349.

Nehmer, Jürgen y col. (2006). Living assistance systems: an ambient intelligence approach. En: Proceedings of the 28th international conference on Software engineering. ACM, pp. 43-50.

Ramos, Carlos, Juan Carlos Augusto y Daniel Shapiro (2008). Ambient Intelligence—the Next Step for Artificial Intelligence». En: *IEEE Intelligent Systems* 23.2, pp. 15—18.

Serna, B., Baltazar, R., Cruz-Parada, P., Meza, J., Manríquez, J. and Zamudio, V. (2019). Use of Intelligent Agent Through Low-Cost Brain-Computer Interface to Analyze Attention and Meditation Levels by Gender. *Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications 2019*, pp.163-174.

**[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]**

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

*International Identification of Science – Techonology an Innovation.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

**Resumen (En Español, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

**Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Innovación Sistemática. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor

**Introducción**

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

**Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente**

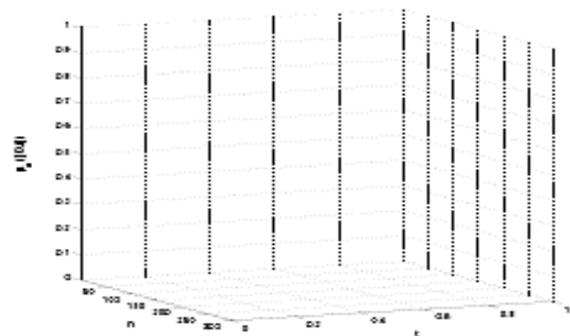
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

**Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables**

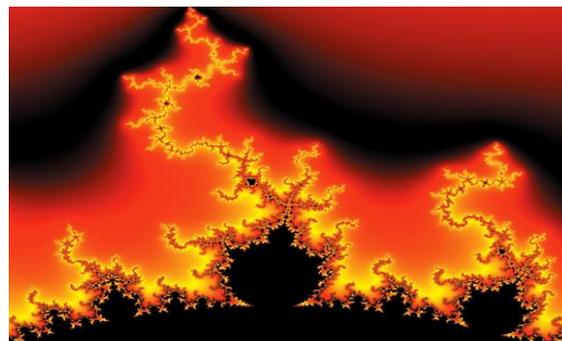
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]



**Gráfico 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

**Metodología a desarrollar**

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

**Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

**Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

## **Conclusiones**

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## **Referencias**

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## **Ficha Técnica**

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## **Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:**

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Innovación Sistemática se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Innovación Sistemática emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Taiwan considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Innovación Sistemática, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales**

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

#### **Política Editorial y Administración**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editor en Jefe**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Traductor**

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

### **Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN® Taiwan), [sponsorships@ecorfan.org](mailto:sponsorships@ecorfan.org)

### **Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. [financingprograms@ecorfan.org](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

### **Oficinas de Gestión**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

# Revista de Innovación Sistemática

“Sintonización genética de sistema de inferencia difuso aplicado al control de posición en un motor de corriente directa”

**RODRÍGUEZ-FRANCO, Martín Eduardo, DELGADO-GUERRERO, Sergio Humberto, LÓPEZ-ÁLVAREZ, Yadira Fabiola y JARA-RUIZ, Ricardo**

*Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes*

*Universidad Politécnica de Aguascalientes*

“Análisis experimental y teórico del ensayo de adherencia capa – sustrato en un acero DIN UC1 tratado termoquímicamente por borurización”

**MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, J. Merced, PÉREZ-PÉREZ, Arnulfo, RODRÍGUEZ-ORTIZ, Gabriel y BAÑOS-LÓPEZ, Esperanza**

*Universidad Politécnica de Juventino Rosas*

“Viabilidad de propuesta de servicio de supervisión remoto en el sector agroindustrial”

**JARA-RUIZ, Ricardo, GARCÍA-REYES, Javier Alexis, RODRÍGUEZ-PADILLA, Luis Ángel y GUERRERO-CONTRERAS, Zaida Raquel**

*Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes*

“Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario”

**CRUZ-PARADA, José María, ZAMUDIO-RODRIGUEZ, Víctor Manuel, LINO-RAMÍREZ, Carlos y GUTIERREZ-HERNANDEZ, David Asael**

*Instituto Tecnológico de León*

