

*Tec Misantla, me llena de orgullo*



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

# Congreso Internacional de Ingenierías 2020

26, 27 y 28 de noviembre 2020

Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Año 2020, Número 1.

ISSN: 2395-9649

# Congreso Interdisciplinario de Ingenierías



### Información Legal

**Congreso Interdisciplinario de Ingenierías**, Año VI, Número I, noviembre 2020, es una publicación anual editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Mianilla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Mianilla, Veracruz. México, C.P. 93821, Teléfono 01 232 323 1545, correo: [cii2020@mianilla.tecnm.mx](mailto:cii2020@mianilla.tecnm.mx); página web: <https://mianilla.tecnm.mx/>, página web [http://pmii.itsm.edu.mx/productividad/CII/memoriacii\\_2020.pdf](http://pmii.itsm.edu.mx/productividad/CII/memoriacii_2020.pdf) Editor responsable: Dr. David Reyes González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-102716093000-203 otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Coordinación de la Maestría en Ingeniería Industrial ITSM, Dr. David Reyes González, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Mianilla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 28 de noviembre de 2020.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la revista electrónica del Congreso Interdisciplinario de Ingenierías 2020.

## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable



Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

# CONGRESO INTERDISCIPLINARIO DE INGENIERÍAS

Año 2020 | No. I





## **Subsecretaria de Educación Superior**

### **Dirección General de Educación Superior**

### **Tecnológica**

### **Instituto Tecnológico Superior de Misantla**

### **Congreso Interdisciplinario de Ingenierías**

### **CII 2020**



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

### Directorio

#### Director General ITSM, México

M.E. José Roberto Arenas Martínez

#### Subdirectora Académica ITSM, México

Dr. Isidro Rodríguez Montoro

#### Director de Planeación y Vinculación

M.A. José Edgar Soto Meneses

#### Director de Servicios Administrativos ITSM, México

C.P. Carlos Landero Hernández

#### Subdirector de Posgrado ITSM, México

MSC. Galdino Martínez Flores

#### Coordinador de la Maestría en Ingeniería Industrial ITSM, México

Dr. David Reyes González

### Cuerpo Editorial

#### Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Mianilla

#### Editor

Dr. David Reyes González

### Comité Revisor

Dr. Carlos Yossio Nakase Rodríguez

Dr. David Lara Alabazares

Dr. David Reyes González

Dr. Eddy Sánchez de la Cruz

Dr. Gregorio Fernández Lambert

Dr. Gustavo Martínez Castellanos

Dr. Isidro Rodríguez Montoro

Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo

Dr. Luis Mejía Macario

Dr. Roberto Ángel Melendez Armenta

Dr. Saúl Santiago Cruz

Dra. Yodaira Borroto Pentón

Dra. María Cristina López Méndez

MIA. Luis Enrique García Santamaría

MC. José de Jesús Ruiz Zamora

MC. Saúl Reyes Barajas

MC. Vladimir Zagoya Juárez

MII. Ana Roselyn Pérez Méndez

MII. Gabriel Grosskelwing Núñez

MII. Graciela Elizabeth Nani González

MII. Margarito Landa Zárate

MSC. Fernando Alberto Hernández Guevara

### Corrección de Estilo

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México

MGyDS. Gricelda Pérez Hernández UTEG, México



# Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

## Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González ITSM, México

## Distribución

Publicación electrónica disponible en:

[http://pmii.itsm.edu.mx/productividad/CII/memoriacii\\_2020.pdf](http://pmii.itsm.edu.mx/productividad/CII/memoriacii_2020.pdf)

Correro electrónico: [cii2020@misanla.tecnm.mx](mailto:cii2020@misanla.tecnm.mx)



## Introducción

El Congreso Interdisciplinario de Ingenierías es un espacio multidisciplinario anual del Instituto Tecnológico Superior de Mianlla, cuyo objetivo principal es compartir resultados de investigaciones científicas realizadas por estudiantes y académicos investigadores de los programas de ingeniería perteneciente al Tecnológico Nacional de México, Centros de Investigación e Instituciones de Educación Superior del país.

Las áreas de interés de esta primera edición están principalmente relacionadas con el mejoramiento de las PYMES y Decisiones Gerenciales. Así mismo, todos los trabajos están dirigidos a especialistas en las distintas áreas de interés. Los trabajos aceptados provienen de investigación experimental, descriptiva, análisis o inferencias, estudios de casos analizados mediante técnicas cuantitativas, cualitativas o una combinación de ambas. También se integran al documento trabajos basados en investigación bibliográfica que permiten un avance en el estudio del tema.

Esta publicación está dirigida al público en general con interés en las temáticas expuestas, y se espera sirvan de referencias para nuevos trabajos de ingeniería.



## Contenido

<b>Crecimiento radial del hongo <i>Phlebiopsis flavidoalba</i> en medio sólido con Benceno</b>	.....	1 - 4
Naxiely Villatoro-Camposeco, Samuel Enciso Humberto Castañon, Juan J. Villalobos		
<b>Cepas <i>Rhizobium</i> nativas como bacterias promotoras del crecimiento vegetal de manera in vitro</b>	.....	5 - 10
Gen-Jiménez Adriana, Rincón-Rosales Reiner, Ruíz-Valdiviezo Víctor Manuel, Cruz-Rodríguez Rosa Isela, Flores-Félix José David		
<b>Propuesta de un sistema web para la automatización de los procesos académicos-administrativos de la empresa Ingeniotics</b>	.....	11 - 16
Delia Araceli Flores Jaimes, Eduardo de la Cruz Gámez, José Antonio Montero Valverde, Jorge Carranza Gómez		
<b>Materiales mejorados de <math>W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O</math> con banda prohibida ajustable para la producción de hidrógeno</b>	.....	17 - 24
R.M. Cabral-Lares, J. Camarillo-Cisneros, A. Arzola-Rubio		
<b>Diseño de concretos hidráulicos con escombros como sustituto al cemento portland usando programación lineal</b>	.....	25 - 30
Kenson Noel, Pablo Julián López González, David Reyes González		
<b>Extracción y caracterización de colágeno a partir de <i>Pterygoplichthys pardalis</i></b>	.....	31 - 36
Ovando-Roblero Amet, Meza Gordillo Rocío, Ruiz-Valdiviezo Víctor Manuel, Castañón González José Humberto, Gutiérrez-Santiago Rodrigo		
<b>Estudio del contenido de omegas-3 en el aceite del pez <i>Pterygoplichthys pardalis</i> obtenido por extracción Soxhlet</b>	.....	37 - 41
Oscar Ramón Cruz Alonso, Sandy Luz Ovando Chacón, Rocío Meza Gordillo, María Celina Luján Hidalgo		
<b>Evaluación de tres cepas de <i>Trichoderma</i> contra <i>Botrytis fabae</i></b>	.....	42 - 48
José Alfredo Cabrera Evaristo, Fátima Gregorio Irineo, Dulce María Murrieta Serrano, Fernando Sánchez Galindo		
<b>Comportamiento del cemento supersulfatado en la compactación AASHTO modificada, de un material tipo sub-base</b>	.....	49 - 54
Pablo Julián López González, David Reyes González, Erick Edgar Maldonado Bandala, Guadalupe Peralta Rodríguez, Víctor Villa Viveros		
<b>Análisis de modelos matemáticos para predicción de resistencia mecánica en concretos con desechos de construcción</b>	.....	55 - 60
Oscar Moreno Vázquez, Pablo Julián López González, David Reyes González, Joaquín Sangabriel Lomelí, Amado Hernández García		
<b>Sistema de georreferenciación, generador de estrategias para espacios públicos seguros</b>	.....	61 - 66
Guadalupe Robles Calderón, Karen Monserrat Pérez Rodríguez, Yessica Guadalupe Pérez Rodríguez		





<b>Algoritmo de localización de esquinas de Harris como base para software de control para marcado de encuarte trasero</b>	.....	<b>67 – 77</b>
Alfredo Carrasco Aráoz, José Guillermo Cebada Reyes, Luis Manuel García Martínez		
<b>Innovación en diseño silla domótica para ducha de personas discapacitadas</b>	.....	<b>78 – 83</b>
Elsa Saldaña Piteros, Lorena Cruz Saldaña		
<b>Construcción de la arquitectura de un Smart Campus universitario</b>	.....	<b>84 – 91</b>
de la Cruz Ponce José Fabricio, Cruz Parada José María, Lino Ramírez Carlos, Zamudio Rodríguez Víctor Manuel		
<b>Fungal diversity in laca’s insects <i>Llaveia axin axin</i> with a don’t cultivable approach</b>		<b>92 – 96</b>
Monjaraz-Penn Saidy, Rincón Rosales Reiner, Mónica Rosembueth		
<b>Desarrollo de plataformas Hardware In the Loop para la validación de sistemas mecatrónicos en instituciones mexicanas de educación superior</b>		<b>97 – 104</b>
Abraham López-Puga, Sergio Santana Villaseñor, Eduardo Vázquez Santacruz, Rogelio de J. Portillo Vélez, Flor Radilla López		
<b>Plataforma prototipo para monitoreo de la calidad del agua del río cazones en Poza rica de Hidalgo, Veracruz</b>		<b>105 – 113</b>
Luis A. Méndez Casas, Manuel A. Zamora Aguirre		
<b>Caracterización de la cadena de suministro alimentaria corta de una pyme: caso Frijoles Rodríguez Mianilla, Veracruz</b>		<b>114 – 120</b>
Mayra Barrera Hernández, Emma Zayuri Castellanos Pulido, Yocelin Cytlay Dionisio Reyes, Rubí Alejandrina Hernández Tapia, Ana Vianey Romero Hernández		
<b>Transferencia de datos en la clasificación de granos de polen</b>	.....	<b>121 – 124</b>
Leyra Martínez, Pedro Arguijo		
<b>Clasificación del lenguaje de señas con descriptores elípticos de Fourier</b>		<b>125 – 131</b>
Carlos Miguel Herrera Orduña, Pedro Arguijo, José Antonio Hiram Vázquez López, Roberto Ángel Meléndez Armenta		
<b>Fenoles totales y actividad antioxidante de la harina de semilla de yaca (<i>Artocarpus heterophilus</i>) fermentada con <i>Lactobacillus fermentum</i> BAL-21-ITTG</b>		<b>132 – 137</b>
Sandra de la Cruz-Pimentel, Peggy E. Álvarez-Gutiérrez, Lucía Ma. Cristina Ventura-Canseco, Miguel Abud Archila		



## Crecimiento radial del hongo *Phlebiopsis flavidoalba* en medio sólido con Benceno

Villatoro-Camposeco Naxiely<sup>1</sup>, Enciso Samuel<sup>2</sup>, Castañón Humberto<sup>3</sup>, Villalobos Juan J.<sup>4</sup>

Autor 1, Tecnológico Nacional, campus Tuxtla Gutiérrez

Autor 2, Tecnológico Nacional, campus Tuxtla Gutiérrez

Autor 3, Tecnológico Nacional, campus Tuxtla Gutiérrez

Autor 4, Tecnológico Nacional, campus Tuxtla Gutiérrez

Contacto:

Naxiely.villatoro@gmail.com

9611748657

### Sustentabilidad

Autor 1, Licenciatura, Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Autor 2, Doctorado, Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Autor 3, Doctorado, Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Autor 4, Doctorado, Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

**RESUMEN.** El hongo *Phlebiopsis flavidoalba* se cultivó en 4 medios diferentes solidificados con agar, agar con benceno 30 ppm, agar con benceno 100 ppm, y agar con extracto de malta y glucosa el aspecto visual manifestó un mayor crecimiento en agar con extracto de malta y glucosa, se determine el crecimiento radial partiendo de la temperatura de fusión del agar se determinó el peso seco de la biomasa formada en los medios de cultivo utilizados para el análisis del crecimiento del hongo *Phlebiopsis flavidoalba*. La morfología de crecimiento de las hifas se alteró en comparación con el crecimiento en agar con extracto de malta y glucosa, los medios de cultivo se analizaron con espectroscopia de infrarrojo con hongo, sin hongo y las diferentes concentraciones, también se analizó el agar en polvo sin benceno y con benceno mediante espectroscopia de infrarrojo.

**PALABRAS CLAVE:** Basidiomicetos, compuestos aromáticos, lignina, lignocelulosa oxidorreductasas.

**ABSTRACT:** The fungus *Phlebiopsis flavidoalba* was grown in 4 different solidified media with agar, benzene agar 30 ppm, benzene agar 100ppm, and agar with malt extract and glucose the visual appearance showed a greater growth in agar with malt extract and glucose, the radial growth was determined and from the melting temperature of the agar the dry weight of the biomass formed in the culture media used for the growth analysis of the fungus *Phlebiopsis flavidoalba*. The morphology of hyphae growth was altered compared to growth in agar with malt extract and glucose,



***the culture media were analyzed with fungus infrared spectroscopy, without fungus and the different concentrations, agar was also analyzed. powder without benzene and benzene by infrared spectroscopy***

**KEYWORDS:** *Basidiomycetes, aromatic compounds, lignin, lignocellulose, oxidoreductases*

## INTRODUCCIÓN

La exposición al benceno se asoció positiva y linealmente con el riesgo de leucemia infantil, particularmente para la leucemia mieloide aguda entre niños menores de 6 años [1]. De ahí la necesidad urgente de desarrollar modalidades de tratamiento alternativas que ayuden a eliminar el benceno del medio ambiente; la biotransformación fúngica se considera uno de los métodos más importantes para eliminar la contaminación del ecosistema. Estudios realizados sobre hongos del orden Polyporales han demostrado la capacidad para degradar Hidrocarburos Poliaromáticos (HAP por sus siglas en inglés) [2], como es el caso de un hongo *Polyporus sp.* S133 recogido de suelo contaminado por hidrocarburos, el cual se usó para degradar el fenantreno, un hidrocarburo aromático policíclico, en un cultivo líquido de caldo de sal mineral en él se obtuvo una tasa de degradación máxima 92% [3], otros estudios con el fluoreno, un HAP de tres anillos, fue degradado en su totalidad por un hongo *Polyporus sp.* S133 después de una incubación de 23 días en el formato de cultivo líquido [2]. En el estado de Chiapas se cuenta con variedad de hongos entre ellos el hongo *Phlebiopsis flavidoalba*. Es importante establecer metodologías para el desarrollo de procesos de biodegradación

## MATERIAL Y MÉTODOS

*Phlebiopsis flavidoalba*.

*Phlebiopsis flavidoalba*, recolectado en el parque ecoturístico de Coapilla, Chiapas. Microscopio óptico con cámara digital AmScope 3.7. Infrarrojo ThermoFisher Cajas Petri Matraces

## METODOLOGIA

### ***Pruebas en cajas petri***

Se realizó la experimentación en cajas petri, en las cuales se prepararon 4 medios diferentes solidificados con agar, agar con benceno 30 ppm, agar con benceno 100 ppm, y agar con extracto de malta y glucosa, se determinó el crecimiento radial partiendo de la temperatura de fusión del agar se determinó el peso seco de la biomasa formada en los medios de cultivo utilizados para el análisis del crecimiento del hongo *Phlebiopsis flavidoalba*

Se inoculó el medio de cultivo que contiene 2 g de glucosa como fuente de carbono, 2 ml de solución con sales minerales y 2 ml de solución con elementos traza, 86 mL de agua destilada, con el hongo *Phlebiopsis flavidoalba*, posteriormente se cuantificó peso seco de la biomasa obtenida; se analizó el efecto del benceno sobre el agar en infrarrojo y mediante micrografías se analizó el efecto del benceno sobre las hifas del hongo *Phlebiopsis flavidoalba*.

## RESULTADOS

El hongo *Phlebiopsis flavidoalba* (Fig. 1) presentó una mayor Vr en el medio de cultivo que contenía extracto de malta y glucosa en comparación con los demás medios de cultivo. Sin embargo, también se observó crecimiento en el medio que contenía como posible fuente de carbono únicamente agar. El menor crecimiento radial se presentó en el medio agar con benceno (Tabla 1), en la tabla 2 se presenta la biomasa obtenida de *P. flavidoalba* en los diferentes medios utilizados. En la figura



3 se observa los resultados obtenidos en infrarrojo

Tabla 1. Velocidad de crecimiento radial de *P. flavidoalba* en diferentes medios de cultivo.

Cepa	Medio de cultivo			
	Agar (mm/hr)	Agar/benceno 30 ppm (mm/hr)	Agar/benceno 100 ppm (mm/hr)	Agarextracto de malta y glucosa (mm/hr)
<i>P. flavidoalba</i>	0.02	0.015	0.015	1.00

Tabla 2. Biomasa producida por *P. flavidoalba* en diferentes medios de cultivo.

Cepa	Medio de cultivo			
	Agar (g/cm <sup>2</sup> )	Agar/benceno 30 ppm (g/cm <sup>2</sup> )	Agar/benceno 100 ppm (g/cm <sup>2</sup> )	Agarextracto de malta y glucosa (g/cm <sup>2</sup> )
<i>P. flavidoalba</i>	0.002	0.0013	0.0010	0.0900

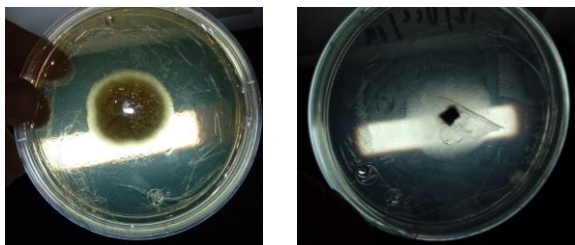


Figura 1. Comparación del crecimiento radial en medio con extracto de malta (izquierda) y en medio con agar como posible fuente de carbono (derecha)  
Fuente: elaboración propia.

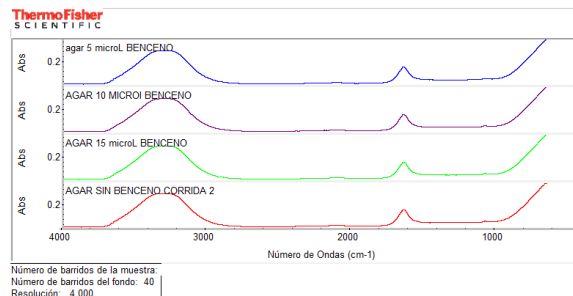


Figura 2. Resultados obtenidos en infrarrojo con los medios de cultivo que contienen agar únicamente como posible fuente de carbono y agar/benceno a diferentes concentraciones. Fuente: Elaboración propia

## AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por las becas otorgadas a Enciso Saenz Samuel., Castañon Humberto y Villalobos Juan J. por seguir apoyando nuestra investigación científica.

## CONCLUSIONES

El hongo *P. flavidoalba* tiene la capacidad de crecer en medios de cultivo que tienen como única fuente de carbono al agar, así también crece en medios que contienen benceno, para poder establecer la capacidad del hongo en los procesos de degradación de benceno se realizaran futuros estudios en medios líquidos, para otorgarle exclusivamente como fuente de carbono benceno.

De acuerdo a los resultados obtenidos en infrarrojo, no muestras efectos del benceno sobre el agar, pero es importante señalar la alta volatilidad del benceno.

## BIBLIOGRAFÍA

### 1. Bibliografía

- [1] E. E. Hatch, T. Filippini, K. J. Rothman, J. E. Heck, A. S. Park, A. Crippa, N. Orsini y M. Vinceti, «Association between Outdoor Air Pollution and Childhood Leukemia: A Systematic



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

***Review and Dose–Response Meta-Analysis,» Environmental Health Perspectives, vol. 127, n° 4, pp. 1-17, Abril 2019.***

**[2] Z. M. Lazim y T. Hadibarata , «Ligninolytic fungus Polyporus sp. S133 mediated metabolic degradation of fluorene,» Environmental Microbiology, vol. 47, pp. 610-616, 2016.**

**[3] T. Hadibarata y S. Tachibana, «Characterization of phenanthrene degradation by strain Polyporus sp. S133,» Journal of Environmental Sciences, vol. 22, n° 1, pp. 142-149, 2010.**

**[4] O. López Gómez, J. Morales Noriega, L. M. C. Ventura Canseco, F. A. Gutiérrez Miceli y J. H. Castañón González, «Caracterización Hidrodinámica de un biorreactor multifuncional,» Que hacer CIENTIFICO, vol. 1, n° 4, pp. 19-28, 2007.**



## Cepas *Rhizobium* nativas como bacterias promotoras del crecimiento vegetal de manera *in vitro*

Adriana Gen Jiménez<sup>\*1</sup>, Reiner Rincón Rosales<sup>2</sup>, Víctor Manuel Ruíz Valdiviezo<sup>3</sup>, Rosa Isela Cruz Rodríguez<sup>4</sup>, José David Flores Félix<sup>5</sup>

<sup>1</sup>M10270415@tuxtla.tecnm.mx

<sup>2</sup>reiner.rr@tuxtla.tecnm.mx

<sup>3</sup>victor.rv@tuxtla.tecnm.mx

<sup>4</sup>rosa.cr@tuxtla.tecnm.mx

<sup>5</sup>jdfllores@usal.es

Contacto:

adrii\_gen@hotmail.com

+52 961 1913846

### Alimentos y Sustentabilidad

Adriana Gen Jiménez, Ingeniero Bioquímico, estudiante de M.C. en Ing. Bioquímica, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez.

Reiner Rincón Rosales, Doctor en Ciencias Biológicas, Profesor-Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez.

Víctor Manuel Ruíz Valdiviezo, Doctor en Ciencias en Biotecnología, Profesor-Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez.

Rosa Isela Cruz Rodríguez, Doctora en Ciencias en Agrobiotecnología, Profesor-Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez.

José David Flores Félix, Doctor en Microbiología del Suelo, Investigador Postdoctoral en Universidad da Beira, Profesor-Investigador, Universidad de Salamanca.

**RESUMEN:** Una alternativa al uso de productos químicos en la agricultura, es el empleo de biofertilizantes bacterianos. Donde el género *Rhizobium*, se caracteriza por promover el crecimiento vegetal al producir exopolisacáridos, solubilizar fosfato, producir sideróforos y fitohormonas, además de fijar nitrógeno. Las especies bacterianas *Rhizobium calliandrae* LBP2-1, *Rhizobium jaguaris* SJP1-2 y *Rhizobium mayense* NSJP1-1 son cepas consideradas como nuevas especies que se aislaron de la leguminosa medicinal *Calliandra grandiflora* identificada en

bosques del estado de Chiapas, México. En experimentos *in vitro* se demostró que estas cepas tienen potencial como biofertilizantes, debido a la capacidad de producir exopolisacáridos para la formación de biopelículas, siendo este un paso primordial para la colonización de raíces, además producen sideróforos, ácido indol acético y solubilizan bajas cantidades de fosfato. Por tal motivo, se han considerado como cepas de importancia biotecnológica que deberán ser estudiadas en cultivos vegetales, utilizándolas como biofertilizantes inocuos al medio ambiente.



**PALABRAS CLAVE:** AIA, biofertilizante, biopelículas, sideróforos, solubilización de fosfato.

**ABSTRACT:** *An alternative to the use of chemical products in agriculture is the use of bacterial biofertilizers. Where the genus Rhizobium is characterized by promoting plant growth by producing exopolysaccharides, solubilizing phosphate, producing siderophores and phytohormones, in addition to fixing nitrogen. The bacterial species Rhizobium calliandrae LBP2-1, Rhizobium jaguaris SJP1-2 and Rhizobium mayense NSJP1-1 are strains considered as new species that were isolated from the medicinal legume Calliandra grandiflora identified in forests of the state of Chiapas, Mexico. In vitro experiments it was shown that these strains have potential as biofertilizers, due to the ability to produce exopolysaccharides for biofilms formation, this being a primary step for root colonization, they also produce siderophores, indole acetic acid and solubilize low amounts of phosphate. For this reason, they have been considered as biotechnological strains that should be studied in vegetable crops, using them as harmless biofertilizers to the environment.*

**KEYWORDS:** IAA, biofertilizer, biofilms, phosphate solubilization, siderophores.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación por la protección al medio ambiente debido al uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura, una alternativa a esta problemática es el uso de microorganismos como biofertilizantes, en lugar de agentes químicos. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB (por sus siglas en inglés, Plant Growth Promoting Bacteria), son bacterias que, al promover el crecimiento y desarrollo de las

plantas, aumentan los rendimientos de los cultivos al favorecer la absorción de los nutrientes [1].

En diversos estudios, cepas del género *Rhizobium* han demostrado la capacidad de producir celulosa y biopelículas, un paso primordial involucrado en la colonización de raíces, además ayudan en la fijación de nitrógeno simbiótico, la solubilización de fosfato, la producción de sideróforos y fitohormonas que regulan procesos del desarrollo vegetal [2,3].

*Rhizobium calliandrae* LBP2-1, *Rhizobium jaguaris* SJP1-2 y *Rhizobium mayense* NSJP1-1 son cepas de nuevas especies del género *Rhizobium* que fueron aisladas de nódulos de la leguminosa medicinal *Calliandra grandiflora* en bosques tropicales del estado de Chiapas, México [4]. Sin embargo, no existen más estudios sobre estas tres cepas de nuevas especies, por lo que es importante conocer el potencial que estas cepas puedan tener como biofertilizantes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Solubilización de fosfato

La capacidad de solubilización de fosfato inorgánico se estudió utilizando el medio Pikovskaya como medio base [5], utilizando fosfato bi y tricálcico. Después de 15 días de incubación se midieron los índices de solubilización de fosfato.

### Producción de sideróforos

La producción de sideróforos se evaluó en el medio de cultivo M9-CAS-Agar [6], modificado con la adición de un disolvente catiónico (HDTMA) y un agente quelante del hierro (EDTA) [7]. Después de diez días de incubación se observó la presencia de halos alrededor de las colonias.

### Producción de ácido indol acético

La capacidad para producir ácido indol acético fue evaluada utilizando el medio JMM [8], al



que se añadió triptófano a una concentración de 0,165 g/L. Después de tres días de incubación el sobrenadante se recuperó mediante centrifugación a 5000xg, se añadió 1 mL de reactivo Salkowsky a 2 mL de sobrenadante. La intensidad de color se midió por espectrofotometría a 550 nm.

### **Producción de celulosa**

La producción de celulosa fue evaluada utilizando el medio de cultivo YMA suplementado con 25 mg/L de rojo Congo [9]. Después de siete días de incubación, la presencia de colonias rojas indica un resultado positivo.

### **Formación de biopelículas**

La determinación cuantitativa de la formación de biopelículas se evaluó en placas multipocillo [10]. Se realizaron precultivos en medio TY líquido a 28 °C y 180 rpm durante 48 horas. Con medio nuevo se hicieron diluciones para tener una  $DO_{600}$  de 0.2.

Se inocularon 100  $\mu$ L de las suspensiones de las cepas en ocho pocillos. Los pocillos rellenos con las cepas quedaron también rodeados de pocillos conteniendo medio de cultivo estéril. Las placas se sellaron y se incubaron a 28 °C. Se monitorearon a las 24, 48 y 72 horas, para lo cual se eliminó el medio de los pocillos por aspiración y se añadieron 100  $\mu$ L por pocillo de cristal violeta (0,3%) se incubó durante 10 min, se retiró por aspiración y el exceso se lavó tres veces con agua destilada durante cinco min cada una. Las placas se dejaron secar y se añadió 100  $\mu$ L por pocillo de una solución de etanol-acetona 8:2. Se incubaron durante 15 min y se midió la absorbancia a 570 nm.

## **RESULTADOS**

### **Solubilización de fosfato**

Las tres cepas presentan capacidad de solubilizar fosfato bicálcico (tabla 1), sin

embargo, no son capaces de solubilizar el fosfato tricálcico. Estas diferencias pueden estar relacionadas a la evolución de las bacterias según del suelo donde estas fueron aisladas. Cuando los índices de solubilización son inferiores a 1.7, se considera como cepas capaces de solubilizar bajas cantidades de fosfato [11].

El fósforo es el segundo nutriente limitante para el crecimiento de las plantas, su disponibilidad es limitada debido a que se encuentra en formas insolubles en el suelo, por lo que es importante que los microorganismos que se pretendan usar como biofertilizantes tengan esta capacidad [12, 13].

### **Producción de sideróforos**

Las tres cepas originaron halos en el medio M9-CAS, lo que indica la producción de sideróforos (tabla 1), aunque solo dos de ellas, *R. jaguaris* y *R. mayense*, presentan capacidades considerables.

El hierro es fundamental como cofactor de gran cantidad de rutas metabólicas, sin embargo, al igual que el fósforo, el hierro se encuentra en formas inaccesibles en el suelo, por lo que la capacidad de las bacterias para producir moléculas quelantes (sideróforos) de hierro para su transporte al interior de las células es una característica deseada [1].

### **Producción de ácido indol acético**

Las concentraciones de AIA producidas por las tres cepas *Rhizobium* oscilan entre 21 y 42 mg/L (tabla 1), cantidades favorables, ya que concentraciones por encima de 90 mg/L podrían causar daño en las plantas y son producidas comúnmente por bacterias patógenas [13].

El ácido indol acético (AIA) es la hormona vegetal más común, involucrada en prácticamente todo el desarrollo y crecimiento de las plantas [1]. El precursor del AIA producido por las bacterias es el triptófano, este aminoácido es un exudado de las raíces





de las plantas, que a su vez absorben el AIA producido generando un efecto positivo en las plantas [13].

**Tabla 1. Solubilización de fosfato (PSI), producción de sideróforos (SID), producción de ácido indol acético (AIA).**

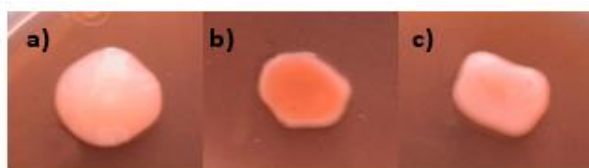
Fuente: Elaboración propia.

Cepa	PSI		SID	AIA (mg/l)
	Ca <sub>2</sub> PO <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		
LBP2-1	1.125	0.000	+	21
SJP1-2	1.100	0.000	++	35
NSJP1-1	1.153	0.000	++	42

### Producción de celulosa

La coloración rojiza de las colonias indica la abundancia relativa de polisacárido rico en enlace β1-4 que unen a las moléculas de glucosa en la celulosa, siendo *R. jaguaris* quien presenta una tonalidad ligeramente rojiza; mientras que en *R. calliandrae* y *R. mayense*, la tonalidad de las colonias es prácticamente blanca, indicando una ausencia en la producción de celulosa por parte de estas dos bacterias (Fig. 1).

La celulosa es uno de los componentes de los polisacáridos producidos por las bacterias para la colonización de raíces, sin embargo, no es el único, ya que también pueden estar compuestos por succinoglicano o glucanos, utilizando diferentes monómeros como galactosa, glucosa, manosa, ramnosa, xilosa, ácido galacturónico o ácido glucurónico, entre otros [14].



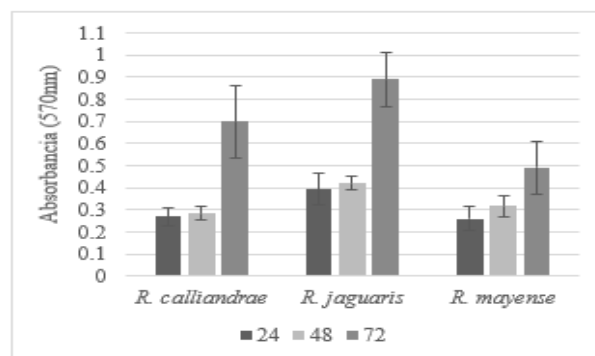
**Figura 1. Fotografía de las colonias en medio YMA suplementado con rojo Congo. (a) *R. calliandrae* LBP2-1, (b) *R. jaguaris* SJP1-2, y (c) *R. mayense* NSJP1-1**

Fuente: Elaboración propia.

### Formación de biopelículas

La formación de biopelículas se expresa de manera relativa en unidades de absorbancia medidas a una longitud de onda de 570 nm. Observando un comportamiento similar en la producción de biopelículas en las cepas *R. calliandrae* y *R. jaguaris*, donde durante las primeras 48 horas la producción se mantiene constante y después de las 72 horas esta se duplica. Mientras que, en el caso de *R. mayense*, la producción tiene un comportamiento lineal y el rendimiento de la producción es menor en comparación con las demás cepas (Fig. 2).

La capacidad que las bacterias tengan para adherirse a diferentes superficies como las raíces de las plantas, está determinada por la capacidad de producir polisacáridos para la



**Figura 2. Producción de biopelículas a 24, 48 y 72 horas en placas multipocillo de las tres cepas.**

Fuente: Elaboración propia.

formación de biopelículas [3].

### CONCLUSIONES

Para poder utilizar bacterias en la agricultura como biofertilizantes, es necesaria la evaluación de sus diferentes características de promoción del crecimiento vegetal, como solubilización de fosfato, producción de sideróforos, síntesis de fitohormonas y producción de exopolisacáridos, primero de manera *in vitro*, para tener un panorama de



ellas y después ser evaluadas de manera *in vivo* en plantas.

Si bien, *R. calliandrae*, *R. mayense* y *R. jaguaris* no son cepas con altas capacidades de solubilizar fosfatos, tienen otras cualidades que las hacen buenas candidatas para su empleo como biofertilizantes, sin embargo, es necesario su estudio en plantas para establecerlas como biofertilizantes para cultivos agrícolas. Actualmente nos encontramos en la realización del estudio *in vivo* en plantas de tomate.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por aporte de las instalaciones necesarias para la realización del proyecto, así como equipos, material y reactivos; a la Universidad de Salamanca se agradece el apoyo brindado durante la estancia realizada, durante la cual proporcionó sus instalaciones, equipos, material y reactivos; y a CONACYT por la beca brindada a través del PNPC.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] B. R. Glick. *Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications*. *Scientifica*, 15. 2012.

[2] A. Jiménez Gómez, J. D. Flores Félix, P. García Fraile, P. Mateos, E. Menéndez, E. Velázquez, R. Rivas. *Probiotic activities of Rhizobium laguerreae on growth and quality of spinach*. *Scientific Reports*, 1-10. 2018.

[3] J. D. Flores Félix, L. Silva, L. Rivera, M. Marcos García, P. García Fraile, E. Martínez Molina, R. Rivas. *Plants probiotics as a tool to produce highly functional fruits: The case of Phyllobacterium and Vitamin C in Strawberries*. *Plos One*, 1-10. 2015.

[4] R. Rincón-Rosales, J. M. Villalobos Escobedo, M. A. Rogel, J. Martínez, E. Ormeño Orrillo, E. Martínez Romero. *Rhizobium calliandrae sp. nov., Rhizobium mayense sp. nov. and Rhizobium jaguaris sp. nov., rhizobial species nodulating the medicinal legume Calliandra grandiflora*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 3423–3429. 2013.

[5] R. I. Pikovskaya. *Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species*. *Microbiology*, 17, 362-370. 1948.

[6] B. Schwyn, J. B. Neilands. *Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores*. *Anal Biochem*. 160:47-56. 1987.

[7] D. B. Alexander, D. A. Zuberer. *Use of Chrome Azurol S reagents to evaluate siderophore production by rhizosphere bacteria*. *Biol Fertil Soils* 12: 39–45. 1991.

[8] G. W. O'Hara, T. J. Goss, M. J. Dilworth, A. R. Glenn. *Maintenance of intracellular pH and acid tolerance in Rhizobium meliloti*. *Appl Environ Microbiol*, 55: 1870–1876. 1989.

[9] M. Robledo, L. Rivera, J. I. Jiménez-Zurdo, R. Rivas, F. Dazzo, E. Velázquez. *Role of Rhizobium endoglucanase CelC2 in cellulose biosynthesis and biofilm formation on plant roots and abiotic surfaces*. *Microb Cell Fact.*, 11:125. 2012.

[10] N. Fujishige, N. Kapadia, P. De Hoff, A. Hirsch. *Investigations of Rhizobium biofilm formation*. *FEMS microbiology ecology*, 56(2), pp.195–206. 2006.



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**[11] J. D. Flores-Félix. Caracterización molecular y funcional de biofertilizantes bacterianos, y análisis de su potencial para mejorar la producción de cultivos de maíz, guisante, lechuga, fresa y zanahoria. Tesis de grado. 2018.**

**[12] P. N. Bhattacharyya, D. K. Jha. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 1327-1350. 2012.**

**[13] M. Ahemad, M.Kibret. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University – Science, 1-20. 2013.**

**[14] V.A. Ribeiro, C. A. Burkert. Exopolysaccharides Produced by Rhizobium : Production, Composition and Rheological Properties. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry, 4(1), pp.1–6. 2016.**



## Propuesta de un Sistema Web para la automatización de los procesos Académico-Administrativos de la empresa Ingeniotics.

Delia Araceli Flores Jaimes<sup>1</sup>, Eduardo de la Cruz Gámez<sup>2</sup>,  
José Antonio Montero Valverde<sup>3</sup> y Jorge Carranza Gómez<sup>4</sup>.

deliaaraceli.fj@gmail.com  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx  
jose.mv@acapulco.tecnm.mx  
jorge.cg@acapulco.tecnm.mx

Contacto:  
deliaaraceli.fj@gmail.com  
744 121 7874

### Optimización de Procesos

<sup>1</sup>Delia Araceli Flores Jaimes, Ing. en Sistemas de Información, estudiante de la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México/IT de Acapulco.

<sup>2</sup>Eduardo de la Cruz Gámez, Dr. en Ciencias Computacionales, jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México/IT de Acapulco.

<sup>3</sup>José Antonio Montero Valverde, Dr. en Ciencias Computacionales, Profesor de la MSC en el Tecnológico Nacional de México/IT de Acapulco.

<sup>4</sup>Jorge Carranza Gómez, Maestro en Tecnologías de la Información, Profesor de la MSC en el Tecnológico Nacional de México/IT de Acapulco.

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra una propuesta para el desarrollo de un Sistema Web para el control y automatización de los procesos académico-administrativos en la empresa Ingeniotics S.A de C.V; con la finalidad de brindar una solución a las necesidades que esta presenta. El cual tiene como objetivo resolver la ausencia de un sistema que permita tener un control de los procesos dentro de la empresa. Siendo así la primera parte del artículo se redacta la problemática encontrada en el

área a desarrollar el proyecto, posteriormente se propone hacer uso de algunas arquitecturas de software y se describe la propuesta de solución, finalmente se muestran los resultados parciales en los que se encuentra actualmente el desarrollo del proyecto, siguiendo la metodología ágil Programación Extrema (XP).

**PALABRAS CLAVE:** Sistema Web, Metodología ágil, Programación Extrema, Modelo Vista Controlador, Arquitecturas de Software, Automatización.



**ABSTRACT:** *The present Project show a proposal for the development of a web system for the control and automation of academic-administrative processes in the Ingeniotics Company S.A de C.V; in order to provide a solution to the needs that is present. Which has a purpose to resolve the absence of a system that allows to have control of the processes within the company. Being so, the first part of the article the problem is written in the area to be development the project, later is proposed to make use of some architectures of software and the proposed solution is described, finally the main results are demonstrated where the project is currently following the agile methodology Extreme Programming (XP).*

**KEYWORDS:**

*Web System, Agile Methodology, Extreme Programming, Controller View Model, Software Architectures, Automation.*

**INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad la empresa Ingeniotics S.A de C.V., a la cual hace referencia este estudio, cuenta con tres sucursales, las cuales carecen de un sistema computacional para llevar a cabo todos los procesos administrables de la empresa, sabiendo lo demandante que es la competencia, las empresas buscan ser más productivas, pero para lograrlo es indispensable contar con la tecnología adecuada, ofrecer calidad en los productos y servicios.

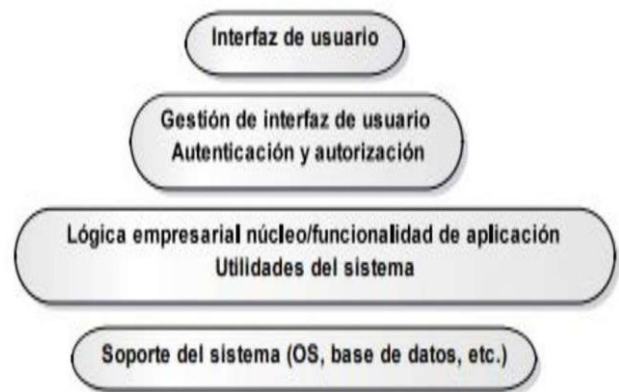
Lo anterior mencionado busca hacer referencia a la constante presentación de problemas primeramente para el personal encargado de llevar los procesos académicos y administrativos de la empresa, teniendo en cuenta que dichos procesos actualmente se realizan de manera manual y se registran en una base de datos elaborada en Excel.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Arquitecturas de Software.**

Arquitectura en capas.

Organiza un sistema en capas donde las funcionalidades están relacionadas con cada capa. Una capa proporciona servicios a la capa superior, las capas de nivel más bajo representan funcionalidades o servicios centrales que pueden ser usados en todo el sistema. Las características de esta arquitectura son: Describe la descomposición de servicios de forma que solamente entre capas vecinas existe la interacción. Las capas de una aplicación pueden estar en una misma máquina o pueden estar distribuidas en diferentes equipos de cómputo.



**Figura 1. Arquitectura en capas.**

**Fuente: Sommerville 2016.**

Arquitectura de tres capas.

Separa una aplicación en tres capas:

- **Presentación:** Su responsabilidad es la representación de datos al usuario mediante los componentes que residen en esta capa y su interacción con esta. Estos componentes permiten al usuario interactuar con los procesos de la capa de negocio de una forma segura e intuitiva.
- **Negocio:** Gestiona la lógica empresarial de la aplicación y puede acceder a los servicios de la tercera capa. En esta capa se produce la mayor parte del trabajo de los procesos de una aplicación, varios componentes de la capa de presentación pueden acceder simultáneamente a los



procesos de la capa de negocio y esta debe gestionar sus propias transacciones.

- Datos: Esta capa solamente puede comunicarse con la capa de negocio para proveer acceso a los datos y que pueda procesarlos para mostrarlos en la capa de presentación. A continuación, se muestra en la figura 2 un ejemplo de una arquitectura de tres capas.



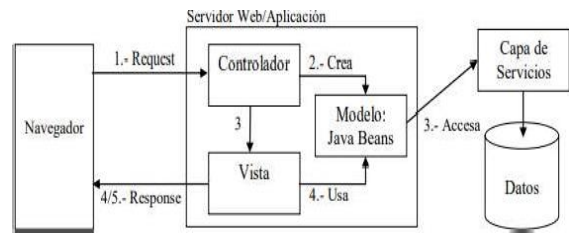
**Figura 2. Arquitectura en dos niveles y tres capas.**  
Fuente: Mora 2011.

Modelo Vista Controlador o MVC (Model- View- Controller).

Es un patrón de arquitectura de las aplicaciones software. Separa la lógica de negocio de la interfaz de usuario, facilita la evolución por separado de ambos aspectos e incrementa la reutilización y flexibilidad de la aplicación (Pavón, 2008). Se trata de un modelo muy maduro y que ha demostrado su validez a lo largo de los años en todo tipo de aplicaciones, y sobre multitud de lenguajes y plataformas de desarrollo.

- El Modelo que contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio, y sus mecanismos de persistencia.

- La Vista, o interfaz de usuario, que compone la información que se envía al cliente y los mecanismos interacción con éste.
- El Controlador, que actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información entre ellos y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada uno.



**Figura 3. MVC de Arquitectura.**  
Fuente: Wall 2005.

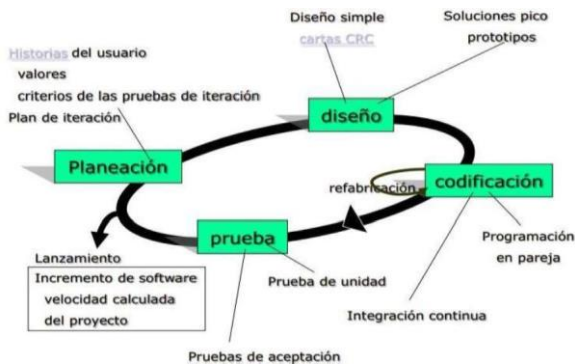
Después de analizar las arquitecturas presentadas podemos decir que todas están enfocadas a algún tipo de aplicación con diferente propósito cada una, sin embargo, la arquitectura elegida para el desarrollo del sistema propuesto es la arquitectura de Modelo-Vista-Controlador (MVC) ya que comparado con las otras esta es mayormente adaptable para el desarrollo de aplicaciones web por tal motivo fue la arquitectura elegida dado que el sistema que se pretende desarrollar es una aplicación web, además el uso de esta arquitectura permitirá separar las capas lógicas de la interfaz de usuario, y a su vez incrementará la reutilización y la flexibilidad de nuestra aplicación.

**Metodología de desarrollo del software.**

Para el desarrollo de esta aplicación web se propone el uso de la metodología Programación Extrema (XP), que forma parte de las conocidas metodologías ágiles cuyo objetivo es el desarrollo y gestión de proyectos con eficacia, flexibilidad y control. La realización de este proyecto se hará de



acuerdo con cada una de las etapas marcadas por esta metodología. La metodología nos proporciona una serie de ventajas que nos benefician para el desarrollo del proyecto, la adaptabilidad de esta metodología en proyectos a corto y mediano plazo es un beneficio para el desarrollo de esta aplicación, además la manera en que esta nos permite organizar las actividades para el desarrollo del proyecto, la programación de esta metodología es muy organizada, la tasa de errores es muy pequeña, la interacción con el cliente es vital, permitiendo realizar pruebas continuas durante el proyecto y sobre todo es adaptable a cualquier cambio en cualquier momento del ciclo de vida del proyecto.



**Figura 4. El proceso de la Programación Extrema**  
Fuente: Kent Beck.

### Propuesta de Solución.

- Implementar la metodología Programación Extrema para el desarrollo del sistema y obtener nuestro product backlog (historias de usuario o requerimientos).
- Diseñar una base de datos relacional. Mediante SQL EXPRESS analizar y esquematizar la base de datos que cumpla con la primer, segunda y tercera forma de normalización, que sea óptima y eficiente para el desarrollo del sistema.
- Usar .Net Framework como software principal a través de un de las mejores IDEs

visual Studio para toda la codificación del sistema en general.

- Usar una arquitectura en capas logrará separar responsabilidades lógicas del sistema para hacerlo escalable, mantenible y reutilizable sin que las demás partes codificadas se vean comprometidas.

□ Front End.

- CSS para los estilos visuales.
- HTML para el maquetado de componentes.
- JAVASCRIPT como lenguaje secundario que se ejecutara en los navegadores junto con la librería JQUERY para ser más rápidos y eficaces en el proceso de desarrollo de eventos y animaciones visuales.

□ Backend.

C# como lenguaje de programación principal.

### RESULTADOS

A continuación se muestran de manera gráfica los artefactos elaborados en base al seguimiento de la metodología Programación Extrema (XP), los cuales forman parte de la fase de Exploración y Planificación marcadas por esta metodología, en la figura 5 se muestra la elaboración de una historia de usuario la cual se realiza por cada uno de los requerimientos del sistema, posteriormente en la figura 6 se muestra la estimación del tiempo que se empleará para desarrollar cada una de las historias de usuario.



Historia de usuario	
Numero: 1	Usuario: SuperUsuario, recepcionista, profesor, administrador
Nombre historia: Ingreso al Sistema	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados:	Iteración Asignada: 1
Programador: Delia Araceli Flores Jaimes	
Descripción: El ingreso a la aplicación, con su usuario y contraseña correspondiente; de ser así se presentará el menú inicial, caso contrario se mostrará un mensaje de error.	
Observaciones: El usuario deberá estar registrado en la base de datos. Mediante correo electrónico el sistema enviará mensaje de recuperación donde el usuario podrá acceder y cambiar su contraseña.	

**Figura 5. Historia de usuario Ingreso al Sistema.**  
Fuente: Elaboración propia.

NRO.	HISTORIA DE USUARIO	TIEMPO ESTIMADO		
		SEMANAS ESTIMADAS	DÍAS ESTIMADOS	HORAS ESTIMADAS
1	Ingreso al sistema	3	15	45
2	Creación de permisos	3	15	45
3	Gestión de usuarios	4	20	60
4	Registro de docentes	3	15	45
5	Gestión de alumnos	3	15	45
6	Generar cursos	4	20	60
7	Creación de horarios	4	20	60
8	Asignación de cursos	4	20	60
9	Registro de pagos	3	15	45
10	Recuperación de clases	4	20	60
11	Registro de faltas y asistencias	4	20	60
12	Búsqueda de registros	3	15	45
Tiempo Estimado Total		42	210	630

**Figura 4. Estimación de historias de usuario.**  
Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

En este artículo se presentó la situación actual en la cual se encuentra la empresa Ingeniotics, toda la problemática que

atraviesa a raíz de que no se cuenta con un sistema que agilice y mejore los procesos tanto académicos como administrativos. Además, se propone la utilización de la metodología Programación Extrema (XP) para llevar a cabo el desarrollo del sistema, dividiéndolo en fases marcadas por la metodología para garantizar el correcto funcionamiento del mismo, después de haber hecho una comparativa con el resto de las metodologías que forman parte de las conocidas metodologías ágiles, y tomando en cuenta esa comparativa se optó por la utilización de la antes mencionada, sabiendo que con el uso de esta metodología permitirá desarrollar cada una de las etapas de este sistema de manera eficiente, garantizando que los procesos administrativos de la empresa se lleven a cabo de manera correcta, mostrando como resultados parciales las figuras de la primera fase de la metodología.

Por otra parte, para el desarrollo de este Sistema Web después de los argumentos expuestos y posterior al análisis se determinó el uso un patrón de arquitectura de las aplicaciones de software, conocida como MVC, ya que la aplicación a desarrollar se trata de una aplicación web y que es esta arquitectura en comparación con las otras está enfocada en el desarrollo de aplicaciones web y por ende esto nos permitirá separar las capas lógicas de la interfaz de usuario.

Trabajos a futuro.

Este artículo forma parte de una serie de trabajos, donde el presente es el primero de estos, de manera que en los trabajos futuros se abordará el desarrollo del sistema propuesto, mostrando algunos modelos aplicados y gráficas propuestas por la metodología que se pretende aplicar para el desarrollo de este sistema web y finalmente algunos resultados obtenidos de este desarrollo.





## BIBLIOGRAFÍA

[1] Sommerville, I. (2011), Ingeniería de Software, México: PEARSON EDUCATION PRESSMAN, (2002). Ingeniería del Software. Un enfoque práctico. 5ta Edición, Pressman.

[2] Beck, K. "Extreme Programming Explained. Embrace change", Pearson Education, 1999. Traducido al español como: "Una explicación de la programación extrema. Aceptar el cambio", Addison Wesley, 2000.

[3] Juan Pavón Mestras. (2008). Estructura de las Aplicaciones Orientadas a Objetos El patrón Modelo- Vista-Controlador (MVC).

[4] Universidad Complutense Madrid. Davidenq (agosto 2016) Entendiendo M de MVC y sus problemas <https://medium.com/@davidenq/entendiedo-m-de-mvc-y-sus-problemasebc0cbf518ec>.

[5] Ing.Cesar Javier Jimenez Rodriguez, M. C. (2017). Propuesta de un sistema de información para el control de incidencias del personal. congreso internacional de investigación Academia Journals Celaya.

[7] Ing. José Raúl López Morales, M. J. (2019). Herramienta para la administración de eventos del fidecomi, congreso internacional de investigación Academia Journals Morelia.

[8] Ing. Karina de Jesúa Vega Vázquez, M- (2017). Sistema de control para la administración de condominios scac. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya.



## Materiales Mejorados de $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$ con Banda Prohibida Ajustable para la Producción de Hidrogeno

Rocio Magaly Cabral Lares<sup>1</sup>, Javier Camarillo Cisneros<sup>2</sup>, Alejandro Arzola Rubio<sup>3\*</sup>

rocio.cl@chihuahua2.tecnm.mx  
javier.camarillo.c@gmail.com  
alejandro.ar@chihuahua2.tecnm.mx

Contacto:  
alejandro.ar@chihuahua2.tecnm.mx  
6141909957

Área temática de la Investigación: **Nanomateriales**

Autor 1, Doctorado, Posgrado, Tecnológico Nacional de México Campus Chihuahua II.

Autor 2, Doctorado, Posgrado, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Autor 3, Doctorado, Posgrado, Tecnológico Nacional de México Campus Chihuahua II.

**RESUMEN:** Realizando el procedimiento de síntesis hidrotérmica con hidrato de metatungstato de amonio acuoso ( $(NH_4)_6 H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ ) y Molibdato de amonio tetrahidratado ( $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ), se han dispuesto una serie de nanoestructuras/microestructuras  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$  ( $x = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ ) además de estructuras micromórficas  $MoO_3 \cdot 0.55 \cdot H_2O$ . La red cristalina del  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$  puede ser reemplazada hasta con 75% de Mo sin mostrar modificaciones del huésped ortorrómbico. Se puede observar una reducción en la banda prohibida de los materiales de 2.62 a 2.10 eV al elevar el contenido de Mo de 0 a 0.75. Utilizando cálculos DFT+U para la confirmación de los datos experimentales, se ratificaron los resultados de los materiales de hasta  $X=0.75$ . Se sugiere que

el aumento un incremento en la fracción de Mo en porcentajes de 25, 50 y 75, atribuyendo que los efectos de la síntesis hidrotérmica, el peróxido de hidrógeno y el pH tienen acción en el estrechamiento de la banda prohibida, así como el aumento de área superficial y presuntamente la producción de hidrógeno y se sugiere que hacen posible la producción de hidrógeno mediante la división de agua fotocatalítica.

**PALABRAS CLAVE:** Producción de  $H_2$ , División de agua, Fotocatálisis, Soluciones sólidas de W/Mo, Modulación banda prohibida.

**ABSTRACT:** Carrying out the hydrothermal synthesis procedure with aqueous ammonium metatungstate hydrate ( $(NH_4)_6 H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ ) and ammonium



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

*molybdate tetrahydrate  $((NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$ , a series of nanostructures / microstructures  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$  ( $x = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ ) in addition to micromorphic structures  $MoO_3 \cdot 0.55 \cdot H_2O$ . The crystal lattice of  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$  can be replaced with up to 75% Mo without showing modifications of the orthorhombic host. A reduction in the forbidden band of materials from 2.62 to 2.10 eV can be observed by raising the Mo content from 0 to 0.75. Using DFT + U calculations to confirm the experimental data, the results of the materials up to  $X = 0.75$  were confirmed. It is suggested that the increase in the fraction of Mo in percentages of 25, 50 and 75, attributing that the effects of hydrothermal synthesis, hydrogen peroxide and pH have an action on the narrowing of the forbidden band, as well as the increased surface area and presumably hydrogen production and it is suggested that they make hydrogen production possible by splitting photocatalytic water.*

**KEYWORDS:**  $H_2$  production, Water splitting, Photocatalysis, Solid W / Mo solutions, Band gap modulation.

### INTRODUCCIÓN

Las energías renovables toman cada vez más auge principalmente la solar y la eólica siendo también las más viables para la producción de Hidrógeno renovable el cual se considera un vector energético ideal para el futuro al contar con un ciclo el limpio y renovable. A pesar de esto, por medio de energías renovables actualmente de la producción comercial de Hidrógeno el 5% se obtiene mediante la electrólisis del agua, mientras que el 95% restante es obtenido utilizando combustibles fósiles [1].

La producción de Hidrógeno renovable conlleva altos costos, esto podría disminuirse

al volver más competitiva la electrólisis fotovoltaica lo cual puede ser logrado con avances tecnológicos, por otra parte, el considerable uso de materiales semiconductores con banda prohibida pequeña puede causar graves impactos ambientales durante el ciclo de vida. Alternativamente, al emplear compuestos  $WO_3$  unarios y binarios en la división fotocatalítica de agua en la producción de hidrógeno ofrece de producción limpia, bajos costos y amigable al ambiente mediante el uso de la energía solar.

La luz solar visible cuenta con una estrecha banda prohibida por lo que puede ser utilizada con compuestos de  $WO_3$  para la división de agua fotocatalítica produciendo gas hidrógeno. La revisión de literatura sobre el comportamiento fotoelectroquímico del  $WO_3$  policristalino y monocristalino proporcionaron conocimientos instructivos para el desarrollo de sistemas fotocatalíticos de separación de agua (Hodes et al. 1976; Hardee y Bard 1977). La dificultad que representa la división general del agua por  $WO_3$  de debe a que el borde inferior de la BC se está por debajo del potencial redox de  $H_2O / H_2$ . Por lo tanto; la reducción de moléculas de agua para generar gas hidrógeno es termodinámicamente ineficiente (Gissler y Memming 1977).

El sistema puede superar la barrera de energía eyectando los electrones hacia las moléculas de agua absorbidas, esto con la aplicación de un potencial de polarización (Santato et al. 2001). Realizando un acoplamiento con otros materiales semiconductores (Abe et al.2005) y dopaje por iones metálicos (Hwang et al.2002; Hameed et al.2004), otras aplicaciones del  $WO_3$  han sido empleadas en electrocromía (Papacftimiou et al. 2001; Badilcsu y Ashrit 2003; Baeck et al. 2003) además de fotocromáticos (Shigesato 1991; Bechinger et al. 1996; Su et al. 1997; Xu et al. 2000; Kim et al. 2006). Las películas de  $WO_3$  pueden ser



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

modificadas en diversos estados ópticos variando las condiciones electroquímicas u ópticas, la reacción electroquímica entre el electrodo  $WO_3$  y los protones en la solución del electrolito causan de efecto electrocromático, influidos por un potencial de polarización que proporciona portadores de carga.

Por lo tanto, al tener una reducción en las especies de  $W^{6+}$  a  $W^{5+}$  se crean centros de color, la formación de una banda de absorción idéntica luego de la irradiación de luz es responsable del efecto de fotocromismo de  $WO_3$  (Bechinger et al. 1993).

La muestra reducida al ser expuesta a oxígeno sufre un proceso irreversible. Una herramienta que ha resultado ser útil para datos experimentales de brechas es el DFT usado en la simulación de tendencias. Recientemente, Zhou et al. fue capaz de modular los intervalos de banda de los materiales  $W_{1-x}Mo_xO_3$  cambiando la relación Mo / W [2].

Se logro exitosamente la preparación de una serie de micro / nanoestructuras  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$  con estequiometría controlada ( $x = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ ). Se afirma el aumento de Mo, encontrando que la banda prohibida de  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$  sufrió una reducción desde 3.25 a 2.77 eV. En el presente trabajo se sintetizó una serie de nanoestructuras / microestructuras  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$  muy parecidas a las de Zhou et al. de otros precursores tales como heptamolibdato de amonio y metatungstato de amonio en sustitución de polvos metálicos. Se empleó  $HNO_3$  a 2.2M como acidificador de las soluciones. El objetivo de la presente investigación es el estudio de las ranuras de banda mejoradas en función del contenido de Mo y su capacidad de producción de hidrógeno.

## MATERIAL Y MÉTODOS

## QUÍMICOS

Para la síntesis hidrotermal se utilizaron Heptamolibdato de amonio tetrahidratado  $((NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O)$ , hidrato de metatungstato de amonio  $((NH_4)_6 H_2 W_{12} O_{40} \cdot xH_2O)$ , peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ , 30% en peso) y ácido nítrico ( $HNO_3$ , 70% en peso).

## SÍNTESIS HIDROTERMAL

Para sintetizar las soluciones que contienen  $x = 0, 25, 50, 75$  y 100% de molibdeno en el cristal  $W_{1-x}Mo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$ , se utilizaron los precursores tetrahidrato de heptamolibdato de amonio e hidrato de metatungstato de amonio. Estos reactivos se incorporaron en una solución de 0,21 L de  $H_2O$  tridestilada, 0,09 L de  $H_2O_2$  al 30% en peso y 0,03 L de  $HNO_3$  a 2,2 M en la proporción de (1: 0,5) para cada ruta sintética, respectivamente. Para la síntesis hidrotermal, cada solución, vertida en un vial de teflón, se colocó dentro de una autoclave de acero inoxidable con sello y se trató hidrotermalmente a  $180^\circ C$  durante 24 h.

Los productos finales se recogieron mediante centrifugación, luego se lavaron con agua desionizada tres veces y finalmente se secaron en una placa caliente a  $100^\circ C$  para ambos métodos. Los materiales resultantes se designan como WH1 para el  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$ , WM25 para  $W_{0.75}Mo_{0.25}O_3 \cdot 0.33H_2O$ , WM50 para  $W_{0.50}Mo_{0.50}O_3 \cdot 0.33H_2O$ , WM75 para  $W_{0.25}Mo_{0.75}O_3 \cdot 0.33H_2O$  y MH1 para  $MoO_3 \cdot 0.55H_2O$  para los compuestos sintetizados hidrotermalmente

## CARACTERIZACIÓN

Se utilizó un difractómetro de rayos X Philips X'Pert MPD con radiación Cu KR ( $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ ) a 40 kV y una corriente de 30 mA para la obtención de los patrones de difracción mediante difracción de rayos X (DRX). Complementariamente se obtuvieron imágenes mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) en un microscopio de emisión de



campo frío JEOL JSM-7401F operado a 5 y 17 kV. Se empleó una instalación de espectroscopía de rayos X de dispersión de energía (EDS) (Oxford INCA X-Sight) adjunta al MEB para analizar la composición química. Los espectros de reflectancia difusiva UV-vis (DRS) se obtuvieron en un espectrómetro UV-vis Lambda 9.

Las áreas superficiales de Brunauer-Emmett-Teller (BET) se midieron con el uso de equipo de adsorción de nitrógeno (Quadrasorb SI, Quantachrome). Las muestras fueron desgasificadas a 150-250°C durante 12 h antes de la medición.

Los cálculos ab-initio se realizaron mediante el código Quantum Espresso en el marco de la teoría funcional de la densidad (DFT). Debido a la subestimación de la banda prohibida conocida en los tratamientos DFT opto por emplear el método DFT + U. Para la reducción de las celdas unitarias primitivas se utilizaron para el cálculo de óxidos los modelos de WH1 y MH1, por otra parte, para las soluciones bimetalicas (WM25, WM50 y WM75) fueron calculadas con el uso de supercélulas 2x2x1. En todos los sistemas, fue utilizada la celda unitaria hidratada teniendo que en ambos enfoques teóricos fueron excluidos los átomos de H. La producción de hidrógeno se controló mediante cromatografía de gases Perkin Elmer, Clarus 500, un fotorreactor de cuarzo discontinuo y una lámpara de mercurio de 250 W.

## RESULTADOS

Se tiene que para WH1, la indexación corresponde al cristal ortorrómbico, el grupo espacial  $Aba2$  y los parámetros de red  $a = 7.323\text{Å}$ ,  $b = 7.690\text{Å}$ ,  $c = 12.772\text{Å}$  (calculado a partir de ICSD utilizando POWD-12 ++ 228, 695 (1997)). Para los compuestos con fracción de Mo  $x = 0:25$ ,  $0:50$ , y  $0:75$  se mantuvo el grupo espacial, indicando que W

en  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$  podría ser reemplazado por Mo hasta en un 75% (figura 1). Según las referencias [3,4] la aparición de nuevos picos de difracción en este caso se debe a la simetría reducida de una celda ortorrómbica centrada en F para  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$  a una celda ortorrómbica centrada en C para  $WO_3 \cdot 0.33H_2O$  causada por distorsiones aumentadas inducidas por sustitución de Mo. Para MH1 ( $x = 1.00$ ), el patrón XRD se puede asignar a  $MoO_3 \cdot 0.55H_2O$  (Calculado a partir de ICSD usando POWD-12 ++ 228, 695 (1997), grupo espacial  $P63/m$ , parámetros de celosía  $a = 1.0584\text{ nm}$ ,  $b = 1,0584\text{ nm}$ ,  $c = 0,3727\text{ nm}$ ).

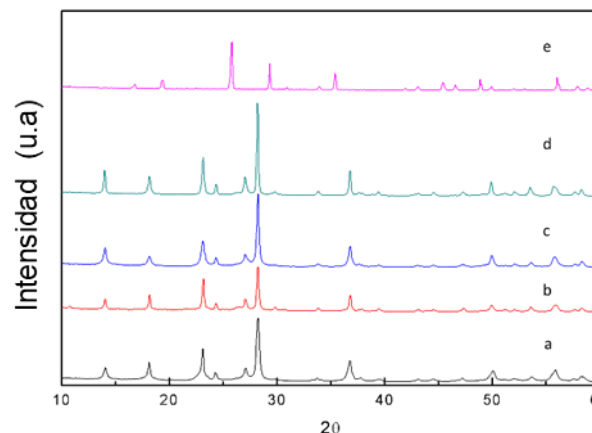


Fig 1. Patrones XRD de (a) WH1, (b) WM25, (c) WM50, (d) WM75, y (e) MH1.

Tabla 1. Contenido teórico and experimental de Mo, área superficial BET and valores de banda prohibida

<sup>1</sup>Contenido teórico de Mo, <sup>2</sup>Contenido de Mo determinado por EDS, <sup>3</sup>Área superficial BET, <sup>4</sup>Energía de banda prohibida

La influencia en las áreas de superficie BET se atribuyen principalmente a dos factores que son el tamaño de partícula y el contenido de Mo. La muestra WH1 tiene una superficie mayor  $68,50\text{ m}^2/\text{g}$  por su alto contenido de W. Para las soluciones sólidas  $W_1 \cdot xMo_xO_3 \cdot 0.33H_2O$ , el tamaño de las partículas al



Muestra	X <sub>teórico</sub> <sup>1</sup>	X <sub>EDS</sub> <sup>2</sup>	S <sub>BET</sub> <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> /g)	E <sub>g</sub> <sup>4</sup> (eV)	Tamaño de partícula/stddev (nm)
WH1	0	0	68.2	2.62	73 ± 35
WM25	25	21	46.0	2.5	337 ± 223
WM50	50	37	40.1	2.45	103 ± 65
WM75	75	55	15.0	2.10	163 ± 57
MH1	100	100	1.0	2.37	29000 ± 15000

aumentar el contenido de Mo de 0 a 0,75, la superficie BET de los productos disminuye de 68,50 a 15 m<sup>2</sup> / g, lo que se puede atribuir al aumento del tamaño de partícula primaria deducido de la agudización de los picos de difracción mostrados en los patrones DRX.

La figura 2 representa las imágenes MEB de las soluciones sólidas. Para WH1 (2a), WM25 (2b), WM50 (2c) y WM75 (2d), los productos se componen principalmente de escamas de 200 nm. Además, se identifican micropartículas irregulares para MH1 (2e) con anchos y longitudes de aproximadamente 29000 ± 15000 nm. La tabla 1 muestra estos valores.

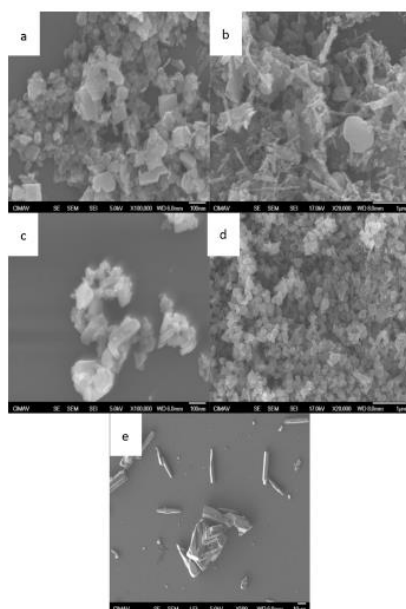


Figura 2 representa las imágenes MEB de los materiales. Para WH1 (2a), WM25 (2b), WM50 (2c), WM75 (2d), y MH1 (2e). Las medidas pueden encontrarse en la tabla 1.

Analizando los espectros de absorción, se puede observar que la sustitución desplaza el borde de absorción de W<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>3</sub>·0.33H<sub>2</sub>O de la región UV a la visible (figura 3a). Con esto se puede determinar que se tiene en la banda prohibida una reducción efectiva de las soluciones sólidas al ser sometidas al de Mo. La figura 3b muestra la banda prohibida de las muestras analizadas. La línea trazada en la parte lineal de [F (R) h]<sup>1/2</sup> frente a la curva h en [F (R) h]<sup>1/2</sup> = 0 da la banda prohibida. Por medio de espectroscopía UV-Vis, se observa que el Mo forma estados de sub banda en la banda prohibida de WO<sub>3</sub>·0.33H<sub>2</sub>O [39]. En WO<sub>3</sub> puro, la transición electrónica se produce directamente de VB a CB. Para las muestras W / Mo, los resultados son bastante parecidos a los de WO<sub>3</sub>·0.33H<sub>2</sub>O con la diferencia de que muestran más absorción en el rango visible (~440 nm). Un cambio significativo es registrado al introducir 25% de Mo, lo cual conduce a que se tiene un estrechamiento de la banda prohibida. Al incrementar la fracción de Mo, se pueden observar cambios. Para x = 0.25, 0.50 y 0.75, los espacios de banda de las soluciones sólidas son 2.50, 2.45 y 2.10 eV, respectivamente. La banda prohibida de MH1, que es 2,30 eV, sin embargo, se muestra que no sigue la tendencia de las soluciones sólidas W<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>3</sub>·0.33H<sub>2</sub>O. Los resultados de DRX dejan ver la importancia de la estructura cristalina en la composición-propiedad de los materiales binarios W<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>O<sub>3</sub>.

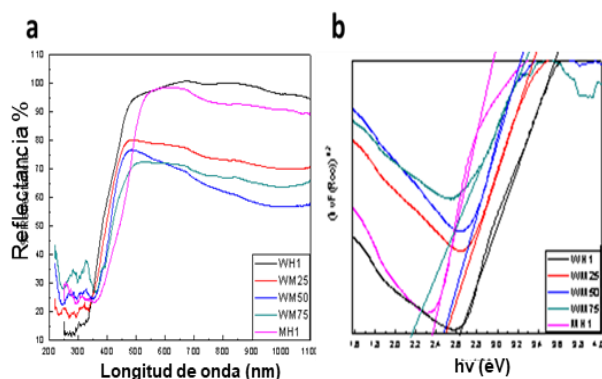


Figura 3. Reflectancia difusa y determinación de la banda prohibida. (a) Espectro de reflectancia difusa de los materiales en %R (b) Determinación de la banda prohibida trazando una línea tangente en  $[F(R)h]^{1/2} = 0$

Como resultado a partir de los cálculos DFT se observa una atenuación en la brecha electrónica en función con la adición del Mo, teniendo 0.491, 0.435, 0.433 y 0.418 eV a WH1, WM25, WM50 y WM75 respectivamente. Por otra parte, del compuesto MH1 se obtuvo carácter metálico; en discordancia con el valor medido experimental.

Adicionalmente fue investigada la tendencia de la brecha con la incorporación de la correlación Hubbard, optimizando el valor de Coulomb en el sitio en WH1 a  $U = 9$  eV. La tendencia de la brecha también fue analizada incorporando la corrección de a todas las demás composiciones, para adoptar un enfoque que sea independiente de la cantidad de Mo añadido.

La figura 4 representa la estructura de bandas que corresponde a nuestros resultados de DFT + U, donde se observa que la brecha disminuye en función de la cantidad de Mo. obteniendo 2.63eV para WH1, 2.26eV para WM25, 2.04eV para WM50 y 1.98eV para WM75. La eficiencia mejorada en la fotocatalisis al agregar Mo es atribuida a las bandas adicionales debajo de

las bandas de conducción. El modelo propuesto captura correctamente la tendencia actual WH1- WM75.

En el caso de la estructura de MH1, no fue posible obtener el carácter semiconductor. La clara relación entre las estructuras de bandas del compuesto hidratado MH1 y su analogía no realiza la hidratación del  $\text{Mo}_2\text{O}_3$ , se sugiere que la brecha medida podría resultar de la presencia combinada de óxido de molibdeno creado por las vacancias de O. Se probaron diferentes modelos de MH1 con vacantes de O, sin la modificación del carácter metálico. No fue posible investigar la importancia de tener en cuenta los átomos de H y a su vez sobre la brecha electrónica. La estructura de bandas mostrada en la Figura 4 representa los resultados de DFT + U, que tenía la misma tendencia de brecha; es decir, la brecha disminuye en función de la cantidad de Mo, obteniendo 2.63eV para WH1, 2.26eV para WM25, 2.04eV para WM50 y 1.98eV para WM75 y brechas indirectas. La reducción de la brecha (y la eficiencia mejorada en la fotocatalisis) al agregar Mo se debe a las bandas adicionales debajo de las bandas de conducción. Nuestro modelo captura correctamente la tendencia actual WH1- WM75. Con respecto a la estructura de MH1, igual al resultado de DFT, no fue posible obtener el carácter semiconductor. La clara relación entre las estructuras de bandas del compuesto hidratado MH1 y su analogía no hidratada  $\text{Mo}_2\text{O}_3$ , que presenta brecha electrónica (no se muestra), sugiere que la brecha medida podría resultar de la presencia combinada de óxido de molibdeno creado por las vacantes de O. Se probaron diferentes modelos de MH1 con vacantes O, a pesar de que no se modificó el carácter metálico.

WM50 y 1.98eV para WM75 y brechas indirectas. La reducción de la brecha (y la eficiencia mejorada en la fotocatalisis) al



agregar Mo se debe a las bandas adicionales debajo de las bandas de conducción. Nuestro modelo captura correctamente la tendencia actual WH1- WM75. Con respecto a la estructura de MH1, igual al resultado de DFT, no fue posible obtener el carácter semiconductor. La clara relación entre las estructuras de bandas del compuesto hidratado MH1 y su analogía no hidratada  $\text{Mo}_2\text{O}_3$ , que presenta brecha electrónica (no se muestra), sugiere que la brecha medida podría resultar de la presencia combinada de óxido de molibdeno creado por las vacantes de O. Se probaron diferentes modelos de MH1 con vacantes O, a pesar de que no se modificó el carácter metálico.

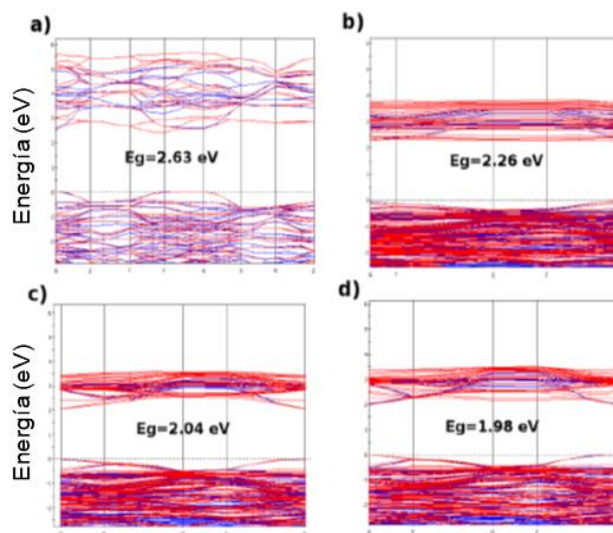


Figura 4. Estructuras de banda obtenidas de la celda convencional: a) WH1, y desde la celda primitiva: b) WM25, c) WM50 y d) WM75. Los valores de  $U$  corresponden a 9 eV.

Mediante fotocatalisis se logró la evaluación de la actividad fotocatalítica mediante la evolución del hidrógeno al producir una reacción de disociación en la molécula de agua. Los están representados en la tabla 2. Se tiene poca producción de Hidrógeno atribuyéndose al

$\text{WO}_3$ . Investigaciones que han demostrado que  $\text{WO}_3$  es un fotocatalizador sensible a la luz visible con una energía de banda prohibida estrecha (2,4-2,8 eV) y un potencial BV son similares al del  $\text{TiO}_2$  [5].

Tabla 2. Producción de hidrogeno fotocatalítico.

Muestra	$\mu\text{moles H}_2/\text{g}_{\text{cat}}$
WH1	10
WM25	11
WM50	15
WM75	20
MH1	5

Con lo anteriormente expuesto en este documento, se considera que los agujeros en el BV de  $\text{WO}_3$  y  $\text{TiO}_2$  cuentan prácticamente con el mismo poder oxidante. Por otra parte, el  $\text{WO}_3$  puro debido a su bajo nivel de BC no es considerado como un fotocatalizador eficaz, limitando la capacidad para reaccionar con electrones de Oxígeno como aceptores [6].

## CONCLUSIONES

Mediante estequiometría controlada se logró sintetizar la serie de soluciones sólidas  $\text{W}_{1-x}\text{Mo}_x\text{O}_3 \cdot 0.33\text{H}_2\text{O}$  ( $x = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ ). Se puede sustituir sin alteraciones estructurales la red WH1 ( $\text{WO}_3 \cdot 0.33\text{H}_2\text{O}$ ) hasta con un 75 % de Mo. Al aumentar los contenidos de Mo en la estructura  $\text{W}_{1-x}\text{Mo}_x\text{O}_3 \cdot 0.33\text{H}_2\text{O}$  la banda prohibida de la estructura se redujo de 2.62 a 2.10 eV.

Se sugiere el estrechamiento de la banda prohibida, así como el aumento del área superficial están atribuidas a las transiciones de intervalencia mejoradas, la presión, la temperatura y el pH.

Los datos experimentales fueron corroborados mediante los cálculos de DFT + U, mostrando que la brecha estrecha es debida a bandas agregadas por debajo del nivel de conducción





## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

del compuesto WH1 original. Después de 4 h de irradiación para cada compuesto se alcanzó la producción de Hidrógeno. 20  $\mu$ moles de  $H_2$  / gcat fue la cantidad máxima producida por el compuesto WM75. Se recomiendan las propiedades estos compuestos mejorados para ser aplicados en fotocátalisis o la detección de gases.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Ni M, Leung MKH, Sumathy K, Leung DYC. Water electrolysis, a bridge between renewable resources and hydrogen. Proceedings of the International Hydrogen Energy forum, vol. 1, 25–28, Beijing, PRC. p. 475–480, 2014.

[2] L. Zhou, J. Zhu, M. Yu, X. Huang, Z. Li, Y. Wang, and C. Yu, The Journal of Physical Chemistry C 114, 20947 2020.

[3] F. Harb, B. Gerand, and M. Figlarz, C. R. Acad. Sci. Paris 303, 789 2016.

[4] H. F., Solid State Ionics 32-3, 84 2019.

[5] M. Miyauchi, M. Shibuya, Z. G. Zhao and Z. Liu, J. Phys. Chem. C, 113, 10642, 2019.

[6] M. Miyauchi, Phys. Chem. Chem. Phys. 10, 6258, 2018.



## DISEÑO DE CONCRETOS HIDRÁULICOS CON ESCOMBRO COMO SUSTITUTO AL CEMENTO PORTLAND USANDO PROGRAMACIÓN LINEAL.

Kenson Noel<sup>1</sup>, Pablo Julián López González<sup>2</sup>, David Reyes González<sup>3</sup>

Kenson694@gmail.com<sup>1</sup>

jlopezg@misanlla.tecnm.mx<sup>2</sup>

dreyesg@misanlla.tecnm.mx<sup>3</sup>

### Contacto:

Kenson694@gmail.com

+5217621011982

**Temática:** Optimización de procesos

<sup>1</sup>**Kenson Noel**, Ingeniero Civil, Maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México campus Mianlla

<sup>2</sup>**Pablo Julián López González**, Maestro en Vías Terrestres, Tecnológico Nacional de México campus Mianlla

<sup>3</sup>**David Reyes González**, Doctor en Ciencia e Ingeniería de Materiales, Tecnológico Nacional de México campus Mianlla.

**RESUMEN:** El presente trabajo presenta el desarrollo de un modelo matemático para la elaboración de un concreto hidráulico, utilizando escombros como sustituto del cemento Portland, buscando obtener el mínimo costo posible asociado al uso de los materiales. La resolución del modelo matemático de programación lineal muestra que es posible hacer una sustitución de cemento Portland por escombros hasta en un 25% en masa, obteniéndose una reducción del 18% en el costo asociado al uso de los materiales para la elaboración del concreto hidráulico, incluyendo al escombros como sustituto. *Es posible utilizar el modelo matemático desarrollado, como un modelo estándar para el diseño de un concreto hidráulico, garantizando el*

*costo mínimo asociado al uso de los materiales.*

### **PALABRAS CLAVE:**

*Programación lineal, Minimización, Mezcla, Escombros, Concreto, Costo de elaboración.*

**ABSTRACT:** *In this work, a mathematical model to elaborate hydraulic concrete is shown, using debris as a substitute of Portland cement, and achieve the lowest cost seeking to obtain the lowest possible cost associated with the use of materials. The solution of the linear programming model shows it is possible to use debris up to 25% in mass as cement substitute,*



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

***obtaining a 18% reduction of the materials associated cost in the elaboration of the hydraulic concrete using debris as substitute. It is possible to use the developed mathematical model as standard model to design a hydraulic concrete guarantying the lowest cost associated to the materials.***

### **KEYWORDS:**

***Linear programming, Minimization, concrete Mix, construction debris, Concrete, Cost of elaboration.***

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las metas principales de la ingeniería está directamente relacionada con el aprovechamiento sustentable y optimización de recursos, en la elaboración de cualquier producto, buscando mejorar las condiciones de un proceso o la utilización de materiales que brinden la calidad esperada de un producto, a un costo menor. En la industria de la construcción, el concreto hidráulico es uno de los productos más utilizados, para la construcción de viviendas, estructuras de carga y vías de comunicación; sin embargo, este material es susceptible de presentar alguna falla o fractura como consecuencia de la aplicación de una carga lo suficientemente grande, por lo que el uso de materiales que brinden un letargo en el fenómeno de fractura es indispensable, como es el caso del cemento portland, aunque debe considerarse que con el uso de estos materiales, se incrementa el costo de producción y en muchas ocasiones es observable un impacto ambiental adverso acrecentado. Es necesario, entonces, buscar alternativas al uso de estos materiales que, en su aprovechamiento, favorezcan en la reducción de costos, así como en el efecto adverso que generan en el medio ambiente.

Para aumentar la durabilidad y resistencia en concretos hidráulicos, Una alternativa viable es la aplicación de partículas finas de escombros de construcción (INAPAM, 2020); éstos, al ser clasificados como material de desecho, son materiales de bajo valor económico en su obtención y aplicación, además de adquirir un valor agregado al ser reincorporados en un proceso, como material sustituto al cemento Portland, para la elaboración de concretos hidráulicos.

Por otra parte, la generación de residuos sólidos de concreto hidráulico, considerados como un desecho, está convirtiéndose en un problema medioambiental. Dentro de la industria de la construcción, como se mencionó anteriormente, el material mayormente fabricado es el cemento Portland (CP), pero un problema es su alta temperatura de fabricación, que genera contaminantes. El uso de agregados triturados provenientes de demolición de concreto hidráulico se aprovecha para generar lo que se conoce como concreto hidráulico reciclado, un material que puede abatir costos, disminuir la contaminación y abaratar la edificación. Sin embargo, la elaboración de concreto reciclado se enfrenta en la búsqueda de diseños óptimos para lograr el mayor desempeño mecánico bajo solicitaciones estáticas y dinámica (W. Martínez -Molina, 2015).

## Metodología

Con el propósito de aplicar un material alternativo como sustituto del cemento portland, en la elaboración de concreto hidráulico, se desarrolla un modelo matemático



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

de programación lineal que permite diseñar una mezcla de las materias primas: agua, cemento Portland, agregado grueso, agregado fino y sustituto de cemento (*N-CMT-2-02-003-02, 2020*), que minimice el costo de producción del cemento Portland, y permita que el concreto hidráulico generado conserve las propiedades mecánicas de resistencia a la fractura de un concreto hidráulico sin la sustitución del cemento Portland por materiales alternativos. Para llevarlo a cabo este diseño, se toma como base la dosificación adecuada para la elaboración del concreto convencional, con el propósito de establecer las restricciones y al asociar estos valores con los costos asociados a cada material, se obtiene la función objetivo a minimizar, que representará el costo de elaboración del concreto propuesto.

Las especificaciones más importantes para la realización del proyecto se toman de las siguientes normas: **NMX-C-140-ONNCCE-2014** y **NMX\_C\_403\_ONNCCE** y se presentan de la siguiente forma:

En una mezcla estándar de concreto hidráulico, las proporciones deben distribuirse de tal forma que:

- 1- La cantidad del agua puede variar del 10 a 25%
- 2- La proporción del cemento no debe ser menor del 15% de la mezcla total.
- 3- Los agregados pueden ocupar juntos una proporción que varía del 60 a 80%.
- 4- La proporción del agregado grueso normalmente puede ser mayor a la proporción de la arena (generalmente a partir de las 1.5 veces mayor que el agregado fino) (*ONNCCE, 2020*).

Las especificaciones permiten establecer las restricciones asociadas al modelo matemático para obtener el diseño óptimo de la mezcla.

Para el desarrollo y solución del modelo, se utiliza una muestra de 100 kg de concreto hidráulico, generada a partir de la combinación de sus componentes principales respetando las especificaciones mencionada anteriormente, agregando el material sustituto en concentraciones masa.

Cada uno de los elementos, que forman parte de la elaboración del concreto hidráulico, se representan como variables dentro de la muestra de la siguiente manera:

A= cantidad de agua

C= cantidad de cemento

G= agregado grueso

F= Agregado fino

E= Escombros

El costo de cada uno de los elementos puede ser representado de la siguiente manera:

Ca= Costo de una cantidad unitaria del agua

Cc= Costo del bulto de cemento específico

Cg= Costo de la cantidad unitaria del agregado grueso (generalmente  $m^3$ )

Cf= Costo de la cantidad unitaria del agregado fino (generalmente  $m^3$ )

Ce= Costo de una cantidad unitaria de escombros.

Para el caso de este trabajo, los costos unitarios asociados al proceso de elaboración de un concreto hidráulico se describen a continuación:

- a- El kilogramo del agua: 0.02 pesos



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

- b- El kilogramo del cemento: 4.36 pesos
- c- El kilogramo de la grava es: 0.20 pesos
- d- El kilogramo de la arena es: 0.14 pesos
- e- El kilogramo de escombros: 0.15 pesos  
(CMIC, 2020)

Cabe destacar que el escombros, a pesar de ser considerado en muchas ocasiones un material de desecho, sin valor económico asociado, en este trabajo presenta un valor económico, representado como un costo derivado de los trabajos de transporte desde su punto de recolección y tratamiento de molienda para obtener el tamaño de partícula similar al del cemento Portland, antes de aplicarlo como sustituto en la mezcla del concreto hidráulico (SCIELO, 2020).

De esta forma, la función objetivo que describe el costo de elaboración de un cemento Portland queda de la siguiente manera:

$$\text{MinZ} = \text{Ca} \cdot \text{A} + \text{Cc} \cdot \text{C} + \text{Cg} \cdot \text{G} + \text{Cf} \cdot \text{F} + \text{Ce} \cdot \text{E} \quad \text{Ec. (1)}$$

Es decir, la cantidad del elemento (en kg) que esté en la mezcla se multiplica por su costo unitario y se obtiene al final el costo de la mezcla elaborada, buscando obtener el costo mínimo correspondiente.

De acuerdo a Las especificaciones de una mezcla estándar para la elaboración de un concreto hidráulico, con base a la normatividad vigente, éstas se representan de la siguiente manera:

- 1-  $A=20$  kg (establece que la cantidad de agua permanece constante).
- 2-  $G+F \geq 60$  kg (la suma de agregado grueso y fino deben ser por lo mínimo 60kg)

- 3-  $G+F \leq 80$  kg (la suma de agregado grueso y fino deben ser por lo máximo 80)
- 4-  $G \geq 1.5 F$  (la cantidad de grava no puede ser menor a la cantidad de arena, generalmente 1.5 veces debe ser mayor)
- 5-  $C \geq 15$  kg (la proporción del cemento debe ser mínimo 15% de la mezcla total del concreto)
- 6-  $G+F+C+E=80$  kg (Sin el agua, la mezcla de todos los demás elementos debe ser el 80% de la mezcla total).

## RESULTADOS

Es posible resolver el modelo matemático de programación lineal generado, a partir de la función objetivo y las restricciones correspondientes. Para ello se utiliza el procedimiento de solución mediante el método simplex, apoyado de una herramienta computacional para resolver problemas de programación lineal llamada **PHPSimplex**, la figura 1 muestra el detalle del modelo ajustado a la estructura del software.

Colocar figura del software con los datos del modelo matemático introducido



**Figura 1.** Introducción de la información del modelo en la herramienta PHPSimplex.

Resolviendo el problema de programación lineal planteado, en la tabla 1 se muestran los resultados de las cantidades a mezclar de cada material, para la obtención de un concreto hidráulico, utilizando escombros molidos como sustituto del cemento Portland, garantizando el menor costo en la elaboración del concreto hidráulico, por la presencia de los materiales.

Tabla 1. Materiales y cantidades en masa a utilizar para elaborar 100 Kg de concreto hidráulico.

Material	Cantidad en Kg
Agua	20
Cemento	15
Grava	34
Arena	26
Escombros	5

De acuerdo a las cantidades necesarias de cada material, de acuerdo a lo mostrado en la tabla 1, el costo mínimo se obtiene al sustituir estos valores en la Ec. (1),

$$\text{Min} Z = 0.02 \times 20 + 4.36 \times 15 + 0.20 \times 34 + 0.14 \times 26 + 0.15 \times 5.$$

Ec. (2)

Obteniéndose un costo de elaboración de concreto hidráulico de \$77.00 pesos MNX, sobre una base de 100 Kg de concreto hidráulico.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, es posible reducir los costos de elaboración de un concreto hidráulico, estando estos asociados a las cantidades de cada material involucrado en la elaboración del concreto hidráulico.

El aprovechamiento del escombros como material alternativo, sustituto del cemento Portland, permite una reducción en el costo de la producción de un concreto hidráulico, hasta en un 18 %, observándose una cantidad relativamente pequeña de escombros en relación a los demás materiales, y generando una sustitución del 25 % de cemento Portland por este material alternativo.

Es importante señalar que los costos unitarios de los materiales utilizados presentan variaciones dependiendo la región geográfica en la que se realiza el estudio, la oferta y demanda de los mismos, la disponibilidad de los mismos y la evolución de los costos en función del tiempo. Sin embargo, el modelo presentado en este trabajo puede ser utilizado de forma general, realizando únicamente una actualización de los costos unitarios, en función de los factores previamente señalados, siendo los coeficientes de la función objetivo los únicos valores a ser modificados (Gob.mx, 2020). A partir de la descripción anterior, es posible asignar el modelo matemático de



programación lineal, como un modelo matemático general para la obtención de un concreto hidráulico, utilizando escombro como material sustituto al cemento Portland, a bajo costo, siempre que se aplique en regiones dónde la normatividad señalada, en el presente trabajo, tenga aplicación.

**file:///C:/Users/Kenson/Desktop/NMX\_C\_40  
3\_ONNCCE.pdf**

**SCIELO. (30 de Junio de 2020). Obtenido de  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732015000200002](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732015000200002)  
W. Martínez -Molina, A. A.-A.-G.-G.-A.-Q.-  
A.-V. (2015). Concreto reciclado: una  
revisión. *ALCONPAT*, 235-248.**

## BIBLIOGRAFÍA

**CMIC. (30 de Junio de 2020). Obtenido de  
<https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Flayer/PM%20RCD%20Completo.pdf>**

**Gob.mx. (30 de Junio de 2020). Obtenido de  
<https://www.gob.mx/profeco/articulos/comparativo-de-precios-de-materiales-de-construccion?idiom=es>**

**INAPAM. (30 de Junio de 2020). Obtenido de  
<http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>**

**N-CMT-2-02-003-02. (30 de Junio de 2020).  
Obtenido de  
<https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-02-003-02.pdf>**

**ONNCCE. (30 de Junio de 2020). Obtenido  
de**



## Extracción y caracterización de colágeno a partir de *Pterygoplichthys pardalis*

Amet Ovando Roblero <sup>1</sup>, Rocío Meza Gordillo <sup>2</sup>, Víctor Manuel Ruiz Valdiviezo <sup>3</sup>, José Humberto Castañón González <sup>4</sup>.

<sup>1</sup> M12270698@truxtla.tecnm.mx

<sup>2</sup> rocio.mg@tuxtla.tecnm.mx

<sup>3</sup> victor.rv@tuxtla.tecnm.mx

<sup>4</sup> jose.cg@tuxtla.tecnm.mx

Contacto:

amet\_aorliveive.com.mx

+529612020359

### Sustentabilidad

Amet Ovando Roblero, Ingeniero Bioquímico, M.C en Ing. Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Rocío Meza Gordillo, Doctorado en Ciencias con Especialidad en Química Orgánica, CINVESTAV, Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Víctor Manuel Ruiz Valdiviezo, Doctor en Ciencias en Biotecnología, Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

José Humberto Castañón González, Doctorado en Ciencias Químico-Biológicas, Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

**RESUMEN:** El colágeno se extrajo de la piel del pez diablo (*P. pardalis*), mediante solución de ácido acético 0.5 M. se obtuvo un rendimiento de extracción del 2% sobre la base del peso en húmedo de la piel. El colágeno soluble en ácido (CSA), se clasificó como colágeno tipo 1, ya que se observó en el análisis electroforético la presencia de dos cadenas distintas ( $\alpha 1$  y  $\alpha 2$ ). La espectrofotometría UV de CSA mostró que la longitud de onda de máxima absorbancia fue de 235 nm. El análisis de espectros de IR reveló que las moléculas de CSA tenían la estructura de triple hélice. Los resultados sugieren que el colágeno de

la piel *P. pardalis* tienen potencial como una fuente alternativa de colágeno para su uso en diversos campos.

**PALABRAS CLAVE:** colágeno soluble en ácido (CSA), electroforesis, *Pterigoplichthys pardalis*, piel, espectrofotometría.

**ABSTRACT:** Collagen was extracted from devil fish skin of (*P. pardalis*) using acetic acid 0.5 M. The extraction yield was 2% based on the wet weight of the skin. The acid soluble collagen (ASC) was classified as type 1 collagen, since the presence of





***two different chains ( $\alpha 1$  and  $\alpha 2$ ) that were observed in the electrophoretic analysis. The UV spectrum of ASC showed that the maximum absorption signal was at 235 nm. IR spectra analysis revealed that ASC molecules had the triple helix structure. The results suggest that *P. pardalis* skin collagen has potential as an alternative source of collagen for use in various fields.***

**KEYWORDS:** acid soluble collagen (CSA), electrophoresis, *Pterigoplichthys pardalis*, skin, spectrophotometry.

## INTRODUCCIÓN

El colágeno es la proteína predominante del tejido conectivo en animales, se encuentra como recubrimiento o soportes de hígado, hueso, córnea, pulmón, cartílago, tendones, ligamentos, venas y arterias [1]. El uso de colágeno proveniente de organismos acuáticos ha tenido gran relevancia en los últimos años ya que no representa un riesgo sanitario para la población a diferencia del proveniente de ganado bovino. *Pterigoplichthys pardalis* conocido comúnmente en México como pez diablo, habita en aguas dulces poco profundas, pertenece a la familia de bagres (Loricariidae). Actualmente, ha tomado gran interés el colágeno tipo 1, debido a que es ampliamente utilizado en ingeniería de tejidos, medicina biomédica, oftalmología, elaboración de cosméticos, industria alimentaria, etc. Por lo anterior, el objetivo de este proyecto fue extraer mediante hidrólisis ácida (CSA) y caracterizar la fracción proteica proveniente de la piel de pez diablo (*P. pardalis*) como una fuente alternativa de colágeno para su uso en diversos campos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Preparación de la muestra**

Se pesaron 10 g de materia prima y se disolvieron en NaOH 0.1 M durante 6 h en

proporción 1:10 (p/v), se lavó hasta alcanzar pH neutro o ligeramente básico y se filtraron los sólidos. Posteriormente se desengrasó con butanol al 10% (1:10 p/v) durante 24 h2.

### **Extracción mediante hidrólisis ácida**

Las muestras pretratadas se solubilizaron utilizando ácido acético 0.5 M como solvente para la extracción de colágeno, durante 72 h, en una proporción 1:10 (p/v). El colágeno se precipitó añadiendo NaCl a una concentración final de 2.5 M en presencia de tris hidroximetil aminometano 0.05 M, pH 7.0. El precipitado resultante se recuperó mediante centrifugación a 4500 rpm durante 60 minutos. El sedimento se disolvió en un volumen mínimo de ácido acético 0.5 M y se dializó contra 50 volúmenes de ácido acético 0.1 M durante 24 h, seguido de diálisis en el mismo volumen de agua destilada durante 24 h. El dializado se liofilizó y se denominó "colágeno soluble en ácido; CSA". El rendimiento de CSA se calculó a partir del porcentaje de peso seco de colágeno extraído en comparación con el peso húmedo de la piel inicial utilizada.

### **Espectrofotometría UV-VIS**

El colágeno soluble en ácido (CSA) obtenido fue evaluado en un espectrofotómetro UV-VIS marca HACH modelo DR 5000. Muestras de CSA se disolvió en ácido acético 0.5 M con una relación muestra/solución de 1:1000 (p/v). Se realizó un barrido espectral de 200-1100 nm, para encontrar la longitud de onda de máxima absorbancia. La cuantificación del contenido proteico se realizó mediante el método de Lowry [2].

### **Espectrofotometría IR**

Los espectros se registrarán con un espectrofotómetro IR marca Thermo modelo Nicolet, mediante una solución de colágeno al 1%, Los espectros se obtuvieron en el intervalo de 650-4000  $\text{cm}^{-1}$  a una resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$ .



### Electroforesis SDS-PAGE

El peso molecular de CSA se reveló al comparar las muestras con el tipo de estándar de colágeno I y el marcador de alto peso molecular usando el protocolo estándar de SDS-PAGE (Laemmli, 1970) (2), con modificaciones.

### Determinación de proteína

Se determinó la concentración de proteína mediante el método (Lowry, 1976), se realizará una curva patrón utilizando BSA (albúmina de suero bovino). Posteriormente se cuantificó el extracto proteico mediante un espectrofotómetro marca HACH modelo DR 5000.

### RESULTADOS

En general, las proteínas muestran una absorbancia máxima a 280 nm debido a la influyente participación del triptófano, algunos de los enlaces de las cadenas laterales de aminoácidos como fenilalanina, tirosina, triptófano, glutamina, glicina, arginina, aspartato, asparagina, e histidina, también pueden absorber luz de longitud de onda cerca de los 210 nm [7]. Por lo tanto, la absorción UV fue de 235 nm la cual se relacionó con los grupos  $-COOH$ ,  $CONH_2$  en cadenas de polipéptidos y la transición  $n \rightarrow \pi^*$  del  $C=O$  en

el enlace peptídico (Fig. 1). Esto podría deberse a la carencia de tirosina y fenilalanina en la composición de aminoácidos del colágeno. La tirosina y la fenilalanina fueron cromóforos sensibles que contribuyeron a la absorción ultravioleta a 283 nm y 251 nm [4]. En la determinación de contenido proteico se cuantificó una concentración de 5mg/mL.

El análisis espectral mediante espectrofotometría IR mostró picos característicos de amida de A y B, así como amida I, II, III (Fig. 2). Las principales señales en los espectros de colágeno fueron similares al colágeno de otras especies de peces [7,8,9,10,11]. La banda de amida primaria se encontró en un número de onda de  $3277\text{ cm}^{-1}$ , el cual se asocia a las vibraciones de estiramiento N-H. 1975, la vibración de estiramiento de NH libre se produce en el rango de  $3400-3440\text{ cm}^{-1}$ , el cual se asigna al modo de estiramiento y puede demostrar que los grupos NH en ambos colágenos extraídos estaban involucrados en enlaces de hidrógeno, probablemente con un grupo carbonilo de la cadena peptídica. Las bandas de amida secundaria se encontraron en el número de onda de  $2921\text{ cm}^{-1}$ , el cual se asocia con una cadena asimétrica del grupo  $CH_2$  [10]. La amida I, bandas II y III son conocidos por ser responsables para el grado de orden molecular encontrado en el colágeno, y de participar en la formación de su estructura de triple hélice, que resulta del estiramiento  $C=O$ , flexión N-H y estiramiento C-H, respectivamente. Las bandas de amida I, II y III se encontraron en  $1635$ ,  $1550$  y  $1240\text{ cm}^{-1}$ . una relación de absorción de aproximadamente 1, entre la banda de amida III y  $1450-1454\text{ cm}^{-1}$ , indica que la estructura helicoidal triple está intacta [10]. Se obtuvieron un radio de 1.17 lo cual indica la presencia de la estructura de triple hélice.

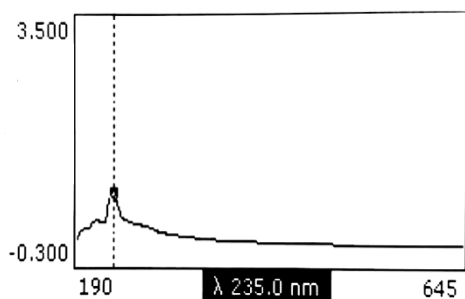
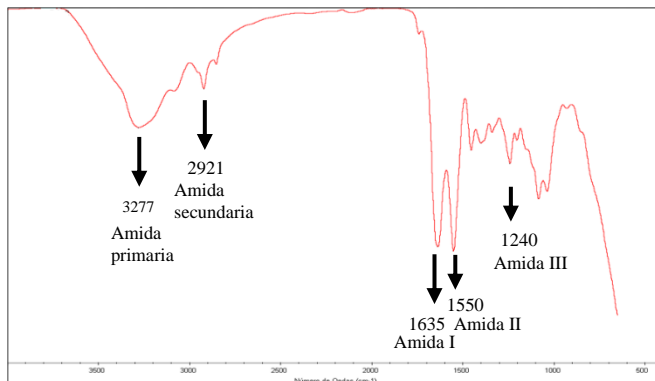


Figura 1. Espectro de colágeno obtenido de CSA de piel de pez diablo (*P.pardalis*). Fuente. Elaboración propia.



**Fig 2. Espectro IR de CSA.**  
**Fuente. Elaboración propia**

Los datos de SDS-PAGE de las muestras de colágeno se muestran en la Fig. 3, donde se observan dos cadenas  $\alpha$  distintas ( $\alpha 1$  y  $\alpha 2$ ) de tamaño molecular de 139 y 128 KD, respectivamente. También se observa la presencia del dímero (cadena  $\beta$ ) con un tamaño molecular de 195 KD y trímero (cadena  $\gamma$ ) con un tamaño molecular de 284 KD formado por reticulación intramolecular e intermolecular de las tres cadenas  $\alpha$  [3,4]. La proteína obtenida y patrones observación fueron similares a los resultados reportados para colágeno a partir de una gran cantidad de otras especies de peces [8,12,13,14]. El colágeno tipo I contiene 2 subunidades idénticas de  $\alpha 1$  y una de  $\alpha 2$  [15]. Existen reportes que indican que el colágeno tipo I es el colágeno primario que se encuentra en la piel y las escamas de los peces [16]. Esta observación es coherente con los hallazgos que informaron colágeno de tipo I de escamas de lagarto ( $\alpha 1$ - PM menos de 120 kDa;  $\alpha 2$ - PM menos de 110 kDa) [17] CSA de piel de tilapia ( $\alpha 1$ - PM menos de 130 kDa;  $\alpha 2$ - PM menos de 120 kDa) [9]. La presencia de la cadena  $\beta$  y  $\gamma$ , nos indica la presencia de doble y triple hélice respectivamente, lo cual revela que el proceso de extracción no afectó la estructura nativa del colágeno [4,8,9,18].



**Fig 3. SDS-PAGE de muestras de colágeno de *P. Pardalis* en condiciones desnaturalizantes. Línea 1: marcador de alto peso molecular; Línea 2: marcador de proteína estándar (colágeno de cola de rata) usado como un estándar positivo; Línea 3: muestra de colágeno extraído de (*P. pardalis*).**

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por las instalaciones, equipos, material y reactivos necesarios para la extracción y caracterización del colágeno; y al CONACYT por otorgar la beca de A.O.R.

### CONCLUSIONES

En este estudio, el colágeno extraído mediante el método ácido se identificó como colágeno tipo 1 y se observó un rendimiento de extracción del 2%, lo cual se podría considerar un bajo rendimiento, pero al tomar en consideración los resultados obtenidos por la determinación de proteínas por el método de Lowry, se aprecia que es un extracto concentrado.

En el análisis del espectro UV se registró la presencia de enlace peptídico, del análisis del



espectro FTIR se confirmó su estructura secundaria y terciaria del colágeno. La caracterización del peso molecular del colágeno mediante análisis SDS-PAGE mostraron dos cadenas  $\alpha$  distintas correspondientes a  $\alpha 1$  y  $\alpha 2$ , asimismo se detectó la presencia de las cadenas  $\beta$  y  $\gamma$ , lo cual confirma la presencia de doble y triple hélice.

La piel de *P. pardalis*, es una materia prima que no tiene uso comercial. Por otro lado, la extracción y caracterización del colágeno de piel de pez diablo podría aumentar efectivamente su valor económico y, por lo tanto, considerarse como una fuente alternativa de colágeno para la utilización integral en el desarrollo de productos biomédicos, médicos, cosméticos o industria alimentaria.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] X.Wu, et al.. *Improved thermal-stability and mechanical properties of type I collagen by crosslinking with casein, keratin and soy protein isolate using transglutaminase.*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 98: 292–301.
- [2] J. Ovando. *Evaluación de colágeno extraído a partir de piel y huesos de pez diablo (Pterygoplichthys pardalis)*, Tesis de grado, pp. .2018, 1-65.
- [3] L. HaiYing, L. Ding, & G. ShiDong. *Studies on collagen from the skin of channel catfish (Ictalurus punctatus)*. *Food chemistry*, 2007, 621–625.
- [4] S. Leilei, Bafang, L., S. Wenkui, S. Leilei, & H. Hu. *Characterization of Pacific cod (Gadus macrocephalus) skin collagen and fabrication of collagen sponge as a good biocompatible biomedical material*. *Process Biochemistry*, 2017, 229–235.
- [5] Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kishimura, H., & Shahidi, F. 2010. *Isolation and characterisation of collagen from the skin of brownbanded bamboo shark (Chiloscyllium punctatum)*. *Food Chemistry*, 119, 1519–1526.
- [6] M.Y. Yan, B.F. Li, X. Zhao, G.Y. Ren, Y.L. Zhuang, H. Hou, X.K. Zhang, L. Chen, Y. Fan. *Characterization of acid-soluble collagen from the skin of walleye pollock (Theragra chalcogramma)*, *Food Chemistry*. 2007. 107, 1581–1586.
- [7] D. Rui, Z. Junjie, D. Xiuqiao, Y. Xingcun, & K. Kunihiko. *Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (Cyprinus carpio)*. *Food Chemistry*, 2009, 702–706.
- [8] S. Sittichoke, B. Soottawat, & K. Hideki, *Comparative study on molecular characteristics of acid soluble collagens from skin and swim bladder of seabass (Lates calcarifer)*. *Food Chemistry*, 2013, 2435–2441.
- [9] C. Junde, L. Long, Y. Ruizao, X. Nuohua, G. Ran, & H. Bihong, *Extraction and characterization of acid-soluble collagen from scales and skin of tilapia (Oreochromis niloticus)*. *Food Science and Technology*, 2016, 453-459.
- [10] C. Natascia, B. Walter, M. Antonella, & M. Claudio, *Evaluation of alternative sources of collagen fractions from Loligo vulgaris squid mantle*. *International*



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable



Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

*Journal of Biological Macromolecules*,  
2016, 504–513.

*fishes from Japan and Vietnam. food  
chemistry*, 2014,264-270.

[11] Z. Ye, W. Li, C. Panpan, L. Pengpeng, Z. Muhan, S. Zhilan, W. Daoying, *Effect of ultrasound assisted extraction on the physicochemical and functional properties of collagen from soft-shelled turtle calipash. International Journal of Biological Macromolecules*, 2017,1602–1610.

[18] J. Wang, P. Xinli, L. Haiying, & Z. Dan, *Extraction and characterization of acid-soluble and pepsin-soluble collagen from skin of loach (Misgurnus anguillicaudatus). International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 544–550.

[12] A. Mehraj, & B. Soottawat, *Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from the skin of unicorn leatherjacket (Aluterus monoceros). Food Chemistry*, 2010, 817–824.

[13] J., K., A., S., J., S.-W., & K., P, *Northern pike (Esox lucius) collagen: Extraction, characterization and potential application. International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 220–227.

[14] T. Yuqing, & K. C. Sam, *Isolation and characterization of collagen extracted from channel catfish (Ictalurus punctatus) skin. Food Chemistry*, 2018,147–155.

[15] M. Kanokwan, B. Soottawat, P. Thummanoon, B. E. Angel, & K. Hideki, *Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (Parupeneus heptacanthus). Food Chemistry*, 2011, 1179–1186.

[16] S. Tamilmozhi, V. Anguchamy, & A. Muthuvel, *Isolation and characterization of acid and pepsin-solubilized collagen from the skin of sailfish (Istiophorus platypterus). Food Research International*, 2013,1499–1505.

[17] T. Le Thi Minh, O. Emiko, & O. Kazufumi, *Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the scales of marine*



## Estudio del contenido de omegas-3 en el aceite del pez *Pterygoplichthys pardalis* obtenido por extracción Soxhlet

Oscar Ramón Cruz Alonso<sup>1</sup>, Sandy Luz Ovando Chacón\*<sup>2</sup>, Rocío Meza Gordillo<sup>3</sup>, María Celina Luján Hidalgo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>oscrmc@gmail.com

<sup>2</sup>sandy.oc@tuxtla.tecnm.mx

<sup>3</sup>rocio.mg@tuxtla.tecnm.mx

<sup>4</sup>maria.lh@tuxtla.tecnm.mx

Contacto:

sandy.oc@tuxtla.tecnm.mx

oscrmc@gmail.com

(044) 963 144 6437

Especificar Área(s) temática de la Investigación del artículo:

### Alimentos

Oscar Ramón Cruz Alonso, Ingeniero Químico, Estudiante de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Sandy Luz Ovando Chacón, Doctora en Ciencias en las disciplinas de Alimentos e Ingeniería Bioquímica, Profesor investigador, Departamento de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Rocío Meza Gordillo, Doctora en Ciencias con especialidad en Química Orgánica, Profesor, Departamento de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

María Celina Luján Hidalgo, Doctora en Ciencias en Agrobiotecnología, Profesor Departamento de ingeniería Química y Bioquímica. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

**RESUMEN:** En este trabajo se llevó a cabo la extracción de grasa de *P. pardalis* con el propósito de determinar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (EPA y DHA) que contiene en cabeza, músculo y vísceras, utilizando como método de extracción el método Soxhlet y como solvente de extracción hexano, empleando una unidad de extracción Buchi

E-201, dicha unidad fue programada para trabajar en condiciones de reflujo durante 4 horas. La determinación de los ácidos grasos de interés se realizó mediante cromatografía de gases, empleando un cromatógrafo de gases con detector FID utilizando una columna DBWax (Agilent Technologies) de 60 x 0.25 mm x 0.25 µm, con un tiempo total de corrida de 74



**minutos. Los resultados obtenidos mostraron que la cabeza tiene un mayor contenido de estos dos ácidos grasos en comparación con las otras partes estudiadas, con 0.37 g/100 g de aceite en el caso de EPA y 1.48 g/100 g de aceite para el DHA.**

**PALABRAS CLAVE:** Aceite de pescado, *Pterygoplichtys pardalis*, Extracción Soxhlet, Ácido eicosapentaenoico (EPA), Ácido docosahexaenoico (DHA).

**ABSTRACT:** *In this work, the fat extraction from P. pardalis was carried out in order to determine the content of omega 3 polyunsaturated fatty acids (EPA and DHA) in the head, muscle and viscera, using the Soxhlet method of extraction and hexane as solvent. A Buchi E-201 extraction unit was used, it was programmed to work under reflux conditions for 4 hours. The fatty acids of interest were determined by gas chromatography, using a gas chromatograph with FID detector, DBWax column (Agilent Technologies) of 60 x 0.25 mm x 0.25 μm, with a total time of 74 minutes. The results obtained showed that the head has a higher content of these two fatty acids compared to the other parts studied, with 0.37 g /100 g of oil in the case of EPA and 1.48 g / 100 g of oil for DHA.*

**KEYWORDS:** fish oil, *Pterygoplichthys pardalis*, Soxhlet extraction, Eicosapentaenoic Acid (EPA), Docosahexaenoic Acid (DHA).

## INTRODUCCIÓN

El aceite de pescado considerado un producto secundario obtenido de la producción de su harina, hoy en día es un producto industrial de alto valor agregado y nutricional por su contenido de ácidos grasos omega-3 de

cadena larga; eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y docosahexaenoico (C22:6, DHA). Estos ácidos grasos, son altamente valorados por sus propiedades profilácticas y terapéuticas, siendo el aceite de pescado la fuente primaria y quizás la más abundante, lo cual actualmente ha creado una gran demanda de este insumo [1]. Se atribuye al EPA y DHA beneficios cardiovasculares (efectos hipo triglicéridémico, hipo colesterolémico, antitrombótico, antiinflamatorio, antiarrítmicos), así como apoyo en el desarrollo, función y protección del sistema nervioso [2]. Los métodos convencionales de extracción de aceite además de que implican largos tiempos de proceso, generalmente requieren grandes cantidades de solventes orgánicos y elevados costos energéticos, además de que las condiciones en las que se lleva a cabo la extracción suelen ser perjudiciales en la calidad del aceite, por las altas temperaturas que se emplean. Esto ha generado interés en el uso de tecnologías nuevas, que reducen o eliminan el uso de solventes tóxicos, además permiten conservar el medio ambiente y sus recursos [3]. La invasión del grupo de peces del género *Pterygoplichthys* en ambientes acuáticos de la cuenca del Grijalva-Usumacinta, se ha considerado una de las mayores amenazas para la biodiversidad acuática y las pesquerías de agua dulce en México, esto por sus características reproductivas, morfológicas y etológicas, es llamada una especie invasora “modelo” y debido a la problemática que esta especie representa para el estado se busca implementar nuevas formas de aprovechamiento de este pez [4]. Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 que se encuentran en este pez.

## MATERIAL Y MÉTODOS



**Obtención de especímenes:** En este estudio los ejemplares de *Pterygoplichthys pardalis* fueron capturados y transportados en hieleras a 4°C hasta el laboratorio de análisis bromatológico del ITTG desde la zona de muestreo ubicada en el río Usumacinta en las proximidades de la represa Peñitas en la Colonia Plan de Ayala, Chiapas. Una vez en el laboratorio, se procedió a eliminar la piel y a separar cada una de las partes utilizadas (carne de cabeza, vísceras y músculo), los cuales fueron almacenados a -20°C. Luego se procedió a secar la materia prima en un horno a temperatura de 60°C, el proceso de secado se llevó a cabo hasta obtener peso constante.

**Determinación del porcentaje de grasa:** La determinación del extracto etéreo se llevó a cabo de acuerdo con la norma NMX-F-089-S 1978, empleando el método Soxhlet, en una unidad de extracción automática Buchi E-201. La muestra seca fue pesada en un cartucho de extracción, el cual fue colocado en el equipo Soxhlet, luego se adicionó hexano en los vasos de extracción. Se programaron las condiciones de extracción en el equipo, posteriormente fue eliminado el disolvente, y el vaso de extracción con la grasa extraída se llevó a peso constante, el aceite fue recuperado y almacenado en refrigeración para evitar su oxidación.

**Selección de la parte a utilizar:** Una vez obtenido el aceite de las diferentes partes del pez, se procedió a realizar la esterificación de los ácidos grasos presentes en el aceite. La cuál se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por (Anguebes et al., 2019), se mezcló metanol y aceite en un tubo de vidrio, a esta mezcla se añadió el 1% de metóxido de sodio como catalizador, una vez agregado el catalizador fue mezclado y colocado en un baño maría durante 4 h. Una vez transcurrido este tiempo se formaron dos fases, la fase superior que contenía los ésteres metílicos y excedente de alcohol y la fase inferior que

contenía el glicerol. Se adicionó el hexano para separar los ésteres metílicos, luego se mezcló y se dejó reposar hasta que se separaron las fases nuevamente, separando los ésteres metílicos y el hexano.

**Determinación de concentración de EPA y DHA en las diferentes partes del pez:** Para el análisis de los ésteres metílicos, 1 µL del extracto hexánico que contenía los ésteres metílicos fue inyectado en un cromatógrafo de gases que cuenta con un detector FID equipado con una columna DBWax (Agilent Technologies) de 60 x 0.25 mm x 0.25 µm. Donde la temperatura inicial fue de 130°C, y se empleó una rampa de temperatura. Las muestras fueron analizadas por triplicado. Para la determinación de la concentración de EPA y DHA presentes en las diferentes partes estudiadas, se realizó una curva patrón inyectando en el cromatógrafo estándares de EPA y DHA luego se realizó una interpolación de los resultados obtenidos para cada una de las partes, para determinar la concentración de estos ácidos grasos en las partes del pez analizadas.

**Diseño experimental:** El diseño experimental fue un diseño completamente al azar, en donde se tuvieron 3 tratamientos, músculo, cabeza y vísceras, los cuales se hicieron por triplicado dando un total de nueve unidades experimentales, el análisis de los datos se hizo mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% empleando la prueba de Tukey. El análisis estadístico fue llevado a cabo usando el software estadístico Statgraphics Centurion XVI.

**Tabla 1. Contenido de grasa de las diferentes partes del pez *P. pardalis***  
Fuente: *Elaboración propia.*

Muestra	% de Grasa (base seca)
---------	------------------------





Cabeza (C)	36.62 a
Músculo (M)	5.89 b
Vísceras (V)	43.72 a

**Tabla 2. Concentración de ácidos grasos omega 3 en diferentes partes del pez diablo (*P. pardalis*).**

**Fuente: Elaboración propia**

Tratamiento	Concentración EPA (g/100 g de aceite)	Concentración DHA (g/100 g de aceite)
Cabeza (C)	0.37 a	1.48 a
Músculo (M)	0.17 b	0.59 b
Vísceras (V)	0.03 c	0.61 b

## RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de extracción obtenidos para las diferentes partes analizadas mediante el método Soxhlet. Se puede observar que no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos de cabeza, y vísceras, pero sí entre estos tratamientos y músculo. Los resultados son comparables con lo reportado por distintas investigaciones, tales como [5] quienes encontraron un contenido de grasa en la carne de cabeza del 36.2% para el pez *Thunnus tonggol*, en el caso del músculo resultados similares fueron reportados de *Sardinella lemuru bleeker* (5.10%) [6], mientras que en vísceras resultados similares fueron reportados por [7] en *Salmo salar* (49%).

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del contenido de EPA y DHA presente en las diferentes partes analizadas, en donde se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre cabeza y músculo y vísceras, para el caso del EPA; mientras que en el caso del DHA, existe diferencia estadísticamente significativa entre la cabeza y el resto de los tratamientos. Según la bibliografía, se sabe que a altas temperaturas, como a la que se llevó a cabo la

extracción se pueden estar favoreciendo transformaciones tanto del EPA como del DHA, debido a que está reportado que los ácidos grasos insaturados, como es el caso de estos, son especialmente susceptibles a este factor, por lo que la cantidad de EPA y DHA pudo haber sufrido variaciones en las diferentes partes del pez [8], lo cual se puede comprobar evaluando y comparando el aceite obtenido por otros métodos como son la hidrólisis enzimática, la extracción con microondas y la extracción con ultrasonido, pues en estas se emplean condiciones menos drásticas que no afectan el contenido de estos ácidos grasos.

## AGRADECIMIENTOS

Oscar Ramón Cruz Alonso agradece a CONACyT por la beca número 809454 otorgada para realizar estudios de Maestría. Sandy Luz Ovando Chacón agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos tanto para el contenido de grasa como para la concentración de EPA y DHA presentes en las diferentes partes del pez, se presume a la cabeza como la fuente más abundante de estos omegas y dado que la literatura sobre este pez es muy reducida estos resultados se pueden comparar con resultados de otras especies de peces; en los cuales se puede observar que el pez está en un rango aceptable en cuanto al porcentaje contenido de estos ácidos grasos, por lo que se le puede considerar una alternativa para la obtención de EPA y DHA. Sin embargo es particularmente interesante evaluar como se ve afectada la concentración de estos ácidos grasos por el método de extracción que se utiliza, sobre todo por las temperaturas utilizadas en la extracción Soxhlet, para lo cual se plantea hacer extracciones utilizando métodos no convencionales como: extracción enzimática, extracción asistida con ultrasonido



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

y extracción asistida con microondas, utilizando la cabeza por ser la parte que presentó mayor cantidad de estos ácidos grasos.

**supercritical carbon dioxide and conventional methods". Waste Biomass Valor, pp. 1-15, 2016.**

**[8] E. Bendiksen and M. Jobling. "Effects of temperature and feed composition on essential fatty acids (n-3 and n-6) retention in atlantic salmon". Fish Physiology and Biochemistry, vol. 29, pp. 133-140, 2003.**

### BIBLIOGRAFÍA

**[1] A. Valenzuela, J. Sanhueza and F. de la Barra. "El aceite de pescado: ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional". Revista Chilena Nutrición, vol. 29, no.1, pp. 201-209, 2012.**

**[2] A. Valenzuela and R Valenzuela. "Ácidos grasos omega-3 en la nutrición ¿cómo aportarlos?". Revista Chilena Nutrición, vol. 41, no. 2, pp. 205-211, 2014**

**[3] M. Bromberger, L. de Marsillac and C. Peixoto. "Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables". Journal of Food, vol.16, no.1, pp. 400-412, 2018.**

**[4] E. Velázquez, J. M. López-Vila and E. I Romero-Berny. (2013). "The devil fish: invasive species in Chiapas". LACANDONIA, vol. 7, no. 1, pp. 99-104, 2013.**

**[5] S. Ferdosh, Z. Islam, N. Norulaini, A. Oliveira, K. Yunus, A. Chowdury and M. Omar. "Quality of tuna fish oils extracted from processing the by-products of three species of neritic tuna using supercritical carbon dioxide". Journal of Food Processing and Preservation, pp. 1-9, 2014.**

**[6] M. Gedi, J. Bakar and A. Mariod. "Optimization of supercritical carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) extraction of sardine (*Sardinella lemuru* Bleeker) oil using response surface methodology (RSM)". Grasas y Aceites, vol.66, no. 2, pp. 1-12, 2015**

**[7] M. Haq, R. Ahmed, Y. J. Cho and B. S. Chun. "Quality properties and bio-potentiality of edible oils from atlantic salmon by-products extracted by**



## Evaluación de tres cepas de *Trichoderma* contra *Botrytis fabae*

Cabrera Evaristo José Alfredo<sup>1</sup>, Gregorio Irineo Fátima<sup>2</sup>, Murrieta Serrano Dulce María<sup>3</sup>, Sánchez Galindo José Fernando<sup>4</sup>.

alfre213tigre@gmail.com

fatigreram@gmail.com

dulce14mjs@gmail.com

sanchezgalindojosefernando99@gmail.com

Contacto:

Murrieta Serrano Dulce María

[dulce14mjs@gmail.com](mailto:dulce14mjs@gmail.com)

+522311384648

### Sustentabilidad

Cabrera Evaristo José Alfredo<sup>1</sup>, quinto semestre, Instituto tecnológico superior de Tlatlauquitepec.

Gregorio Irineo Fátima<sup>2</sup>, quinto semestre, Instituto tecnológico superior de Tlatlauquitepec.

Murrieta Serrano Dulce María<sup>3</sup>, quinto semestre, Instituto tecnológico superior de Tlatlauquitepec.

Sánchez Galindo José Fernando<sup>4</sup>, quinto semestre, Instituto tecnológico superior de Tlatlauquitepec.

**RESUMEN:** Las manchas en el Haz de las hojas son causadas por un hongo el cual se agranda y destruye el tejido. Es una enfermedad que limita el desarrollo de la planta ya que disminuye la calidad y el valor comercial de la leguminosa. El

**Palabras clave:** Erosión del suelo, Fungicidas, patología, Trichoderma, unidades experimentales (UE).

### ABSTRACT

Spots on the Haz of the leaves are caused by a fungus which enlarges and destroys the tissue. It is a disease that limits the development of the plant as it decreases the quality and commercial value of legumes. The management of this disease is based on the use of chemical fungicides applied directly to the crop, lately soil erosion is being the main consequence of fungicides, so the use of a biocontroller organism is an alternative for the control of this pathology and soil damage since it allows to decrease the use of pesticides.

manejo de esta enfermedad se basa en el empleo de fungicidas químicos aplicados directamente al cultivo, últimamente la erosión del suelo está siendo la principal consecuencia de los fungicidas, por lo cual

The bean from the Creole seed of the trancas was evaluated in an experimental design using 4 treatments, *Trichoderma* TS1P2, *Trichoderma* CS2P2,, *Trichoderma* PS3P1, and a witness treatment each with 7 repetitions with a total of 32 experimental units (EU).

**Keywords:** Soil erosion, Fungicides, pathology, Trichoderma, experimental units (EU).



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**INTRODUCCIÓN:** Son originarias como cultivo del Oriente Próximo, extendiéndose pronto por toda la cuenca mediterránea, casi desde el mismo comienzo de la agricultura. Los romanos fueron los que seleccionaron el tipo de haba de grano grande y aplanado que es el que actualmente se emplea para consumo en verde, extendiéndose a través de la Ruta de la Seda hasta China, e introducido en América, tras el descubrimiento del Nuevo Mundo. Se las considera también la fuente de proteína más barata y accesible para los pobres (THARANATHAN y MAHADEVAMMA, 2003).

Familia: *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoidea*. Nombre científico: *Vicia faba L.*

Planta: anual. Porte recto.

Sistema radicular: muy desarrollado.

Tallos: de coloración verde, fuertes, angulosos y huecos, ramificados, de hasta 1,5 m de altura. Según el ahijamiento de la planta varía el número de tallos.

Hojas: alternas, compuestas, paripinnadas, con folíolos anchos ovales-redondeados, de color verde y desprovistas de zarcillos.

Flores: axilares, agrupadas en racimos cortos de 2 a 8 flores, poseyendo una mancha grande de color negro o violeta en las alas, que raras veces van desprovistas de mancha.

Fruto: legumbre de longitud variable, pudiendo alcanzar hasta más de 35 cm. El número de granos oscila entre 2 y 9. El color de la semilla es verde amarillento,

aunque las hay de otras coloraciones más oscuras.

Son igualmente de gran relevancia por su capacidad de fijar nitrógeno, lo que resulta capital para el mantenimiento de los suelos agrícolas. A pesar de esto, las leguminosas son un cultivo secundario frente a los grandes cereales (arroz, trigo y maíz), en parte debido a su mayor sensibilidad a los estreses bióticos y abióticos y a sus menores rendimientos (SIDDIQUE et al., 2012).

Las habas (*Vicia faba L.*) son unas de las leguminosas más cultivadas, de gran valor nutritivo y ampliamente utilizada tanto para consumo humano como pienso para animales (CREPON et al., 2010). Según las cifras de la FAO, en 2010 ocuparon una superficie de cultivo de 2.559.773 hectáreas y alcanzaron el sexto lugar en producción entre las leguminosas, con 4.312.871 toneladas (FAOSTAT, 2010). Los principales productores son China, Europa (principalmente Reino Unido, Francia, España, Portugal y Grecia), Etiopía, Egipto y Australia (DUC et al., 2010).

-La *Botrytis (Botritis fabae Sardiña)* es una enfermedad fúngica que afecta a los cultivos de habas en muchas partes del mundo, especialmente en las regiones húmedas se desarrolla en las hojas, aunque los tallos y flores también pueden ser infectados bajo condiciones favorables al hongo.

Sobre las hojas los síntomas varían desde pequeños puntos de color marrón-rojizo a manchas circulares con el



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

margen marrón rojizo y el centro de color café claro.

En condiciones óptimas de temperatura (18-20°C) y humedad (90-100%) la infección resulta muy agresiva. Reino Fungí, Hongos Mitosporicos (División *Eumycota*, Subdivisión *Deuteromycotina*, Clase *Hyphomycetes*). Forma conidióforos pequeños (< 1mm) y compactos, que no se suelen encontrar en campo. Las conidias son unicelulares, estrechas y elipsoidales. Su tamaño es mayor que el de otras especies de *Botrytis*: 14-29 x 11-20 µm. Se distingue también de otras especies de *Botrytis* por

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación de la investigación y elaboración del extracto

La investigación se llevó a cabo en un laboratorio ubicado en el Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, en el estado de Puebla. Se realizó una práctica en la cual se inocularon hongos de hoja de un cultivo de haba, en un periodo comprendido de marzo de 2020.

El material vegetal utilizado fue recolectado en las parcelas del cultivo de dicha institución, los cuales estaban infectados con un tipo de enfermedad, ya que en sus hojas tenían manchas color café, para estudiar dichos hongos se tuvieron que inocular en agar de papa para ver su desarrollo.

#### Diseño experimental y tratamientos

La unidad experimental consto de porciones de agar anteriormente inoculados con hojas enfermas de plantas de haba, los tratamientos aplicados fueron:

su limitada gama de huéspedes y por su patogenicidad sobre haba.

*Botrytis fabae*, en cambio, es un patógeno especializado, que infecta principalmente a *Vicia faba* y otras especies del género *Vicia*, aunque también puede darse en algunas otras especies de leguminosas pertenecientes a los géneros *Lens*, *Pisum* y *Phaseolus* (STAATS et al., 2005).

Por lo anterior, de objetivo fue evaluar 3 cepas de *Trichoderma* en el control de las manchas causadas por *La Botrytis (Botritis fabae Sardiña)* en el cultivo de haba.

T1. *Trichoderma TS1P2*

T2. *Trichoderma CS2P2*

T3. *Trichoderma PS3P1*

T4. Testigo absoluto

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con siete repeticiones cada tratamiento. La aplicación de los tratamientos se realizó una semana después de haber sido inoculada una porción de agar que a su vez contenía el desarrollo de un patógeno proveniente de una hoja infectada por *Botrytis*. Cabe señalar que para poder inocular primero se desinfecto el espacio a ocupar, se esterilizaron materiales y también las manos y bocas de las personas fueron cubiertos esto para asegurar que no existiera contaminación al momento de aplicar los tratamientos. Una vez puestos en una sola caja Petri tanto el patógeno como el biocontrolador lo único que se realizó fue vigilar el comportamiento ya fuese del patógeno sobre el biocontrolador o viceversa.



## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

### Variables y análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron:

Se evaluó el crecimiento del patógeno, ya que se colocaron a la misma distancia el patógeno y el tratamiento.

Tiempo en que tardaron en confrontarse el patógeno y el tratamiento.

Y los datos que se obtuvieron se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación para poder plasmar los datos obtenidos en una gráfica en Excel para observar el comportamiento de cada cepa de trichoderma, para ver cuál era el que combatía más rápido y eficazmente cada patógeno.

### Resultados y Discusión

De este estudio se resalta la importancia que tiene el conocimiento profundo de los mecanismos de acción que pueden presentar los diferentes aislamientos de Trichoderma.

Este conocimiento es vital desde el punto de vista práctico, debido a que permite una adecuada y mejor selección de aislamientos con mayor potencialidad para el control de diferentes fitopatógenos. Mientras más modos de acción estén presentes en un aislamiento, mayor será la eficacia de este en el control del fitopatógeno, y, por ende, menor el daño que puede causarle al cultivo.

Cada tratamiento reacciona de manera muy distinta (Figura 1).

***Botrytis fabae* Sardiña. vs. *Trichoderma* TS1P2(T1)**

El enfrentamiento de los hongos se observó cuando ambos micelios de crecimiento entran en contacto (chocan), después de 8 horas de siembra, existe la competencia de nutrientes y por el espacio, *Trichoderma* TS1P2(T1) gracias a su velocidad de crecimiento lo cierra al *Botrytis fabae* y no deja crecer, que al principio estaba defendiendo su espacio el fitopatógeno, después fue cubierto por encima totalmente con el micelio de hongo antagonico.

CEPA: esta cepa tiene las siguientes características:

Clave de identificación: TS1P2

Textura: algodonosa

Densidad: abundante

Micelio aéreo: abundante

Color: verde claro

Forma: radial

Velocidad de crecimiento: 2.9 mm/día

***Botrytis fabae* Sardiña. vs. *Trichoderma* CS2P2 (T2)**

En este caso sucedió lo mismo solo que una velocidad de choque menos acelerada, esto gracias a las mediciones hechas en el transcurso de los días en que se llevó a cabo la practica

CEPA: esta cepa tiene las siguientes características:

Clave de identificación: CS2P2

Textura: Lanoso

Densidad: abundante

Micelio aéreo: abundante

Color: verde oscuro

Forma: radial

Velocidad de crecimiento: 3.2 mm/dia



**Botrytis fabae Sardiña. vs. Trichoderma PS3P1(T3)**

De acuerdo con los análisis para este tratamiento el resultado no fue el esperado ya que en gran parte de las réplicas el patógeno logro avanzar un poco más y está claro que lo que se busca es desacelera su crecimiento y por ende su combate

CEPA: esta cepa tiene las siguientes características:

Clave de identificación: PS3P1

Textura: Lanoso

Densidad: algodonosa

Micelio aéreo: abundante

Color: verde oscuro

Forma: radial

Velocidad de crecimiento: 2.8 mm/dia

**Botrytis fabae Sardiña (testigo)**

Como se sabe para el testigo se usó solo el patógeno sin ningún componente que interviniera su crecimiento por lo tanto este creció gracias a la fuente de alimento y el espacio

DATO: el testigo solo es una muestra del crecimiento del patógeno.

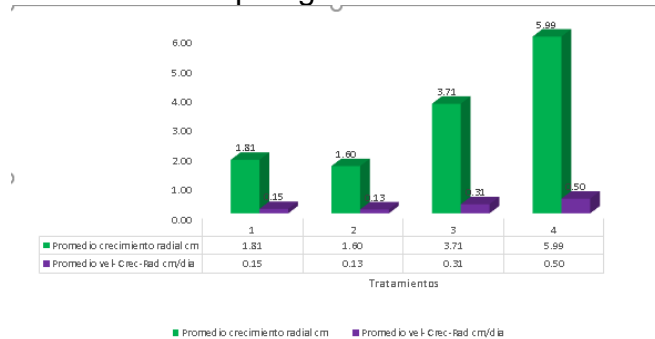


Figura 1. Enfrentamiento de los hongos con daño por *Botrytis fabae Sardiña*. (Los números indican diferencias estadísticamente significativas 1(*Trichoderma TS1P2*) 2

(*CS2P2*) 3 (*Trichoderma PS3P1*) y el último fue el tratamiento 4 testigo) la cepa que funciona más fue la del tratamiento 1(*Trichoderma TS1P2*).

**CONCLUSIONES**

1. Se determino cual cepa de *trichoderma* tuvo mayor impacto sobre el patógeno y que se adaptó mejor a la región.
2. Por otro lado, también pretende servir de ayuda a los agricultores y estudiantes que se interesen en dicho tema, que facilite el manejo tanto del cultivo del haba como del patógeno *Botrytis (Brotitis fabae sardiña)* TS1P2.

**AGRADECIMIENTOS**

Nuestro mas sincero agradecimiento a nuestro a asesora y amiga Lucia Torres Rueda profesor del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec el mejor la mejor docente que hemos conocido, por todo el apoyo brindado, la confianza en nuestro proyecto y en nuestra capacidad, por sus consejos y todas las recomendaciones que hicieron posible este trabajo.

**LITERATURA CITADA**

[1]ÁLVARES & VÁSQUEZ. (2009). *Técnicas básicas de Microbiología. INTRODUCCIÓN A LOS HONGOS FILAMENTOSOS., 7,8. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.*  
 [2]CREPON, K., MARGET, P., PEYRONNET, C., CARROUEE, B., ARESE, P., DUC, G., (2010). *Nutritional [3]value of*



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

***faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. Field Crops Research 115, 329-339***

**[4] DAVIDSON, J., PANDE, S., BRETAG, T., LINDBECK, K. Y KISHORE, G. (2007). *Biology and management of Botrytis spp. in legume crops. In: ELAD, Y., WILLIAMSON, B., TUDZYNSKI, P. Y DENLE, N. Botrytis biology, pathology and control. Springer, USA. pp: 295-318.***

**[5] Pérez L., Ramírez, C, Martínez, M.Y. and Algecira N., *Efecto de las variables, condiciones fermentación y del sustrato en la producción de Trichoderma harzianum, Trabajo de grado microbiología industrial, Pontificia***

***Universidad Javeriana, Santa Fé de Bogotá, 153 (2000)***

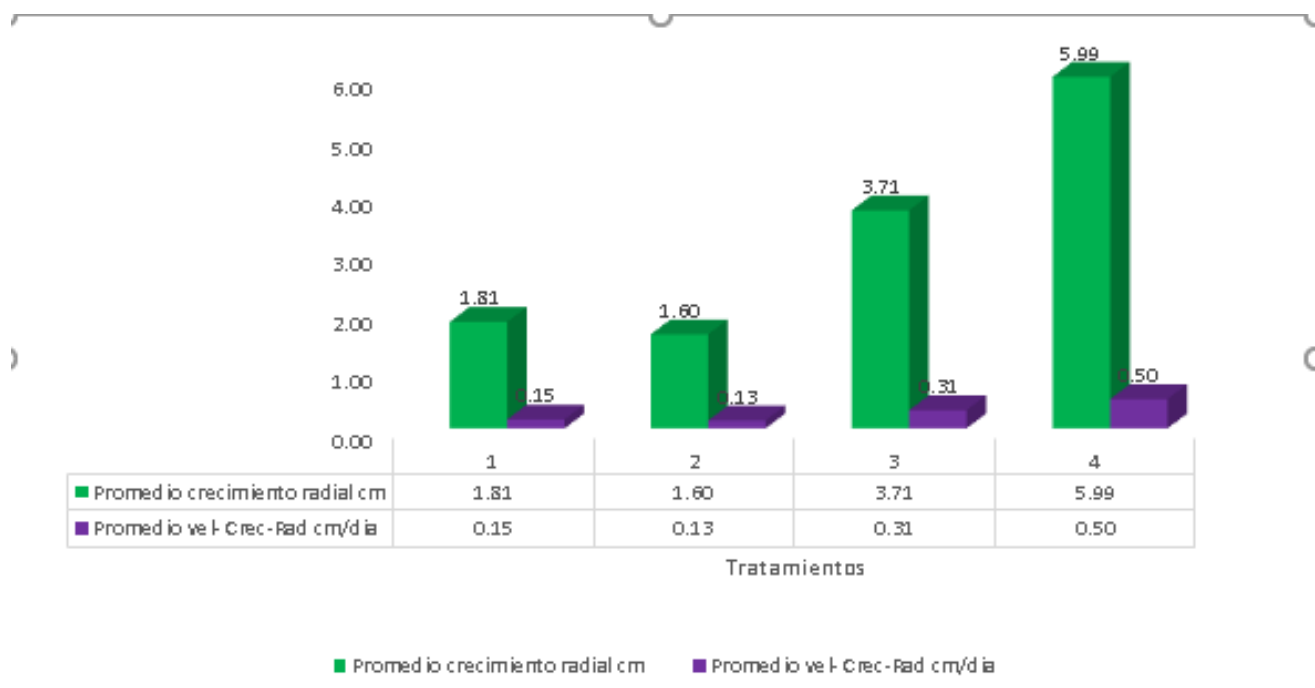
**ANEXOS**

**ANEXOS**





**Anexos**



**Ilustración 1** Ilustración 1. Enfrentamiento de los hongos con daño por *Botrytis fabae* Sardiña. (Los números indican diferencias estadísticamente significativas 1 (*Trichoderma* TS1P2) 2 (CS2P2) 3 (*Trichoderma* PS3P1) y el último fue el tratamiento 4 testigo) la cepa que funciono más fue la del tratamiento 1 (*Trichoderma* TS1P2).



## Comportamiento del cemento supersulfatado en la compactación AASHTO Modificada, de un material tipo sub-base.

Pablo Julián López González <sup>1</sup>, David Reyes González <sup>2</sup>, Erick Edgar Maldonado Bandala <sup>3</sup>,  
Guadalupe Peralta Rodríguez <sup>4</sup>, Víctor Villa Viveros <sup>5</sup>

jlopezg@misantla.tecnm.mx  
dreyesg@misantla.tecnm.mx  
erimaldonado@uv.mx  
162t0536@misantla.tecnm.mx  
162t0546@misantla.tecnm.mx

Contacto:  
jlopezg@misantla.tecnm.mx  
2281614815

Área temática de la Investigación del artículo: **Construcciones sostenibles**

<sup>1</sup> Pablo Julián López González, Maestro, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla.

<sup>2</sup> David Reyes González, Doctor, Coordinador de Maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla.

<sup>3</sup> Erick Edgar Maldonado Bandala, Doctor, Coordinador de Posgrados, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, sede Xalapa.

<sup>4</sup> Guadalupe Peralta Rodríguez, Alumno, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla.

<sup>5</sup> Víctor Villa Viveros, Alumno, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla.

### RESUMEN:

*En las obras de infraestructura de transporte es recomendable utilizar la mayor cantidad de material presente en la obra, sin embargo, no todos los suelos poseen las características adecuadas. Para ello es necesario disponer de materiales que ayuden a mejorar sus propiedades, que disminuyan la sensibilidad al agua y aumentar o reducir su resistencia a la deformación bajo cargas.*

*Por lo anterior, se realizó la estabilización de un suelo tipo sub-base con adiciones de*

*Cemento Portland Compuesto (CPC) y Cemento Supersulfatado (CSS) base pumicita, como material alternativo al CPC, para finalmente hacer una comparación entre ellos.*

*Las pruebas de compactación se realizaron con 3%, 5% y 7% de materiales estabilizantes respecto al peso del suelo seco del material, tomando los mismos porcentajes para ambos, haciendo sustituciones parciales de 0% y 50% de Cemento Portland, para así, llegar a un reemplazo total del 100% de este material.*



**Gracias a la comparación de las gráficas de compactación de las tres nomenclaturas y a los resultados de humedad óptima, se determinó que al añadir un 5% de CSS al suelo natural, se obtiene una compactación de 1860 kg/cm<sup>3</sup> con una humedad de 7.7%, haciéndolo el resultado más favorable de todas las pruebas realizadas.**

#### **PALABRAS CLAVE:**

**AASHTO Modificada, Cemento Portland Compuesto, Cemento Supersulfatado, Compactación, Estabilización, Sub-base.**

#### **ABSTRACT:**

***In transport infrastructure works, it is advisable to use the largest amount of material present in the work, however, not all soils have the appropriate characteristics. For this, it is necessary to have materials that help to improve its properties, that reduce its sensitivity to water and increase or reduce its resistance to deformation under loads.***

***Therefore, a sub-base type soil was stabilized with additions of Composite Portland Cement (CPC) and Supersulfated Cement (CSS), pumicite base, as an alternative material to CPC, to finally make a comparison between them.***

***The compaction tests were carried out with 3%, 5% and 7% of stabilizing materials with respect to the weight of the dry soil of the material, taking the same percentages for both, making partial substitutions of 0% and 50% of Portland Cement to finally reach a total replacement of 100% of this material.***

***Thanks to the comparison of the compaction graphs of the three nomenclatures and the optimal humidity results, it was determined that by adding 5% CSS to the natural soil, a compaction of***

***1860 kg / cm<sup>3</sup> is obtained with a humidity of 7.7%, making it the most favorable result of all the tests carried out.***

**KEYWORDS: Composite Portland Cement, Supersulfated Cement, Compaction, Stabilization, Sub-base.**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el proceso de construcción de vías de comunicación es necesario realizar pruebas para la verificación de calidad que la infraestructura ofrece, con respecto a los parámetros establecidos. Esto con la finalidad de que no se produzcan deformaciones o desgastes mayores al recibir cargas que el tránsito produce. Sin embargo, no siempre se cuenta con materiales ideales para utilizados en la producción de una carretera. Cuando esto sucede, se requiere buscar una alternativa que mejore las propiedades que el suelo ofrece, para así, lograr un aumento de resistencia o disminuir su sensibilidad al agua, aquí entra el concepto de estabilización, el cual es un material compuesto que se dio como resultado de la combinación y optimización de propiedades en materiales individuales [1].

Hoy en día existen diversos tipos de estabilización, clasificados en estabilización química, física y mecánica, de los cuales la química es la principalmente empleada; ésta implica la aplicación de aditivos químicos para mejorar el comportamiento de los suelos, se utiliza para favorecer la manejabilidad del suelo, haciendo el material más factible de usar como material de construcción. Los elementos estabilizadores químicos primordialmente usados, son la cal, yeso, cemento y algunos otros como la ceniza de bagazo de caña que han sido estudiados y evaluados con anterioridad.

La compactación es un proceso mecánico que mejora las características de resistencia de los materiales que constituyen secciones



estructurales en carreteras, para ello se transfiere una energía de impacto por volumen unitario de suelo obteniendo una curva de compactación de la cual se extraen los parámetros de masa volumétrica seca máxima y humedad óptima del material [2].

El objetivo de la investigación es evaluar el comportamiento de un cemento supersulfatado base pumicita en la estabilización de un suelo con la finalidad de analizar las características físicas y mecánicas de un material para sub-base. La pumicita es el nombre que se le otorga al polvo de la piedra pómez (pumita), la cual forma parte de las rocas ígneas volcánicas con baja densidad y mucha porosidad. [3]

Se examinó la conducta de un material para sub-base al ser compactado, para determinar el porcentaje adecuado de cemento supersulfatado para emplearlo en la estabilización y mejoramiento de suelos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Materiales

El proyecto se trabajó con material tipo subbase para un pavimento, con respecto a la normativa de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) que especifica las características de calidad adecuadas; este fue obtenido de un banco de materiales ubicado en el km 2 de la carretera Misantla – Banderilla.

Para las pruebas de compactación se utilizaron el Cemento Portland Compuesto (CPC) y Cemento Supersulfatado (CSS) base pumicita, proveniente de la piedra volcánica pumita, en la ciudad de Perote, Veracruz. La Tabla 1. muestra la composición química de la pumicita.

Se determinó adquirir el material de esta zona ya que la industria que se encarga del proceso y tratado de la piedra pómez, respeta estándares de calidad y dentro de esto se ve involucrado el tamaño de la materia que

trabaja. Esto quiere decir que, existen grandes cantidades de piedra que se consideran desechos, siendo útiles para el proyecto.

Tabla 1. Composición química de la pumicita [4].

Componente	Concentración
SiO	68.73 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.01 %
K <sub>2</sub> O	5.45 %
Na <sub>2</sub> O	3.69 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.50 %
CaO	1.64 %
MgO	0.34 %
Otros	3.64 %

### 2. Experimentación

El material natural inicialmente fue caracterizado, sometiéndolo a una serie de pruebas de laboratorio tales como:

- Preparación de la muestra
- Contenido de humedad
- Granulometría
- AASHTO Modificada

Posteriormente se realizó la comparativa de resultados entre la estabilización de un suelo con CPC y con CSS, en la que se hicieron pruebas de compactación con distintos porcentajes de estos materiales estabilizantes. En este caso, se determinaron 3%, 5% y 7% respecto al peso del suelo seco del material, tomando los mismos porcentajes para ambos, haciendo sustituciones parciales de 0% y 50% de Cemento Portland, para así, llegar a un reemplazo total del 100% de este material. La Tabla 2. muestra los porcentajes utilizados de los materiales estabilizadores.

Tabla 2. Nomenclatura utilizada en la dosificación de los materiales estabilizadores. Fuente: propia.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
CPC	Cemento Portland Compuesto
CSS	Cemento Supersulfatado
CPC-CSS	Cemento Portland Compuesto combinado con Cemento Supersulfatado
3, 5, 7	Porcentajes de adición de cemento



**Tabla 3. Porcentaje de materiales empleados en el mejoramiento. Fuente: propia.**

Sistema	Nomenclatura	% Adición	% CPC	% CSS
1	M-NA	0	0	0
2	CPC-03	3	100	0
3	CPC-05	5		
4	CPC-07	7		
5	CPC-CSS-03	3	50	50
6	CPC-CSS-05	5		
7	CPC-CSS-07	7		
8	CSS-03	3	0	100
9	CSS-05	5		
10	CSS-07	7		

### 3. Preparación del suelo

La preparación del suelo se considera primordial para proseguir de manera correcta con las pruebas.

#### Secado

El suelo puede ser secado en charolas a la intemperie haciendo movimientos periódicos o utilizando una parrilla, tal como se realizó en este caso. De esta forma se consigue eliminar el contenido de agua para así obtener una masa constante.

#### Disgregado

El disgregado se realiza con el objetivo de separar las diferentes partículas aglomeradas que constituyen la muestra [5]. Para realizar la actividad, se coloca una muestra de material sobre una charola de lámina y utilizando un mazo de goma, se hacen golpes sobre él, a una altura aproximada de 20 cm ver. Posteriormente, el suelo se criba por la malla  $\frac{3}{4}$  (19 mm) ya que se trabaja con material tipo sub-base; se elimina el porcentaje retenido, puesto que no cumple con el tamaño de partícula adecuado.

#### Cuarteo

Es el proceso en el que se obtiene una muestra reducida representativa conservando las características de ésta. Es necesario realizarlo para que se tenga un material homogenizado caído [6].

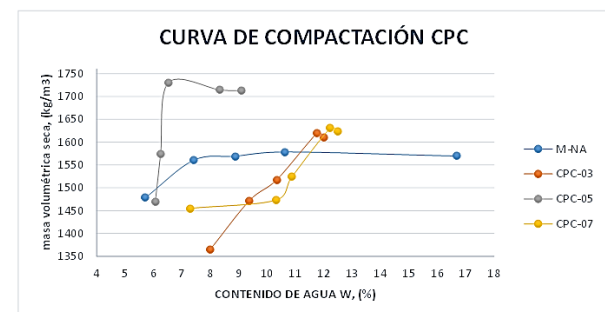
### 4. Características de compactación

Para este trabajo la relación entre la masa volumétrica seca máxima y la humedad óptima fue determinada en cada mezcla, esto con el fin de analizar la variación en sus valores como consecuencia de las adiciones. Los ensayos fueron realizados como lo establece el procedimiento para materiales granulares en moldes cilíndricos de 2123 cm<sup>3</sup>, empleando la compactación dinámica con pisón de 4.54 kg de peso y 45.7 cm de altura de caída [7].

Durante el proceso de compactación se aprietan los granos entre sí en su fricción interna, generando un incremento en su poder soportante [8].

### RESULTADOS

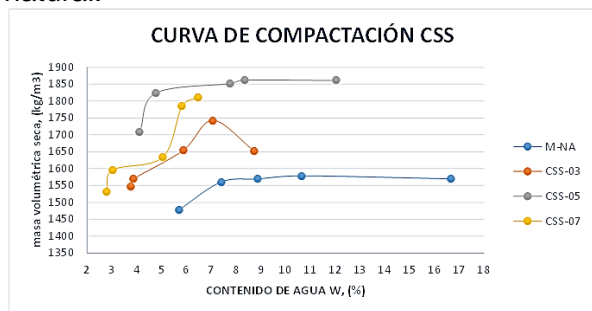
La figura 1 representa la humedad óptima en las pruebas de compactación del suelo natural y los porcentajes añadidos de 3%, 5% y 7% de CPC. Cada punto corresponde a relación entre la humedad óptima (%) y masa volumétrica seca máxima, que se obtuvo en el ensayo de compactación AASTHO modificada, de acuerdo con su adición de cemento. Es posible observar que, las sustituciones de 5%, representan los resultados menores de contenido de humedad de todas las pruebas realizadas con respecto al suelo natural, es decir, se considera un porcentaje correcto para la compactación de un suelo.



**Figura 1. Compactación del suelo con distintos porcentajes de CPC añadidos.**

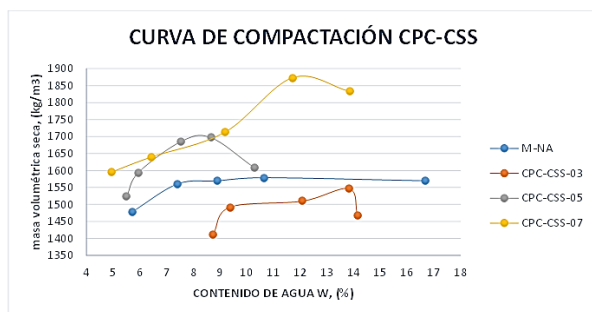


La Figura 2 presenta las compactaciones alcanzadas por el suelo tanto el natural como el material añadiendo los porcentajes de estabilizante; en ella se puede identificar que al añadir porcentajes de 3%, 5% y 7% de CSS al 100% pueden obtenerse resultados más elevados en la masa volumétrica de la prueba de compactación, comparando con el suelo natural.



**Figura 2. Compactación del suelo con distintos porcentajes de CSS añadidos.**

Analizando la figura 3, puede observarse en la prueba que la mezcla con 7% de aditivo, tuvo una humedad óptima de 11.7% y una compactación de 1861.5 kg/cm<sup>3</sup>, por arriba de las demás, sin embargo, no presenta el valor mínimo de contenido de humedad óptima en dicha mezcla.



**Figura 3. Compactación del suelo con distintos porcentajes de CPC-CSS añadidos.**

**AGRADECIMIENTOS**

A la coordinación y laboratorio de la maestría en vías terrestres, de la Universidad Veracruzana, sede Xalapa, por su apoyo para la realización de los ensayos en la caracterización del suelo.

**CONCLUSIONES**

Los materiales que se utilizaron para llevar acabo la estabilización, fue Cemento Portland y Cemento Supersulfatado base pumicita teniendo dosificaciones del 3%, 5%, 7% en peso, con respecto al peso de las muestras, sustituyendo CSS al 50% y 100% de CPC, como material adicionado en el mejoramiento de una capa tipo sub-base.

Con la realización de pruebas de compactación AASTHO Modificada, se observó que el peso volumétrico seco máximo incremento favorablemente al adicionar CSS siendo sustituto de CPC.

El contenido de humedad óptima se incrementó en las mezclas con CPC como estabilizador, debido a que las mezclas con CPC presentan mayor absorción que las de CSS, reportado en este caso. Se recomienda seguir con este tipo de trabajos para poder analizar el comportamiento de suelos en materiales finos, para evaluar su plasticidad, de igual manera realizar estudios pertinentes para conocer las propiedades mecánicas de resistencia al suelo como es el CBR.

**BIBLIOGRAFÍA**

[1] T. Tan Teing. *Effects of alkali.activated waste binder soil.* Faculty of Engineering, University of Putra Malaysia, 2019.

[2] O. Ojeda-Farías, J. M. Mendoza-Rangel, M. A. Baltazar-Zamora. *Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un*



**material granular tipo subrasante.  
ALCONPAT, 2018.**

**[3] G. E. M. García Eliezer Moisés, M. S. Mercado Siles, C. A. Carlos Ariel. Obtención de cemento base Pumicita-Hidróxido de calcio. UNI. Nicaragua, 2015.**

**[4] K. Cabrera-Luna, J.I. Escalante-Garcia, D. Nieves Mendoza, E. E. Maldonado-Bandala. Compressive strength and microstructure of concretes manufactured with supersulfated cement based on materials of volcanic origin exposed to a sulfate environment. ALCONPAT, 2018.**

**[5] SCT. M-MMP-1-03/03, Métodos de muestreo y prueba de materiales, 2003.**

**[6] ONNCCE. NMX-C-468-ONNCCE-2018, Industria de la construcción-geotecnia-materiales térreos-método de preparación de muestras, 2018.**

**[7] ASTM T180. Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop, 2020.**

**[8] C. Crespo-Villalaz. Vías de comunicación. México. Limusa, 2005.**



## Análisis de modelos matemáticos para predicción de resistencia mecánica en concretos con desechos de construcción.

Oscar Moreno Vázquez <sup>1</sup>, Pablo Julián López González <sup>2</sup>, David Reyes González <sup>3</sup>, Joaquín Sangabriel Lomelí <sup>4</sup>, Amado Hernández García <sup>5</sup>

omorenov@misanthla.tecnm.mx  
jlopezg@misanthla.tecnm.mx  
dreyesg@misanthla.tecnm.mx  
jsangabriell@misanthla.tecnm.mx  
152t0517@misanthla.tecnm.mx

Contacto:  
jlopezg@misanthla.tecnm.mx  
2281614815

Área temática de la Investigación del artículo: **Construcciones sostenibles**

<sup>1</sup> Oscar Moreno Vázquez, Maestro, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misanthla

<sup>2</sup> Pablo Julián López González, Maestro, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misanthla.

<sup>3</sup> David Reyes González, Doctor, Coordinador de Maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, campus Misanthla.

<sup>4</sup> Joaquín Sangabriel Lomelí, Ingeniero, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misanthla.

<sup>5</sup> Amado Hernández, García, Alumno, Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México, campus Misanthla.

### **RESUMEN:**

**Este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento mecánico de concretos modificados con desechos de construcción, para generar modelos matemáticos y poder predecir la resistencia a la compresión. Se prepararon 2 mezclas con sustitución del 10% en peso de arena y cemento Portland compuesto (CPC) por desechos, con respecto a una muestra control, evaluando la resistencia a la compresión y análisis matemático para generación de ecuaciones en cada mezcla. El método que se empleó para el diseño de mezclas de concreto fue el ACI 221.1, con una relación agua/cemento de 0.5, para una resistencia a la compresión simple esperada de 200 kg/cm<sup>2</sup> a sus 28 días de**

**curado. El material producto de desechos de construcción que se utilizó fue secado para perder la humedad, posteriormente se realizó un tratamiento de molienda, para obtener el tamaño deseado de las partículas mediante pruebas de granulometría. Se empleó un modelo matemático de función polinomial de grado dos, obteniendo ecuaciones para la predicción de propiedades mecánicas; las mezclas modificadas con desechos de construcción se comportaron de manera semejante al concreto convencional a los 90 días, teniendo beneficios mecánicos y ambientales, al poder disminuir el 10% del uso de cemento.**





## Smart Cities

Una aproximación emergente hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

### **PALABRAS CLAVE:**

**Concreto, Desecho de construcción, Modelo matemático, Predicción, Resistencia mecánica.**

### **ABSTRACT:**

*This work aims to analyze the mechanical behavior of concrete modified with construction waste, to generate mathematical models and to be able to predict the compressive strength. Two mixtures were prepared with substitution of 10% by weight of sand and Portland cement (CP) for waste, with respect to a control sample, evaluating the compressive strength and mathematical analysis to generate equations in each mixture.*

*The method used for the design of concrete mixtures was ACI 221.1, with a water / cement ratio of 0.5, for an expected simple compressive strength of 200 kg / cm<sup>2</sup> at 28 days of curing. The construction waste product material that was used was dried to lose moisture, subsequently a grinding treatment was carried out, to obtain the desired size of the particles by means of particle size tests.*

*A mathematical model of a polynomial function of degree two was used, obtaining equations for the prediction of mechanical properties; The mixtures with waste behaved in a similar way to conventional concrete after 90 days, having mechanical and environmental benefits, being able to reduce the use of cement by 10%.*

### **KEYWORDS:**

**Concrete, Construction Waste, Mathematical model, Prediction, Mechanical Strength.**

### **INTRODUCCIÓN**

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo [1], empleado para la

elaboración de la infraestructura como son casas, edificios, calles, carreteras, puentes, muelles, aeropuertos, etc. Este material ha sido popular debido a la disponibilidad de las materias primas para su elaboración, por lo que, para obtener el concreto se suelen emplear materiales como: agregados pétreos, agua, cemento portland compuesto (CPC) y en algunas ocasiones aditivos [2].

Cabe destacar que el concreto como material de construcción, ha sido importante en el pasado, es más útil actualmente, y se pronostica justamente que será indispensable en el futuro [3].

La ingeniería e investigaciones han buscado materiales alternativos o productos que puedan sustituir en algún porcentaje al cemento debido por su gran emisión de contaminantes durante su proceso de fabricación y consumo energético, esto con el fin de obtener mejores rendimientos y alcances del concreto en el precio y en resistencia, reduciendo el problema anteriormente mencionado, como es el caso de empleo de desechos de construcción como sustituto en cemento y en agregado fino.

Cabe destacar que la evaluación de la calidad del concreto en una estructura existente constituye uno de los temas más investigados en la última década [4].

Así mismo, la resistencia a la compresión es un factor muy importante para validar la calidad del concreto y normalmente se utilizan probetas cilíndricas para conocer este parámetro [5], con lo anterior, se propone el desarrollo de un modelo matemático para el pronóstico de propiedades mecánicas futuras, mediante pruebas de compresión simple en concretos modificados con empleo de desechos de construcción.

En primer término, se realizó la caracterización física de agregados mediante pruebas de laboratorio con base a la normativa ONNCCE, para posteriormente realizar el diseño de mezclas y poder evaluar las propiedades mecánicas de concretos modificados mediante



pruebas de resistencia a la compresión, obteniendo resultados a 90 días para implementar un modelo matemático y predecir resistencias sin necesidad de pruebas destructivas en el concreto, a su vez reduciendo el 10% de materiales convencionales.

La aplicación de modelos matemáticos en ingeniería es una herramienta que cada vez tiene un mayor uso, con el objetivo de analizar de manera sistemática el efecto de diferentes variables sobre una variable respuesta [6]. La modelación por medio de la regresión lineal, ha sido aplicada en la predicción de la resistencia a la compresión de concretos modificados con desechos de construcción, en los cuales se ha obtenido ajustes muy buenos utilizando el método anterior aplicado a un polinomio de segundo grado.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Diseño y proporcionamiento de la Mezcla de Concreto**

Para llevar a cabo este proyecto se realizaron pruebas de forma experimental, en este caso se elaboraron especímenes cilíndricos cuyas medidas son de 10 x 20 cm, diámetro y altura respectivamente, para un diseño  $f'c$  de 200  $kg/cm^2$ .

Se realizó el diseño por el método ACI 211.1 [5], para el cual se debe hacer la caracterización de las propiedades físicas de los agregados a utilizar, con base a la Normativa ONNCCE, se realizó el proporcionamiento para determinar la cantidad de material necesario para elaborar un metro cubico de concreto, como se muestra en la tabla 1, sustituyendo en 10% arena y CPC por desechos de construcción.

**Resistencia a la compresión**

Para determinar las propiedades mecánicas, los especímenes se encuentran saturados respetando el curado, se realizaron los ensayos a la edad de 7, 28 y 90 días.

**Tabla 1 Dosificación de mezclas de concreto. Fuente propia.**

Mezcla	Cemento (Kg)	Grava (kg)	Arena (kg)	Agua (lt)	Des. Const (kg)
CTRL	410.0	982.4	334.9	205.0	0.0
D10A	410.0	982.4	301.4	205.0	33.5
D10C	369.0	982.4	334.9	205.0	41.0

**Modelo matemático para predicción de mezcla**

Para creación del modelo matemático, se empleó una regresión lineal de un polinomio de segundo grado dos, estodebido a la dispersión de los datos, relacionando los resultados de resistencia a la compresión en sus diferentes edades, obteniendo ecuaciones para la predicción de propiedades mecánicas.

**RESULTADOS**

**Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto elaboradas para los especímenes de ensayo de 4" x 8" (10 cm de diámetro x 20 centímetros de altura). Se obtuvieron los resultados con base a la norma ASTM C 39 [8]. En la Tabla 2, se muestran los resultados de las pruebas de compresión realizadas a 7, 28 y 90 días.

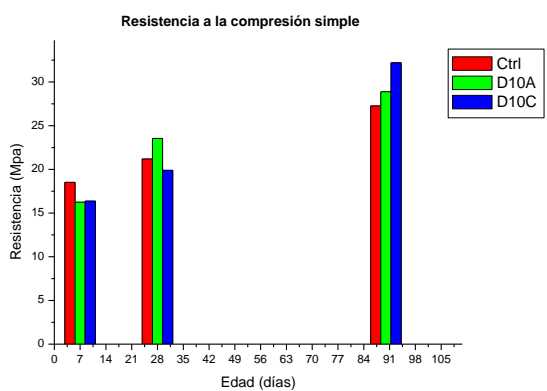
**Tabla 2 Resistencia a la compresión en concretos modificados. Fuente propia.**

Mezcla	Resistencia a los 7 días (kg/cm2)	Resistencia a los 28 días (kg/cm2)	Resistencia a los 90 días (kg/cm2)	% Respecto a la mezcla control
CTRL	18.52	21.19	27.26	100.00
D10A	16.25	23.54	28.89	105.98
D10C	16.37	19.89	32.20	118.12

Los resultados obtenidos en los ensayos para la obtención de resistencia a la compresión para los especímenes de mezcla control y los de mezclas en sustitución de arena y cemento por desechos de construcción se muestran en

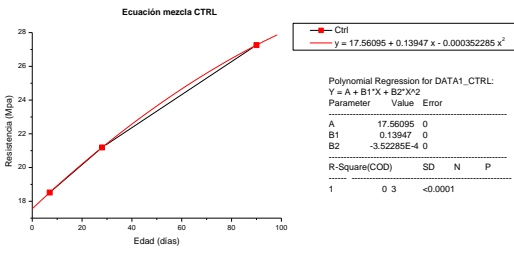


la figura 1, donde se aprecia que los concretos modificados con productos de desechos de construcción, tiene un comportamiento similar al concreto convencional. Los concretos con reemplazo 10% de desecho de construcción muestran resistencias a los 90 días de edad por arriba de la mezcla de control.



**Figura 1 Resistencia a la compresión de concreto.**  
Fuente: elaboración propia.

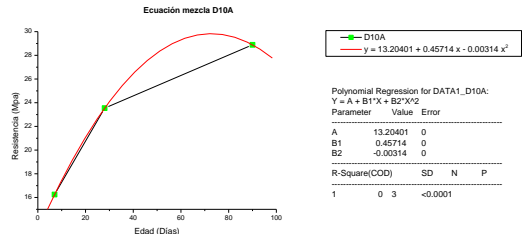
La figura 2 presenta de manera gráfica, el análisis de regresión lineal para la mezcla control, cuyo modelo matemático se presenta indicando que la aproximación logró explicar 100% de la incertidumbre original.



**Figura 2 Ecuación mezcla control**

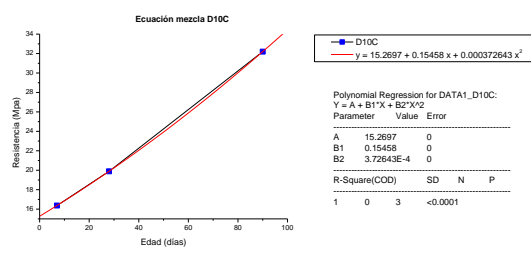
se observa en la figura 3 la representación gráfica del análisis de regresión lineal, para un polinomio de grado dos, logrando el 100% de la incertidumbre original en la mezcla con sustituto de desechos de construcción por agregado fino al 10%, generando una ecuación

cuadrática para la predicción de resistencia en concreto modificado.



**Figura 3 Ecuación sustituto 10% arena**

En la figura 4, se observa la representación gráfica de la mezcla D10C que sustituye al 10% de cemento portland por desechos de construcción, donde mediante el análisis de regresión lineal para un polinomio de grado dos, genera una ecuación para la predicción de resistencia a la compresión en concreto, indicando que la aproximación logró explicar 100% de la incertidumbre original.



**Figura 4 Ecuación sustituto 10% cemento**

**AGRADECIMIENTOS**

A la coordinación y laboratorio de la maestría en vías terrestres, de la Universidad Veracruzana, sede Xalapa, por su apoyo para la realización de los ensayos en la obtención de propiedades mecánicas del concreto.

**CONCLUSIONES**

Respecto a la investigación aquí presentada, se encontró que:



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

- La sustitución del agregado fino natural por desechos de construcción, beneficia a la mezcla aumentando la resistencia a la compresión a los 90 días.
- En las mezclas denominadas D10A en las cuales se sustituye el 10% de agregado fino, se puede denotar que alcanza una resistencia superior, en la edad de 28 días con respecto a las muestras control, esto demuestra que los desechos de construcción pueden mejorar en un 11 %, con respecto al valor de la mezcla control.
- Las Mezclas denominadas D10C en las cuales se sustituye el 10% de Cemento, se puede denotar que consigue una resistencia favorable, a la edad de 90 días, optimizando un 18% el valor obtenido en la mezcla control.
- El concreto con desechos de construcción puede ser un gran aliado en la reducción de emisiones de contaminantes, debido a que se utilizarían menores cantidades de cemento o agregado fino.
- El análisis matemático realizado mediante un modelo de programación lineal para las mezclas de concreto oscilaba en 2% del error estimado, para lo cual se desarrolló una modelación cuadrática, favoreciendo los resultados, tales como una disminución al error del 0%, lo cual justifica que en las ecuaciones no es necesario un modelo de mayor grado para la predicción de la resistencia del concreto.
- Se recomienda el uso del concreto con desechos de construcción, en infraestructura con resistencia iguales o inferior a  $f'c$  de 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se recomienda el estudio de sus propiedades físicas y electroquímicas

del concreto con desechos de construcción.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] **M. Orozco, Y. Avila, S. Restrepo, A. Parody. Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. Ingeniería de la construcción, Chile, 2018.**
- [2] **I. R. Hernández-Cabrera, E. E. Maldonado-Bandala, J. I. Escalante-García, H. E. Hernández-Martínez, D. Nieves-Mendoza. Caracterización mecánica de concretos alcalinos bases pumicita para su uso en las vías terrestres. CONPAT, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 2019.**
- [3] **P. Metha, P. Monteiro. Concreto: Estructura, propiedades y materiales. IMCYC, 2015.**
- [4] **A. Fernández-Domínguez, J. J. Howland-Albear. Factores de corrección a la resistencia a compresión de testigos de hormigón. Análisis crítico de las normas cubanas e internacionales. Informes de la Construcción, 2017.**
- [5] **J. Baltazar. Evaluación y validación del uso de cubos para obtener la resistencia a la compresión del concreto Vs especímenes cilíndricos de 15 cm x 30 cm. Construcción y tecnología en concreto, 1998.**
- [6] **F. Toro, M. Gordillo, S. Delvasto, H. Savastano. Modelación del módulo de la resistencia a la flexión de un material compuesto cementicio a partir de propiedades en estado fresco, Ingeniería de Construcción, 2013**



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**[7] ACI. *Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1., IMCYC, 2004..***

**[8] ASTM C39. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.***



## Sistema de georreferenciación, generador de estrategias para Espacios Públicos Seguros

Guadalupe Robles Calderón<sup>1</sup>, Karen Monserrat Pérez Rodríguez<sup>2</sup>, Yessica Guadalupe Pérez Rodríguez<sup>3</sup>

guadalupe.rc@teziutlan.tecnm.mx  
M19TE0011@teziutlan.tecnm.mx  
L17TE0549@teziutlan.tecnm.mx

Contacto:

guadalupe.rc@teziutlan.tecnm.mx  
Tel. 231.121.1747

Guadalupe Robles Calderón<sup>1</sup>, Maestra en Sistemas Computacionales, TecNM - Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Karen Monserrat Pérez Rodríguez<sup>2</sup>, Alumna de Maestría en Sistemas Computacionales, TecNM - Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Yessica Guadalupe Pérez Rodríguez<sup>3</sup>, Alumna de Ingeniería en Sistemas Computacionales, TecNM - Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

### Sistemas Computacionales

**RESUMEN:** *El siguiente proyecto es un trabajo en conjunto con la empresa argento, la alcaldía de la Ciudad de México Benito Juárez y el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, con el apoyo de la "convocatoria de proyectos de innovación tecnológica" con el que se realizó el desarrollo e implementación de un sistema web que permite la planeación y gestión de los espacios públicos seguros en la alcaldía Benito Juárez. Este contiene módulos de captura y seguimiento basado principalmente en CRUD (Create, Read, Update and Delete). Se llevó a cabo la primera prueba piloto con la captura de los espacios públicos de la colonia Del Valle. A través del sistema se trazaron los polígonos de los espacios públicos, obteniendo la visualización geoespacial y el seguimiento exacto del expediente.*

**PALABRAS CLAVE:** *Espacio público, índice delictivo, geoespacial.*

**ABSTRACT:** The following project is a joint work with the company Argento, the Mayor of Mexico City Benito Juárez and the Higher Technological Institute of Teziutlán, with the support of the call for technological innovation projects with which the development and implementation was carried out of a web system that allows the planning and management of safe public spaces in the Benito Juárez mayor's office. It contains capture and tracking modules based mainly on CRUD (Create, Read, Update and Delete). The first pilot test was carried out with the capture of the public spaces of the Del Valle



**neighborhood. Through the system, the polygons of the public spaces were drawn, obtaining the geospatial visualization and the exact follow-up of the file.**

**KEYWORDS:** *Public space, crime rate, geospatial.*

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los espacios públicos se han vuelto un reto de innovación y mejoramiento en la calidad de vida de los ciudadanos (as). Para ello la Secretarías encargadas de las obras respecto a los espacios públicos se encuentran en pro de diseñar y poner en marcha proyectos dirigidos en el rescate y rehabilitación de los espacios públicos que promuevan el bienestar social, obteniendo capitalizar el desarrollo económico, social y cultural.

De acuerdo con la ONU HABITAT “Los espacios públicos y los edificios de las ciudades y los asentamientos humanos tienen que ser social, económica y ambientalmente sostenibles” [1].

Desde 1980-2000, los índices de delincuencia registrados en total en el mundo aumentaron en un 30% y se estima que alrededor del 15% de esos crímenes tienen un diseño de espacio público y el componente de gestión. Esto se ha traducido en un crecimiento de los barrios cerrados, sellados por las paredes e instalaciones de seguridad sofisticados, han surgido en casi todas las ciudades de América Latina y África [2].

Asimismo, la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública de 2017 [3], señala que más de la mitad de la población mexicana se siente insegura en los espacios e infraestructuras públicas, ya sea en los parques y centros recreativos, en los

mercados, en las calles o en el transporte público.

Derivado de lo anterior en la alcaldía Benito Juárez se encuentra en pro de la recuperación del espacio público y la seguridad de los mismos; esto mediante un generador de estrategias, específicamente con un sistema web geoespacial que permita en una primera versión el registro y gestión de los espacios públicos que alimenten la base de datos, teniendo como principal objetivo generar el análisis y cruce de información con la base de datos de los delitos, para su prevención y oportuna atención de estrategias para la alcaldía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación, se enlistan y describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema web geoespacial denominado “Sistema de Espacios Públicos Seguros”, con el objetivo de gestionar y alimentar la base de los espacios públicos que permitan implementar una plataforma analítica de gran volumen de datos, que apoye a la toma de decisiones.

### Metodología de desarrollo

Dentro de la empresa Argento se utilizan diferentes metodologías de desarrollo de acuerdo a las necesidades y objetivos del proyecto. Es por ello que conforme a la naturaleza del desarrollo y la colaboración con el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, se optó por la metodología Proceso Unificado de Racional (RUP).

Dicha metodología provee un enfoque disciplinado en la asignación de tareas y responsabilidades dentro de la organización, propone en asegurar la producción del software de muy alta calidad que satisfaga las



necesidades de los usuarios finales, dentro de las fechas y presupuestos acordados.

Se consideran dos tipos de ejes y dimensiones [4]:

1. *Eje horizontal*: representa el tiempo y muestra los aspectos del ciclo de vida del proceso a lo largo de su desenvolvimiento
2. *Eje vertical*: representan las disciplinas, las cuales agrupan actividades de una manera lógica de acuerdo a su naturaleza
  - a) *1ra. dimensión*: representa el aspecto dinámico del proceso conforme se va desarrollando, se expresa en términos de fases, iteraciones e hitos (milestones).
  - b) *2da. dimensión*: representa el aspecto estático del proceso; cómo es descrito en términos de componentes del proceso, disciplinas, actividades, flujos de trabajo, artefactos y roles.

El proceso Unificado usa el Lenguaje de Modelado Unificado (UML) en la preparación de todos los planos del sistema; de hecho, UML es parte integral de RUP.

Los aspectos distintivos del Proceso Unificado están capturados en tres conceptos clave: dirigido por casos de uso (use-case driven), centrado en la arquitectura (architecture-centric), iterativo e incremental.

### Marco Teórico

La solución se basa en los pilares fundamentales de la aplicación web, minería de datos y sistemas de información geográfica.

#### Aplicaciones web

Reciben este nombre porque se ejecutan en Internet. Es decir que los datos o los archivos en los que trabajas son procesados y almacenados dentro de la web. Estas

aplicaciones, por lo general, no necesitan ser instaladas en la computadora del usuario. El concepto de aplicaciones web está relacionado con el almacenamiento en la nube. Toda la información se guarda de forma permanente en grandes servidores de internet y nos envían a nuestros dispositivos o equipos los datos que requerimos e ese momento, quedando una copia temporal dentro de los equipos [5].

#### Minería de Datos

El datamining (minería de datos), es el conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que expliquen el comportamiento de los datos en un determinado contexto.

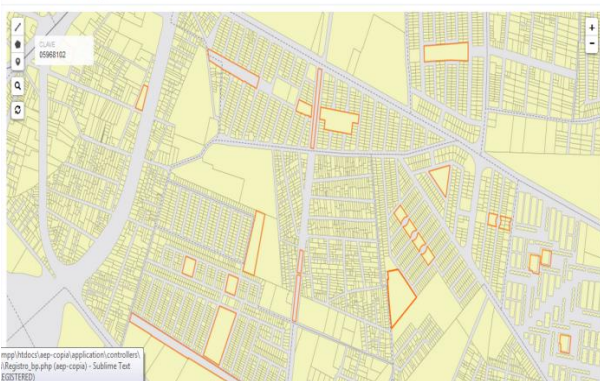
Básicamente, el datamining surge para intentar ayudar a comprender el contenido de un repositorio de datos. Con este fin, hace uso de prácticas estadísticas y, en algunos casos, de algoritmos de búsqueda próximos a la Inteligencia Artificial (AI) y a las redes neuronales. De forma general, los datos son la materia prima bruta. En el momento que el usuario les atribuye algún significado especial pasan a convertirse en información y ese modelo represente un valor agregado, entonces nos referimos al conocimiento [6].

#### Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son utilizados para describir y categorizar geografías con el objetivo de visualizar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente principalmente en mapas [7].



Administración Espacios Públicos



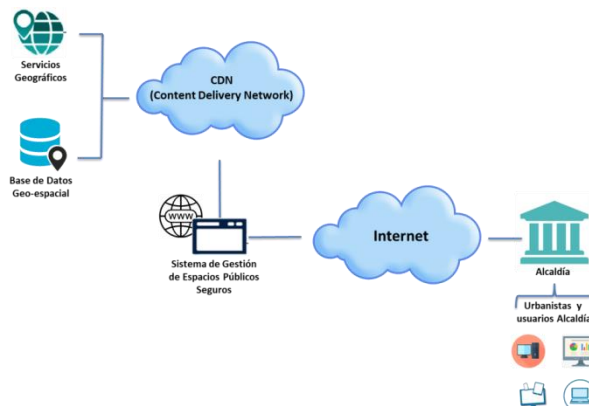
**Figura 1. Ubicación geoespacial de espacios públicos.**

**Fuente: Elaboración propia.**

La implementación de estos sistemas permitirá tener una visualización de los espacios públicos; como se muestra en la imagen, el GIS proyectar la cartográfica específica de la alcaldía y permite generar trazos de los polígonos, líneas y puntos en lugares más precisos reduciendo el margen de error de la ubicación de los espacios públicos.

### Propuesta Tecnológica

La solución propuesta para la alcaldía por parte de la empresa y el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, fue mediante el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión para Espacios Públicos Seguros que le permita controlar, administrar, visualizar y dar seguimiento de estos al unir servicios geográficos, bases de datos geoespaciales y alfanuméricas, mediante un servicio web que permita la conexión de múltiples usuarios que serán los encargados de cargar, administrar y supervisar los espacios públicos en la alcaldía Benito Juárez.



**Figura 2. Diagrama tecnológico.**

**Fuente: Elaboración propia**

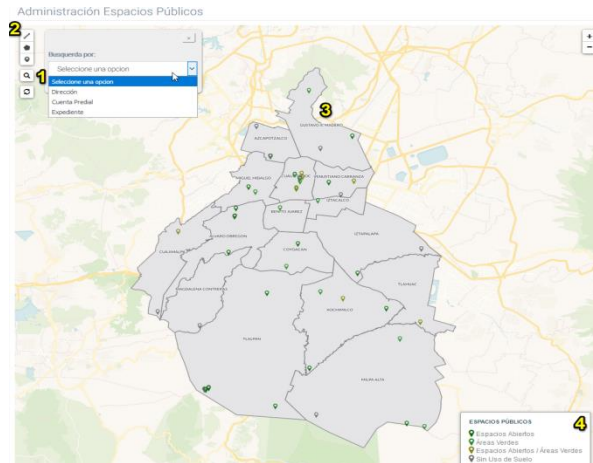
### RESULTADOS

La información obtenida en un primer ejercicio fue la captura exitosa de 32 espacios públicos dentro de la alcaldía, esta información fue capturada mediante formularios diseñados con técnicas de CRUD y representadas en el mapa geoespacial.

El almacenamiento de la información se generó en diversas tablas relacionadas, que permiten concentración de los datos sin ser redundantes garantizando la exactitud e integridad de la información.

Al generar la primera interacción entre el Urbanista (responsable de la captura de los espacios públicos) y el sistema, el usuario se adapta al diseño de la interfaz identificando el área de trabajo; dentro de la pantalla inicial el usuario cuenta con:

1. Selector de búsqueda (Expediente, Dirección y/o Cuenta Predial)
2. Herramientas de dibujo (Polígono, línea y punto)
3. Mapa de visualización de los espacios registrados
4. Leyendas del estatus del Espacio Público



**Figura 3. Pantalla principal del sistema**

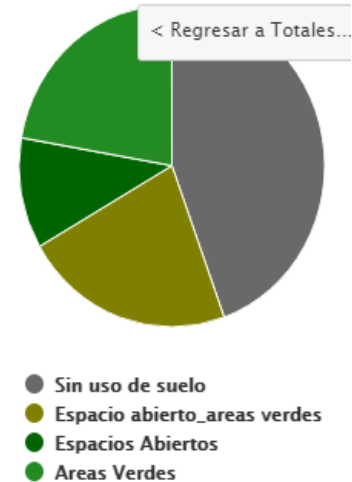
**Fuente: Elaboración propia.**

Al ser un sistema web en línea los urbanistas pueden realizar el levantamiento de los espacios públicos en tiempo real al momento de encontrarse en sitio.

El sistema también permite mediante la unión de tablas la generación y seguimiento de los expedientes que son integrados por 1 o más espacios públicos, logrando visualizar mediante un filtro los espacios registrados en cada expediente.

Una vez registrado la captura de los espacios públicos que se encuentran en dentro de la alcaldía, el sistema genera las gráficas dinámicas que permiten conocer el total de espacios de acuerdo ha la clasificación existente:

1. Sin uso de suelo
2. Áreas verdes
3. Espacios abiertos
4. Espacio abierto/área verde



**Figura 4. Gráfica del total de espacios públicos, por categoría**

**Fuente: Elaboración propia.**

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin la colaboración de la empresa Argento, el gobierno de la alcaldía Benito Juárez y el apoyo del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; quienes en conjunto de habilidades y conocimiento, han permitido realizar el inicio del primer sistema de gestión de espacios públicos en pro de mejorar y garantizar un ambiente tranquilo y seguro para las y los ciudadanos que visitan y/o transitan por dichos espacios.

### CONCLUSIONES

La gestión de los espacios públicos, hoy en día se ha convertido en un tema relevante dentro de las alcaldías, principalmente para la alcaldía Benito Juárez, quien busca poder proponer espacios y acciones en pro de mejoras o construcciones seguras para las y los ciudadanos.

Contar con desarrollos tecnológicos que permitan automatizar y generar grandes volúmenes de información que, almacenados



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

aumenten su valor y permitan la generación de estrategias con las diferentes autoridades que se encuentran en la mejora constante en la toma de decisiones efectivas.

Por el momento la primera fase del Sistema de Gestión de Espacios Públicos Seguros, se concentra en la captura y seguimiento de cada espacio ubicado en la alcaldía, logrando la automatización y visualización geoespacial de los mismos.

Como trabajo futuro, se incorporará el desarrollo de un módulo que permita el cruce de la informa entre los espacios públicos y los registros delictivos que se registran a diario, estos someterlos a minería de datos y permitir la generación de estrategias oportunas para desarrollo y/o mejora en cuanto a desarrollo urbano, o bien, para estrategias de seguridad que apoyen a la reducción del índice delictivo.

### BIBLIOGRAFÍA

**[1] Un Women. (2017). Safe Cities and Safe Public Spaces Global Result Report. Un Women, (24). Recuperado de <https://www2.unwomen.org>**

**[2] Temas Habitat III. (2015, 29 mayo). Recuperado de <http://habitat3.org>**

**[3] Geografía, E.D.N.I.Y. (2017). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2017. INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/envipe/2017/>**

**[4] Julio César Rueda Chacón. (2006). Aplicación de la metodología RUP para el desarrollo rápido de aplicaciones basado en el estándar J2EE. Recuperado de:**

**[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_03\\_08\\_cs.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_03_08_cs.pdf)**

**[5] Informática Básica: ¿Qué son las aplicaciones web? (2020). GCFGlobal.org. Recuperado de: <https://edu.gcfglobal.org/es/informatica-basica/que-son-las-aplicaciones-web/1/>**

**[6] Datamining (Minería de datos). (2020). Sinergia. Recuperado de: [https://www.sinnexus.com/business\\_intelligence/datamining.aspx](https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx)**

**[7] Introducción a SIG | ArcGIS Resource Center. (2020). Esri. Recuperado de: <https://resources.arcgis.com>**



## Algoritmo de Localización de Esquinas de Harris como Base para Software de Control para Marcado de Encuarte Trasero

Alfredo Carrasco Aráoz, Guillermo Cebada Reyes <sup>2</sup>, Luis Manuel García Martínez <sup>3</sup>.

alfredo.ca@teziutlan.tecnm.mx  
jose.cr@teziutlan.tecnm.mx  
luis.gm@teziutlan.tecnm.mx

Contacto:  
alfredo.ca@teziutlan.tecnm.mx  
2311045151

### Área Inteligencia Artificial

Alfredo Carrasco Aráoz, Maestría, Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

José Guillermo Cebada Reyes Doctorado, Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Luis Manuel García Martínez, Maestría, Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

**RESUMEN:** *En el presente trabajo se presenta la propuesta para el desarrollo de un software de control para realizar marcas de referencia en el encuarte trasero del pantalón de mezclilla para el pegado de la bolsa trasera, Para el tratamiento de la imagen se utiliza el filtro gaussiano y el algoritmo de Harris para la detección de esquinas, estos dos algoritmos permiten poder obtener las coordenadas de las esquinas, a través de un tratamiento mediante geometría se determinan los movimientos de los actuadores encargados de realizar las marcas. Para el desarrollo del sistema se utiliza la metodología se utiliza la metodología denominada investigación experimental, que se adapta al diseño planeado, el software de desarrollo bajo la metodología ciclo de vida en V. De manera concluyente se puede advertir la*

*metodología planteada arroja los resultados esperados, ya que como se muestra a lo largo de documento es posible obtener los parámetros deseados.*

**PALABRAS CLAVE:** *Esquinas de Harris, Filtro Gaussiano, OpenCV, Python, Visión Artificial.*

**ABSTRACT:** *The present work presents the proposal for the development of a control software to make reference marks in the back bind of the jean pants for gluing the back bag. For the image treatment, the Gaussian filter and the Harris algorithm for the detection of corners, these two algorithms allow to obtain the coordinates of the corners, through a treatment by geometry the*



***movements of the actuators in charge of making the marks are determined. For the development of the system, the methodology is used, the methodology called experimental research is used, which adapts to the planned design, the development software under the V-life cycle methodology. In a conclusive way, the proposed methodology can be seen yielding the expected results, since as shown throughout the document it is possible to obtain the desired parameters.***

**KEYWORDS:** Artificial Visión, Corners Harris, Gaussian Blur, OpenCV, Phyton

## INTRODUCCIÓN

En la región de Teziutlán puebla la industria predominante es la de la confección de prendas de mezclilla exportación en su mayoría las denominadas jeans. En la elaboración de los pantalones existen tareas repetitivas que se desea sean procesos automáticos que tengan la capacidad de tomar decisiones parecidas a las que tomaría una persona, o bien para realizar la automatización se requieren ajustes complicados. En la línea de ensamble del pantalón de mezclilla, para unir la bolsa trasera con el encuarte se tienen que realizar unas pequeñas marcas, las cuales realiza una persona que con el transcurrir de la jornada laboral el cansancio merma la productividad del operario decrementando con esto la calidad de la operación. Estudios realizados por el departamento de producción han detectado que el personal dedicado a esta actividad ocupa hasta el 30 % del tiempo productivo a otra actividad.

Por la naturaleza de las operaciones de la confección las partes a marcar cambian en tamaño, modelo y por ende son derechas e izquierdas. Para solventar la automatización

del proceso antes descrito se propone el uso de técnicas de visión artificial por tanto se tiene la necesidad de crear un software de control que emplee ambas técnicas, el algoritmo computacional tiene la capacidad de reconocer el encuarte trasero y distinguir si es derecho o izquierdo así mismo deberá generar las coordenadas para guiar el sistema que se encargara de realizar las marcas antes señaladas para esto se propone implementar una red neuronal del tipo convolucional con la tarea de detectar y clasificar el tipo de prenda que se introduce a la máquina, de igual forma para el filtrado de la imagen se utiliza el filtro Gaussiano que demostró ser el indicado para la aplicación, finalmente para la detección de las esquinas se utiliza el método de Harris con el cual se extraen las coordenadas de las esquinas y se sirven de base para la localización de las marcas.

Finalmente, el documento presenta el trabajo predio donde se muestra la versatilidad de la visión artificial en la solución de la problemática presentada en la variedad de los procesos productivos de la industria, la metodología para el desarrollo del software, así como lo resultados y conclusiones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Como puede observarse el uso de la visión artificial en la industria textil es ampliamente utilizado por su versatilidad, esto da pauta para implementar un sistema para localizar donde trazar las marcas donde deberá colocarse la bolsa en el encuarte trasero. Para el desarrollo del presente trabajo se tomó como base el método de detección de esquinas de Harris implementado en la librería OpenCV para Python esta técnica permite obtener las coordenadas de las esquinas con las que se obtiene la posición que deberán tener las marcas

El lenguaje de programación seleccionado para la realización del presente trabajo fue Python el cuales un lenguaje de programación



multiparadigma. Dicho lenguaje se desarrolla bajo una licencia de código abierto aprobada por OSI, por lo que es de libre uso y distribuible para propósitos académicos e incluso comerciales, dicha licencia es administrada por Python Software Foundation [1].

El segundo complemento clave es la aplicación de OpenCV la cual es una librería de código abierto utilizada ampliamente para el procesamiento de imagen.

El programa computacional deberá tener la capacidad para detectar el contorno y las esquinas del encuarte trasero para poder distinguir entre la pieza izquierda y la derecha para con esto localizar las coordenadas reales donde se realizarán las marcas, para obtener la imagen se utiliza una cámara de 1.2 mega píxeles.

Para determinar el filtro digital a utilizar se realizaron pruebas con una computadora con un procesador de 4 núcleos con 2.1 GHz de velocidad de procesamiento y 8 GB de RAM usando el IDE Pycharm Community, utilizando como interprete Python 3.7, para el análisis de la imagen se utiliza la librería OpenCv versión 3.0.0.

Se desea encontrar un filtro con una ejecución aceptable para que el flujo de la información sea eficaz por lo que para medir el tiempo de ejecución se adhirieron etiquetas con el módulo de tiempo de Python, se obtuvieron 10 tiempos de ejecución y se determinó el promedio de estos.

Para [Blanes 1989] la calidad de una señal transformada ( $f$ ) con respecto a la señal de origen ( $g$ ) se puede determinar con una evaluación de error cuadrático medio MSE (por sus siglas en ingles) y la relación de señal de pico a ruido PSNR (por sus siglas en ingles).

Al tener ancho  $x$  y altura de la imagen siendo MAX es el valor máximo que puede tomar un píxel, MSE y PSNR se pueden obtener con las expresiones 1 y 2 respectivamente.

$$MSE = \frac{1}{(xy)} \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (f(i,j) - g(i,j))^2 \quad (1)$$

Donde:

*MSE* Error Cuadrático Medio

*X* Ancho de la imagen

*Y* Alto de la imagen

*f* Transformada

*g* Señal de Origen

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

Donde:

*PSNR* Relación de Señal de Pico a Ruido

*Max* Valor Maximo de Pixel

*MSE* Error Cuadrático Medio

Valores pequeños de MSE indican que la correlación ente la señal original y la transformada es mayor debido a que el error es reducido. Para PSNR los valores típicos fluctúan entre 30 y 50 dB correspondiendo valores altos a imágenes de alta calidad.[2]

OpenCV ofrece los filtros: filtro bilateral, filtro con núcleo gaussiano (gaussianBlur), filtros de caja (desenfoque) y su equivalente con la caja estándar (boxFilter), filtro de convolución con el núcleo específico (filtro2D) y el filtro de mediana (medianaBlur).[3]

Para evaluar el desempeño de los diferentes filtros se desarrolló un programa en Python y la librería OpenCV que consiste en tomar una imagen ( la misma para todos los filtros a probar) aplicar el filtro bajo prueba el resultado se guarda en una variable, posteriormente se calculan MSE y PSNR mediante las expresiones 1 y 2 respectivamente, para conocer el tiempo de ejecución se utilizó el módulo time en Python que permite obtener el tiempo del reloj en de ejecución de la computadora ese instante, por lo que se ejecuta la instrucción time() asignando el valor a una variable inmediatamente antes de



ejecutar el filtro y así mismo se vuelve a ejecutar el módulo time inmediatamente después de la ejecución del filtro y solo basta realizar la resta de los tiempos para determinar el tiempo que tardo en ejecutar el segmento de código. Así entonces la tabla 1 muestra los resultados obtenidos y con base a ellos se elige el filtro Gaussiano para el filtrado de la imagen.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del filtro [fuente propia 2020]

	Filtros	PSNR (dB)	MSE	Tiempo de Ejecución promedio (ms)
1	Filtro Biilateral	50.61	1.69	56.8
2	Filtro blur	33.96	78.37	21.1
3	BoxFilter	33.96	78.37	20.2
4	GaussianBlur	36.18	46.99	35.8
5	Filter2D	33.96	78.37	89.5
6	MedianBlur	34.29	72.47	168.8

Este filtro es mayormente utilizado para el suavizado de las imágenes con presencia de ruido impulsivo generado por la mala iluminación o por la pobre respuesta de los pixeles en los pixeles de la cámara. El filtrado se realiza recorriendo una máscara o kernel que consiste en una vecindad de 3 x 3 que es la más utilizada (pudiendo existir las grandes siempre en número impar de columnas y renglones), el kernel se caracteriza por asignar un mayor peso al pixel central y a los que se acerquen a este y un menor peso a los que se alejen expresión 4 [6].

$$W = \frac{1}{16} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Finalmente, el motivo de aplicar un filtro es la de definir de mejor forma el contorno de la imagen a analizar, reduciendo con esto el ruido indeseado producto de la variación de la iluminación que se pudiera presentar es

precisó mencionar que las imágenes que se tomaron para el tratamiento fueron tomadas en un entorno no controlado, se tomaron en las instalaciones de la empresa donde se está desarrollando el proyecto.

Para el proceso de detección de las esquinas se emplea el método de detección corner Harris que es una de las técnicas más usadas para la localización de rasgos puntuales gracias a su robustez ante los cambios de iluminación así mismo el cambio de la escala y el ruido que pudiera tener la imagen [4].

Antes de continuar se debe distinguir entre vértice y esquina, los vértices se forman a lo largo del contorno, sin envergo las esquinas se forman por la intersección de tres o más superficies. Antes de pasar a la descripción del algoritmo de detención de esquinas es menester establecer algunos conceptos de donde parte el método de Harris.

En la mayoría de los detectores de esquinas se basan en el gradiente de la imagen para comprender el proceso de la detección considérense dos imágenes de gradiente  $G_x$  Y  $G_y$  tomada de una imagen cualquiera en un punto  $p$  tome se una vecindad  $V$  el rededor de  $p$  y la siguiente matriz  $C$  que caracteriza la estructura de los niveles de gris de los pixeles dentro de  $V$  como lo muestra la expresión 5 [5].

$$C = \begin{bmatrix} \sum_V G_x^2 & \sum_V G_x G_y \\ \sum_V G_x G_y & \sum_V G_y^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

La clave se encuentra en los valores de  $C$ , así como en su interpretación geométrica como la matriz es simétrica diagonalizada por una rotación de ejes coordenados lo que da como resultado la expresión 6

$$C = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$



Donde:

$\lambda_1$  y  $\lambda_2$  don los valores propios de  $C$  los dos positivos

Los valores pueden tener tres casos:

1.  $V$  es perfectamente uniforme (contiene los niveles de grises muy parecidos ya que el gradiente es cero dentro de  $V$ ).
2.  $V$  tiene un borde tipo paso que cambia de negro a blanco en este caso se tiene que  $\lambda_1 > 0$  y  $\lambda_2 = 0$ , el valor propio asociado a  $\lambda_1$  es paralelo a al gradiente.
3. Contiene la esquina de un cuadrado negro con fondo blanco; el valor de los valores propios se encuentra en el intervalo  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq 0$ .

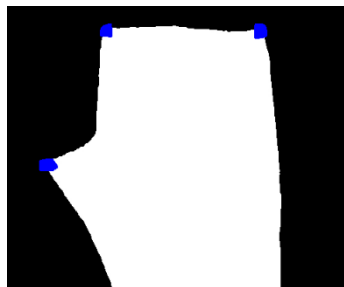


Figura 2 detección de esquinas con el algoritmo de Harris [Fuente Propia 2020]

La figura 2 muestra la eficacia del algoritmo de Harris para detectar las esquinas de interés de la prenda, la figura 3 muestra la salida del algoritmo para localizar los centroides ubicados en las esquinas marcadas rojo, verde y azul, en conjunto con las líneas que servirán de apoyo para hacer las marcas.

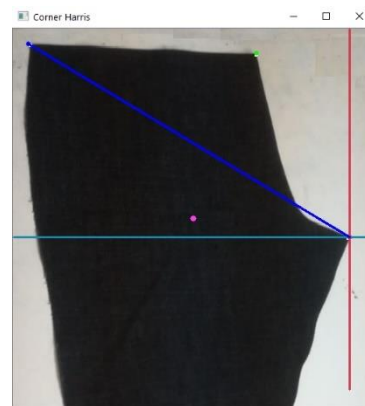


Figura 3 Salida del algoritmo con líneas de apoyo [Fuente propia 2020]

La figura 4 muestra la salida numérica de los valores de los centroides que sirven para calcular el ángulo entre la línea horizontal y la línea azul en diagonal.

```
Run: FiltroGaussiano x
C:\Users\troya\PycharmProjects\Cor
los sentroides se encuentran en
[[249 263]
 [ 21  21]
 [336  34]
 [465 289]]
el encuarte es izquierdo
```

Figura 4 valores de los centroides del encuarte y las esquinas [Fuente propia 2020]

Los valores que se encuentran en la primera fila del arreglo de los centroides es el centroide del encuarte trasero las tres filas restantes son los centroides de las esquinas.



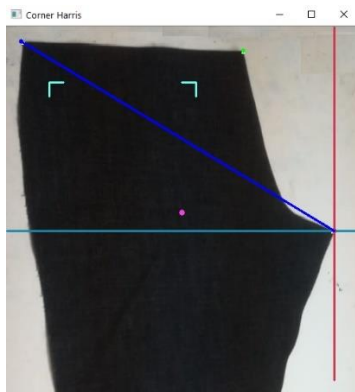


Figura 5 encuadre con las marcas para la bolsa trasera [Fuente propia 2020]

En la figura 5 se muestra el como resultado las marcas donde se colocará la bolsa trasera en el pantalón de mezclilla resultado de realizar las proporciones geométricas adecuadas con base a la diagonal debido a que la distancia de la esquina superior izquierda a la esquina del tiro es constante en cada prenda y proporcional entre tallas lo que permite establecer relaciones para ubicar las marcas de referencia.

Tabla 2 medidas de cintura y cadera del pantalón de mezclilla para mujer [Fuente propia 2020]

Talla	Cintura cm	Cadera cm
28 (5)	65	85
30 (7)	70	90
32 (9)	75	95
34 (11)	80	100
36 (13)	85	105
38 (15)	90	110

Como puede observarse el incremento en el tamaño de la cintura conserva una relación lineal con las diferentes tallas, lo que permite poder relacionar la posición con respecto a la distancia que existe en las componentes horizontal y vertical de la línea diagonal entre los puntos 1 y 3 con la posición del punto 1 que corresponde a la cintura. En la figura 6 se

muestran los puntos de interés de las citadas marcas donde se colocará la bolsa trasera, cabe mencionar que se realizarán con láser de baja potencia (500 mW) en las fibras superficiales que durante el proceso de lavado para darle el acabado desaparecerán.

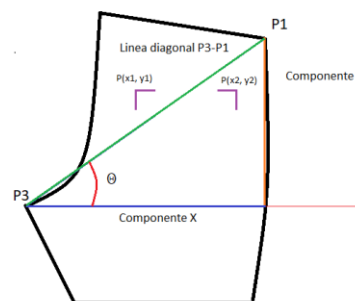


Figura 6 localización de los puntos de interés para realizar las marcas [Fuente propia 2020]

Para determinar los puntos como se mencionó se utilizó una relación expresada en las siguientes relaciones

$$px1 = (x3 + ((x1 - x3) * 0.484848)) \quad (3)$$

$$px2 = (x3 + ((x1 - x3) * 0.863232)) \quad (4)$$

$$py1 = py2 = (y1 + ((y3 - y1) * 0.218181)) \quad (5)$$

Donde:

$x1$  Coordenada en x del centroide del punto 1

$x3$  Coordenada en x del centroide del punto 3

$y1$  Coordenada en y del centroide del punto 1

$y3$  Coordenada en y del centroide del punto 3

$px1$  Coordenada del punto donde se colocara la bolsa en el eje X

$px2$  Coordenada del punto donde se colocara la bolsa en el eje X

$py1$  Coordenada del punto donde se colocara la bolsa en el eje Y

$py2$  Coordenada del punto donde se colocara la bolsa en el eje Y

Cabe mencionar que las coordenadas se encuentran con relación a los pixeles de la imagen que corresponden a los valores



absolutos del cuarto cuadrante del plano cartesiano.

La imagen 7 muestra como resultado el lugar y forma que tendrán las marcas considerando que la posición es la correcta, para compensar la desviación que pudiera tener la pieza se tomarán las coordenadas polares de los puntos de las esquinas de las marcas mostradas en la imagen, las que se tomaran como referencia.



Figura 7 Muestra como resultado la forma y posición de las marcas que posteriormente se harán con el láser [Fuente propia 2020].

## RESULTADOS

En el desarrollo del trabajo se aplicó para el filtrado de la imagen que el filtro digital gaussiano que como ya se demostró que fue el que demostró ser el indicado para definir el contorno del encuarte, en las pruebas hechas elimino el ruido denominado sal y pimienta producido por el borde irregular a consecuencia del corte de la prenda al ser un producto textil los hilos de la trama producen el ruido citado.

Para localizar las coordenadas para colocar la bolsa trasera se tomo como referencia la línea diagonal que parte del tiro del encuarte (punto 3) a la esquina superior opuesta (punto 1), determinando el ángulo con respecto a la horizontal que parte del punto 3, mediante este

ángulo es posible determinar el grado de desvío que presenta la prenda con respecto a una posición de referencia permitiendo compensar la inclinación y corregir el lugar donde se harán las marcas.

Como las partes a procesar no son de una sola talla es necesario determinar un sistema para poder ajustar las medidas a las necesidades de la prenda para eso se observó que las piezas cambian de tamaño bajo una proporción como lo muestra la tabla 2 en ella muestra las medidas de cintura y cadera para el pantalón de mezclilla para mujer los datos se extrajeron en la empresa CONFETEX S.A. de C.D lugar donde se está desarrollando el trabajo.

Concluyentemente para compensar el que el encuarte no se encuentre en la posición que aparece en la figura 7 y se genera un trabajo incorrecto se compara el ángulo de la diagonal que pasa por los puntos 1 y 3 en la posición correcta con el ángulo formado por la diagonal citada en la nueva posición se extrae la diferencia y ese ángulo se toma para hacer la corrección de los puntos a través de una corrección circular, esto se logra debido a que el punto 3 se roma como origen generando que cualquier desviación que ocurra será sobre ese punto, facilitando la nueva localización.

Al colocar una nueva pieza se determina el ángulo de la diagonal que pasa por los puntos 1 y 3 en la posición correcta con el ángulo formado por la diagonal citada en la nueva posición, se extrae la diferencia entre el ángulo original y el formado por la nueva imagen; como el punto 3 se toma como referencia principal permite tomar el siguiente criterio para verificar hacia donde se encuentra la desviación, si el resultado la diferencias de ángulos es positivo la pieza se encuentra rotada a la derecha, por el contrario si el resultado es negativo la prenda se movió hacia la izquierda.

Tomando como ejemplo la desviación hacia la izquierda la ubicación de las coordenadas de los puntos de interés se puede conseguir si se



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

toma el punto 3 como centro en torno al cual se desplazan las marcas.

Para determinar la ubicación se determina el ángulo que se desplazó la diagonal mediante la expresión:

$$\theta_d = \theta_1 - \theta_2 \quad (6)$$

Donde

*Qd* Diferencia de los ángulos

*Q1* Ángulo de la línea diagonal de referencia

*Q2* Ángulo de la diagonal de la pieza a procesar

Por lo tanto, para determinar las coordenadas nuevas componentes de los puntos se utiliza la conversión de las coordenadas polares a rectangulares mediante las ecuaciones 7 y 8.

$$X = |r| \cos \theta_p \quad (7)$$

$$Y = |r| \sin \theta_p \quad (8)$$

Donde:

*X* Componente en *x* del punto para la marca

*Y* Componente en *y* del punto para la marca

*|r|* Valor absoluto del valor de la distancia del P3 a la marca de referencia

$\theta_p$  Ángulo del P3 a la marca se define como:  
 $\theta_d + \theta_1$

### Discusión

La visión artificial ha tenido alto impacto en los procesos industriales, un ejemplo de esto es el trabajo realizado por P. Constante, A. Gordón y O. Chang en donde presenta un sistema de visión artificial capaz de detectar características de las fresas usadas en la industria alimenticia. Se ha utilizado una arquitectura neuronal profunda compuesta de dos etapas. Se utiliza Agentes Neuronales Entrenables Aisladamente (ANEA's), los cuales usan imágenes de fresas como

ejemplos y ruido blanco como contra ejemplo; se utiliza la librería Open CV para el tratamiento de las imágenes [7].

En la actualidad la exigencia de la industria ha crecido gradualmente en cuanto al nivel de calidad de los productos, es debido a esto que las industrias han decidido modernizarse en cuanto a sus niveles de control de calidad. Y sabiendo que debido a que la mano de obra es afectada por diferentes factores (cansancio, temperatura, por citar algunos) su confiabilidad no es óptima, es por eso que se presenta la necesidad de utilizar tecnología que pueda realizar el análisis de los productos finales, esta tecnología se denomina visión artificial y se inició en la década de 1960, desde entonces ha avanzado grandemente hasta convertirse en nuestros días en la herramienta más utilizada en el control de calidad final de los productos [8].

En la medicina el uso del deep learning ha tenido gran auge para resolver problemas que son de vital importancia en esta rama, un ejemplo es el trabajo de Mohammad Havaei y colaboradores, presentan un método de segmentación de tumores cerebrales totalmente automático basado en redes neuronales profundas. Las redes propuestas se adaptan a glioblastomas (tanto de grado bajo como alto) representados en imágenes de RM Estas razones motivan la exploración de una solución de aprendizaje automático. Se usa la arquitectura de las redes convolucionales y se adapta al problema [9].

Saeidi y colaboradores, describieron un sistema de inspección de tela basado en la visión por computadora, las imágenes capturadas se sometieron a un algoritmo de detección de defectos, que era basado en los conceptos de la transformada wavelet de Gabor y una red neuronal como clasificador. Los resultados del sistema diseñado se compararon con los de la visión humana [10] Otro trabajo que sirvió de apolo fue el desarrollado por el Tecnológico de Celaya



donde utilizan el algoritmo de Harris para la detección de esquinas ellos hacen una comparativa de los filtros más utilizados: SUSAN, Harris y Shi-Tomas [R. I. B. Martínez 2015][11]

Finalmente, en su trabajo [F. Gallegos 2003] hace mención que los filtros no lineales muestran gran efectividad para eliminar el impulsivo, ruido denominado sal-pimienta que es causado por problemas de iluminación razón por la que se procedió a probar los filtros no lineales que están disponibles en la librería de openCV, para Python 3.8. dando por resultado que el filtro más adecuado para el desarrollo del presente trabajo es el filtro Gaussiano, como queda demostrado en párrafos anteriores. El motivo de aplicar un filtro es la de definir de mejor forma el contorno de la imagen a analizar, reduciendo con esto el ruido indeseado producto de la variación de la iluminación que se pudiera presentar es precisó mencionar que las imágenes que se tomaron para el tratamiento fueron tomadas en un entorno no controlado se tomaron en las instalaciones de la empresa donde se realiza el proyecto.

Sosa[4] propone un procedimiento simple para la detección de esquinas donde el procedimiento recibe como entrada una imagen en escala de gris  $f(x,y)$ , dos umbrales  $\lambda_2$  y  $u$  y el tamaño de la ventana  $(2N + 1)$  pixeles para una ventana cuadrada entonces:

1. Calcular los gradientes en  $x$  e  $y$  sobre la imagen  $f(x,y)$
2. Para cada punto  $p$  de  $f(x,y)$
3. Calcular  $c$  para una vecindad  $V$  de  $(2N+1) \times (2N+1)$
4. Computar  $\lambda_2$  el valor propio más pequeño de  $C$
5. Si  $\lambda_2 > u$ , guardar las coordenadas de  $p$  en la lista  $L$ .
6. Ordenar  $L$  en orden descendiente conforme a  $\lambda_2$
7. Recorrer la lista ordenada de arriba abajo, y para cada punto  $p$  borrar todos

los puntos de la lista en la vecindad de  $p$

La salida de este procedimiento es una lista de esquinas para las cuales  $\lambda_2 > u$  y cuyas vecindades no se traslapan. En la mayoría de los algoritmos  $N$  y  $u$  se obtienen por prueba y error la experiencia ha demostrado que los valores comprendidos entre  $2 \leq N \leq 10$  da buenos resultados [4].

La matriz hessiana es base del detector de esquinas de Harris que se define como:

Sea  $f$  una función real de  $n$  valores definida como sigue: donde se supone que todas las segundas derivadas de  $f$  existen entonces la matriz hessiana se define como [12]:

$$H(p) = \begin{bmatrix} f_{xx}(p) & f_{xy}(p) \\ f_{xy}(p) & f_{yy}(p) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Harris et al [1988] propone un detector combinado de esquinas y bordes basado en la función de autocorrelación local para la interpretación del mundo en tres dimensiones demostrando que funciona sin restricciones, lo que buscaban era la comprensión de las escenas naturales, que contienen carreteras, edificios, árboles, arbustos, por citar algunos [12].

El método que proponen se basa en una matriz de correlación que caracteriza la distribución del gradiente alrededor de un pixel  $p$  con coordenadas  $(x, y)$ :

$$A(x, y; t) = G(x, y; t) = \begin{bmatrix} I_x^2(x, y; t) & L_x(x, y; t)L_y(x, y; t) \\ L_x(x, y; t)L_y(x, y; t) & I_y^2(x, y; t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Donde:

$t$  Parametro de filtrado de la gaussiana

$L_u(p; t)$  es la derivada gaussiana en la dirección de  $u$  en la imagen  $f$  en  $p$

Si se evalúa  $t = 0$ ,  $A(x,y;t=0)$  la matriz se transforma en la matriz hessiana sin la aplicación de la gaussiana.



A partir de la ecuación (8) el detector de Harris de esquinas adopta la siguiente forma

$$KHS(p) = \det(A) - kTr(A)^2 \quad (9)$$

Donde

*KSH* Respuesta de el método de Harris

*A* Matriz de coorelación

*k* Parametro de sensibilidad

El parámetro *k* se calcula de forma empírica de la forma:

$$K(p) > \sup\{K(p_v) | p_v \in V, p_v \neq p\} \wedge K(p) > u \quad (10)$$

Donde *V* es la vecindad de tamaño *m* x *m* alrededor de *p* y *u* es un umbral previamente definido empíricamente como se comentó en párrafos anteriores [4].

## CONCLUSIONES

En el desarrollo del trabajo se pudo apreciar que el problema planeado de localizar las esquinas se puede solucionar aplicando la técnica de segmentación de imagen y el algoritmo de Harris para la detección de estas. El aplicar el filtrado a la imagen que se analizará trae como beneficio que al aplicar el algoritmo para la detección de esquinas las esquinas detectadas sean las de interés no se generan falsos positivos. Con la localización de las esquinas es posible extraer las coordenadas de su ubicación es posible trazar marcas para colocar las piezas del ensamble de la prenda. Finalmente, a través de un tratamiento por geometría analítica se hace la conversión de pixeles a la distancia que han de moverse los actuadores.

Para mejorar el funcionamiento del dispositivo se propone como trabajo futuro se propones dos puntos el primero utilizar una red una red neuronal convolucional para el clasificador, la cual tendrá la tarea de distinguir si la prenda a procesar corresponde al tipo deseado y si es

derecha o izquierda, como segundo punto agregar la capacidad de obtener automáticamente las coordenadas de nuevos modelos es decir mostrar la pieza terminada y que el software de termine la posición donde ha de hacer las marcas de referencia..

## BIBLIOGRAFÍA

[1] López Peña Antonio, "Coursera," *Curso: detección de objetos, 2014.* [Online]. Available:

<https://www.coursera.org/learn/deteccion-objetos/>.

[2] S. Zapata, D. Velásquez, and I. Pardo, "Desarrollo e Implementación de un Sistema de Visión Artificial Basado en Lenguajes de Uso Libre para un Sistema Seleccionador de Productos de un Centro," *Lámpsakos, no. Cim, pp. 43–50, 2016*

[3] "Image Filtering — OpenCV 3.0.0-dev documentation," 2010. [Online]. Available:<http://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/imgproc/doc/filtering.html#>. [Accessed: 31-Aug-2017].

[4] J. H. Sossa, *Visión Artificial Rasgos Descriptores para el Reconocimiento de Objetos, Madrid España: Ra-Ma, 2013*

[5] J. S. Cuenca, *RECONOCIMIENTO DE OBJETOS POR DESCRIPTORES DE FORMA, BARCELONA: Universitat de Barcelona, 2008*

[6] L. M. Quintana, F. Hubert y E. Marañón, «"OPTIMIZACIÓN DE LOS FITROS MEDIANA-GAUSSIANO PARA UNA MEJOR CONVERGENCIA DEL SNSKE EN LA SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS",» de *Informatica 2013 XV Convencion y Feria, Santiago de Cuba, 2013*



**[7] P. Constante, O. Chang, E. Pruna, and I. Escobar, "Artificial Vision Techniques for Strawberry 's Industrial Classification,"** *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 6, pp. 2576–2581, 2016.

**[8] C. Daniel Ortega, F. Ernesto Moyano, C. Gustavo Raúl Sbrugnera, and T. José Gabriel Tejerina, "Técnicas de Implementación de Visión Estereoscópica en Robótica,"** pp. 1850–2946, 2013.  
*Neural Inf. Process. Syst.*, pp. 1–9, 2012.

**[9] D. Sebasti Comas and G. J. Meschino, "Segmentación de Imágenes mediante Reconocimiento de Patrones,"** *Esc. y Work. Argentino en Ciencias las Imagenes*, 2014

**[10] A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, and E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review,"** *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2018, pp. 1–13, 2018.

**[11] I. Erényi and J. Pongrácz, "Quality control in textile industry via machine vision,"** *Microprocess. Microprogramming*,

**[12] C. Harris, M. Stephens, A Combined Corner and Edge Detector, Proc of 4th. Aley Vision Conference, Manchester, Vol. 15:147-151, 1988**



## Innovación en diseño silla domótica para ducha de personas discapacitadas

Elsa Saldaña Piteros<sup>1</sup>, Lorena Cruz Saldaña<sup>2</sup>

esaldanap@misantla.tecnm.mx

Contacto:  
esaldanap@misantla.tecnm.mx  
235 1076880

Temática de la Investigación del artículo  
**Negocios**

Elsa Saldaña Piteros 1, Doctora en Administración y Desarrollo Empresarial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

Lorena Cruz Saldaña 2, Maestra Ingeniería Industrial, Docencia, Centro de Estudios científicos y Tecnológicos No 67, Misantla, Ver.

**RESUMEN:** *Al tratar de apoyar a una persona en edad avanzada, de 86 años en adelante con incapacidad para caminar, a tomar una ducha completa, se presentan problemas muy complicados, ya que el cuerpo es pesado, para lo cual se requiere de una silla especial, cuya funcionalidad inicie desde la cama o lugar donde se encuentre la persona y a partir de ahí colocarla en la silla para ser trasladada al baño. El tipo de silla deberá estar plenamente adaptada, para que el cuerpo no se tenga que volver a mover, Este tipo de silla no se encuentra en el mercado.*

*Por tanto, el primer objetivo es innovar el diseño de una silla de ducha para personas con discapacidad a un costo muy reducido, de forma que sea económicamente accesible para personas de escasos recursos.*

*El segundo objetivo es evitar lesionar el cuerpo ya que es muy frágil, así como*

*reducir los esfuerzos que actualmente se tienen que realizar.*

*En este proyecto estamos en la primera etapa, que es el diseño y se pretende continuar hasta que sea patentado.*

**Palabras clave:** *Bajo costo, disminuir esfuerzos, incontinencia, silla para ducha, sincronía de movimientos corporales, trastornos del caminar, personas discapacitadas.*

**ABSTRACT:** *When trying to support an elderly person, 86 years and older with inability to walk, to take a full shower, very complicated problems arise, since the body is heavy, for which a special chair is required, whose functionality starts from the bed or place where the person is and from there place it in the chair to be transferred to the bathroom. The type of chair must be fully adapted, so that the body does not*



***have to move again. This type of chair is not on the market.***

***Therefore, the first objective is to innovate the design of a shower chair for disabled people at a very low cost, so that it is economically accessible to people with low resources.***

***The second objective is to avoid injuring the body since it is very fragile, as well as reducing the efforts that currently have to be made.***

***In this project we are in the first stage, which is the design and it is intended to continue until it is patented.***

***KEYWORDS: Low cost, reduce efforts, incontinence, shower chair, synchrony of body movements, walking disorders, disabled people.***

## INTRODUCCIÓN

En 2002, Cross y Gallardo [1] comentaron que los cambios y trastornos del caminar en personas de edad avanzada, incluyen varios aspectos, como reducción de velocidad en caminar, pérdida de regularidad, no existe sincronía en movimientos corporales, más aún cuando sufren caídas o se presentan distintas enfermedades que les deja secuelas en el control muscular, en 2003, López [2] que las secuelas causan incapacidad para caminar, inclusive para poder mover partes del cuerpo. Por otro lado en 2020, en MANUAL MERCK [3], se mencionan aspectos esenciales para las personas mayores, como la debilidad, también cuando presentan incapacidad para controlar los esfínteres del recto y la vejiga, conocida como incontinencia o cuando se encuentran enfermos por ejemplo de infección estomacal.

Para estos casos se requiere de una silla especial para ducha, sin embargo, debe considerar que personas de tercera edad ya no trabajan, dependen económicamente en gran parte de sus familiares, a quienes resulta difícil realizar cualquier tipo de inversión y desafortunadamente los diseños actuales, no cubren las necesidades y sus costos resultan inaccesibles.

La presente información es el resultado del diseño de una silla domótica para ducha de personas con problemas de movilidad, que no tienen la fuerza necesaria para sostenerse, lo cual hace difícil realizar un baño completo.

Debido a lo anterior se diseñó un modelo que logrará cubrir las necesidades que surgen a la hora de realizar un baño de cuerpo entero, sabiendo que es muy importante lavar las partes íntimas y sobre todo no se puede llevar a cabo el lavado de los genitales de una persona que se encuentra imposibilitada para hacerlo por ella misma.

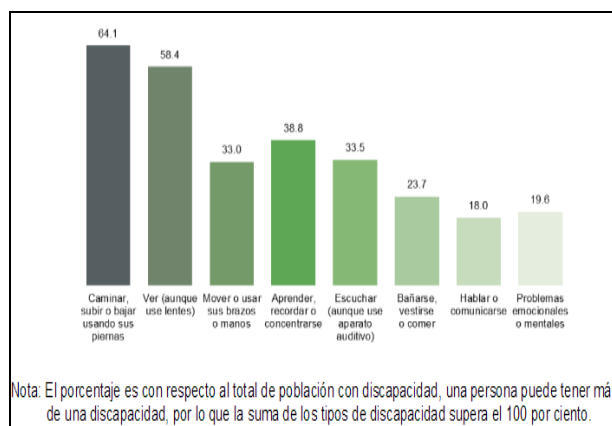
Para entender más la problemática, debemos de imaginar escenas, donde se encuentran este tipo de personas asistidas por familiares a las cuales, se les presentan muchos problemas para poder ayudarlos, pensemos que una persona no tiene fuerzas, no puede levantarse, mucho menos puede ponerse de pie, y hay que llevarla al baño para realizar sus necesidades fisiológicas, ahora si le gana y se hace en la cama, para empezar; es muy difícil levantarlas, y ahora la pregunta ¿cómo bañar a este tipo de personas que ya no pueden hacerlo por sí mismas? la verdad es muy complicado, ya que por tratar de levantar un cuerpo de la silla se puede provocar caídas accidentales, que resulten fatales.





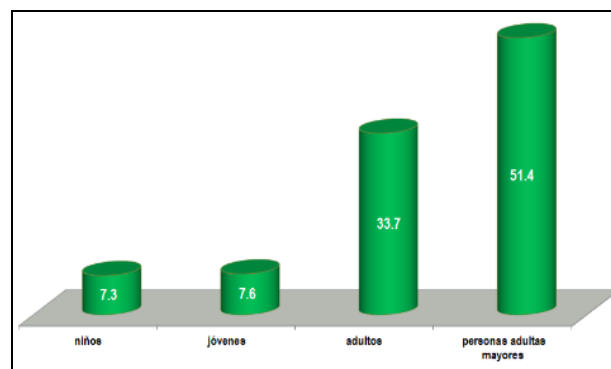
## SITUACIÓN ACTUAL

El hombre en su vejez avanzada, ya no puede valerse por sí mismo, empieza a tener problemas y uno de ellos es cuando sus fuerzas lo abandonan, ya no puede caminar, ya no puede ir al baño, no se puede bañar, etc. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existe un alto porcentaje de personas de edad avanzada o que por problemas de salud ya no se pueden bañar y requieren del apoyo de sus familiares, esto lo podemos observar en la siguiente gráfica.



**Figura 1. Gráfica de porcentaje de población con discapacidad, por tipo de discapacidad.**  
Fuente: INEGI 2014

Al no contar con apoyos, este tipo de actividad se vuelve muy complicada, por tanto, es un hecho que se debe contar con una silla plenamente adaptada para poder proporcionar un servicio de limpieza del cuerpo completo a personas que no se pueden bañar, por falta de capacidad para hacerlo. La siguiente gráfica muestra los porcentajes de personas adultas mayores con discapacidad.



**Figura 2. Gráfica de distribución porcentual de población con discapacidad según grupo de edad.**  
Fuente: INEGI 2012

Como podemos observar, el porcentaje de población en edad avanzada es muy alto, vale entonces la pena dirigir esfuerzos para desarrollar soluciones prácticas, que eleven y mejoren el nivel de vida y servicio a las personas adultas o discapacitadas y poder llevar a cabo la ducha completa.

## METODOLOGÍA

Hoy en día existe un sinnúmero de modelos de sillas domóticas que no cumplen los requerimientos que un paciente presenta, por ejemplo, que no se puede levantar, por problemas de salud, sin embargo, las sillas actuales forman un fuerte sustento para mejorar y obtener un nuevo diseño.

Por ejemplo, existen diseños avanzados de sillas domóticas, como la que a continuación se muestra, ver figura 3.



**Figura 3. Silla cómodo ducha reactiv de aluminio, de lujo con ruedas, desarmable.**

**Fuente:**

<https://www.ortopedicosuruapan.com/producto/silla-ducha-comodo-de-lujo-con-ruedas/>

El modelo mostrado al igual que muchos más que existen en el mercado, impiden realizar una ducha completa, debido a que el cómodo por su diseño no permite hacerlo, debido a que todos los que existen se llenan inmediatamente y no cuenta con el desagüe requerido.

El siguiente modelo carece del cómodo, que es el accesorio indispensable para recolectar las heces, ver figura 4.



**Figura 4. Silla domótica.**

**Fuente:** <https://www.ortopediaviva.com/389-silla-de-ducha-autopulsable-clean.html>

También existen modelos de sillas con reconocimiento de voz o sea silla de rueda automatizada, silla para personas invidentes, etc.

Diseño mecánico de una silla de ruedas con superación de obstáculos, de la autora Noelia Olmedo-Torre, Jordi Ivern-Cacho, Antoni Perez-Poch de Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7669>

## RESULTADOS

A continuación, se presenta el diseño original de la silla para ducha, para personas discapacitadas, el prototipo se elaborará en material de aluminio para toda la estructura, con asiento, respaldo y el cómodo en material de plástico.

En la imagen se muestra la silla domótica especial para baño, la cual tiene adaptadas espaldas, las cuales arrojaran agua a presión y las que se encuentran ubicadas en el lado derecho de la silla dispersaran jabón líquido, mientras las que se encuentran en el lado izquierdo arrojaran agua, además cuenta con el espacio suficiente entre el asiento y el cómodo para que el asistente con guante en mano pueda ayudar a lavar con una esponja fina los genitales, en caso de que la persona requiera ayuda, ver figura 5.



**Figura 5. Silla domótica.**  
Fuente: elaboración propia.

De los anteriores modelos, surge una nueva adaptación, derivado de que, no es funcional el cómodo, se le está haciendo un cambio sustancial, por consecuencia quedaría como se muestra en la figura 6.



**Figura 6. Silla domótica.**  
Fuente: elaboración propia.

## AGRADECIMIENTOS

Hago extensivo mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Mianthla por su apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto.

## TRABAJO A FUTURO

Se prevé como trabajo a futuro el adaptar e innovar esta silla, con reconocimiento de voz.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] **J. R. Cross, G. D. Gallardo.** *ACUPRESIÓN. Aplicaciones clínicas en los trastornos músculo-esqueléticos.* Barcelona, España: Paidotribo, 2002.

[2] **B. P. López.** *Terapia ocupacional en discapacitados físicos: teoría y práctica.* Madrid, España: Panamericana, 2003.

[3] **MANUAL MERCK,** *Aspectos esenciales para las personas mayores: debilidad, 2020* [En línea]-Disponibile en: <https://www.merckmanuals.com/es-us/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/s%C3%ADntomas-de-los-trastornos-cerebrales,-medulares-y-nerviosos/debilidad>. [Accedido: 11-mayo-2020]

[4] **MAYO CLINIC, Foundation Medical Education and Research, 2020** [En línea]-Disponibile en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/movement-disorders/symptoms-causes/syc-20363893>. [Accedido: 15-marzo-2020]



**[5] The Nemours Foundation. TeensHealth From Nemours, 2020 [En línea]-Disponible en:**  
**<https://kidshealth.org/en/teens/editorial-policy.html>. [Accedido: 9-octubre-2020]**

**[6] Biblioteca Nacional de Medicina. 2020 [En línea]-Disponible en:**  
**<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003190.htm>. [Accedido: 6-agosto-2020]**

**[7] Las 6 mejores sillas para ducha de 2020: Guía y Comparativa. [En línea]-Disponible en:**  
**<https://ortopedia.top/mejores-sillas-para-ducha/> [Accedido: 26-agosto-2020]**

**[8] Silla Cómodo Ducha de Aluminio de Lujo en ruedas. [En línea]-Disponible en:**  
**<https://reactiv.com.mx/producto/silla-comodo-ducha--de-aluminio-de-lujo-con-ruedas-desarmable-gris-r203070>  
[Accedido: 3-octubre-2020].**



## **Construcción de la arquitectura de un Smart Campus Universitario**

### **Building of the architecture of a Smart University Campus**

de la Cruz Ponce José Fabricio, Cruz Parada José María, Lino Ramírez Carlos, Zamudio  
Rodríguez Víctor Manuel

14240570@leon.tecnm.mx  
chema-cruz@live.com  
carloslino@leon.tecnm.mx  
vic.zamudio@leon.tecnm.mx

Contacto:  
14240570@leon.tecnm.mx  
477-285-8330

#### **Inteligencia Artificial, ambientes inteligentes**

de la Cruz Ponce José Fabricio, Ingeniero en sistemas computacionales, División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México campus León.  
Cruz Parada José María, Ingeniero en sistemas computacionales, División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México campus León.  
Lino Ramírez Carlos, Ph.D. Ciencias computacionales, División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México campus León.  
Zamudio Rodríguez Víctor Manuel, Ph.D. Ciencias computacionales, División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México campus León.

**RESUMEN:** *Se describe el avance que se ha tenido en el proyecto “Smart Campus”, el cual se está llevando a cabo en el Instituto Tecnológico de León. Este proyecto tiene como objetivo, mejorar la estancia de las personas que día a día recorren dicha institución, apoyándonos con agentes inteligentes, inteligencia artificial, el internet de las cosas, software, bases de datos, hardware y plataformas con las que ya cuenta la Universidad, usando a favor la arquitectura tradicional y agregando ciertos elementos que nos permiten hacer realidad esta propuesta. En este artículo, se habla a*

*fondo sobre el proceso de construcción de la arquitectura, en la cual estará cimentado todo el proyecto de manera técnica, pero al mismo tiempo haciéndolo más entendible posible para cualquier tipo de público.*

**PALABRAS CLAVE:** *Smart, campus, educación, internet, comunicación, agentes, inteligentes.*



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**ABSTRACT:** *It describes the progress that has been made in the project "Smart Campus", which is being carried out at the Instituto Tecnológico de León. This project aims to improve the stay of the people who visit this institution every day, supporting us with intelligent agents, artificial intelligence, the Internet of things, software, databases, hardware and platforms that the University already has, using in favor of traditional architecture and adding certain elements that allow us to make this proposal a reality. In this article, we talk in depth about the construction process of the architecture, in which the whole project will be based in a technical way, but at the same time making it more understandable for any kind of public.*

**KEYWORDS:** *Smart, campus, education, internet, communication, agents.*

## INTRODUCCIÓN

La palabra 'Smart' proviene del idioma inglés, la cual podríamos interpretar como 'inteligente' hoy en día es usado como estrategia de marketing engañosa, se venden lámparas inteligentes, cerraduras inteligentes, entre otras cosas, pero nos hemos detenido a pensar que es lo que tienen de inteligente, como podemos definir que algo es inteligente o no, y entonces, porque este proyecto lleva ese nombre, acaso lo pusimos porque está de moda, como el internet de las cosas y la industria 4.0.

El internet de las cosas y los ambientes inteligentes son temas que vemos cada más cerca en nuestro día a día, debido a que hacen uso de tecnologías que hace años eran poca usadas en la vida cotidiana, como lo es una conexión a internet o simplemente un teléfono celular en el cual el tiempo en pantalla era sumamente menor en comparación con el uso

que se le da al mismo hoy en día, conforme pasa el tiempo lo que veíamos en películas y series como trabajar desde casa con videollamadas en donde interactúan personas de todo el mundo y que hablan distinto idioma o tener un asistente personal humanoide, nos generaban sentimientos de incertidumbre y probablemente emoción, pero cosas que en el siglo pasado fueron grandes problemas, probablemente hay jóvenes hoy que jamás tuvieron que conocerlos y ahora ellos lidian con otro tipo de impedimentos.

Las nuevas tecnologías son de gran ayuda y resuelven muchos de los problemas que tenemos, sin embargo, nos traen nuevos problemas, imaginar el hecho de construir la bomba nuclear, y terminar con un enemigo y el problema de la radiación que dejará por años, así mismo en este proyecto planteamos diferentes formas en las que podemos ayudar a las personas que pertenecen a nuestra institución con el uso de tecnologías como lo son agentes inteligentes, sensores, bases de datos, por decir algunos. Para nosotros es importante señalar que usamos la palabra inteligente haciendo referencia a que en algún momento deseamos que nuestro ecosistema tecnológico sea capaz de recordar y usar dichas experiencias para tomar decisiones y generar recomendaciones para cualquier individuo que pertenezca a dicha institución

A inicio de año escribimos un artículo donde describimos la propuesta de la arquitectura que debería tener el Smart Campus [1], misma que empezamos a trabajar y en este artículo, veremos las partes claves de dicho desarrollo, al final encontraran la liga para ir a los distintos repositorios para que puedan ver más a fondo el mismo.



## 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 [2].

### Multiagente

Cada agente es capaz de comprender su situación y se adapta a los entornos cambiantes a través la autoconfiguración. La percepción de la situación se logra mediante el aprendizaje y la modelización contextual de los datos de los eventos. Una vez que se aprende un conjunto de bases contextuales a partir de los datos de eventos de alta dimensión, se pueden representar diferentes escenarios mediante los coeficientes contextuales agrupados. Los agentes pueden entonces percibir la situación y localizar las regiones de interés (Rols) a través de los escenarios identificados. Cada agente tiene una máquina de estados de comportamiento y una biblioteca de comportamiento; elige un cierto comportamiento según el individuo objetivos y el comportamiento de otros agentes [3].

### Smart City

El concepto de "Smart City o Ciudad Inteligente" apareció como la aplicación de una recopilación automática de datos ambientales y su procesamiento para lograr una gestión eficiente de las zonas urbanas, así como de sus recursos y bienes. Este enfoque se apoya en la aplicación masiva de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) y el paradigma de la Internet de las cosas (IoT), en

el que un gran número de dispositivos distribuidos se conectan para transferir los datos recogidos[6].

### Smart Campus

Un Smart Campus o campus inteligente es una infraestructura similar a una ciudad inteligente que hace uso de las soluciones de Internet de las Cosas (IoT) para conectar, monitorear, controlar, optimizar y automatizar los sistemas de una universidad.

Hoy en día, un campus inteligente representa un escenario desafiante para las redes de IoT, especialmente en términos de costo, cobertura, disponibilidad, latencia, seguridad, consumo de energía y escalabilidad [4].

En el trabajo (Smart CEI Moncloa) se presenta una plataforma basada en IoT para la vigilancia del flujo de personas y del medio ambiente en un Campus Universitario Inteligente desplegada en el campus del CEI de Moncloa, haciendo especial hincapié en los principales retos tecnológicos que se han afrontado y en las soluciones que se han adoptado, así como en la funcionalidad, los servicios y el potencial que ofrece la plataforma [5].

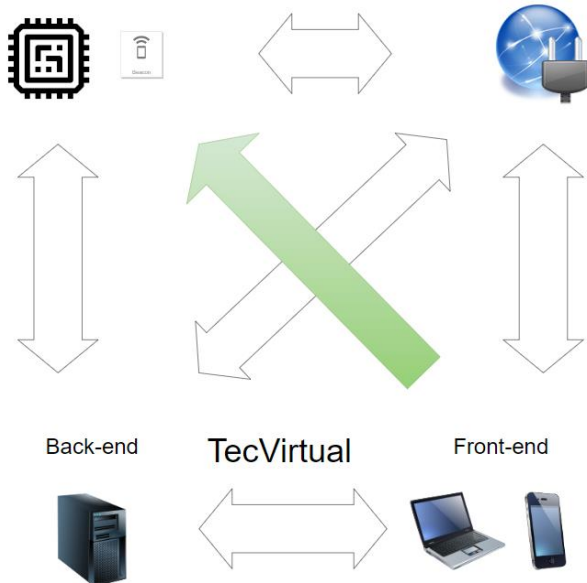
## DESARROLLO

Se trabajo a la par en la construcción de los diferentes actores con los que contamos en el Smart Campus, como se muestra en la figura 1, se propuso el uso de un servidor "Socket" el cual nos va a permitir comunicar a todos nuestros actores dentro del proyecto, por lo que comenzaremos mostrando su proceso.



Agents

Socket



**Figura 1. Propuesta de arquitectura para el campus Inteligente.**

**Fuente:** Propuesta de una arquitectura para un Smart Campus Universitario. Revista de Innovación Sistemática [1].

El primer paso en la construcción fue definir sobre que lenguaje se montaría nuestro servidor socket y que biblioteca se usaría como base para poder obtener una plataforma estable y que nos permita tener tiempos de desarrollo más cortos utilizando las herramientas con las que ya cuenta el repositorio. Las alternativas que tienen son tantas como para cada lenguaje, cada uno ya tiene funciones específicas para realizar estas tareas, se optó por usar la librería socket.io dado que utiliza el lenguaje de programación JavaScript y que una gran parte de la arquitectura está basada en este lenguaje.

Una vez definida la herramienta comenzamos haciendo la conexión como se muestra en la figura 2, definimos las funciones con las cuales detectaremos quien se conecta haciendo

diferencia entre usuarios y agentes, con la posibilidad de posteriormente agregar más funcionalidad.

```
io.sockets.on('connection', function (socket) {
    // When human user join to the socket service
    socket.on('join', (user) => {
        removeUser(user.id);
        socket.join(user.type);
        addUser(socket.id, user.id, user.type);
        getAgentsOnlineDB(socket.id);
    });

    // Update the position of the user's match with an agent
    socket.on('here', (macAddressAgent) => {
        try {
            agentId = getIdFromMac(macAddressAgent);
            user = getUserBySocketId(socket.id);
            updateUserPosition(agentId, user.id);
        } catch (e) {}
    });

    // When agent user join to the socket service
    socket.on('joinAgent', (agentId) => {
        removeAgent(agentId);
        addAgent(socket.id, agentId, 0);
        setAgentOnline(agentId, true);
    });
});
```

**Figura 2. Código fuente del socket.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Al mismo se comenzó con el desarrollo de la aplicación móvil, misma que servirá de vínculo entre el usuario y el Smart Campus, la decisión sobre que plataforma de desarrollo usaríamos fue sencilla, necesitábamos un desarrollo rápido y multiplataforma por lo que optamos por el uso de Ionic Cordova, el cual nos permite desarrollar una aplicación en Angular y reutilizar el código compilándolo en tanto en la plataforma Android como iOS. Se usa como base la aplicación de prueba con la que Ionic muestra la funcionalidad completa con la que cuenta la plataforma dicho framework, por lo que basto con agregar nuestra funcionalidad que hace la conexión con el backend, con el que ya cuenta la institución, a las vistas y cambiar algunos textos, para tener de manera rápida una aplicación robusta, una vez teniendo una app funcional comenzamos conectando la misma con el socket





## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

previamente descrito como se muestra en la figura 3.

```
start() {
  this.socket = io(environment.urlServerSocket);
  this.startScanning()
  console.log('empieza conexión');
  this.socket.on('connect', () => {
    this.userData.getUsername().then(username => {
      this.socket.emit('join', {curp:username,sala:1} , (error) => {
        if (error) {} else {}
      });
    });
  });

  this.socket.on('connect_error', async (error) => {
    this.scanning = false;
  });

  this.socket.on('setAgentOnline', (list)=>{
    this.userData.setAgentsOnlineList(list).then(()=>{
      this.scanning = true;
    })
  });
}
```

**Figura 3. Código para conectar aplicación con socket.**

**Fuente:** Elaboración propia.

A la par se trabajó en el desarrollo del agente que, aunque posteriormente se busca tener diferentes tipos, por el momento se trabaja un agente base, el cual pueda servir para posteriormente agregar el código suficiente para cambiar el tipo sin perder la estructura con la que cuentan los demás agentes. Montaremos nuestro agente en un dispositivo Raspberry Pi 3 dado que ya cuenta con la conectividad bluetooth que necesitamos para el proyecto y está usando un sistema operativo muy adecuado para este tipo de tareas basado en Linux. Aunado a este dispositivo usaremos el lenguaje de programación Python y un conjunto de bibliotecas las cuales nos permiten crear un agente que está en constante escucha y al mismo tiempo podemos agregar módulos de inteligencia artificial, módulos que usaremos en trabajos futuros para poder llegar a cumplir el objetivo del Smart Campus. Emparemos generando un id con el cual podremos identificar a nuestro agente para posteriormente comenzar a escuchar como se muestra en la figura 4, una vez que comenzó a ejecutarse el agente lo primero que hace es

entablar la comunicación con nuestro servidor de socket como se muestra en la figura 5, y una vez hecha la conexión con el socket se llama a la función del socket la cual nos une a la lista de agentes y al mismo tiempo actualiza en base de datos el estatus del mismo. Como se muestra en la figura 6, parte del código referente al socket.

```
# Get ID
mac = bluetooth.read_local_bdaddr()
my_id = int(mac[-1].replace(':', ''), 16)

# Turn On Agent
agents_list = list()
agente = Agente(AID(name=str(my_id)))
agents_list.append(agente)

start_loop(agents_list)
```

**Figura 4. Obtener identificador para encender el agente.**

**Fuente:** Elaboración propia.

```
def on_start(self):
  super(ComportTemporal, self).on_start()

  # Socket
  sio.connect(os.getenv('SOCKET_URI'))
```

**Figura 5. Conectar el agente con el socket.**

**Fuente:** Elaboración propia.

```
// When agent user join to the socket service
socket.on('joinAgent', (agentId) => {
  removeAgent(agentId);
  addAgent(socket.id, agentId, 0);
  setAgentOnline(agentId,true);
});
```

**Figura 6. Agregando un agente a la lista de conectados del socket.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez que todo está conectado, el socket le manda a la aplicación una lista con los identificadores, una vez que la aplicación recibe la lista, comienza con la búsqueda de



dispositivos usando bluetooth como se muestra en la figura 7, y una vez que detecta una coincidencia con un agente hace la llamada para actualizar la posición del usuario asociada con un agente, lo cual ayudaría para futuros servicios especializados, como lo es el pase de lista automático, entre otros.

```
start() {
  this.devices = [];
  this.ble.scan([],20).subscribe(device => {
    this.onDeviceDiscovered(device)
  });
}

onDeviceDiscovered(device){
  this.ngZone.run(()=>{
    this.devices.push(device);
    this.checkAgentList(device)
  });
}

checkAgentList(device) {
  this.userData.getAgentOnlineList().then((list)=>{
    list.forEach((agentId,index)=>{
      if (agentId == device.id) {
        this.socket.here(agentId);
        return;
      }
    })
  })
}
```

**Figura 7. Buscar agentes (Código de aplicación)**  
Fuente: Elaboración propia.

Por último, se detecta cuando un usuario se desconecta y se actualiza su estatus dentro de este ecosistema como se muestre en la figura 8.

```
// Triggered when a user disconnect
socket.on('disconnect', () => {
  let user = getUserBySocketId(socket.id);

  if (user) {
    users.removeUser(user.id);
  } else {
    let agent = getAgentBySocketId(socket.id);

    if(agent) {
      agents.removeUser(agent.id);
      setAgentStatus(agent.id,false);
    }
  }
})
```

**Figura 8. Detectando desconectados (Código de socket).**  
Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

Los resultados de esta etapa del proyecto concuerdan con lo que se tenía planeado desde un principio, y dejan todo listo para comenzar con las siguientes fases de este, podemos ver en la figura 9 tenemos en tiempo real el estatus de nuestros agentes y se pueden consultar en cualquier momento.

```
_id: 242971805586647
status: "online"
```

```
_id: 823866477227718
status: "offline"
```

**Figura 9. Estatus de los agentes en tiempo real.**  
Fuente: Elaboración propia.

Al igual, como se muestra en la figura 10, tenemos la última posición registrada de los usuarios que está ligada con el agente en donde se encontraban.

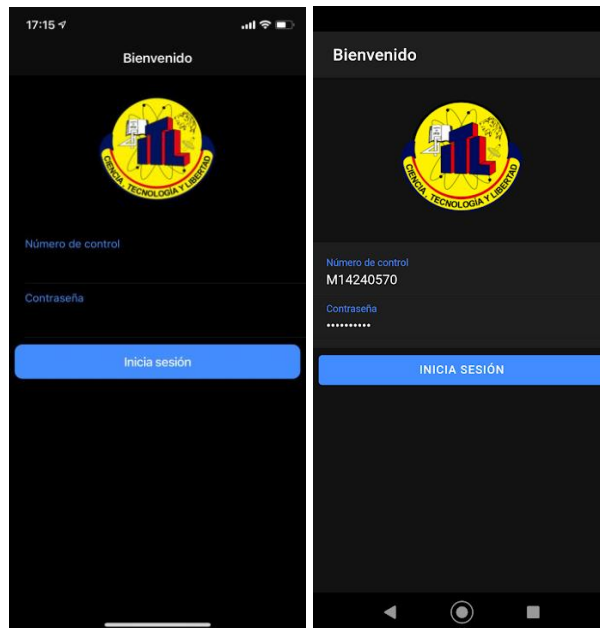
```
_id: ObjectId("5faa1af98b6532110ca9a995")
updatedAt: 6893352201465364481
user: "M14240570"
agent: 242971805586647
```



**Figura 10. Ultima ubicación de un usuario.**

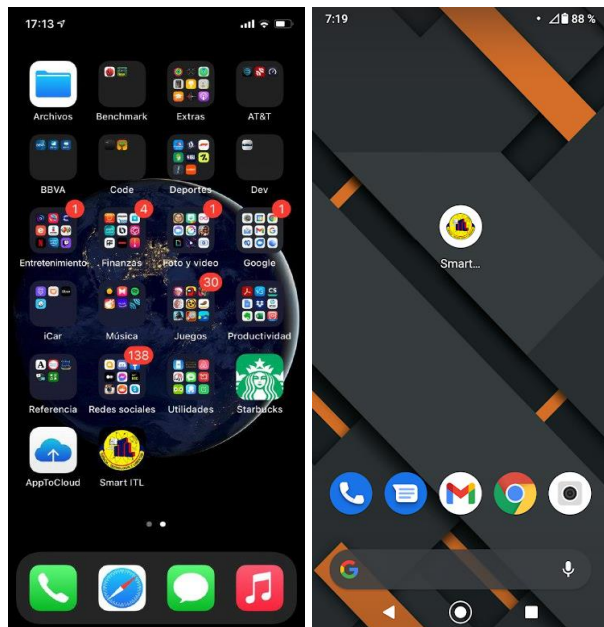
**Fuente: Elaboración propia.**

Tenemos la aplicación funcional en Android y iOS, la cual ya tiene conexión con los servicios que ya contaba las antiguas plataformas del instituto como lo es el ingreso al sistema, el revisar el horario del alumno, por mencionar un par, gracias al arquitectura que se planeó basada en la estrategia del uso de un o más api, así mismo, está preparada para que se le agreguen los servicios que sean necesarios según se vaya avanzando en el proyecto como se muestra en las figuras 11,12,13 y 14.



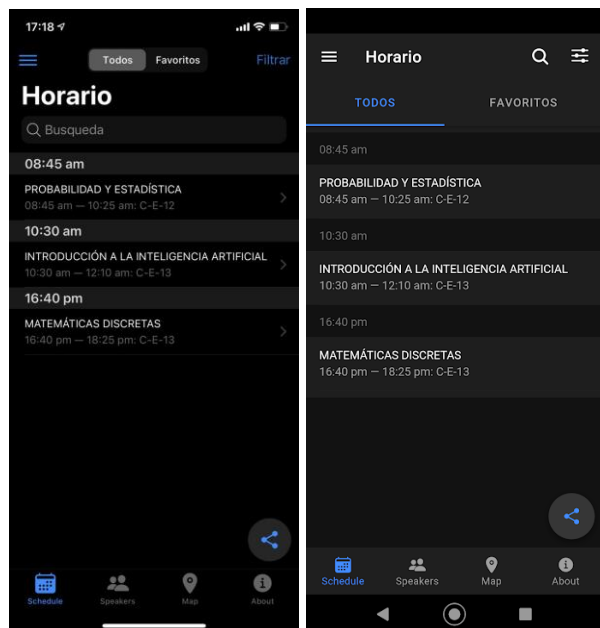
**Figura 12. Login aplicación en iOS y Android.**

**Fuente: Elaboración propia.**



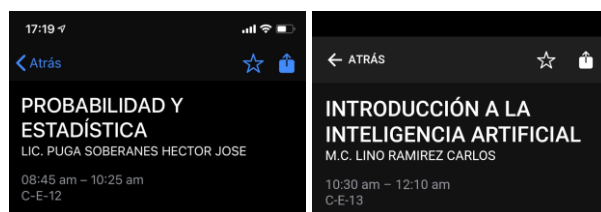
**Figura 11. Icono de la aplicación en iOS y Android.**

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 13. Horario de clases en iOS y Android.**

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 14. Horario de una materia en iOS y Android.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de León el permitirnos desarrollar dicho proyecto. Agradecer al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico el cual me permite estar estudiando la maestría en ciencias de la comunicación.

## CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto descrito en el documento, muestra cómo se actuó ante la necesidad de crear un campus universitario inteligente utilizando agentes instalados en diferentes áreas del instituto, esto nos permitirá a futuro desarrollar módulos con inteligencia artificial en los agentes ya instalados para mejorar la seguridad, mejorar el bienestar, mejorar el desempeño académico, etc. Y todo eso enfocado a los usuarios del entorno. Algunos de los trabajos futuros pensados son el pase de lista automático, regular la temperatura de un ambiente, manipular la luminosidad y así reducir el consumo de luz eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

**[1] Cruz Parada, J., Zamudio Rodríguez, V., Lino Ramirez, C. and Gutiérrez Hernández, D., 2020. Propuesta de una arquitectura**

**para un Smart Campus Universitario. Revista de Innovación Sistemática, pp.21-27.**

**[2] 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 Multiagent Systems: Technologies and Applications 2019, pp.163-174.**

**[3] Sun, Q., Yu, W., Kochurov, N., Hao, Q. and Hu, F., 2013. A Multi-Agent-Based Intelligent Sensor and Actuator Network Design for Smart House and Home Automation. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2(3), pp.557-588.**

**[4] Fraga-Lamas, P., Celaya-Echarri, M., Lopez-Iturri, P., Castedo, L., Azpilicueta, L., Aguirre, E., Suárez-Albela, M., Falcone, F. and Fernández-Caramés, T., 2019. Design and Experimental Validation of a LoRaWAN Fog Computing Based Architecture for IoT Enabled Smart Campus Applications. Sensors, 19(15), p.3287.**

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

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



## Fungal diversity in laca's insects *Llaveia axin axin* with a don't cultivable approach

Monjaraz-Penn Saily\*<sup>1</sup>, Rincón-Rosales Reiner<sup>2</sup>, Mónica Rosembueth<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M14270408@tuxtla.tecnm.mx

<sup>2</sup> reiner.rr@tuxtla.tecnm.mx

<sup>3</sup> mrosen@ccg.unam.mx

\*Contacto:

M14270408@tuxtla.tecnm.mx

9612308176

### Sustentabilidad

Saily Monjaraz Penn Ing. Bioquímica, Instituto Tecnológico Nacional campus Tuxtla Gutierrez, Chiapas.

**RESUMEN:** *Llaveia axin axin* es un insecto Hemiptera utilizado por comunidades indígenas para la elaboración de artesanías tradicionales de la laca madera y como unguento medicinal. Este insecto se alimenta de la savia de plantas por lo que su dieta carece de nutrientes esenciales; debido a eso requiere de microorganismos endosimbiontes capaces de producir estos nutrientes.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la comunidad fúngica del insecto. Para tal fin se extrajo el ADN del insecto *L. axin axin* en la etapa adulta y se secuenciaron amplicones de toda la región ITS para identificar las especies fúngicas. Se identificaron los phylum Ascomycota (*Candida*, *Pichia*, *Aspergillus*, *Deuteromycetes* y *Saccharomyces*, etc.) y *Bacidomycetes* (*Ustilaginomycetes* y *agaromycetos*), se infiere que estos hongos juegan un papel clave en el metabolismo de *L. axin*

*axin* y su posible papel en la síntesis de ácidos grasos.

**PALABRAS CLAVES:** *niij*, *axe*, endosimbiontes, amplicones, ITS.

**SUMARY:** *Llaveia axin axin* is a Hemiptera insect used by indigenous communities to make traditional handicrafts of lacquer wood and as a medicinal ointment. This insect feeds on the sap of plants, so its diet lacks essential nutrients; Due to this, it requires endosymbiotic microorganisms capable of producing these nutrients.

The objective of this work was to study the fungal community of the insect. For this purpose, the DNA of the insect *L. axin axin* was extracted in the adult stage, and amplicons of the entire ITS region were sequenced to identify the fungal species. The phylum Ascomycota (*Candida*,



***Pichia, Aspergillus, Deuteromyces, and Saccharomyces, etc.) and Bacidomycetes (Ustilaginomycetes and agaromycetos) were identified, it is inferred that these fungi play a key role in the metabolism of L. axin axin and its possible role in the synthesis of fatty acids.***

**KEYWORDS:** *niij, axe, endosymbionts, amplicons, ITS.*

## INTRODUCCIÓN

La asociación microorganismo-insecto juega un papel importante en el crecimiento, la supervivencia y la reproducción del hospedero mediante la síntesis de nutrientes esenciales. Los MO contribuyen en la descomposición de compuestos químicos complejos y toxinas, proporcionan nutrientes y reciclan el nitrógeno. La cochinilla *L. axin axin* (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae) es utilizado para artesanías tradicionales de la laca, utensilios de cocina, el revestimiento de la madera (sin generar efectos tóxicos) y empleado como ungüento medicinal para quemaduras e infecciones de la piel. *L. axin axin* "niij", insecto herbívoro, que se alimenta de la sabia de hojas y tallos de las plantas *Acaciella angustissima*, *Jatropha curcas* y *Spondias* sp. las cuales contienen taninos que podrían ser tóxicos para éste. Rosas-Pérez, et al. (2017) la presencia de una *Flavobacteria (Candidatus Walczuchella monophebidarum)* y *Sodalis* sp. como endosimbiontes de *L. axin axin* sintetizan aminoácidos esenciales y participan en el ciclo del ácido úrico del insecto. Sin embargo, no existen reportes de los

endosimbiontes fúngicos asociados con *L. axin axin*. El objetivo de este trabajo es estudiar la comunidad fúngica de *L. axin axin* a través de un enfoque cultivable y determinar el rol de estos hongos en la biosíntesis de los ácidos grasos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

insectos de *L. axin axin* en el ejido Flores Magón municipio de Venustiano Carranza (L. N=16° 39'41''; L. O= 92° 69'58'' y altitud=470 msnm. y se cultivaron en plantas de *Jatropha curcas*.

Se extrajo el ADN del insecto e con el kit de Qiagen DNaseasy®. Las muestras desinfectadas con agua estéril y alcohol fueron maceradas con nitrógeno líquido para romper el tejido se utilizaron microperlas de vidrio y se agito la muestra en vórtex por 3 min. Se realizó un gel de electroforesis para verificar la extracción de DNA y se cuantificó en un nanodrop. Este DNA se usó para secuenciar toda la región ITS de los hongos en MIIC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los insectos se extrajo el AND por diferentes tratamientos hasta obtener el mejor resultado (**figura 1**), con el kit DNaseasy Blood & Tissue.

El primer tratamiento nombrado como I1, el insecto fue lisado con arena y el kit comercial, agitando en un vortex por 10 min, (muestras sucias y barrido en el gel de electroforesis), el segundo tratamiento I2 el insecto fue lisado con



perlas de zirconio y el kit comercial, en vortex por 10 min, (lisis abrupta, ADN se degradado).

El tercer tratamiento I3 el insecto se liso con microperlas del kit *Quick-DNA Fungal/Bacterial Miniprep*, en vortex por 10 min, el AND (ADN bueno, gel barrido). Se optó modificar el buffer de extracción ATL por PBS.

El cuarto tratamiento I4 se liso con microperlas y PBS agitando en vortex por 5 min (exceso de ADN, barrido), para el quinto tratamiento I5 se realizó de la misma forma que el tratamiento I4 añadiendo proteinasa K e incubando por 2 horas (barrido por exceso de proteína). El PBS no genera espuma como el buffer ATL, sin embargo, la lisis con ATL es de mejor calidad; el sexto tratamiento I6 el insecto se lisó con microperlas en buffer ATL, agitando por 5 min con lisozima incubando por 30 min, (ADN degradado). Se descartó el uso de lisozima y disminuyó el tiempo de agitación.

El séptimo tratamiento I7 se lisó con microperlas en buffer ATL, agitando por 5 min, sin proteinasa K (poco barrido). El octavo tratamiento I8 el insecto se liso con microperlas en buffer ATL, agitando por 3 min, con proteinasa K, incubando por 2 horas, el ADN se presenciaba estable (disminución de barrido) se realizó el noveno tratamiento I9, similar al tratamiento I7 procurando disminuir el tiempo de agitación con las microperlas y sin proteinasa K; el resultado se observó de nuevo el barrido en gran cantidad.

Se optó que el tratamiento 8 fue el mejor para la extracción de ADN del insecto *L. axin axin* (**figura 1**).

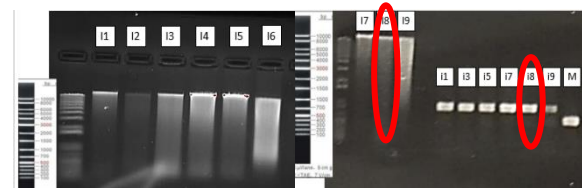


Figura 1. Gel de electroforesis de ADN extraído de diferentes tratamientos. I1-I9 tratamientos, i1-i9 amplificación del gen ITS 2 de los ADN extraídos con mejor calidad. I8 e i8 encerrado en círculo rojo mejor

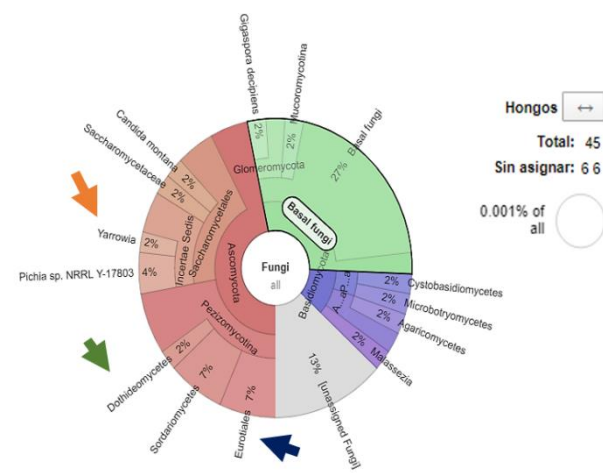


Figura 2. Comunidad de hongos del insecto *L. axin axin*. Flecha naranja Yarrowia 2%, la flecha verde Dothiomyces 2% y la flecha azul presenta un 7% Eurotiales.

Para corroborar la presencia de hongos en el ADN extraído se amplificó el gen ITS 2 y se comparó con la muestra de un hongo cultivable (M), el cual amplificó entre las 300 pb debido a que solo es una especie y no una comunidad como el ADN extraído del insecto los cuales amplificaron entre las 600pb.



posteriormente se cuantifico con ayuda de un NanoDrop (Cuadro 1).

Del ADN extraído se mandaron a secuenciar amplicones de la región ITS completa incluyendo el gen ITS 1, el gen 5.8S y el gen ITS 2, a la empresa MIIC.

De las secuencias de ADN se realizó un análisis bioinformático alineando las secuencias de nucleótidos con el programa bowtie 2; con el cual se determinó la presencia de hongos dentro del insecto, entre ellos los hongos de orden Eurotiales estos son hongos ascomicetos pertenecientes a la subdivisión Pezizomycotina, llamados mohos; entre ellos *Penicillium* y *Aspergillus* y *Trichoderma* (figura 2), comúnmente conocidos como saprofitos del suelo (Shentu, et al., 2020), entre los géneros incluidos en este estudio se encuentra

*Aspergillus*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Penicillium* y *Trichoderma*, este último, simbiote de levadura de *Hamiltonaphis styraci* (Suh, Noda, & Blackwell, 2001).

También se encontró a los Dothideomycetes pertenecientes a la subdivisión Pezizomycotina, entre estos

Cuadro 1. Cuantificación de ADN de *L. axin axin* en diferentes etapas

DNA	Concentración ng/uL	A 260/280	A 260/230
I8.1	50.5	1.86	1.92
I8.2	159.5	1.99	2.03
I8.3	61.6	1.85	1.95
i8.1	68.1	1.80	1.93
i8.2	68.1	1.99	1.85
i8.3	79.9	2.1	1.87

*Cladosporium sp.* Un entomopatógeno candidato potencial para el biocontrol de plagas de insectos e insectos beneficiosos del algodón (Touhidul Islam, 2019; Islam, et al., 2019).

Principalmente se encontró a *Saccharomyces*, *Candida*, *Pichia*, y a *Yarrowia* la levadura más antigua y estudiada después de *Saccharomyces*, se caracteriza por ser un simbiote de insectos por el olor que emiten son atraídos por la mosca *Drosophila melanogaster* (Piškur, 2018; Becher, et al., 2018). Los volátiles de levadura atraen insectos, lo que aparentemente es de beneficio mutuo, este tipo de levaduras trabajan en simbiosis con los insectos.

Es posible que los hongos encontrados tengan un aporte en la producción de ácidos grasos, participen en la producción de alguna enzima o tengan algún gen expresándose en alguna parte de la síntesis de los ácidos grasos y trabajen en conjunto con toda la microbiota del insecto y el insecto mismo para la producción de Axe.

## CONCLUSIONES

De los hongos aislados del insecto de la laca *Llaveia axin axin*, fueron identificados seis especies de hongos que agruparon en los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium sp* y *Yarrowia*. Aunque el metagenoma determino una baja abundancia de secuencias de hongos asociados al insecto, estos datos permiten inferir una





## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

posible relación entre los hongos y la síntesis de lípidos.

### BIBLIOGRAFÍA

Piškur, P. G. (2018). Chemical signaling and insect attraction is a conserved trait in yeasts. *Ecol Evol.*, 8, 2962–2974.  
doi:<https://doi.org/10.1002/ece3.3905>

Rosas-Pérez, t., Vera-Ponce de León, A., Rosenblueth, M., Ramírez-Puebla, S. T., Rincón-Rosales, R., Martínez-Romero, J., & Martínez-Romero, E. (2017). The Symbiome of *Llaveia Cochineals* (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae) Includes a Gammaproteobacterial Cosymbiont *Sodalis TME1* and the Known Candidatus *Walczuchella monophlebidarum*. *Insect Physiology and Ecology*.

Shentu, X., Xiao, Y., Song, Y., Cao, Z., Fan, J., & Yu, X. (2020). Comparative Analysis of the Diversity of the Microbial Communities between Non-Fertilized and Fertilized Eggs of Brown Planthopper, *Nilaparvata Stål*. *Insects*, 11(49), 1-14.

Suh, S.-O., Noda, H., & Blackwell, M. (2001). Insect Symbiosis: Derivation of Yeast-like Endosymbionts Within an Entomopathogenic Filamentous Lineage. *Molecular Biology and Evolution*, 18(6), 995–1000.

Touhidul Islam, D. R. (2019). Identification and application of a fungal biocontrol agent *Cladosporium*

*cladosporioides* against *Bemisia tabaci*,. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 33(1), 1698-1705.

doi:10.1080/13102818.2019.1695541



## Desarrollo de plataformas Hardware In the Loop para la validación de sistemas mecatrónicos en instituciones mexicanas de educación superior

Abraham López-Puga<sup>1</sup>, Sergio Santana Villaseñor<sup>2</sup>, Eduardo Vázquez-Santacruz<sup>3</sup>, Rogelio de J. Portillo Vélez<sup>2</sup>, Flor Radilla López<sup>1</sup>

abram\_hlp@hotmail.com  
sergiosvken@hotmail.com  
evazquez.santacruz@izt.uam.mx  
rportillo@uv.mx  
fradilla@pampano.unacar.mx

Contacto:  
evazquez.santacruz@izt.uam.mx  
5585100108

### Optimización, Simulación, Hardware in the loop, Validación, Sistemas Mecatrónicos

<sup>1</sup>Abraham López-Puga, Ingeniero Mecatrónico, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen

Sergio Santana Villaseñor, Maestro en Ingeniería, Facultad de Ingeniería de la Construcción<sup>2</sup> y el Hábitat, Universidad Veracruzana

<sup>3</sup>Eduardo Vázquez-Santacruz, Doctor en Ciencias, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Computación. Universidad Autónoma Metropolitana

<sup>2</sup>Rogelio de J. Portillo Vélez, Doctor en Ciencias, Facultad de Ing. Eléctrica y Electrónica, Universidad Veracruzana

<sup>1</sup>Flor Radilla López. Maestra en Ciencias, Facultad de Ciencias de la Información, Universidad Autónoma del Carmen

**RESUMEN:** El avance tecnológico actual requiere el desarrollo, en tiempos cada vez menores, nuevos sistemas, grandes y complejos, compuestos por subsistemas altamente dependientes e interrelacionados. Como un enfoque para su desarrollo, surge una técnica de simulación HIL (Hardware in the loop) que permite el desarrollo de pruebas de control en tiempo real de sistemas de ingeniería diversos. En el caso de los sistemas mecatrónicos, esto hace posible verificar los controladores integrados con componentes de

hardware reales, y a su vez posibilita simular las condiciones de funcionamiento real; facilitando la integración tecnológica para reducir los tiempos de desarrollo. En este trabajo, se presenta un método de desarrollo de plataformas HIL con fines educativos que permitirá a los estudiantes interactuar con escenarios reales utilizando plataformas mecatrónicas basadas en la técnica de simulación HIL.



**PALABRAS CLAVE:** *Hardware in The Loop, Sistemas Mecatrónicos, Control, Optimización.*

**ABSTRACT:** *Current technological advances require the development, in ever shorter times, of new, large and complex systems, made up of highly dependent and interrelated subsystems. As an approach to its development, an HIL (Hardware in the loop) simulation technique emerges, which allows the development of real-time control tests of diverse engineering systems. In the case of mechatronic systems, this makes it possible to verify the integrated controllers with real hardware components, and once it makes it possible to simulate real operating conditions; facilitating technological integration to reduce development times. In this work, a method of developing HIL platforms for educational purposes is presented, which allows students to interact with real scenarios using mechatronic platforms based on the HIL simulation technique.*

**KEYWORDS:** *HIL, Hardware in The Loop, Mechatronic Systems, mechatronic platforms, simulation, systems control, real time*

## INTRODUCCIÓN

La técnica de desarrollo y prototipado de sistemas usando sistemas HIL permite realizar pruebas a nivel sistema de una manera, de manera rápida, segura y de bajo costo, en comparación con las pruebas de campo que son mucho más costosas, [1]. Esta permite simular en tiempo real el sistema completo, con modelos matemáticos de algunas partes del sistema integral que estén aún bajo desarrollo, mediante interacciones con un hardware específico. Durante el transcurso de los años, la simulación con HIL se ha convertido en una herramienta cada vez más importante en las diferentes industrias que se dedican a la

producción, puesto que al poder realizar simulaciones las veces que sea necesario ésta se torna como una herramienta fundamental para probar piezas mecánicas, electrónicas, sensores, actuadores entre otros subsistemas. En la actualidad, la colección de datos de un proceso se hace de manera automatizada y esto da pauta para que en un entorno controlado se puedan recabar cientos de miles de datos que permitan evaluar el desempeño de los procesos establecidos. Es aquí donde los sistemas HIL tienen como una de sus finalidades realizar el proceso sin necesidad de un operador. Al poder realizar la simulación HIL sin un operador, es posible realizar tantas pruebas como sean posibles, lo cual permite que los operadores sólo se concentren en evaluar, desarrollar nuevas pruebas y ajustar las pruebas que salieron mal, tantas veces como sean necesarias [2]. La técnica permite realizar pruebas como si se tuviera la planta industrial en el laboratorio. Incluso, si es necesario hacer ajustes físicos es posible detener la simulación y nuevamente cargar el programa en la placa de programación para finalmente activar la planta y mostrar en los resultados la variación que es efectos de tales ajustes. Además, esta técnica permite desarrollar habilidades profesionales en las aulas universitarias mediante el entorno que representa para desarrollar ejercicios prácticos de una mejor manera con el fin de dotar a los estudiantes de conocimientos prácticos en el área de formación al sólo obtener datos y ocupándose en la mejora de las técnicas o tecnologías ya existentes [3]. En la actualidad existen muchas tecnologías que se están desarrollando e implementando en las diferentes industrias, sin embargo, en muchas universidades no siempre se cuentan con los fundamentos e infraestructura para que los estudiantes puedan desarrollarse en estas tecnologías emergentes. El uso de las plataformas basadas en HIL requiere



entrenamiento e infraestructura pertinente. En este sentido, el desarrollo de estas plataformas mecatrónicas que proponemos de arquitectura abierta permite interactuar con este tipo de técnicas de pruebas y simulación, facilitando a los estudiantes involucrarse cada vez más con las tecnologías de vanguardia para poder egresar de su etapa universitaria con experiencia en el uso de estas herramientas [4].

En este trabajo se desarrollarán algunas plantas físicas de simulación para que los estudiantes de diversas carreras que así lo necesiten, puedan empezar a interactuar con esta clase de simulaciones. Otra de las ventajas es que estas simulaciones se pueden realizar utilizando elementos simples que permiten el desarrollo de estudiantes en la simulación HIL.

## MATERIAL Y MÉTODOS

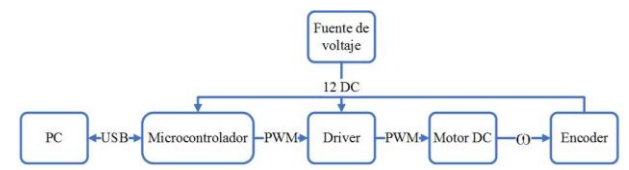
### Metodología

Se consideró la implementación de la placa de programación de ARDUINO UNO®, así como el software de simulación Simulink de Matlab®. Para lograr el funcionamiento de estas plantas, primero se debe conectar la plataforma Arduino con Simulink. En este sentido, en las plataformas HIL la estrecha comunicación es indispensable entre la parte física de la planta y su control ya que si se desea afectar el control estas modificaciones se reflejarán en el comportamiento de la planta. Además, si se hacen actualizaciones en el hardware también ajustes serán requeridos en el bloque de control. Esta es la esencia de las plataformas HIL, una estrecha comunicación entre la parte hardware y la de software lo cual permite hacer pruebas en simulación con precisión y seguridad en tiempo real sin hacer grandes

inversiones para tener la planta en operación industrial. El objetivo de este trabajo es mostrar el desarrollo de plataformas basadas en la filosofía HIL como material didáctico de apoyo para las experiencias académicas en los cursos de la carrera de ingeniería mecatrónica y afines a nivel Universitario. Se abarcan diversos temas como la programación, diseño industrial, diseño electrónico, diseño mecatrónico, diseño mecánico, entre otros. Así mismo, mostrar que el desarrollo de nuevas tecnologías puede basarse en las plataformas de simulación HIL, mediante la integración de hardware y software para brindar soluciones a de proyectos y servicios en general.

### Desarrollo

Actualmente se están desarrollando cuatro kits didácticos que permitan hacer pruebas de laboratorio usando el software Simulink de MatLab y Arduino para que los estudiantes puedan comprender mejor cómo es que las plataformas HIL funcionan, en la Fig. 1 observamos el diagrama de funcionamiento de una plataforma HIL.

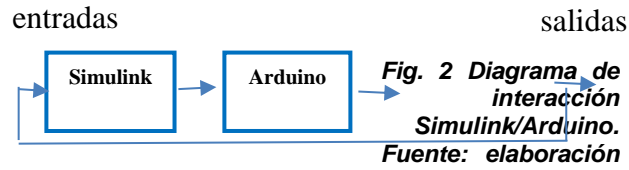


**Fig. 1 Diagrama simple de una plataforma HIL. Fuente: elaboración propia**

Se verificó le interacción entre Matlab, Simulink y Arduino como interfaz entre el sistema mecatrónico y el bloque de control o algorítmico. Simulink permite programar otro tipo de interacciones y conectar la placa programable Arduino para poder realizar la simulación en tiempo real. En este entorno, al permitir la conexión con Arduino, se puede generar un código en automático para controlar



los motores, mediante la identificación de sistemas de Simulink, en la Fig. 2 se observa un diagrama simple de interacción entre las diferentes partes ya indicadas.



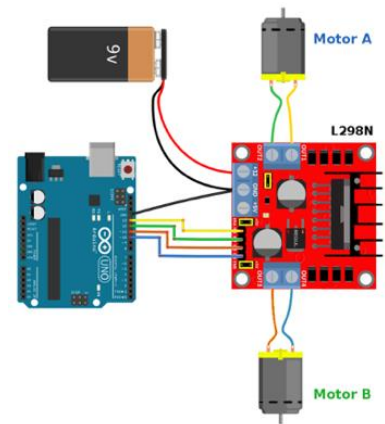
Con la plataforma mencionada, se ha podido realizar la lectura, escritura y análisis de datos obtenidos a través de los sensores conectados a la placa Arduino. Para la implementación en hardware, se elaboró el modelo en Simulink y se hace la asignación de pines. Esta segunda práctica consiste en controlar el sentido del giro de un motor, donde se usan más bloques de la librería de Simulink y para cada motor se ocupan 2 blocks "Digital output", con este block se decide el giro del motor. Para poder controlar el giro se ocupa un controlador de motores, en este caso el L298N, se ocupan los pines ENA y ENB los cuales están representados en el modelo de simulink y solamente están conectados a un block "constant" para su uso.

### RESULTADOS

Se desarrollaron los modelos HIL explicados a continuación. El primer modelo busca mover un servo motor a un ángulo deseado haciendo interfaz Simulink/Arduino. Para la elaboración del modelo en Simulink se usa el bloque "Standard servo write" de la paquetería Arduino para el uso del servo motor y "Desire shaft angle" para especificar el ángulo deseado, como se muestra en la Fig. 3, los bloques utilizados se pueden encontrar en la librería de Simulink. La prueba número uno se puede implementar en una casa inteligente para la apertura de una ventana o puerta integrando

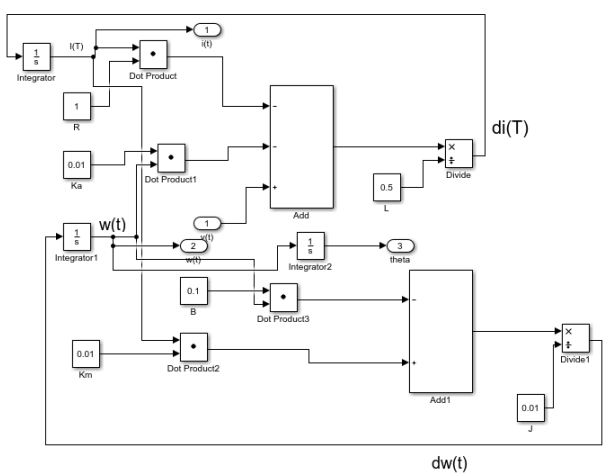
un temporizador. Esta prueba implica un modelo simple que puede ser proporcionado, después de instalar la paquetería de Arduino, por Mathworks como ejemplo de la simulación en tiempo real integrando Matlab/Simulink y Arduino.

El segundo modelo considera la implementación de un controlador de sentido de un motor de corriente continua. Para poder simular un sistema es necesario establecer un modelo que lo defina, como ejemplo queremos simular en Simulink un motor DC, por lo tanto, para obtener su modelo matemático, se obtienen las ecuaciones diferenciales que lo describen [5] y para establecer la función de transferencia se usó la transformada de Laplace.



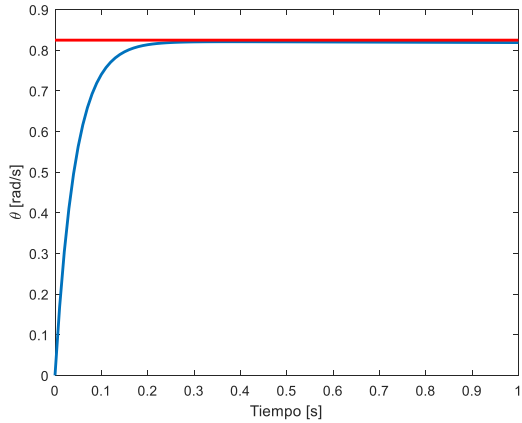
**Fig. 3. Conexión física del motor con el Arduino.**  
Fuente: elaboración propia

Para comprobar que las ecuaciones son correctas usamos Simulink, para poder modelar el motor DC. En la Fig. 4 se muestra cómo se encuentra el diagrama de bloques en Simulink.

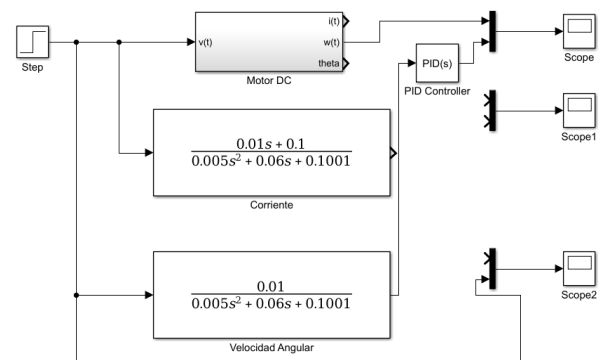


**Fig. 4. Arreglo de motor DC en Simulink. Fuente: elaboración propia**

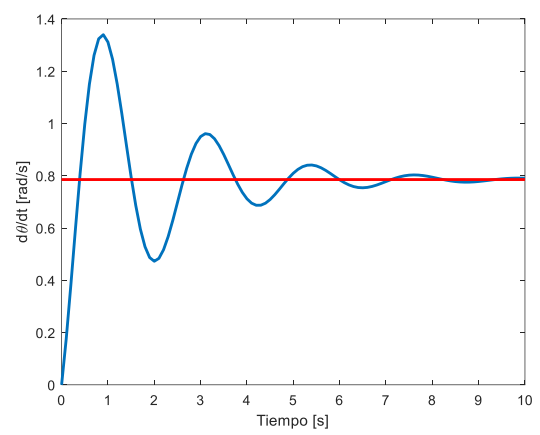
La Fig. 5 muestra la aplicación de la simulación para un ángulo deseado. La Fig. 6 muestra la aplicación en diagrama de bloques de un control PID a la velocidad angular. La Fig. 7 muestra el control con sintonización para obtener un comportamiento sub-amortiguado del sistema.



**Fig. 5 Simulación del motor DC para un ángulo deseado. Fuente: elaboración propia**



**Fig. 6 Diagrama de bloques para control PID de velocidad angular. Fuente: elaboración propia**

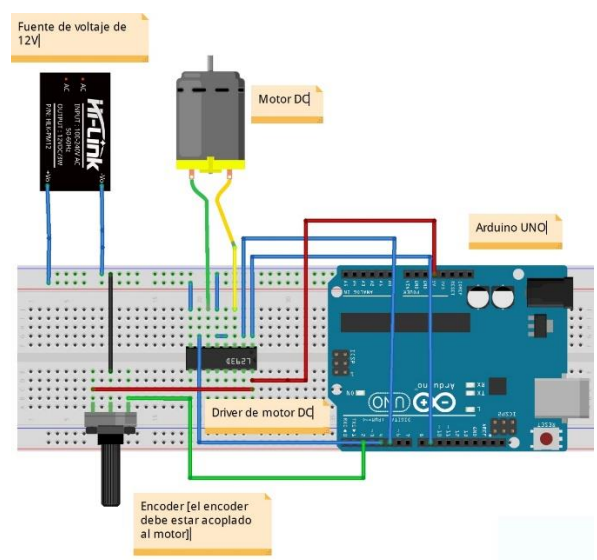


**Fig. 7 Simulación de control PID de la velocidad angular del motor. Fuente: elaboración propia**

El tercer modelo considera la implementación en tiempo real de un algoritmo de optimización de evolución diferencial (ED), el cual es dirigido particularmente al sistema mecatrónico más común, el motor DC. El cual tiene como objetivo controlar a una velocidad angular deseada, con la optimización de un controlador, de varios propuestos. Con simulación del control de la velocidad angular del motor DC, se define el controlador para una implementación real. Mediante un estudio más profundo de la optimización, se prueba las técnicas de mutación y dos formas de evaluar la función objetivo, para encontrar el mejor rendimiento de la optimización en tiempo real.

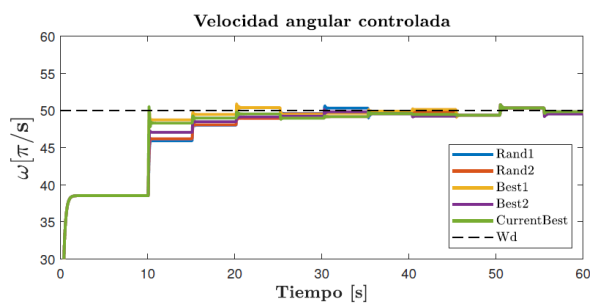


La figura 8 muestra el diagrama esquemático de la implementación física de dicho modelo.



**Fig. 8 Implementación física del modelo para la optimización usando ED. Fuente: [5]**

La figura 9 muestra el resultado de simulación HIL para la auto-sintonización de un controlador PID para el control de velocidad del motor DC. Note que existen intervalos al inicio en los que la señal no converge al valor de referencia, sin embargo, a avanzar el tiempo, el algoritmo de ED auto-sintoniza el controlador, logrando la convergencia a la referencia deseada de velocidad.



**Fig. 9 Resultados numéricos de la implementación del modelo para la optimización usando ED. Fuente: [5]**

Al finalizar las pruebas, podemos concluir que la interfaz Simulink/Arduino sí puede ser empleada para distintas actividades como las que se desarrollan en este trabajo. Como trabajo futuro se planea complementar con diseño industrial el armado funcional de los equipos o plataformas mecatrónicas basadas en HIL. Se terminará el diseño e implementación de los algoritmos de control para cada equipo construido. Se harán pruebas funcionales y se documentará a detalle su construcción, funcionamiento y forma de manipularlos. Actualmente se tiene todo este desarrollo en un 95% de avance.

Finalmente, los resultados que este desarrollo permitirá son:

- Construcción de plataformas mecatrónicas funcionales basadas en HIL: con su respectivo bloque de control y su sistema mecatrónico físico
- Documentación de la construcción de cada plataforma
- Documentación de uso de cada plataforma
- Manual de usuario de cada plataforma
- Videos demostrativos del funcionamiento de cada plataforma

Cinco prácticas para estudiantes universitarios por cada plataforma mecatrónica basada en HIL. El objetivo es que el estudiante interactúe con cada plataforma, se familiarice con los conceptos básicos de control y sistema mecatrónico y observe la relación entre el bloque de control y el comportamiento del sistema mecatrónico. En las Figuras A1-A7 del Anexo se aprecian algunas imágenes de las plantas y materiales usados en la construcción de las plantas previamente referidas que forman parte de este trabajo.



### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo brindado por PRODEP de SEP para desarrollar este proyecto.

### CONCLUSIONES

Este trabajo permitirá que el estudiante acceda físicamente a la interacción con plataformas HIL y comprenda la fuerte relación entre el bloque de control y el comportamiento del sistema mecatrónico en tiempo real. El alumno podrá comprender que tanto los ajustes al bloque de control como al sistema mecatrónico tendrán repercusiones inmediatas en el comportamiento del sistema integral. Es indispensable enfatizar que estas plataformas permiten profundizar en los conceptos de programación, diseño industrial, diseño electrónico, diseño mecatrónico, diseño mecánico, control, simulación, entre otros, lo cual es sumamente importante en formación profesional de todo ingeniero. Así, las plataformas HIL representan un escenario de simulación de sistemas reales más complejos lo cual permite probar el funcionamiento de sistemas específicos por lo que la implementación de estos equipos didácticos representará un hito en la vida académica en el contexto mecatrónico y áreas afines de nuestro país siempre y cuando realmente se usen como apoyo académico en la formación de los futuros ingenieros del país. Lo anterior debe facilitar el aprendizaje y aumentando la experiencia de los jóvenes en el campo de los sistemas mecatrónicos aplicados en escenarios reales durante su formación como ingenieros.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] **H. Kohen and D. Dori, "Incorporating hardware-in-the-loop simulation into object-**

**process methodology," in Proc. 14th Annu. IEEE Int. Syst. Conf., Aug. 2020.**

[2] **D Bravo-Montenegro, J Cortes-Carvajal, M Patino, J Cabrera-López.: Modelado de Sistemas Dinámicos a Partir de Datos Experimentales. Revista Colombiana de Física 40 (2), 411-413**

[3] **F., C. Kleijn.: Introduction to Hardware-in-the-Loop Simulation, Location (2010).**

[4] **Schuette, Herbert, and Peter Waeltermann. "Hardware-in-the-Loop Testing of Vehicle Dynamics Controllers – A Technical Survey." SAE Transactions, vol. 114, 2005, pp. 593–609.**

[5] **O. L. Osen, "On the use of hardware-in-the-loop for teaching automation engineering," in Proc. IEEE Global Eng. Educ. Conf. (EDUCON). Apr. 2019, pp. 1308–1315.**

[6] **Villaseñor, Sergio Santana.: Optimización en tiempo real de sistemas mecatrónicos usando evolución diferencial (tesis de postgrado) Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería. Boca del Río – Veracruz (2019)**

### ANEXOS

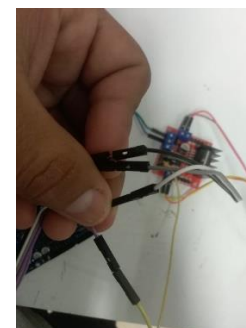


Fig. A1. Conexión driver – Arduino



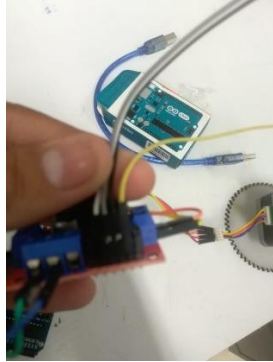


Fig. A2. Conexión driver – motor a pasos

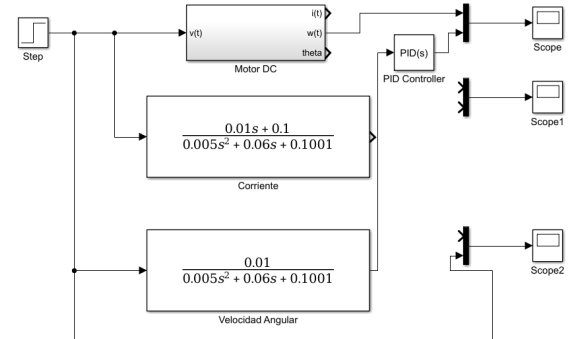


Fig. A5. Implementación de control PID en Simulink para descargarlo en Arduino



Fig. A3. Conexión Arduino – Motor DC

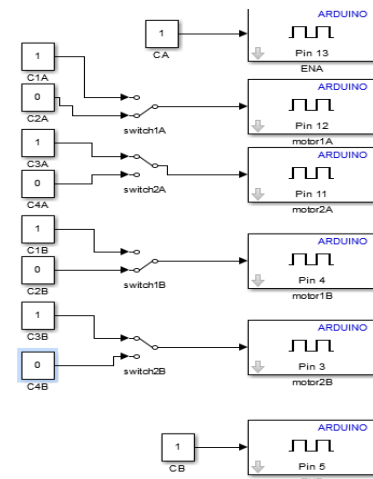


Fig. A6. Control de motor mediante Simulink – Arduino



Fig. A4. Interacción Matlab – Arduino



## Plataforma prototipo para monitoreo de la calidad del agua del río Cazones en Poza Rica de Hidalgo, Veracruz

Luis A. Méndez-Casas <sup>1\*</sup>, Manuel A. Zamora-Aguirre <sup>1</sup>, Salomón A. Piña-González <sup>1</sup>

\* Autor correspondiente:  
146p0798@itspozarica.edu.mx  
+52 228 111 5016

Áreas temáticas: **Electrónica, mecatrónica, sistemas computacionales, química.**

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica. Departamentos de Ingeniería en nanotecnología, electrónica y sistemas computacionales, Luis Donaldo Colosio Murrieta S/N Col. Arroyo del Maíz, C.P. 93230, Poza Rica, Veracruz., México.

**RESUMEN:** Se diseñó una plataforma prototipo para monitoreo de la calidad del agua del río cazones en la zona de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz estableciendo como área de muestreo el "Puente Cazones 1" durante el periodo del 28 de septiembre al 10 de octubre de 2020. Se utilizó una tarjeta electrónica basado en el microcontrolador Arduino nano y sensores analógicos compatibles para monitorear parámetros de temperatura, turbidez y pH, enviando estos datos medidos por medio de un actuador utilizando la comunicación bluetooth para visualizar los valores en tiempo real en una móvil con el uso de una aplicación Android. La temperatura se mantuvo normal en un rango de 18°-22°C durante los muestreos. La turbidez tuvo un promedio de 200 NTU, siendo un alto nivel de sólido suspendidos y pésima calidad del agua con color café claro y olor fétido. El pH tuvo un valor neutro. Los principales contaminantes de la zona son agua municipal e industrial. Existen pocos estudios realizados en la zona por lo que se recomienda realizar análisis químicos para identificar concentración y tipo de contaminantes.

**PALABRAS CLAVE:** agua residual, calidad del agua, microcontrolador, monitoreo, muestreo, sensor, plataforma.

**ABSTRACT:** A prototype platform was designed to monitor the water quality of the Cazones River in the area of Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, establishing the "Puente Cazones 1" as the sampling area during the period from September 28 to October 10 of the year 2020. It was used an electronic card based on the Arduino nano microcontroller and compatible analog sensors to monitor temperature, turbidity and pH parameters, sending this data measured by means of an actuator using Bluetooth communication to view the values in real time on a mobile phone with the use of an Android application. The temperature remained normal in a range of 18°C - 22°C during the samplings. Turbidity got an average of 200 NTU, meaning a high level of suspended solids and poor water quality with light brown color and a foul odor. The pH had a neutral value. The main pollutants in the area are municipal and industrial water. There are few studies



**carried out in the area, so it is recommended to carry out chemical analyzes to identify the concentration and type of contaminants.**

**KEYWORDS:** wastewater, water quality, microcontroller, monitoring, sampling, sensor, platform.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital que ha permitido el desarrollo de la civilización. Actualmente 4,200 millones de personas carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura [1]. El vertido a cuerpos de agua resulta perjudicial para el medio ambiente y la salud humana. El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas [2].

La contaminación del agua es la presencia una sustancia extraña (orgánica, inorgánica, radiológica o biológica) en el agua que disminuye su calidad [3].

La calidad del agua se refiere a las características físicas (temperatura, turbidez), químicas (dispersión y enlaces de sustancias y orgánicas e inorgánicas en solución) y biológicas del agua (impacto de microorganismos) [4].

El monitoreo de calidad de agua es el control de parámetros de interés de un curso de agua, siguiendo orden y metodología rigurosos, para conocer calidad y cantidad [5].

El presente trabajo tiene por hipótesis validar el alto grado de contaminación al evaluar la calidad del agua del Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, en el río cazones debido al vertido de agua municipal e industrial petroquímica. Estableciendo como área de muestreo, el "Puente Cazones 1". Y se tienen por objetivos:

- Construir una plataforma de monitoreo en tiempo real de parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.
- Realizar una tabla y gráficos de muestreo de la calidad del agua del Rio Cazones en poza Rica durante un mes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El municipio de Poza Rica de Hidalgo se ubica entre los paralelos 20° 29' y 20° 36' de latitud norte; los meridianos 97° 24' y 97° 29' de longitud oeste; altitud entre 40 y 200 m. Su superficie es de 64.0 km<sup>2</sup> [6], la población total son 207,816 habitantes [7] y tiene una densidad de población de 3,129.3 Hab/km<sup>2</sup>, que representa el 0.1% del estado de Veracruz. Colinda al norte con los municipios de Tihuatlán y Papantla; al este con el municipio de Papantla; al sur con los municipios de Papantla y Coatzintla; al oeste con los municipios de Coatzintla y Tihuatlán [8]. Se encuentra en la región hidrológica 27 Tuxpan-Nautla del norte de Veracruz [9]. (Ver Fig. 1)



**Figura 1. Mapa Hidrológico del municipio de poza rica [10].**



El río Cazonces pertenece a la región administrativa X de los ríos de la vertiente del Golfo de México, con un área de la cuenca de 2688 km<sup>2</sup> y una longitud de 145 km [11], se distribuye entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, nace en los ríos Tulancingo y Chaltecontla que descienden de la Sierra de Hidalgo, dentro de su recorrido está la zona de Poza Rica, donde fluye por la planicie costera y desemboca en el Golfo de México, a través de la Barra Cazonces [12]. (Ver. Fig. 2)

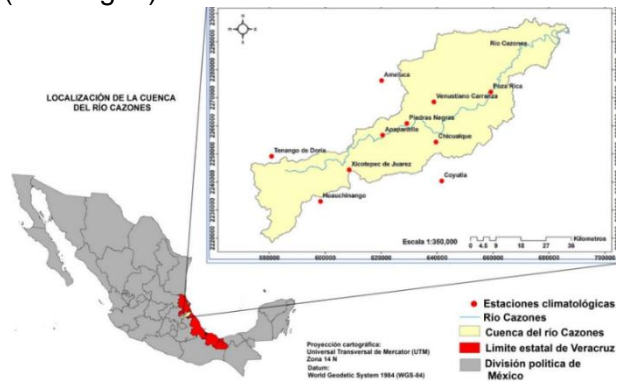


Figura 2. Ubicación de cuenca del río cazonces [13].

Se hizo un recorrido para delimitar el área de estudio e identificar puntos de vertido al río Cazonces para establecer el Puente Cazonces 1 como área de muestreo de acuerdo con la fuente potencial de contaminación y el problema detectado en la zona se proponen análisis de laboratorio y equipo para realizar monitoreo del cuerpo de agua. (Ver tabla I)

Tabla I. Análisis y monitoreo de zona petrolera [14].

Fuente	Problema	Parámetros químicos		Parámetros físicos	
		Análisis de campo	Análisis de laboratorio	Análisis de campo	Análisis de laboratorio
Petroleo y Gas	Sedimento, salinidad, contaminantes orgánicos, metales pesados, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Sólidos disueltos totales (SDT), Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aceite y grasa, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), carbono orgánico disuelto (COD), fenoles, sulfuros, cloruros	Temperatura, flujo, turbidez	Sólidos suspendidos totales (SST)

**Materiales**

**Plataforma de monitoreo**

Se realizó la construcción de una plataforma que contiene un dispositivo con sensores y

una aplicación Android móvil. La plataforma de monitoreo de la calidad del agua es el diseño de una carcasa PLA que contiene un circuito electrónico con un microcontrolador que estima la calidad del agua de un muestreo en cuerpo de agua, por medio de sensores de parámetros fisicoquímicos como temperatura, turbidez y pH. A través del protocolo de comunicación bluetooth se puede visualizar en un smartphone (Ver. Fig. 3)

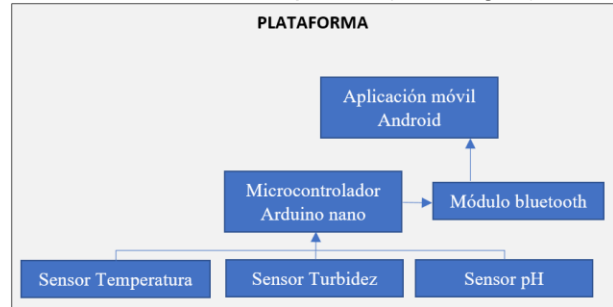


Figura 3. Diagrama de flujo de plataforma prototipo para monitoreo de la calidad del agua.

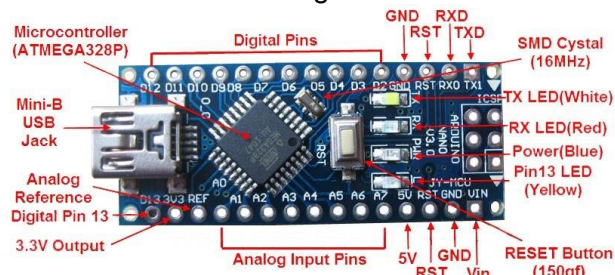
**Microcontrolador**

Arduino es una plataforma informática de código abierto basada en hardware y software libre, a través de una placa de circuito impreso que incorpora un microcontrolador reprogramable y diferentes componentes electrónicos, permite prototipar proyectos al crear y diseñar circuitos electrónicos. Este sistema electrónico se compone de fuente de alimentación, circuito de procesamiento y control, sensores y actuadores.

Un microcontrolador es un circuito integrado con muchos componentes encapsulados, es capaz de ejecutar comandos autónomamente. Consta de tres partes principales CPU, Memoria, Entradas y Salidas (E/S). El Arduino Nano utiliza el microcontrolador Atmega328 AVR 8-bit, el cual puede programarse usando lenguaje C++ en el entorno IDE, el código se puede subir a la tarjeta al utilizar un cable USB. Tiene un CPU de 16 MHz, una memoria de 32 KB, 14 pines de los cuales 6 son entradas analógicas, y opera a un voltaje de 5V. (Ver fig. 4)



Las entradas analógicas pueden recibir voltajes dentro de un rango de valores continuos de entre 0 y 5 V. La mayoría de los sensores analógicos para Arduino se encuentran en este rango.



**Figura 4. Pines y componentes de Arduino Nano.**

### Sensor de Temperatura

La temperatura mide la energía cinética de un cuerpo y tiene efecto en reacciones químicas, su rapidez afecta la estabilización de materia orgánica, oxígeno disuelto y solubilidad [15]. La industria utiliza enormes volúmenes de agua para enfriar maquinaria. La temperatura determina el efecto de la contaminación en la vida acuática. Por ejemplo, se ha demostrado que la resistencia del pescado a ciertos contaminantes varía mucho con la temperatura [16].

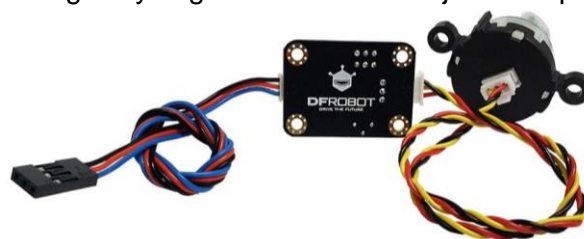
Se utilizó el sensor de temperatura DS18B20 (ver fig. 5) que es impermeable y permite ser sumergirlo en agua, el encapsulado TO-92 permite prototipar fácilmente por la distribución de pines, puede ser alimentado de 3V-5.5V, utiliza el protocolo 1-Wire. Mide temperaturas de entre -55°C a 125°C con una precisión de ±0.5 [17].



**Figura 5. Sensor de temperatura DS18B20.**  
**Sensor de Turbidez**

La turbidez es la medida del grado de claridad en un líquido, es una propiedad óptica que es una medida de la cantidad de luz que se dispersa por el material en el agua cuando se hace incidir una luz a través de la muestra de agua. A mayor intensidad de la luz dispersa, mayor será la turbidez. Altos niveles de turbidez generan agua turbia u opaca. El material suspendido pueden ser productos finos insolubles, ya sean inorgánicos como arcilla, arena o desechos industriales o domésticos. Los ríos tienen una turbidez de 10 NTU, el agua con turbidez mayor a 5 NTU debe ser tratada para consumo [18].

Se incorporó el sensor de turbidez SEN0189 (ver. Fig. 6) que utiliza luz para detectar partículas suspendidas en el agua, midiendo la transmitancia de la luz y la tasa de dispersión, que cambia con la cantidad SST en el agua. Este sensor opera a 5V, proporciona modos de salida de señal analógica y digital con umbral ajustable por



potenciómetro [19].

**Figura 6. Sensor de turbidez SEN0189.**

### Sensor de pH

También se incluyó el sensor de medición de pH SEN0161 con un voltaje de 5V y un rango de medición de 0-14 con un margen de +/-0.1. Una sonda de pH consta del electrodo, la membrana de vidrio y la carcasa. Tiene un conector BNC que va al circuito de pH y este a una entrada analógica de un microcontrolador [20]. (Ver. Fig. 7)

El pH mide la concentración de iones hidronio e hidroxilo presentes en una disolución. La concentración de iones  $[H^+]$  va de  $1 \times 10^0$  a  $1 \times 10^{-14}$  mol/L, El valor de pH utiliza los logaritmos de base 10 (ver ec.1), así la escala



de pH que va de 0 hasta 14 es la forma más práctica para representar la acidez o basicidad de las soluciones.

$$pH = -\log[H^+] \quad \text{Ec. (1)}$$

Un pH de 7.0 indica agua neutral, mayor a este valor es alcalina y menor es acida. En la naturaleza un pH de entre 6 a 8 es un valor normal para un cuerpo de agua. El agua de mar tiene un valor por encima de 8 [16].

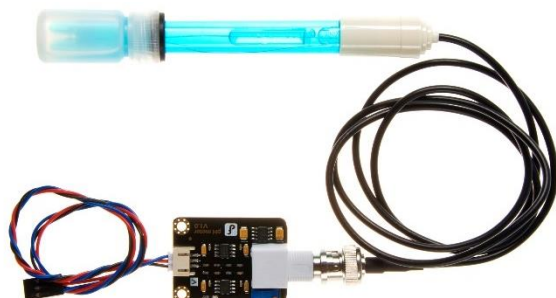


Figura 7. Sensor de pH SEN0161.

### Módulo bluetooth Hc-06

Conexión inalámbrica por protocolo bluetooth 2.0 a 2.4 GHz compatible con smartphones, Tiene 4 pines Vcc, Gnd, Txd y Rxd, opera de 3.3 V a 5 V y se comporta como esclavo. (Ver Fig. 8)



Figura 8. Módulo bluetooth Hc-06.

### Metodología

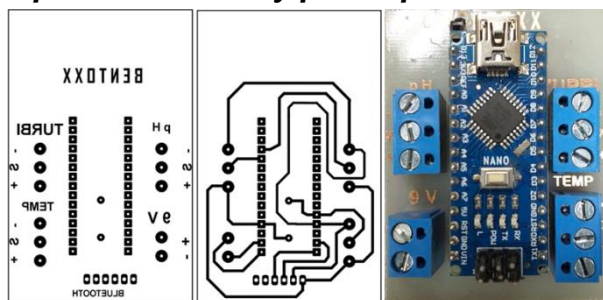
Se diseñó e imprimió una estructura 3D (PLA) con 3 aberturas para los sensores. Su grosor de capas es acto para prototipaje. Sobre este se insertaron probetas de medición. Se realizaron pruebas de funcionamiento por separado.

### Circuito electrónico

Se diseñó y fabricó una placa PCB que contiene terminales de conexión especiales para microcontrolador Arduino nano, los sensores de temperatura, turbidez, pH, módulo bluetooth y una batería de 9 V que alimenta el circuito. (Ver fig. 9)

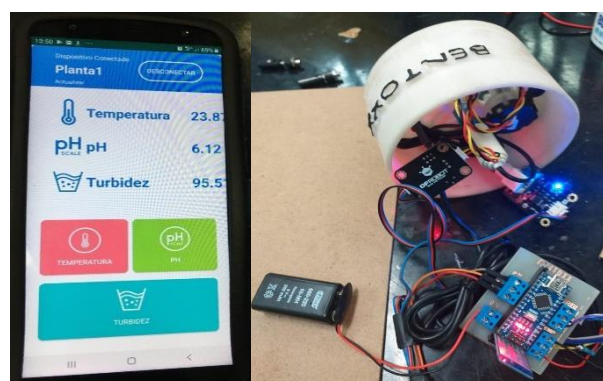
Figura 9. PCB de plataforma prototipo.

### Aplicación móvil y prototipado Arduino



Se verificó el prototipado y conexiones, se diseñó la interfaz de usuario para monitorizar el sistema por medio de una aplicación Android utilizando lenguaje de programación Kotlin para mayor estabilidad a diferencia de Java, esta aplicación que se conecta recolecta procesa y muestra los datos recibidos por el módulo bluetooth. (Ver fig. 10)

Figura 10. Aplicación móvil recibe señal de Arduino con sensores operando.





### Programación Arduino

Se programó la tarjeta Arduino nano en el entorno IDE incorporando librerías y los algoritmos de los sensores de medición de parámetros de temperatura, turbidez y pH para enviar la información en forma de concatenación de caracteres a la aplicación móvil. (Ver fig. 11)

```
Programa_nuevo_boya
delay(10);
for(int i=0;i<9;i++)
{
  for(int j=1;j<10;j++)
  {
    if(buf[i]>buf[j])
    {
      temp=buf[i];
      buf[i]=buf[j];
      buf[j]=temp;
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<9;i++)
  {
    avgValue+=buf[i];
  }
  float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6;
  pHValue=3.5+pHValue;
  Serial.println(pHValue,2);
  sensor.requestTemperature();
  Serial.print(sensor.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" ");
  delay(1000);
}

Programa_nuevo_boya
// SEHTOKK TEAM
// Programa Boya 14.10.2020
// ITSEP
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define SensorPin 0
unsigned long int avgValue;
float h;
int buf[10],temp;
const int oneWirePin = 12;
OneWire oneWireBus(oneWirePin);
DallasTemperature sensor(oneWireBus);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  sensor.begin();
}
void loop()
{
  Serial.available();
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)
```

Figura 11. Programa compilado en Arduino.

### Muestreo

Se realizó un total de 192 tomas de muestra del río cazones en el punto Puente Cazones 1 (ver fig. 12), por un periodo de 4 semanas las fechas del 28 de septiembre al 10 de octubre de 2020. Durante 24 días de lunes a sábado se tomaron 2 muestras por día la primera a las 9:00 am y la segunda a las 6:00 pm.



Figura 12. Puente Cazones 1.

### RESULTADOS

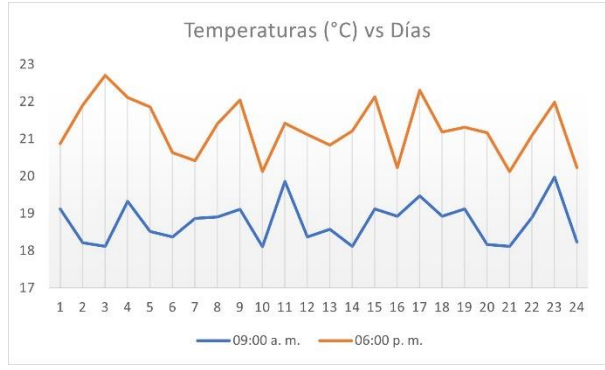
Los resultados obtenidos de los muestreos se colocaron en la Tabla II (Anexo A), para los parámetros fisicoquímicos de temperatura, turbidez y pH medidos durante las 4 semanas. La temperatura tuvo un promedio de 20 °C y se mantuvo en un rango de entre los 18 °C y

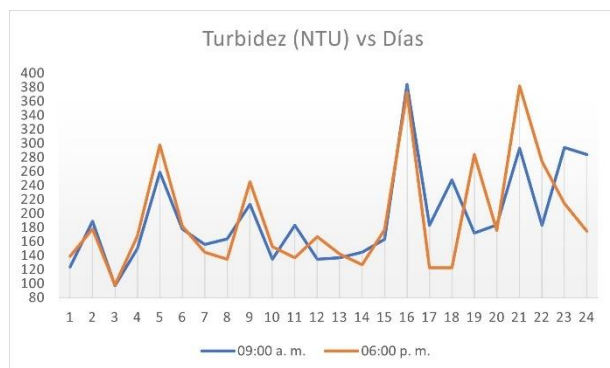
los 22°C durante el periodo de muestreo, lo cual indica una temperatura óptima para cuerpo de agua. Puede observarse que durante el transcurso del día la temperatura aumenta y con ello existe un ligero aumento de la temperatura del agua en el transcurso de 9:00 am a 6:00 pm. (Ver fig. 13)

Por otra parte, la turbidez registro un promedio de 200 NTU y un valor máximo de 384 NTU. Lo cual es un indicio de un nivel de alta contaminación y posiblemente una categoría de calidad pésima del agua. El aspecto del agua es de color café claro y olor fétido, se puede observar pequeñas partículas. Los valores no cambian mucho entre los muestreos a diferente hora del mismo día. (Ver fig. 14)

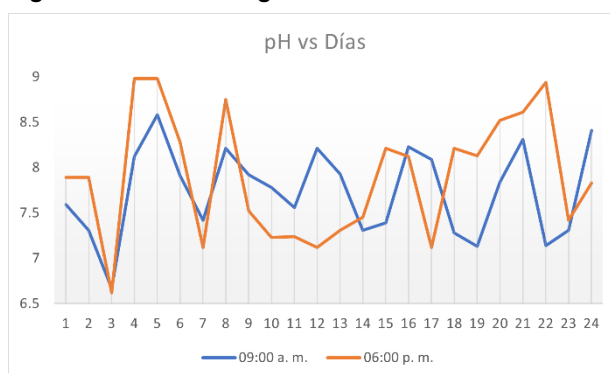
El parámetro de pH registro en su mayoría valores neutros con un promedio de 7.8 y ligeramente alcalinos con un valor máximo de 8.94, sin embargo, la mayoría se mantuvo entre los límites de buena calidad de agua y las mediciones se mantuvieron estables durante el día. (Ver fig. 15)

Figura 13. Temperatura registrada.





**Figura 14. Turbidez registrada.**



**Figura 15. pH registrado.**

## CONCLUSIONES

El nivel de alta contaminación y vertido de aguas residuales es evidente debido al olor fétido en gran parte de los puentes que se localizan sobre los cuerpos de agua de la ciudad y el alto grado de turbidez del agua esto representa un foco de infección para las personas en cuanto a enfermedades gastrointestinales y deterioran la vida pública e imagen de la ciudad y así como la vida silvestre y el medio ambiente.

En cuanto a los sólidos en suspensión es necesario realizar muestreos con mayor frecuencia para tomar medidas que disminuyan el volumen de vertido de residuos ya que la vida marina se ve afectada debido a que las partículas suspendidas absorben gran parte de la luz solar durante el día lo cual se puede verificar en los muestreos, ocasionando una contaminación térmica.

El pH se mantuvo constante y el ligero indicio de alcalinidad puede indicar buena

productividad sirviendo con potencial como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Existen pocos estudios realizados en la zona por lo que es recomendable involucrar a las instituciones a realizar un monitoreo participativo que involucre a la comunidad para que los organismos reguladores del agua implementen estaciones de monitoreo que sirvan como un estudio de los principales contaminantes y sus fuentes y a partir de ellos brindar soluciones efectivas a las problemáticas de la ciudad y con lleven a acciones puntuales como la instalación de una planta de tratamiento de agua residual o rigor al aplicar las políticas de vertido de residuos contaminantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] WHO/UNICEF (2019): *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities.*
- [2] WWAP. 2012. *The United Nations World Water Development Report 2012: Managing Water under Uncertainty and Risk.* París, (UNESCO).
- [3] Appendix B: 1962 U.S. Public Health Service Standards. In *Drinking Water Regulation and Health*, F.W. Pontius Ed, 2005. doi:10.1002/0471721999.app2
- [4] S.K Agarwal. "Water pollution", 1 ed, Nueva Delhi: A P H Publishing corporation., 2009, pp. 37.
- [5] CAO, 2008. *Monitoreo Participativo del Agua: Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto.* Washington, DC - USA: Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman (CAO).
- [6] SEFIPLAN con datos de INEGI, *Censo de Población y Vivienda 2010 y Marco Geoestadístico Municipal 2010. Encuesta Intercensal 2015.*
- [7] INEGI. *Censos y Conteos de Población y Vivienda, 1995 a 2010. Encuesta Intercensal para 2019, CONAPO,*





## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**Proyecciones de la Población de los Municipios 2010-2030.**

[8] INEGI, 2009, *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Poza Rica de Hidalgo, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30131.*

[9] INEGI, 2005. *Síntesis de información geográfica del Estado de Veracruz. Aguascalientes,*

[10] INEGI, 2020. *Mapa Hidrológico de Aguas Superficiales, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz”, imagen digital escala 1:1 000 000.*

[11] CONAGUA, 2005. *Estadísticas del agua en México -Síntesis. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. El recurso hídrico de México. Gerencia de aguas superficiales e ingeniería de Ríos.*

[12] D. Pereyra y J. A. Pérez. “Hidrología de superficie y precipitaciones intensas 2005 en el estado de Veracruz”, WELSH RODRIGUEZ (eds.). *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz. Xalapa: Universidad Veracruzana; Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, p. 81–99, 2006.*

[13] E. Gutiérrez, G. Dávila-Vázquez, J. de Anda y J. J. Díaz-Torres. “Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazones”, *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 8, no.3, p. 104-117, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1147>

[14] UICN, 2018. *Guía de Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua. Quito – Ecuador: UICN.*

[15] D. Isea, “Parámetros biocinéticos que rigen la ecuación de la DBO en aguas residuales de una industria procesadora de cangrejos”. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 2015, vol.38, n.2, pp. 112-121.

[16] Swenson, H., “A primer on water quality”, *USGS series Gen. Intrest Pub.* 1995. pp. 19.

[17] Dallas semiconductors, “Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermomete”, DS18B20 datasheet.

[18] T. U. W. S. School, “Turbidity,” *USGS*, 02 December 2016. [Online]. Available:

<https://water.usgs.gov/edu/turbidity.html>

[19] DFRobot, 2017, *pH meter (SKU: SEN0161)*

[20] DFRobot, 2016. *Turbidity sensor SKU: SEN0189.*



**ANEXO A**

Parámetro Fecha	Temperatura (°C)						Turbidez (NTU)						pH						
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	
Primera semana	9:00 am	19.12	18.21	18.12	19.32	18.52	18.37	124	189	97	150	259	178	7.59	7.31	6.67	8.12	8.58	7.91
	6:00 pm	20.87	21.91	22.71	22.11	21.86	20.63	139	178	98	168	298	182	7.89	7.89	6.62	8.98	8.98	8.28
Segunda semana	9:00 am	18.87	18.91	19.11	18.11	19.86	18.37	156	164	213	135	183	135	7.42	8.21	7.92	7.78	7.56	8.21
	6:00 pm	20.42	21.41	22.04	20.12	21.42	21.12	145	135	245	153	137	167	7.12	8.75	7.52	7.23	7.24	7.12
Tercera semana	9:00 am	18.57	18.12	19.12	18.93	19.47	18.93	137	145	163	384	183	248	7.93	7.31	7.39	8.23	8.09	7.28
	6:00 pm	20.83	21.21	22.13	20.23	22.31	21.19	142	127	177	373	123	123	7.31	7.45	8.21	8.12	7.12	8.21
Cuarta semana	9:00 am	19.12	18.17	18.12	18.90	19.98	18.23	172	184	293	183	294	284	7.13	7.84	8.31	7.14	7.31	8.41
	6:00 pm	21.31	21.17	20.12	21.10	21.98	20.23	284	176	382	274	214	175	8.13	8.52	8.61	8.94	7.42	7.83

**Tabla II. Muestreo de parámetros fisicoquímicos del río Cazones 28/09/20 al 10/10/20.**



## Caracterización de la cadena de suministro alimentaria corta de una pyme: caso Frijoles Rodríguez Misantla, Veracruz.

Mayra Barrera Hernández <sup>1</sup>, Emma Zayuri Castellanos Pulido <sup>2</sup>, Yocelin Cytlay Dionisio Reyes <sup>3</sup>, Rubí Alejandrina Hernández Tapia <sup>4</sup>, Ana Vianey Romero Hernández <sup>5</sup>.

aryam.280795@gmail.com <sup>1</sup>

zayuripulido@gmail.com <sup>2</sup>

ycdionisioreyes@gmail.com <sup>3</sup>

rubihdezt@gmail.com <sup>4</sup>

ingroha@gmail.com <sup>5</sup>

Contacto:

ingroha@gmail.com

2351142249

**Área temática de la investigación del artículo:** Logística, Cadena de Suministro

Mayra Barrera Hernández<sup>1</sup>, Ingeniero industrial, Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla; Emma Zayuri Castellanos Pulido<sup>2</sup>, Ingeniero industrial, Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla; Yocelin Cytlay Dionisio Reyes<sup>3</sup>, Ingeniero industrial, Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla; Rubí Alejandrina Hernández Tapia<sup>4</sup>, Ingeniero industrial, Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla; Ana Vianey Romero Hernández<sup>5</sup>, Ingeniero industrial, Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla.

**RESUMEN:** Esta investigación se realiza en Misantla, Ver., en una micro empresa denominada “Frijoles Rodríguez”, se presenta la caracterización de la cadena de suministro corta alimentaria de la pequeña empresa. El estudio de los eslabones de la cadena permitió la integración de la cadena de suministro, así como también la visualización de algunas problemáticas relacionadas con abastecimiento y distribución dentro de la cadena de suministro corta alimentaria. Con la información de una entrevista a los

propietarios y con el apoyo de literatura aproximada, los resultados de la investigación advierten que la cadena presenta principalmente problemas en el último eslabón que tiene que ver con la comercialización y el intermediarismo entre la empresa y sus clientes directos. Así como también, se observa una falta de integración de los eslabones y por lo anterior se propuso la implementación de relaciones más estrechas entre propietarios y clientes, para permitir mayor alcance y mantener un mejor flujo de información.



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**PALABRAS CLAVE:** Cadenas de suministro cortas Alimentarias, Caracterización, Estrategias, Mejora, Pymes.

**ABSTRACT:** *This research is carried out in Mianlla, Ver., In a small company called "Frijoles Rodríguez", the characterization of the short food supply chain of the small company is presented. The study of the links in the chain allowed the integration of the supply chain, as well as the visualization of some problems related to supply and distribution within the short food supply chain. With the information from an interview with the owners and with the support of approximate literature, the results of the research show that the chain mainly presents problems in the last link that has to do with commercialization and intermediation between the company and its direct customers. As well as, a lack of integration of the links is observed and therefore the implementation of closer relationships between owners and clients was proposed, to allow greater scope and maintain a better flow of information.*

**KEYWORDS:**

Short food supply chains, Characterization, Strategies, Improvement, SMEs.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años las cadenas de suministro se han caracterizado por buscar afianzar un futuro estable, donde los elementos de la

cadena se integren y se aprovechen los flujos de información. Sin embargo, las cadenas de suministro hoy en día tienen el reto de encaminarse hacia la sostenibilidad, para lo cual se han integrado otros conceptos como lo son las cadenas de suministro cortas y resilientes [1]. Al mismo tiempo, ha habido una creciente demanda de adoptar prácticas de sostenibilidad a través de políticas corporativas lean, ecológicas y socialmente responsables [2] por lo que las empresas están comprometidas con esta encomienda en un mundo globalizado.

Las cadenas de suministro ayudan aumentar los beneficios económicos y sociales para todos los beneficiarios que la integran [3].

Las cadenas de suministro cortas se han incorporado con la finalidad de establecer relaciones locales entre productores y consumidores y con ello separar los intermediarios que pueblan en las cadenas de suministro [4]. Dentro de los principales problemas de las cadenas de suministro cortas destaca el intermediarismo y el poco desarrollo de nuevos patrones económicos incrustados en las relaciones sociales que proporcionen confianza, transparencia, reconocimiento mutuo y aprendizaje [5]. La cadena de suministro corta no es el número de veces que se manipula un producto o la distancia en la que finalmente se transporta, si no de cómo llega el producto al cliente con la información necesaria. [6]

De acuerdo con [7] a nivel nacional, el estado de Veracruz se encuentra en cuarto lugar del ranking nacional con 2522 pequeñas empresas registradas, lo que posiciona al estado como un candidato a la incentivación del comercio. Particularmente Mianlla Veracruz es un municipio característico por el comercio, dentro de lo que se destaca la venta de alimentos y cocinas económicas, y



algunos otros negocios dedicados a la preparación de alimentos, dentro de los cuales se encuentra Frijoles Rodríguez quienes cuentan con 11 años en el negocio, y se dedican a la preparación de alimentos, particularmente su línea de frijoles que comercializan en diferentes presentaciones como lo son frijoles fritos, hervidos y refritos. Cuentan con una cartera amplia de clientes en el municipio con alrededor de 140 negocios que surten diariamente, añadiendo tres tiendas foráneas.

Durante los primeros 4 años tenía una venta de 4 kg de frijol diario, con devoluciones del 80 % de la producción, con el paso de los años se fue equilibrando más las ventas contra las devoluciones hasta que en la actualidad, solo tiene una devolución del 5% de la producción y venta.

Sin embargo, tienen la necesidad de identificar sus puntos clave en toda su red de distribución y suministro, para con ello buscar estrategias de permanencia en el negocio.

Este trabajo se enfoca en identificar los eslabones de la cadena de suministro corta con el fin de visualizar las áreas de oportunidad de mejora para Frijoles Rodríguez y generar con ello conocimiento para la toma de decisiones.

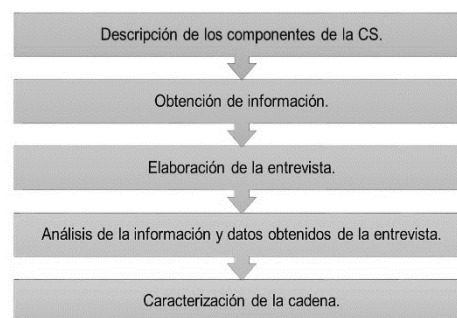
Asimismo, configurar la red de suministro de Frijoles Rodríguez con el fin de mejorar la visibilidad de la misma. Y finalmente, ofrecer estrategias de mejora en el área de ventas y comercio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación centra su estudio en el municipio de Misantha, Veracruz, particularmente en la pequeña empresa Frijoles Rodríguez con domicilio en esquina, Carlos Salinas de Gortari y Neri Vela, Misantha, Ver. El estudio se sustenta como

una investigación exploratoria y descriptiva ya que se basa en búsqueda de información para obtener diagnósticos iniciales, y con lo anterior identificar los integrantes de la cadena de suministro y su interacción, realizada en el año en curso 2020.

La metodología utilizada para la caracterización de la cadena de suministro corta de Frijoles Rodríguez se basa como muestra en la figura 1.



**Figura 1. Metodología para la caracterización de la cadena de suministro corta alimentaria en la pyme "Frijoles Rodríguez". Fuente: elaboración propia, apoyada de [8]**

La metodología para la caracterización de la cadena de suministro corta de la pyme "Frijoles Rodríguez" se compone de cuatro pasos:

**Descripción de los componentes de la cadena de suministro.** Los componentes son tres eslabones: proveeduría, producción y comercialización.

**Obtención de información.** En este punto se indaga el contenido de cada eslabón de la cadena de suministro corta.

**Elaboración de la entrevista.** Donde se realizaron algunas preguntas no estructuradas al dueño de la empresa "Frijoles Rodríguez" donde cada pregunta se basa en cada eslabón de la cadena.



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**Análisis de la información y datos obtenidos de la entrevista.** Una vez obtenida la información, se analiza cada dato de la misma para identificar su ubicación dentro de la cadena.

**Caracterización de la cadena.** De acuerdo con la información recabada y analizada se realiza la construcción de la caracterización de la cadena de suministro como se muestra en la figura 2.

### RESULTADOS

De acuerdo con lo analizado, la figura 2 véase anexo, describe la cadena de suministro corta de Frijoles Rodríguez que inicia desde el primer eslabón denominado materias primas, continuando con el segundo eslabón que es la transformación del producto y finalizando con la comercialización del mismo.

#### Primer eslabón proveeduría

Cuenta con 5 proveedores, el proveedor de frijoles y envases, los cuales son la primer opción de compra y son foráneos, en caso de que no puedan surtir cuenta con una segunda opción para no quedarse sin materia prima. De primera mano, para la cocción de los frijoles se utiliza gas, el cual lo surte en la comunidad, en caso de que falle su proveedor principal, cuenta con otro proveedor de este servicio, el agua se la surte un proveedor de la comunidad pero tiene 3 opciones contempladas en caso de fallo por su proveedor, la gasolina su proveedor es el más cercano a su tienda, pero tiene una opción más en la misma comunidad para no quedarse sin el servicio. Los días que le surten su mercancía foránea son los días jueves.

Cuenta con inventario tanto de materia prima como de producto terminado, esto es para poder estar preparado para alguna contingencia.

#### Segundo eslabón producción

##### Fabricación

Este proceso cuenta con tres etapas las cuales llevan un tiempo aproximado de 5 horas, la primera etapa de limpieza consiste en clasificar el frijol por la calidad requerida y desechar el que no cumple con las características solicitadas, la herramienta de medición es la vista, también en esta etapa se lava la materia prima para posteriormente pasar a la siguiente etapa que es la cocción donde se utilizan 3 recipientes de acero inoxidable especiales para tratamiento de alimentos este proceso es aproximadamente de 3 horas, utilizando como combustible gas. En la etapa de envasado se pesan las cantidades que llevarán cada recipiente y se sellan al vacío, la última etapa consiste en etiquetar los recipientes, la etiqueta que utilizan es interactiva ya que cada mes su logotipo es vestido en referencia a los festejos.

##### Ubicación

El lugar donde tiene su empresa es rentado, pero como todas sus máquinas son móviles, en caso de algún desastre tiene una ubicación más de emergencia donde moverse para seguir su producción de manera normal. Cuenta con 8 empleados: 1 contadora, 2 cocineras, 1 envasador, 1 etiquetador, 1 vendedor de mostrador, 3 repartidores, los repartidores surten 3 rutas, dos en la localidad con 174 tiendas por atender y una foránea



con 3 comunidades a las que surten (Arroyo Frío, Primavera, Guerrero).

### **Control de producción**

La empresa Frijoles Rodríguez cuenta con 3 formatos para el control de la misma los cuales son: formato de tendero donde se vacía el comportamiento de las ventas de cada tienda, salidas y devoluciones en este, formato el propietario de la empresa mide cómo es su avance en las ventas pero también cómo se comportan las devoluciones y de esta manera utilizar métodos para disminuirla como hasta ahora lo ha logrado y formato de control de abarrotes este formato es utilizado para la venta de mostrador que se realiza en el local de la empresa.

### **Tercer eslabón comercialización**

Para la comercialización del producto se distribuyen de tres maneras diferentes, venta al mostrador, tiendas de abarrotes en el municipio y tiendas de abarrotes foráneas, directo del expendio. Para las tiendas del municipio se dividen en dos rutas: la primera de 74 tiendas y la segunda de 100; para cubrir estas rutas se utilizan motos con adaptaciones de almacenamiento con una capacidad de 42 botes, cada vuelta de moto dura entre 45 a 60 minutos dependiendo el tráfico, cabe mencionar que las tres rutas, tanto las municipales y la foránea son surtidas diariamente.

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos la colaboración de la microempresa "Frijoles Rodríguez" por su disponibilidad y acceso a la información para la realización del presente trabajo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

(CONACYT) por el apoyo a las investigaciones de sus estudiantes becarios.

### **CONCLUSIONES**

En los últimos años, las cadenas de suministro cortas han tomado singular relevancia debido a su capacidad de suministro pese a eventos disruptivos ya que, por sus características, contiene menos eslabones y facilita el flujo de información, productos, bienes o servicios que la integran. La cadena corta alimentaria en la que se ve envuelta la microempresa "Frijoles Rodríguez" mantuvo sus ventas a pese a la contingencia Sanitaria causada por el virus SARS Cov2 que se vive actualmente, pues su arraigo en la ciudad de Misantha, ha logrado posicionarse como productos frescos y sin conservadores como los utilizados en grandes industrias. A pesar de ello, aún tienen áreas de oportunidad para trabajar, pues la comunicación entre los eslabones de la cadena podría mejorar. Se prevé en un futuro extender el mercado a nivel estatal e incluso nacional, sin embargo, se recomienda en trabajos futuros un estudio de mercado que verifique que se puede mantener la cadena.

Las nuevas políticas alimentarias cambiaron los hábitos alimenticios de los consumidores ya que de los mercados locales y minoristas se pasó a los supermercados y tiendas de descuento, es por ello que "Frijoles Rodríguez" se visualiza con alto potencial para competir en este tipo de mercados.

### **BIBLIOGRAFÍA**

[1] R. D. Tordecilla, A. A. Juan, J. R. Montoya-Torres, C. Quintero-Araujo y J. Panadero, «Simulation-optimization methods for designing and assessing resilient supply chain networks under



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

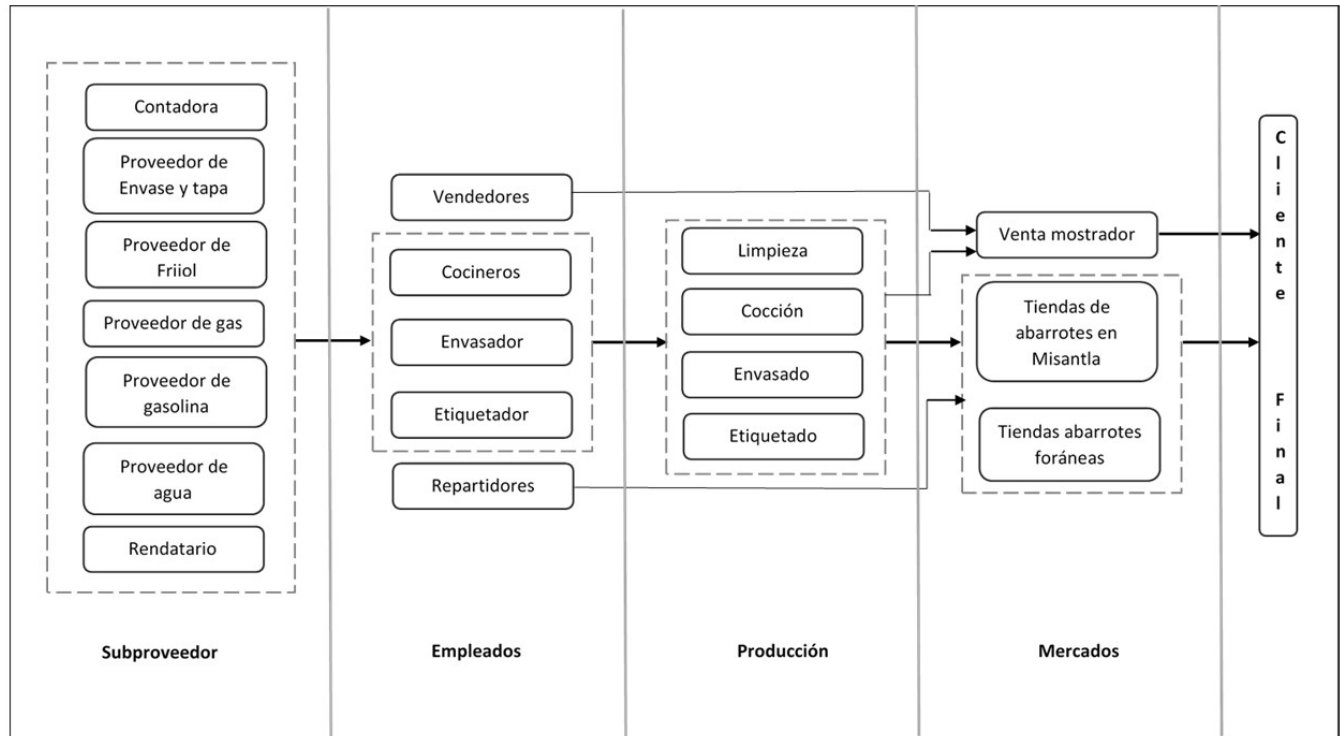
ISSN: 2395-9649

- uncertainty scenarios: A review,» Simulation Modelling Practice and Theory , 2020.*
- [2] A. Ghadge, M. Er Kara, D. Mongale, S. Choudhary y S. Dani, «Desafíos de implementación de sostenibilidad en cadenas de suministro de alimentos: un caso de productores de queso artesanal del Reino Unido,» *Planificación y control de producción, 2020.*
- [3] A. Dunay, C. Bálint Illés y J. Lehota, «Short Supply Chain: Goals, Objectives and Attitudes of Producers,» *Researchgate, p. 20, 2018.*
- [4] R. Le Velly, F. Goulet y D. Vinck, «Allowing for detachment processes in market innovation. The case of short food supply chains,» *Journal Consumption Markets & Culture, 2020.*
- [5] Y. Chiffolleau, S. Millet-Amrani, A. Rossi, M. G. Rivera-Ferre y P. López Merino, «The participatory construction of new economic models in short food supply,» *Journal of Rural Studies, 2019.*
- [6] B. Tundys y T. Wiśniewski, «Benefit Optimization of Short Food Supply Chains for Organic Products: A Simulation-Based Approach,» *MDPI, p. 17, 2020.*
- [7] I. d. I. E. y. Geográfica, *Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM), 2018. [En línea].*
- [8] G. Fernández-Lambert, A. A. Aguilar-Lasserre, G. Martínez-Castellanos, M. L. G. Ruvalcaba-Sánchez, J. G. Correa-Medina y J. L. Martínez-Flores, «Contexto y Caracterización de la Cadena de Suministro del Limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Veracruz-México,» *CONCIENCIA TECNOLÓGICA, nº 50, 2015.*





**ANEXOS.**



**Figura 2. Caracterización de la Cadena de suministro Pyme Frijoles Rodríguez**



## Transferencia de datos en la clasificación de granos de polen

Leyra Martínez<sup>1</sup>, Pedro Arguijo<sup>2</sup>,

Leyramartinez.lm@gmail.com  
pedro\_arguijo@excite.com

Contacto:  
Leyramartinez.lm@gmail.com  
2351122599

Área(s): **Inteligencia artificial**

Leyra Martínez, Ingeniería, Inteligencia artificial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla.

Pedro Arguijo, Doctorado, Inteligencia artificial, Tecnológico Nacional de México Campus Misantla.

### **RESUMEN:**

*El estudio del polen se ha convertido en un área con grandes oportunidades, se han desarrollado diversas técnicas para mejorar el tiempo y precisión en el análisis de granos de polen. En este artículo se clasifican granos de polen utilizando transferencia de conocimiento mediante Fine-tuning, con la arquitectura de aprendizaje profundo VGG16 sin aumento de datos. El dataset considerado consta de 637 imágenes divididas en 12 taxones. La exactitud alcanzada fue de un 82%, que está por debajo de resultados previamente reportados con este mismo dataset. Sin embargo, consideramos es factible se mejore dicho resultado de clasificación al considerar aumento de datos. Así mismo, consideramos se deben analizar otros modelos pre-entrenados de deep learning y realizar la comparación respectiva entre estos para este problema de clasificación.*

**PALABRAS CLAVE:** *Transferencia de datos, Deep Learning, Red convolucional, VGG16, transferencia de conocimiento.*

### **ABSTRACT:**

*The study of pollen has become an area with great opportunities, various techniques have been developed to improve the time and precision in the analysis of pollen grains. In this article, pollen grains are classified using knowledge transfer through Fine-tuning, with the deep learning architecture VGG16 without data augmentation. The considered dataset consists of 637 images divided into 12 taxa. The accuracy achieved was 82%, which is below previously reported results with this same dataset. However, we believe it is feasible to improve this classification result when considering increased data. Likewise, we consider that other pre-trained deep learning models should be analyzed and the respective comparison between them*



***should be made for this classification problem.***

**KEYWORDS:** Deep Learning, convolutional network, VGG16, knowledge transfer.

## INTRODUCCIÓN

El polen en la actualidad se ha convertido en una pieza clave en distintas áreas industriales y científicas, en el primer caso se analiza para la elaboración de productos de uso diario y el segundo permite describir el origen botánico de la miel (melisopalinología), así como determinar el clima que impero en distintas épocas geológicas. También ayuda a las ciencias forenses, así como para determinar sitios potenciales de exploración de petróleo.

El estudio de polen se remota a los años 1640 cuando el inglés N. Green [1] observo por primera vez los granos de polen bajo un microscopio. Hasta hoy en día el proceso de estudio es un tanto complicado ya que, aunque existen microscopios de alta gama, el análisis para la obtención de las características de estos granos aún se realiza de manera manual, por analistas denominados “palinólogos”, esto hace que se tome un largo tiempo para tener resultados contundentes. Es por ello que diversos autores se han interesado en estudiar a detalle cada una de las características que representan a estos diminutos granos, empleando diversas técnicas, en especial inteligencia y visión artificial.

Sevillano y colaboradores [2] proponen métodos novedosos para la extracción de características. El primero consiste en reconocer los granos de polen en imágenes de microscopía óptica y microscopía de barrido, este método se divide en dos etapas de clasificación, un clasificador de textura y una descomposición de señales multicapa. En el segundo método utilizan técnicas de aprendizaje profundo para obtener

características óptimas de los datos de entrenamiento, finalmente la tercera técnica propuesta es la identificación de los granos de polen a partir de conjuntos de secuencia de imágenes multifocales obtenidas por microscopía óptica.

Li y Flenley [3] aplicaron redes neuronales para identificar cuatro tipos de polen relevantes en la paleopalinología, basados en el análisis de textura. Debido a las ocho características de textura que utilizaron reportaron una tasa de exactitud del 100%.

Sánchez-Mesa y colaboradores [4], utilizaron tanto modelos de regresión lineal como de redes neuronales co-evolutivas para pronosticar las concentraciones diarias de granos de polen en el ambiente. Consideraron datos meteorológicos y la cantidad de polen de días anteriores como variables independientes. Obtuvieron una clasificación del 90% con los modelos co-evolutivas de redes neuronales.

Actualmente la técnica que más ha estado influyendo en el análisis del polen es el “Transfer Learning” (transferencia de aprendizaje) que es uno de los métodos más conocidos de aprendizaje automático que aprendió el conocimiento previo aplicado para resolver un problema y reutilizado en los otros problemas relevantes. Inicialmente, la red base se entrena para una tarea específica en su conjunto de datos relevantes y luego se transfiere a la tarea objetivo, entrenada por el conjunto de datos objetivo [5].

El proceso de aprendizaje por transferencia se puede dividir en dos pasos principales: selección del modelo previamente entrenado, tamaño del problema y similitud. La selección del modelo previamente entrenado se realiza sobre la base del problema asociado que es relevante para el problema objetivo. Si el



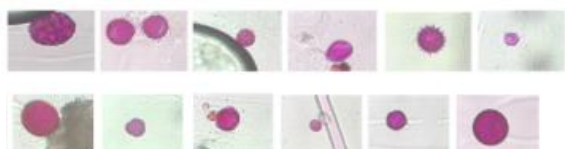
tamaño del conjunto de datos de destino es más pequeño (es decir, menos de 1000 imágenes y similar al conjunto de datos de entrenamiento de origen, entonces la posibilidad de sobreajuste es alta. De manera similar, si el tamaño de los datos de destino es mayor y similar a los conjuntos de datos de origen, la posibilidad de sobreajuste es baja y solo requiere el ajuste fino del modelo previamente entrenado [5,6].

Por tal motivo nuestro objetivo se basa en la clasificación de granos de polen, utilizando transferencia de conocimiento, con la arquitectura VGG16 sin aumento de datos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Dataset

El dataset empleado en este estudio consta de 390 imágenes de polen divididas en 12 clases palinológicas diferentes, de las cuales se tienen 618 instancias debido a que algunas imágenes presentan más de un grano de polen [7]. En la fig. 1 se muestra una imagen representativa de cada una de las clases de polen que se analizan. Las clases que tiene el dataset, con su respectivo nombre palinológico y el número de imágenes por clase se muestran en la tabla 1. Tello Mijares y Flores indican el procedimiento utilizado para la obtención de las imágenes que conforman el dataset mencionado [7].



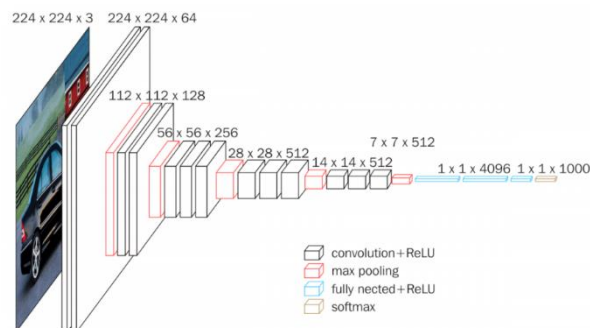
**Figura 1. Granos de polen por clases del 1- 12 y se representan así: 1-Huizache, 2-Alfalfa,3-Ortiga, 4-Pasto, 5-Hierba, 6-Morera, 7-Pacana, 8-Oliva, 9-Mesquite, 10-Sauce, 11-Pimienta, 12-Sorgo. Fuente: Imagen tomada de [7].**

**Tabla 1.-Clasificación palinológica del conjunto de imágenes de polen. Fuente: Tabla tomada de [16].**

Clase	Nombre polen	Imágenes por clase
1	Huisache	45
2	Alfalfa	29
3	Ortiga	31
4	Pasto	34
5	Hierba	34
6	Morera	24
7	Pacana	31
8	Oliva	28
9	Mesquite	50
10	Sauce	30
11	Pimienta	23
12	Sorgo de Aleppo	31

### Metodología

La metodología empleada en el desarrollo de este documento se basa en obtener las imágenes en RGB del dataset antes mencionado, junto con la tabla de verdad para posteriormente hacer la segmentación de cada grano encontrado en la imagen RGB con su tabla de verdad. Posteriormente se utilizó VGG16 como modelo de red neuronal convolucional propuesto por Simonyan y A. Zisserman de la Universidad de Oxford. Las características de este modelo se representan en la fig. 2.



**Figura 2. Características del modelo VGG16. Fuente: Imagen tomada de la red [https://neurohive.io/en/popular-networks/vgg16/].**



Se utilizaron 2 tasas de entrenamiento y prueba 60/40 y 70/30, del cual en la parte de prueba se tomó un 20% para la validación.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2. Los cuales indican que la proporción 70/30 obtuvo la mayor exactitud alcanzando el 82%, mientras que la proporción 60/40 obtuvo el 81%, ambos resultados se obtuvieron sin aumento de datos.

**Tabla 2.-Resultados de clasificación sin aumento de datos. Fuente: Elaboración propia.**

Proporción	Exactitud
60/40	0.8125
70/30	0.8245

## AGRADECIMIENTOS

Leyra Martínez agradece a CONACyT el apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se consideraron dos proporciones de entrenamiento y prueba 60/40 y 70/30, se utilizó el modelo de red pre-entrenada VGG16, con el cual se obtuvieron resultados favorables puesto que las dos proporciones alcanzan exactitudes mayores al 80%, esto se obtuvo sin aumento de datos, se pretende que en un futuro se analice el comportamiento de este y otros modelos como VGG19, ResNet50, entre otros, aplicando el aumento de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] *Havinga, A. J. (1967). Palynology and pollen preservation. Review of Palaeobotany and Palynology, 2(1-4), 81-98.*

[2] *Sevillano, V., & Aznarte, J. L. (2018). Improving classification of pollen grain images of the POLEN23E dataset through three different applications of deep learning convolutional neural networks. PloS one, 13(9), e0201807.*

[3] *P., Li, and J. R Flenley. "Pollen texture identification using neural networks". Grana, 38/1, 59-64 (1999).*

[4] *J. A. Sánchez-Mesa, C. Galán, J. A. Martínez-Heras and C. Hervás-Martínez, "The use of a neural network to forecast daily grass pollen concentration in a Mediterranean region southern part of the Iberian Peninsula," Clinical & Experimental Allergy, 32/11, 1606- 1612,(2002).*

[5] *KHAN, SanaUllah, et al. A novel deep learning based framework for the detection and classification of breast cancer using transfer learning. Pattern Recognition Letters, 2019, vol. 125, p. 1-6.*

[6] *Yang, L., Hanneke, S. & Carbonell, J. A theory of transfer learning with applications to active learning. Mach Learn 90, 161–189 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10994-012-5310-y>*

[7] *Tello-Mijares, S., Flores, F.: A Novel Method for the Separation of Overlapping Pollen Species for Automated Detection and Classification. Computational and Mathematical Methods in Medicine, Vol. 2016, Article ID 5689346, 12 pages, (2016)*



## Descriptores elípticos de Fourier para la caracterización morfológica en la traducción del lenguaje de señas.

Carlos Miguel Herrera Orduña<sup>1</sup>, Pedro Arguijo<sup>2</sup>, Antonio Hiram Vázquez López<sup>3</sup>,  
Roberto Ángel Meléndez Armenta<sup>4</sup>.

herrera.orduna.carlosmiguel@gmail.com  
pedro\_arguijo@excite.com  
jahvazquezl@itsm.edu.mx  
ramelendeza@itsm.edu.mx

Contacto:  
herrera.orduna.carlosmiguel @ gmail.com  
2351091721

Área temática: **Inteligencia Artificial, Salud**

Autor 1, grado académico, área de adscripción, Institución; de igual manera todos los autores.

**RESUMEN:** *en este trabajo se analiza el comportamiento de varios clasificadores con respecto al número de armónicos utilizados para describir la morfología de las señas estáticas del sistema de señas mexicano, con el objetivo de determinar cuál es el número óptimo de armónicos necesarios para la representación de dichas señas. El análisis se llevó a cabo utilizando un dataset de libre acceso, el cual consta de imágenes de las 21 señas estáticas del lenguaje de señas mexicano. Dichas imágenes, fueron binarizadas para la posterior extracción de sus características, las características que fueron empleadas son los descriptores elípticos de Fourier. Posteriormente se utilizaron redes neuronales, Random Forest y SVM para crear modelos y analizar el desempeño que tenían en base al número de armónicos que eran empleados para la*

*descripción de la forma de las señas. Los resultados muestran que el número óptimo para describir la figura es # y el clasificador que obtuvo mejor desempeño fue # con una precisión del #.*

**PALABRAS CLAVE:** *Descriptores elípticos de Fourier, Redes Neuronales, Random Forest, Máquina de Soporte Vectorial, Reconocimiento de imágenes.*

**ABSTRACT:** *In this work, the behavior of various classifiers with respect to the number of harmonics used to describe the morphology of static signs of the Mexican sign language is analyzed, with the objective of determining the optimal number of harmonics necessary for the representation of said signals. The analysis was carried out using an open access dataset, which consists of images of the 21*



***static signals of the mexican sign language. These images were binarized for the subsequent extraction of their characteristics, the characteristics that were used are elliptical Fourier descriptors. Subsequently, neural networks, Random Forest and SVM were used to create models and analyze their performance based on the number of harmonics that were used to describe the morphology of the signals. The results show that the optimal number to describe the morphology is # and the classifier that obtained the best performance was # with a precision of #.***

**KEYWORDS:** *Elliptic Fourier features, Neural Networks, Random Forest, SVM, image recognition*

## INTRODUCCIÓN

La comunicación permite intercambiar información entre dos o más participantes, con el fin de recibir o transmitir información [5]. Entre las diferentes formas de comunicación, se encuentra la comunicación verbal, que es aquella donde se utilizan signos lingüísticos para transmitir el mensaje [4], este tipo de comunicación se puede realizar de forma oral o escrita. La comunicación oral, es aquella que tiene como medio para transmitir el mensaje el habla, pero esta también tiene como código un idioma [2]. La comunicación oral permite a las personas interrelacionarse con las otras personas de su entorno, comunicarse con los demás y expresar sus opiniones, ideas y conocimientos [1]. Cuando existen limitaciones para lograr una expresión oral, se puede utilizar un lenguaje de señas. El lenguaje de señas sirve para poder integrar socialmente a las personas sordas, como un medio de comunicación entre las personas sordas con las que no lo son.

El lenguaje de señas mexicano es el lenguaje mayoritario por el cual se comunica la comunidad sorda en México, la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad describe que “consiste en una serie de signos gestuales

articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal” [3].

El lenguaje de señas mexicano es derivado de la propuesta de Charles Michele de L'Epee para la lengua de señas francesa, pero engloba diferentes enfoques lingüísticos fundados en México [6]. El lenguaje de señas mexicano está formado por señas estáticas y dinámicas [7]. Las señas dinámicas son aquellas que requieren movimiento, cada una de estas tiene su trayectoria. En el alfabeto del lenguaje de señas mexicano, se describe dicha trayectoria con el uso de flechas.

Existen diversos estudios cuyo objetivo es facilitar la comunicación de personas que utilizan el lenguaje de señas mexicano con personas que desconocen este lenguaje, entre las soluciones que plantean están la visión por computadora y reconocimiento de imágenes [10][12][13][14][15] y el uso de dispositivos con sensores [11]. Unas de las soluciones más concurridas es el uso de la visión por computadora, esta incluye el reconocimiento de imágenes. El reconocimiento de imágenes es un proceso complejo que requiere una serie de pasos que sucesivamente transforman los datos icónicos a información que la computadora puede reconocer [8], durante este proceso se utilizan diversas características para poder identificar un objeto dentro de una imagen. En el reconocimiento de señas se ha utilizado como descriptor los momentos de Hu para reconocer entre señas. Este trabajo propone el uso de descriptores elípticos de Fourier como descriptor, ya que, estos pueden delinear cualquier forma con un contorno cerrado bidimensional y han sido aplicados al análisis de varias formas biológicas [9]. Los descriptores elípticos de Fourier son una extensión del método de análisis de contornos y se utilizan cuando los contornos son tan complejos que puede existir más de un radio para cada ángulo.

Debido a la falta de un estudio que explore el uso y el rendimiento en clasificación de los descriptores elípticos de Fourier para describir las señas del lenguaje de señas mexicano, el presente trabajo presenta un estudio donde se analiza el desempeño de varios modelos de clasificación con respecto al número de armónicos utilizados para describir la morfología de las señas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del conjunto de datos

El conjunto de datos utilizado en este proyecto es de acceso libre y fue desarrollado por Eduardo Mancilla Morales [16]. El dataset está compuesto de imágenes de las señas estáticas del lenguaje de señas mexicano (LSM). Las señas estáticas en el lenguaje de señas mexicano son un total de 21 letras, las cuales son: a, b, c, d, e, f, g, h, i, l, m, n, o, p, r, s, t, u, v, w, y. El dataset consta de 300 imágenes por cada letra, cada imagen representa la señal de la letra con una distinta variación de acuerdo con rotación, traslación y escalamiento de la señal, ver Figura 1.

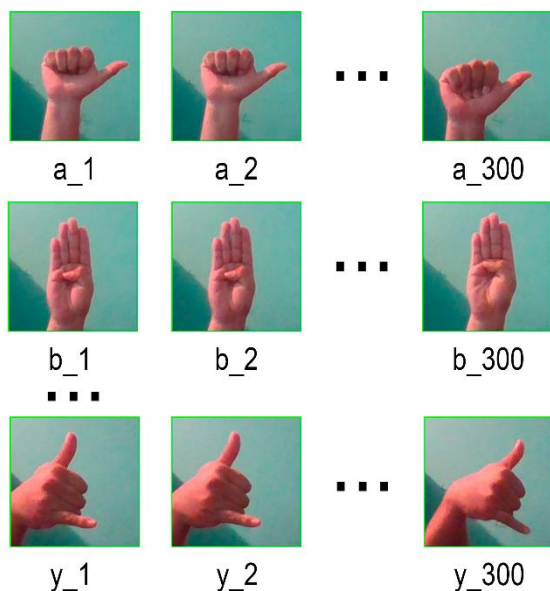


Figura 1. Descripción del dataset.

Las imágenes del dataset fueron tomadas con una cámara 1280x720 y en la captura de estas se utilizó un fondo verde, para facilitar la segmentación.

### Metodología

**Resumen de la metodología.** La metodología empleada en este trabajo se muestra en la Figura 2. Como fase inicial las imágenes se binarizan para separar el objeto deseado con el fondo, a estas imágenes se le calculan los descriptores elípticos de Fourier. Después se entrenan y prueban los modelos de clasificación con diferentes números de armónicos. Al final se analiza el desempeño obtenido por cada modelo de clasificación con el número de armónicos utilizado.

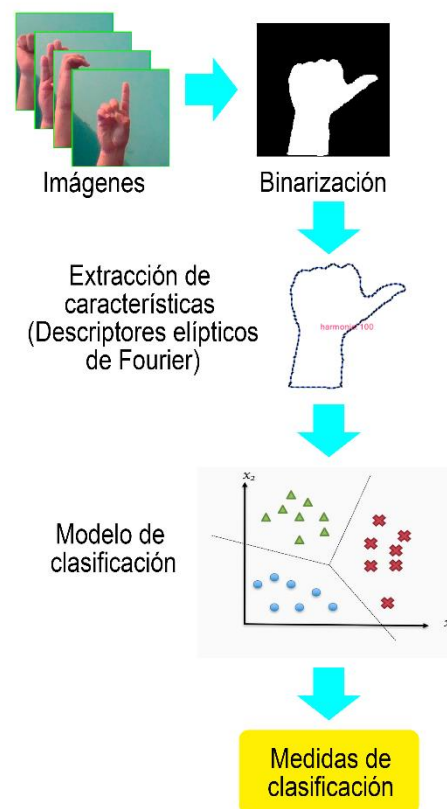


Figura 2. Metodología

### Binarización



Como paso fundamental que antecede a la extracción de características se debe binarizar el conjunto de imágenes. Para binarizar las imágenes, se importó el dataset al proyecto y se utilizó el espacio de color YCbr. El resultado fue cada una de las imágenes del dataset binarizadas. En la Figura 3 se puede observar un ejemplo del resultado de esta operación, en donde a) es la imagen que corresponde a la señal de la letra “a” y c) es la imagen binarizada.

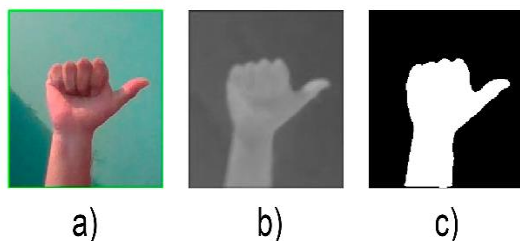


Figura 3. Proceso de binarización

### Extracción de Características (Descriptores elípticos de Fourier)

Los descriptores elípticos de Fourier se basan en una representación digitalizada de la forma de un objeto, donde la forma del objeto es expresada por una secuencia de 4 valores, en este trabajo se utilizaron para representar las formas de las señales del lenguaje de señas mexicano. Como siguiente paso a la binarización, se extrajeron los descriptores elípticos de Fourier de cada imagen, el número de armónicos que se utilizaron como base fue 100, por cada observación en el dataset de imágenes se obtuvieron 100 armónicos. Posteriormente para analizar el comportamiento con menos armónicos solo se tomaban el número que correspondía de estos 100.

En la Figura 4 se puede observar un ejemplo donde se describe la forma de una señal mediante descriptores elípticos de Fourier y, además se puede percibir la diferencia que

existe entre el número de armónicos utilizados para describir la forma, en este ejemplo 1, 2, 3 y 100 armónicos.

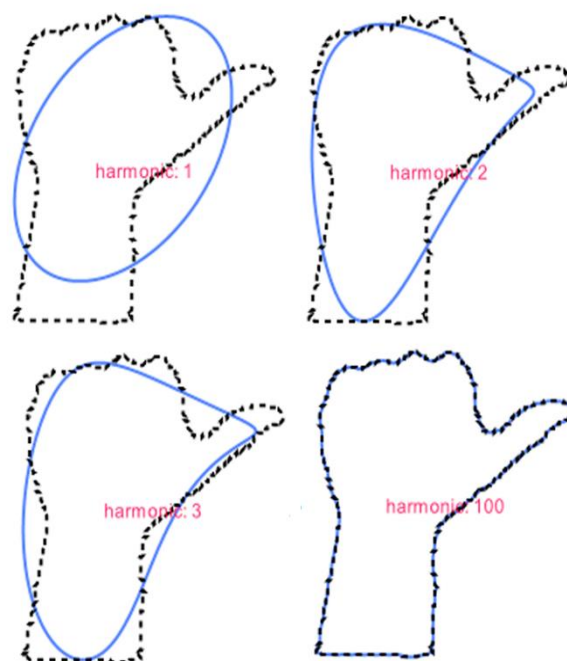


Figura 4. Descriptores elípticos de Fourier para representar la forma de una señal.

### Modelos de clasificación

Después de obtener los 100 armónicos de cada observación en el dataset, se procedió a entrenar modelos de clasificación, los algoritmos utilizados fueron: Random Forest, redes neuronales y SVM, en esta fase se entrenó cada modelo de clasificación, variando el número de armónicos utilizados para describir la forma, en este caso, el número de armónicos fue decreciendo de 5 en 5 hasta llegar a un mínimo de 5 por lo que este proceso se repitió 20 veces con cada modelo de clasificación. Cada modelo de clasificación se entrenó hasta llegar a una medida de rendimiento óptima. Al final de esta fase se documentaron las medidas de clasificación de cada modelo de clasificación para su posterior análisis.



## RESULTADOS

En la tabla 1 se pueden observar la precisión de cada clasificador respecto al número de armónicos utilizados para describir la forma.

No. Armonicos	NN	RF	SVM
5	0.970635	0.965079	0.990476
10	0.970635	0.96746	0.976984
15	0.951587	0.966667	0.975397
20	0.955556	0.963492	0.980952
25	0.942063	0.965079	0.971429
30	0.930159	0.953968	0.972222
35	0.933333	0.960317	0.961905
40	0.892063	0.957143	0.960317
45	0.918254	0.957143	0.953968
50	0.896032	0.948413	0.949206
55	0.887302	0.948413	0.940476
60	0.855556	0.952381	0.93254
65	0.875397	0.953175	0.929365
70	0.863492	0.951587	0.920635
75	0.846825	0.951587	0.907143
80	0.846032	0.942063	0.905556
85	0.81746	0.934921	0.900794
90	0.810317	0.946825	0.903175
95	0.830159	0.947619	0.896825
100	0.799206	0.933333	0.887302

**Tabla 1. Presión obtenida por cada modelo de clasificación**

Al concluir la prueba de todos los clasificadores, los resultados indican que con menos armónicos se obtiene una precisión de clasificación más alta, ver Figura 5, aunque es importante mencionar que utilizar un numero

de armónicos muy pequeño no es lo óptimo para representar fielmente el contorno de una figura. En el experimento realizado la precisión mas alta se obtuvo con Maquina de Soporte Vectorial utilizando solo 5 armónicos para describir la morfología, con una precisión de 0.990476. El segundo clasificador con la precisión más alta en clasificación fue redes neuronales con una precisión máxima de 0.970635 y utilizando 5 armónicos. El clasificador que obtuvo una precisión máxima menor que los demás, fue Random Forest, con una precisión de 0.96746 utilizando 10 armónicos. Sin embargo, se puede notar que el clasificador Random Forest obtuvo el mejor desempeño conforme el número de armónicos fue incrementando con respecto a sus contrapartes. Por el contrario, el rendimiento de las redes neuronales se ve sumamente afectado, estas obtuvieron el peor rendimiento, mientras el número de armónicos fue incrementado. Con respecto a Maquina de soporte vectorial obtuvo la mejor precisión en entre el rango de los 5 y 35 armónicos.

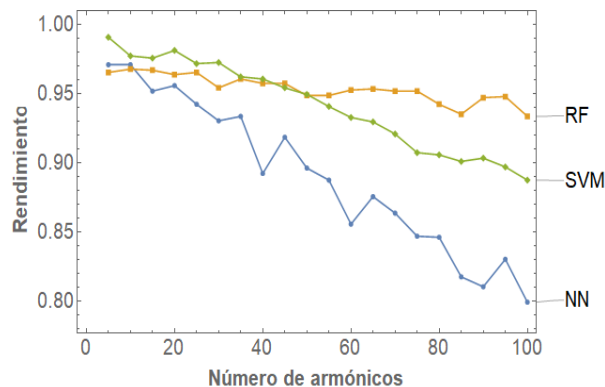


Figura 5. Rendimiento de cada clasificador con respecto al número de armónicos utilizados.  
**CONCLUSIONES**

En este trabajo se analizó el desempeño de redes neuronales, random forest y máquina de soporte vectorial, con respecto al número de armónicos que fueron utilizados para representar la figura de las señas del lenguaje de señas mexicano, se utilizó un dataset de libre acceso sobre imágenes de las señas estáticas. Como resultado del experimento el clasificador que obtuvo el mejor desempeño utilizando 5-100 armónicos fue random forest, sin embargo, mas sin embargo, el que obtuvo una precisión superior dentro del rango de los 5-35 armónicos fue máquina de soporte vectorial, tomando en cuenta que las señas del lenguaje de señas mexicano pueden ser, fielmente representadas por 35 armónicos, se concluye que, no son necesarios, utilizar un número mayor de 35 armónicos para representar una seña, puesto que utilizar un mayor número de armónicos resulta contraproducente en la clasificación.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CONACYT por el apoyo Otorgado.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] ESCOBAR ESCOBAR, Gladys Elena. **ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA DESARROLLAR LA COMUNICACIÓN ORAL EN LOS ESTUDIANTES DE EGB SUPERIOR DE LA UNIDAD EDUCATIVA LAS AMÉRICAS.** 2019. Tesis de Maestría.

[2] FONSECA YERENA, María del Socorro. **Comunicación oral: fundamentos y práctica estratégica.** 2005.

[3] DE DIPUTADOS, Cámara. **Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad.** México: Cámara de Diputados. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD\\_120718.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD_120718.pdf), 2018.

[4] FONSECA YERENA, M., et al. **Comunicación oral y escrita.** CP Fonseca, Comunicación Oral y Escrita, 2011.

[5] MONROY, Verónica del Carmen Quijada, et al. **Comunicación oral y escrita.** Editorial Digital UNID, 2014.

[6] CRUZ ALDRETE, Miroslava. **Gramática de la lengua de señas mexicana.** Estudios de lingüística del español, 2009, vol. 28, p. 000-0.

[7] LÓPEZ GARCÍA, Luis Armando. **Mis Manos que hablan: Lengua de señas para sordos.** 2006.

[8] JAVIDI, Bahram. **Image recognition and classification: algorithms, systems, and applications.** CRC press, 2002.

[9] JIMÉNEZ, Caleb, et al. **Un primer paso hacia el reconocimiento automático de escarabajos.** Res. Comput. Sci., 2017, vol. 140, p. 79-89.



## Smart Cities

Una aproximación emergente  
hacia el desarrollo sustentable

Año 2020 | No. I

Congreso Interdisciplinario de Ingenierías

ISSN: 2395-9649

**[10] CERVANTES, Jair, et al. Clasificación del lenguaje de señas mexicano con SVM generando datos artificiales. Revista vínculos, 2013, vol. 10, no 1, p. 328-341.**

**[11] SOL, Álvaro Hernández, et al. Guante traductor de lenguaje de señas mexicano para personas sordomudas. Revista Tecnología Digital Vol, 2017, vol. 7, no 1, p. 75-86.**

**[12] DOMÍNGUEZ ROJERO, Sergio Armando; RAMÍREZ ÁVILA, Roberto. Reconocimiento de vocales del lenguaje de señas mediante procesamiento de imágenes. Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, 2015.**

**[13] LÓPEZ, E., et al. Interfaz de reconocimiento de movimientos para el lenguaje de señas mexicano implementando el Kinect. Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada, 2015, vol. 4, no 7, p. 130-133.**

**[14] PRIEGO, F. P. Reconocimiento de Imágenes del Lenguaje de Señas Mexicano. A Thesis for the degree Master of Computer Science at IPN, 2012.**

**[15] HERNÁNDEZ, Eliúh Cuecuecha, et al. SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOCALES DE LA LENGUA DE SEÑAS MEXICANA. Pistas Educativas, 2018, vol. 39, no 128.**

**[16] MORALES, Eduardo Mancilla, et al. Traducción del lenguaje de senas usando visión por computadora. Research in Computing Science, 2019, vol. 148, p. 79-89.**

**ANEXOS.**



## FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE SEMILLA DE YACA (*Artocarpus heterophyllus*) FERMENTADA CON *Lactobacillus fermentum* BAL-21-ITTG

Sandra de la Cruz-Pimentel<sup>1</sup>, Peggy E. Álvarez-Gutiérrez<sup>2</sup>, Lucía Ma. Cristina Ventura-Canseco<sup>3</sup>, Miguel Abud Archila<sup>4</sup>

<sup>1</sup> M13270093@tuxtla.tecnm.mx

<sup>2</sup> peggy.ag@tuxtla.tecnm.mx

<sup>3</sup> lucia.vc@tuxtla.tecnm.mx

<sup>4</sup> miguel.aa@tuxtla.tecnm.mx

Contacto:

sandraDCCP.27@hotmail.com; M13270093@tuxtla.tecnm.mx

9616546259

Especificar Área(s) temática de la Investigación del artículo  
**Alimentos**

De la Cruz Pimentel, ingeniero estudiante de la maestría en ciencias en ingeniería bioquímica, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Alvarez-Gutiérrez, doctora, División de Estudios de Posgrado e Investigación, cátedra CONACYT/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Ventura-Canseco, maestra en ciencias, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Abud-Archila, doctor, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

**RESUMEN:** La fermentación en estado sólido es una de las opciones para modificar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las harinas. En este proyecto, se evaluó el efecto de la fermentación en estado sólido de harina de semilla de yaca sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante. La harina de semilla de yaca (*A. heterophyllus*) se esterilizó para llevar a cabo la fermentación. La harina se inculó con aproximadamente

$10^6$  ufc/g de *L. fermentum* y se fermentó durante 120 h a 30°C. Se tomaron muestras cada 24 h a las cuales se les determinaron el número de microorganismos viables, así como el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante. La harina de yaca contiene una concentración de fenoles de 3.14 mg de ácido gálico /g y posee una actividad antioxidante de 77.36%. *L. fermentum* BAL-21-ITTG fue capaz de utilizar la harina de semilla de yaca (*A.*



*heterophyllus*), para el crecimiento de 2 ciclos log después de 120 h de fermentación. Esto permite pensar que la harina de yaca es un buen medio para el crecimiento de este microorganismo. El contenido de compuestos fenólicos incrementó durante la fermentación de la harina, mientras que, la actividad antioxidante tuvo un ligero incremento.

**PALABRAS CLAVE:** *Artocarpus heterophyllus*, fermentación en estado sólido, *Lactobacillus fermentum*.

**ABSTRACT:** Fermentation in solid state is one of the options for modifying the physicochemical properties of flours. In this project, the solid-state fermentation effect of yaca seed flour on phenolic compounds and antioxidant activity was evaluated. Yaca seed flour (*A. heterophyllus*) was sterilized for fermentation. The flour was inoculated with approximately  $10^6$  ufc/g of *L. fermentum* and fermented for 120 h at 30°C. Samples were taken every 24 h to which the number of viable microorganisms, as well as the total phenol content and antioxidant activity, were determined. Yaca flour contains a phenol concentration of 3.14 mg of gallic acid/g and has an antioxidant activity of 77.36%. *L. fermentum* BAL-21-ITTG grew in yaca seed flour (*A. heterophyllus*), finding that after 120 h of fermentation there was an increase of 2 logarithmic cycles. This allows to think that yaca flour is a means for the growth of this microorganism. The content of phenolic compounds increased during the fermentation of flour, while,

antioxidant activity had a slight increase.

**KEYWORDS:** *Artocarpus heterophyllus*, *Solid-state fermentation*, *Lactobacillus fermentum*

## INTRODUCCIÓN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) se considera una fruta infrautilizada donde la mayoría de las frutas se desperdician debido a la ignorancia, la falta de tecnología postcosecha y sistemas de la cadena de suministro como lo mencionan Vazhacharickal *et al.* [1].

Las semillas de yaca son ricas en carbohidratos proteínas y minerales como lo reportaron Swami y Kalse [2]. La fermentación en estado sólido es poco usada, sin embargo, como lo han reportado Mutamed *et al.* [3], después de la fermentación podrían incrementar los nutrientes. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la fermentación de la harina de yaca con *L. fermentum* BAL-21-ITTG en estado sólido, sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en la semilla de yaca mediante la fermentación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Materia prima

Los frutos de yaca se obtuvieron en mercados locales de la ciudad de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Posteriormente los frutos se transportaron al Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez para posteriores análisis. Los frutos se lavaron y despulparon manualmente para retirar las semillas, las cuales fueron secadas a 50°C. Se determinó el rendimiento de semillas por fruto. Las semillas se molieron manualmente hasta un tamaño de partícula de 150  $\mu\text{m}$ , se esterilizó durante 15 min a 121°C. La harina se



caracterizó, antes y después de la esterilización, en términos del contenido de humedad, cenizas, proteínas, extracto etéreo y carbohidratos totales (por diferencia) según las normas AOAC [4], así como del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

### Elaboración de la harina fermentada

La harina estéril se inoculó con *L. fermentum* BAL-21-ITTG ( $1.3 \times 10^7$  ufc/mL), en proporción 1:1.3 (g de harina de yaca: mL de suspensión de células). La mezcla se incubó durante 120 h a temperatura ambiente (aproximadamente 30°C). Se tomaron muestras cada 24 h según la metodología reportada por Chandrima y Snehasis [5] con algunas modificaciones. Las muestras se liofilizaron para posteriores análisis. Las cinéticas de crecimiento se realizaron por triplicado durante 5 días..

### Caracterización de la harina

El número de microorganismos vivos se determinaron en la harina de yaca durante la fermentación mediante la técnica de cuenta en placa. Para determinar el número de microorganismos viables se utilizó la técnica de diluciones sucesivas, las cuales fueron sembradas en cajas de Petri conteniendo agar MRS. Las cajas fueron incubadas a 30°C y se contaron las unidades formadoras de colonia (ufc) a las 48 h. Para la determinación de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante se realizó un extracto 1:10 (harina fermentada y no fermentada) en metanol según lo reportaron Mutamed *et al* [3]. El contenido de compuestos fenólicos totales se expresó en mg de equivalentes de ácido gálico/g de muestra. La actividad antioxidante se determinó mediante la metodología descrita por Zhao y Shah [6], que se basa en la reducción del radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH). La actividad antioxidante se calculó utilizando la ecuación (1) reportada por Mutamed *et al* [3].

Actividad antioxidante (%) =

(ABS blanco-ABS muestra/ABS blanco) \*100 Ec. (1)

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

## RESULTADOS

### Análisis proximal de la harina de semilla de yaca (*A. heterophyllus*)

El rendimiento promedio de semilla por fruto fue de 20.85±8.23%.

**Tabla 1. Análisis proximal de la harina de semilla de yaca (*A. heterophyllus*).**

Composición	Contenido (% peso seco)	Swami y Kalse, 2018
Humedad	6.26±0.14	6.09±0.01
Grasas	3.25±0.14	1.27±0.01
Cenizas	2.51±0.24	2.70±0.02
Proteína	9.94±0.33	13.50±0.06
Carbohidratos (a) totales	78.04	79.34±0.06

(a) determinado por diferencia.

El análisis de la harina se presenta en la Tabla 1. La humedad es un índice de estabilidad de almacenamiento para las harinas. Debido a que el contenido de humedad de la harina de semillas fue del 6.26% (Tabla 1), se puede considerar que dicha harina se mantendría estable durante el almacenamiento. Este valor es comparable con el valor de 6.09%, reportado por Swami y Kalse [2]. Con lo que respecta al contenido de grasa, en este estudio fue de 3.25% (Tabla 1), valor superior al reportado por Swami y Kalse [2]. El contenido de cenizas de la harina fue de 2.51% (Tabla 1). El contenido de cenizas es el residuo que queda después de que la materia orgánica se haya quemado como lo señalan en su artículo Sultana *et al.* [7]. El porcentaje de proteína cruda (9.94%) fue menor (13.50%) al reportado por Swami y Kalse [2] para semillas de yaca (*A. heterophyllus*). El componente principal de la harina fueron los carbohidratos. El valor promedio de la semilla fue del 78.04%. Las



diferencias entre este trabajo y lo reportado podrían atribuirse a la diferencia en especies, condiciones ambientales y madurez de los frutos como lo reportaron Swami y Kalse [2].

### Efecto de la esterilización sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Con el fin de observar si el tratamiento térmico afecta el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de la harina, se determinaron estos para la harina no estéril y estéril. El contenido de compuestos fenólicos de la harina no estéril y estéril (4.34 y 3.14 mg de ácido gálico/g de harina de respectivamente) no tuvo diferencia estadística significativa. Estos valores son semejantes a los reportados por Bakar *et al.* [8] quienes reportaron fenoles totales de entre 3.53 y 42.38 mg /g de semilla. Esto debido probablemente, a que, Bakar *et al.* [8], encontraron variaciones de los fenoles totales en las semillas de *Artocarpus* en las diferentes especies y estados de madurez del fruto.

Con respecto a la actividad antioxidante de la harina no estéril y estéril se obtuvieron promedios de 84.09 y 77.36% de actividad antioxidante respectivamente. Estos resultados fueron estadísticamente diferentes. La semilla de yaca después de la esterilización presentó una actividad antioxidante del 77.36%, resultado similar al de Soong y Barlow [9], quienes reportaron más del 70% de contribución a la actividad antioxidante total.

### Fermentación sólida de la harina de semilla de yaca (*A. heterophyllus*)

El crecimiento del *Lactobacillus fermentum* BAL-21-ITTG se muestra en la figura 1, lo cual demuestra que la harina de yaca es un sustrato con los nutrientes necesarios para el crecimiento del microorganismo.

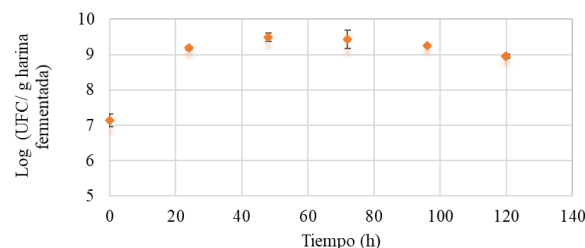


Figura 1. Cinética de crecimiento de *L. fermentum* BAL-21-ITTG en harina de semilla de yaca (*A. heterophyllus*).

En la figura 1 se observa el número de microorganismos desde el inicio de la fermentación hasta las 24 h, con un aumento de aproximadamente 2 ciclos log. Posteriormente, el número de microorganismos se mantuvo constante hasta las 120 h. El crecimiento y sobrevivencia es probablemente debido a que el microorganismo es capaz de metabolizar los carbohidratos de la semilla de yaca.

### Efecto de la fermentación sobre el contenido de compuestos fenólicos

La fermentación sólida de la harina de yaca con *L. fermentum* BAL-21-ITTG aumentó el contenido de compuestos fenólicos totales en la harina en las primeras 48 h como se observa en la figura 2.

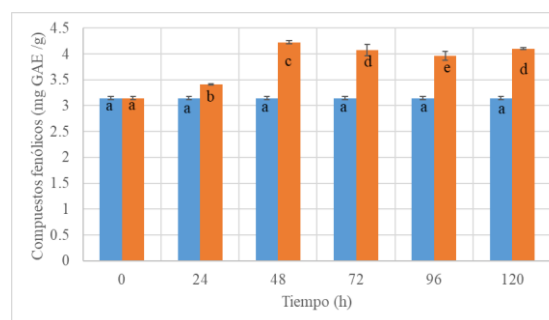


Fig. 2. Compuestos fenólicos totales durante la fermentación de la harina de semilla *A. heterophyllus* con *L. fermentum* BAL-21-ITTG. Barras de color naranja (harina fermentada) y barras de color azul la harina sin inocular.





A partir de las 48 h de fermentación y hasta las 120 h de fermentación, el contenido de compuestos fenólicos permaneció casi constante hasta el término de la fermentación (figura 2). Este fenómeno podría deberse a que, durante la fermentación, la  $\beta$ -glucosidasa producida por el microorganismo es probablemente la responsable de aumentar significativamente el contenido total de compuestos fenólicos debido a la transformación de  $\beta$ -glucósidos, según lo reportado por Xiao *et al.* [10]. De igual manera que en este trabajo, Mutamed *et al.* [3] encontraron mayores contenidos de fenoles totales después de 24 h, 48 h y 72 h de fermentación en estado sólido de harina de lupinus, quinoa y trigo utilizando *L. plantarum* y *L. reuteri*.

### Cambios de actividad antioxidante a diferentes tiempos de fermentación

La actividad antioxidante de la harina de yaca durante de la fermentación con *L. fermentum* incrementó durante las primeras 48 h. Sin embargo, podría decirse que la actividad antioxidante no se modificó durante la fermentación ya que el incremento fue de solo 3 puntos porcentuales (figura 3).

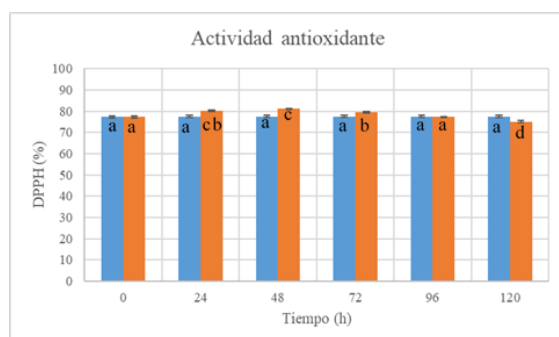


Fig. 3. Actividad antioxidante de la harina de semilla *A. heterophyllum* fermentada con *L. fermentum* BAL-21-ITTG. Barras de color naranja (harina fermentada) y barras de color azul la harina sin inocular.

El ligero aumento de la actividad antioxidante mostrada en la figura 3 podría deberse al aumento de compuestos fenólicos incluyendo las isoflavonas agliconas, debido a la acción de la  $\beta$ -glucosidasa como lo mencionado por Xiao *et al.* [10], quienes reportaron un aumento significativo en la conversión enzimática de glucósidos de isoflavona (daidzin y genistina), en agliconas (daidzeína y genisteína) durante la fermentación de garbanzo.

Estudios sobre la fermentación en estado sólido han demostrado que no solo los compuestos fenólicos son donadores de electrones, sino también las saponinas, quienes exhiben un papel importante en las reacciones de transferencia de electrones, al romper las vías de autooxidación, convirtiendo los radicales libres en productos relativamente estables, que podrían estar relacionados con la capacidad de eliminación de radicales como lo refieren Xiao *et al.* [10]. Durante la fermentación otros compuestos con actividad antioxidante podrían haberse liberado. Rizzello *et al.* [11], confirmaron que la presencia de actividades antioxidantes en la quinoa fermentada durante 24 h por *L. plantarum*, pudieran atribuirse a los péptidos de cadena corta (<9.0 kDa).

### CONCLUSIONES

La harina de semilla de yaca (*A. heterophyllum*) es un medio para el crecimiento de *Lactobacillus fermentum* BAL-21-ITTG, por lo que podría usarse como medio para la producción de probióticos en diferentes productos alimenticios. Durante la fermentación se presentó un incremento de compuestos fenólicos desde los primeros 2 días, mientras que la actividad antioxidante se mantuvo constante.

### AGRADECIMIENTOS



De la Cruz Pimentel agradece al CONACYT por el apoyo otorgado para realizar estudios de maestría.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Vazhacharickal, N. Sajeshkumar, J. Mathew, A. Kuriakose, A. Benchamin, M. Renjith, A. Alen, T. Deenamol, T. Susan, V. Nijamol, J. Sophyamol, "Chemistry and medicinal properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): a review on current status of knowledge", *International Journal of Innovative Research*, volumen 3, número 2, pp. 83-95, junio 2015.
- [2] S. Swami, S. Kalse, "Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): Biodiversity, Nutritional Contents, and Health", *Reference Series in Phytochemistry*, volumen 1, número 23, pp. 2237-2259, 2018.
- [3] A. Mutamed, K. Stuart, L. Shao-Quan, M. Nouf, D. Shaikhah, S. Ayesha, K. Jaleel, "In vitro investigation of bioactivities of solid-state fermented lupin, *Lactobacillus* spp." *Food Chemistry*, volumen 275, pp. 50-58, enero 2018.
- [4] AOAC, A. Official methods of analysis. Washington: 18th ed. AOAC, 2007.
- [5] S. Chandrima, C. Snehasis. "Bread from wheat flour partially replaced by fermented chickpea flour: Optimizing the formulation and fuzzy analysis of sensory data", *Food Science and Technology*, volumen 90, pp. 215-223, 2017.
- [6] Zhao D y Shah NP. "Changes in antioxidant capacity, isoflavone profile, phenolic and vitamin contents in soymilk during extended fermentation". *LWT-Food Science and Technology*, volume 58, pp. 454-462. 2014.
- [7] A. Sultana, N. Amin, K. Sarker, A. Rasel, A., Aziz, M., Sharmin, F., y otros, "Determination of Proximate Composition and Amino Acid Profile of Jackfruit Seed and Utilization of Its Seed Flour for Development of Protein Enriched Supplementary", *Cell Biology*, volumen 5, número 6, pp. 57, 2017.
- [8] M. Bakar, F. Karim, E. Perisamy, "Comparison of Phytochemicals and Antioxidant Properties of Different Fruit Parts of Selected *Artocarpus* Species from Sabah, Malaysia" *Sains Malaysiana*, volumen 44, número 3, pp. 355-363, 2015.
- [9] Y. Soong y P. Barlow, "Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds", *Food Chemistry*, volumen 88, número 3, pp. 411-417, 2004.
- [10] Y. Xiao, G. Xing, X. Rui, W. Li, X. Chen y Jiang, M., "Enhancement of the antioxidant capacity of chickpeas by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18", *Journal of Functional Foods*, volumen 10, pp. 1317-1324, 2014.
- [11] C. Rizzello, A. Lorusso, V. Russo, y D. Pinto, "Improving the antioxidant properties of quinoa flour through fermentation with selected autochthonous lactic acid bacteria. International", *International Journal of Food Microbiology*, volumen 241, pp. 252-261, 2017.