



# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

# TECTZAPIC

*Revista Académico-Científica*

**Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Valles**



Diciembre 2020 Vol.6 N° 2

ISSN: 2444-4944

“Calidad Educativa Para La Productividad”

## **DIRECTORIO**

*Ing. Héctor Aguilar Ponce*  
**DIRECTOR**

*Ing. Luis Medina Urbina*  
**SUBDIRECTOR DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS**

*M.S.E.P. Azucena de los Ángeles Gutiérrez Reyes*  
**SUBDIRECTORA DE PLANEACIÓN Y VINCULACIÓN**

*M.S.C. Jaime Jesús Delgado Meraz*  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

## **CONSEJO EDITORIAL**

<i>ING. HÉCTOR AGUILAR PONCE</i>	<i>PRESIDENTE</i>
<i>M.S.C. JAIME JESÚS DELGADO MERAZ</i>	<i>Secretario Académico</i>
<i>M.S.E.P. AZUCENA DE LOS ÁNGELES GUTIÉRREZ REYES</i>	<i>Secretaria de Relaciones Internas y Externas</i>
<i>ING. LUIS MEDINA URBINA</i>	<i>Secretario de Finanzas y Comercialización</i>
<i>M.I.A. BRENDA HORTENCIA MORENO FLORES</i>	<i>Secretario Técnico</i>
<i>M.E. ZENAYDA SALDIERNA CEPEDA</i>	<i>Jefa de Información</i>
<i>M.T.I. NITGARD ZÁPATA GARAY</i>	<i>Jefe de Edición Digital</i>
<i>M.E. SILVIA ELENA BARRIOS MENDOZA</i>	<i>Jefa de Edición y Producción</i>
<i>LIC. LETICIA DELGADO VELÁZQUEZ</i>	<i>Jefa de Resguardo y Distribución de Publicaciones</i>

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

Dr. Jons Sánchez Aguilar  
Dr. Mariano Mendoza Elos  
Dr. José Porfirio González Farías  
Ing. Luis Gregorio Becerra Turrubiate  
Dr. Rafael Nieto Aquino  
Dr. Jorge Valencia Herverth

## **COORDINACIÓN DE PUBLICACIÓN**

*M.E. Zenayda Saldierna Cepeda*  
Jefa Del Depto. De Comunicación y Difusión  
*M E. Silvia Elena Barrios Mendoza*  
Jefa de la Oficina Editorial

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>NORMAS PARA PUBLICACIÓN EN TECTZAPIC</b>	<b>4</b>
<b>PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCIÓN TUTORIAL, FASE EGRESO EN EL TECN CAMPUS CIUDAD VALLES.</b> Gil Nuño, B.L.; San Román Losada, J.; & Escudero Sánchez, I.M.	<b>9</b>
<b>APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL PARA DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN UN HOSPITAL PÚBLICO.</b> Acosta Pintor, D.C.; Ramírez Aguilar, C.; Vidal Becerra, E.; & Ruiz Castillo, S.	<b>21</b>
<b>EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CALCIO SOBRE LA DUREZA EL ACERO 10 45.</b> Lugo Cornejo, E.; Guerrero Porras M.G.; Lara Loredó T.; & Meza Arteaga B. I	<b>35</b>
<b>TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ESTADO DEL ARTE DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN.</b> Piedad Rubio, A. M.; D. R. Hernández López; Lárraga Altamirano, H. R.; & Zacarías González E.	<b>47</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS TERRESTRES: MÉTODOS SUPERVISADOS Y NO-SUPERVISADOS APLICADOS A CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR.</b> Lárraga Altamirano, H. R.; Piedad Rubio, A. M.; Hernández López, D. R.; & Espinosa Guerra, O.	<b>60</b>
<b>USO DE LA PLATAFORMA MOODLE: UN ANÁLISIS PREVIO A LA NUEVA NORMALIDAD.</b> Chávez Hernández, M.; Berlanga Reséndiz, K.; Delgado Meraz, J.J.; & Cruz Moctezuma, J.J.	<b>72</b>
<b>VALUACIÓN GLOBAL DE LOS PUESTOS DE TRABAJO DE UNA EMPRESA AZUCARERA CON MÉTODO LEST.</b> Lara Izaguirre, B.I.; Saldierna Altamirano, M.M.; Rivas Vargas, L.G.; & Rodríguez Lárraga, C.A.	<b>85</b>
<b>ANÁLISIS DEL AVANCE EN FORMACIÓN DOCENTE EN EL TECN CAMPUS CIUDAD VALLES PARA EL LOGRO DE UNA FORMACIÓN IDEAL.</b> Berlanga Reséndiz, K.; Balderas Sánchez, A.V.; Barrios Mendoza, S. E.; & Cruz Navarro, C.	<b>96</b>
<b>ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VINCULACIÓN ESCUELA-EMPRESA EN LAS INGENIERÍAS DEL TECN.</b> Rosas Rivera, M.C.; Orduña Correa, F.; Acosta Pintor; D.C.; Alvarado Guzmán, M.	<b>105</b>
<b>RETO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.</b> Orduña Correa, F.; Rosas Rivera, M.C.; Orduña González, F.; & Galván Hernández, M.G.	<b>118</b>
<b>ISOTERMAS DE SECADO EN CONDICIONES DE LABORATORIO PARA PULPA DE CALABAZA (Cucúrbita pepo)</b> Mojica Mesinas, C; Acosta Pintor, D. C.; Vidal Becerra, E. & Mojica Sobrevilla, N.I.	<b>129</b>

## PRESENTACIÓN

Una Institución de Nivel Superior se caracteriza por el parámetro de excelencia educativa que la distingue, la responsabilidad académica que va más allá de la imagen propuesta y que, en vías de un desarrollo que amerita reconocimiento con base a la experiencia de cuarenta años, propone y promueve en la Región de la Huasteca Potosina, una docencia y una investigación de gran alcance y compromiso, en lo que compete al proceso enseñanza- aprendizaje, apegado al modelo y enfoque por competencias.

Si bien es sabido, algunos teóricos, al referirse a la investigación como trabajo intelectual avalado por fuentes originales, cuyo fundamento sostiene su credibilidad y permanencia, sostienen que la verdadera intencionalidad creadora de proponer alternativas posibles encaminadas a una también posible solución, es resultado de teoría y praxis, cuya exposición y aplicación participativa, perfecciona lo establecido, innova lo investigado, corrobora lo previamente propuesto, sostiene con nuevos y/o novedosas aportaciones que el problema a investigar, es de alguna u otra manera inacabable y siempre susceptibles de nueva búsqueda y cambio. Por lo que, en general y substancialmente, la investigación da pie a procesos asiduos y permanentes cuya amplitud cognoscitiva, definitivamente conlleva responsabilidad, compromiso y respeto por el trabajo propio y por el de los demás.

TECTZAPIC, “Tecnológico Fuerte” es una revista semestral, con revisión sin pares, dirigida y arbitrada por el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles; editada y mantenida por Servicios Académicos Intercontinentales S.L. con el apoyo de Grupo EUMED.NET.

Esperamos sus aportaciones. Que pueden enviar a [lisette@eumed.net](mailto:lisette@eumed.net)

Todos los artículos publicados en esta revista son indexados en bases de datos científicas internacionales a través de los índices: **Latindex**, **IdeasRepec** y **Google Scholar**

### **Público al que va dirigida**

Esta revista está dirigida a todo tipo de público, principalmente a los interesados en los temas publicados: profesores, estudiantes, investigadores y lectores en general.

### **Política de acceso abierto**

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de poner disponible gratuitamente toda la información posible.

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

## **NORMAS PARA PUBLICACIÓN EN TECTZAPIC**

### **Primera. De los tipos de publicación**

Esta revista se enfatiza en la publicación de artículos de investigación técnico-científicos originales, así como notas de divulgación científica orientadas a difundir información relevante sobre avances en el campo de la educación, ciencia y tecnología; contemplando los siguientes:

- **Proyecto de investigación.** En este campo quedan incluidos los escritos que resulten de los proyectos de investigación que se desarrollen en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles (ITCV), y las tesis de licenciatura o posgrado que se consideren valiosas para darse a conocer entre la comunidad estudiantil y otro público interesado.
- **Nota de divulgación:** es un escrito breve donde el autor informa y describe de la forma más completa posible un tema de interés general y actual.

### **Segunda. De los campos temáticos**

- Vida y obra académicas
- Vinculación (institucional, educativa, empresarial, industrial, con egresados y comunitaria)
- Investigación, desarrollo y transferencia de tecnología
- Emprendimiento e incubadoras
- Desarrollo comunitario y convivencia social
- Desarrollo de competencias profesionales
- Práctica responsable de la ingeniería
- Arte, cultura y deportes

### **Tercera. De los contenidos**

- Los autores serán responsables del rigor académico y la certidumbre jurídica de los datos y la información que manejen sus escritos, ya sean resultado de su quehacer académico, de sus proyectos y logros en materia de investigación, desarrollo tecnológico, vinculación y transferencia de tecnología, o de actividades alternas relacionadas con los programas de extensión educativa.
- El autor es el único responsable ante la revista y ante el lector de la veracidad y honestidad del contenido de su trabajo. Por ello se recomienda dar siempre los créditos correspondientes al trabajo de otros. De incurrirse en plagio intelectual o daño de cualquier índole, TECTZAPIC no asumirá ninguna responsabilidad al respecto. En el caso que alguna publicación incurra plagio parcial o total el autor será sancionado de acuerdo a lo que indique el Consejo Editorial del Instituto.
- Cuando el artículo se haya publicado en otro medio y/o se derive de una investigación que cuente con el apoyo económico de alguna instancia, se deberá señalar y proporcionar los datos del evento y/o publicación y organismo de apoyo.

### **Cuarta. Del lenguaje**

- El lenguaje que presente el escrito debe ser claro y didáctico de modo que el contenido resulte accesible para un público con estudios mínimos de licenciatura. No deberá contener faltas de ortografía y debe ser redactado adecuadamente.

### **Quinta. De la estructura**

La extensión máxima será de 10 cuartillas incluyendo cuadros y gráficas. La estructura recomendada es la siguiente:

**Título de la Ponencia:** Extensión máxima de 15 palabras en mayúsculas con acentos y alineado a la izquierda, en letra negritas de 14 puntos

**Autores:** Indicar con referencia numerada a pie de página la responsabilidad o cargo dentro de la institución, a la que pertenece, así como el correo electrónico; el texto deberá estar alineado a la izquierda en letra normal de 9 puntos).

**Resumen:** En un párrafo de máximo 15 líneas se deberá plasmar el contenido esencial de la ponencia (usualmente el planteamiento del problema, la metodología, los resultados más importantes y las principales conclusiones —todo resumido—). Este apartado deberá ser comprensible, sencillo, exacto, informativo y preciso, escrito en letra negrita a 10 puntos e interlineado sencillo entre renglones, con alineación justificada.

**Abstract:** Plasmar el resumen en idioma inglés, escrito en letra normal a 10 puntos e interlineado sencillo entre renglones, con alineación justificada.

**Palabras clave** Elegir las palabras que describen el contenido del artículo, ya que son utilizadas en bases de datos de artículos (o buscadores) para encontrar los artículos con temáticas en específico. También pueden ser frases cortas “polímero ecológico”, para identificarlas cuales utilizar, deben considerar qué palabras escribiría un usuario para encontrar su artículo a través de un buscador.

**Introducción:** Explicación del tema en general y explicar el porqué es importante. Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central. Explicación de las secciones del artículo. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Metodología:** En este apartado se debe describir cómo fue llevada a cabo la investigación e incluye: Hipótesis y especificación de las variables. Diseño utilizado (experimento o no experimento). Sujetos, universo y muestra (procedencia, edades, sexo y/o aquellas características que sean relevantes de los sujetos; descripción del universo y muestra; y procedimiento de selección de la muestra). Instrumentos de medición aplicados (descripción precisa, confiabilidad, validez y variables medidas).

Procedimiento (un resumen de cada paso en el desarrollo de la investigación). Por ejemplo, en un experimento se describen la manera de asignar los sujetos a los grupos, instrucciones, materiales, manipulaciones experimentales y el desarrollo del experimento.

➤ Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación Justificada.

### **Utilización de referencias o citas bibliográficas en el texto de la ponencia**

Las referencias o citas bibliográficas que utilicen los autores deberán ser ubicadas en el lugar exacto del texto en donde se menciona la fuente, utilizando el sistema de citas y referencias bibliográficas Harvard-APA.

Cada una de las referencias o citas deberá incluirse en el apartado correspondiente al final de la ponencia y sólo se incluirán las referencias que se hayan citado en el trabajo; por lo tanto, no se integrarán otras complementarias, aunque se consideren de interés para el tema.

**Resultados:** Éstos son los productos del análisis de los datos. Normalmente se resumen los

datos recolectados y el tratamiento estadístico que se les practicó. Aunque cuando no se aplican análisis estadísticos o cuantitativos, los resultados pueden ser frases o afirmaciones que resuman la información. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Conclusiones:** En esta parte se derivan conclusiones, se hacen recomendaciones para otras investigaciones, se analizan las implicaciones de la investigación y se establece cómo se respondieron las preguntas de investigación y si se cumplieron o no los objetivos. Los párrafos de este apartado deberán estar en letra normal a 12 puntos, interlineado sencillo entre renglones, alineación justificada.

**Referencias o bibliografía:** Este es el último apartado de la ponencia, en éste se colocan todas y cada una de las fuentes que hayan referenciado o citado los autores a lo largo de la ponencia.

A continuación, encontrará ejemplos que le ayudarán:

### **Libro**

Apellido paterno del Autor, iniciales (año). Título del libro. Lugar de la publicación: Editor.

Ejemplo:

Gardner, H. (1973). Las artes y el desarrollo humano. Nueva York: Wiley.

### **Informes y Manuales**

Institución, (año), Título del informe o manual. Lugar de la publicación: Autor.

Ejemplo:

American Psychological Association. (1994). Manual de la publicación de la American Psychological Association (4to ed.). Washington, D.C.,  
Autor.

### **Artículo en revista periódica científica**

Apellido paterno del autor, iniciales (año). Título del artículo. Nombre de la revista. Volumen(número). Páginas. DOI

Ejemplo

Teimouri, M., Hoseini, S. M., Nadarajah, S., 2013, Comparison of estimation methods for the Weibull distribution, Statistics, 47 (1) 93-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02331888.2011.559657>

### **Fuentes electrónicas**

Autor, inicial(es) de su nombre (año). Título. Nombre de la página, día, mes, año de la consulta, dirección de internet

Ejemplo

Bancos, I (n.d.) Los NHS marcan la pauta del cuidado de la salud. Guardian Insurace, Mx Obtenida el 29 de agosto de 2016 de <http://www.healthcraguide.nhsdirect.nhs.uk/>

## **Ley o Norma Oficial**

Número de la ley (o NOM), Fecha (indicar día, mes y año). Denominación oficial si la tiene. Título de la publicación en que aparece oficialmente. Lugar de publicación.

Recuperado indicar día, mes y año, URL:

Ejemplo:

NOM-161-SEMARNAT-2011. (01 de 02 de 2013). Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo. *Diario Oficial de la Federación*. México Recuperado el 17 de oct de 2017, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013)

## **Sexta. De la presentación técnica y su envío**

De usarse abreviaturas, estas deberán explicarse solamente la primera vez que aparezcan en el texto. En el caso de nombres científicos, utilizar las normas internacionales y destacarlos con letras itálica. Cuando se utilicen términos técnicos o palabras solo significativas para el campo científico en cuestión, aclarar enseguida y de una manera sencilla su significado.

La inclusión de gráficas, cuadros, tablas, ilustraciones y figuras, se realizará solamente en aquellos casos en los que su presentación sea estrictamente necesaria para la comprensión del texto y deberá colocarse lo más cercano al lugar dónde se mencionan. En caso de que las figuras contengan textos y símbolos, procurar que sean legibles. Todas las figuras y tablas deben numerarse progresivamente y llevar un título colocado en la parte inferior de las mismas.

Las ilustraciones deberán estar en blanco y negro y de preferencia no incluir fondos oscuros a las tablas para una mejor impresión. El tamaño sugerido es de un octavo de cuartilla y puede colocarse a una columna.

Deberá usar un editor de fórmulas y ecuaciones cuando sea el caso, aclarando su significado de la forma más didáctica posible. Es conveniente presentarlas en el tamaño y espacios que se desea aparezca en la versión final. Se recomienda utilizar las variables tanto en las ecuaciones como en el texto. Todas las fórmulas y ecuaciones deberán ir numeradas progresivamente.

El artículo debe entregarse en original y tres copias en impresión de excelente calidad en papel tamaño carta, acompañado de la solicitud correspondiente en un sobre manila y entregarlo al Departamento de Comunicación y Difusión.

## **PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCIÓN TUTORIAL, FASE EGRESO EN EL TECN, CAMPUS CIUDAD VALLES**

Recibido: 07 septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

B.L. Gil Nuño<sup>1</sup>  
J. San Román Losada<sup>2</sup>  
I.M. Escudero Sánchez<sup>3</sup>

### **RESUMEN**

De acuerdo al Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México (TecNM), la tutoría representa un proceso de acompañamiento grupal o individual que un tutor le brinda al estudiante durante su estancia en el Instituto Tecnológico; cuyo propósito radica en orientar y apoyar la formación integral de los mismos, incidir en las metas institucionales relacionadas con la calidad educativa; elevar los índices de eficiencia terminal, así como disminuir los índices de reprobación y deserción. La acción tutorial contempla tres ejes fundamentales: desarrollo académico; desarrollo personal y desarrollo profesional; además de considerar tres fases de acompañamiento: ingreso, formación y egreso. Es importante destacar que en la mayoría de las Instituciones de Educación Superior (IES), se da mayor énfasis a la tutoría inicial, es decir, la de Ingreso; dejando en un segundo plano la tutoría de formación y de egreso; sin embargo; las tres son igual de importantes y necesarias, ya que éstas se asocian con la formación integral y el futuro desempeño laboral y profesional que el egresado tendrá. Por lo anterior, la presente propuesta tiene como objetivo presentar un *plan de acción tutorial en la fase de egreso*, en el cual se promueva la reflexión de intereses, valores y aptitudes personales de los estudiantes próximos a egresar, para identificar y elegir las distintas opciones educativas de posgrado y mercado laboral que ofrece el entorno; así como apoyar al estudiante en el proceso de titulación y egreso.

### **PALABRAS CLAVES**

Acción tutorial, Fase egreso, Formación integral, Desarrollo personal y Desarrollo profesional.

### **ABSTRACT**

According to the Manual of Academic-Administrative Guidelines of the National Technological Institute of Mexico (TecNM), tutoring represents a process of group or individual accompaniment that a tutor provides the student during their stay at the Technological Institute; The purpose of which is to guide and support their comprehensive training, to influence institutional goals related to educational quality; raise the terminal efficiency rates, as well as decrease the failure and dropout rates. The tutorial action includes three fundamental axes: academic development; personal development and professional development; in addition to considering three phases of accompaniment: entry, training and graduation.

It is important to note that in most Higher Education Institutions (IES), greater emphasis is placed on initial tutoring, that is, that of Income; leaving training and graduation tutoring in the background; However; all three are just as important and necessary, since they are associated with comprehensive training and future job and professional performance that the graduate will have.

Therefore, the present proposal aims to present a tutorial action plan in the graduation phase, in which the reflection of interests, values and personal aptitudes of the students close to graduating is promoted, to identify and choose the different options postgraduate education and labor market offered by the environment; as well as supporting the student in the graduation and graduation process.

### **KEY WORDS**

Tutorial action, Graduation phase, Integral formation, Personal development and Professional development.

### **INTRODUCCIÓN**

La tutoría se define como una intervención docente en el proceso educativo de carácter intencionado, que consiste en el acompañamiento cercano al estudiante, sistemático y permanente, para apoyarlo y facilitarle el proceso de construcción de aprendizajes de diversos tipos: cognitivos, afectivos, socioculturales y existenciales (Narro Robles & Arredondo Galván, 2013).

En las IES de México, la acción tutorial surgió como una herramienta que permitiría apoyar la formación de los estudiantes, y con ello, influir en aspectos como: mantener los índices de permanencia, desempeño y pleno desarrollo. Los primeros indicios de la acción tutorial se iniciaron en el Sistema de Universidad Abierta (SUA) de la Universidad Autónoma de México (UNAM), en el año de 1972, ofreciendo dos tipos de tutoría: individuales y de grupo; mientras que, en los sistemas tecnológicos, en el año de 1997 se incorporó de manera oficial a las actividades de orientación educativa, una nueva estrategia de apoyo a los estudiantes, denominada “Tutorías Académicas”; la cual tenía como objetivo: “Establecer las normas y lineamientos para proporcionar tutorías académicas, con la finalidad de orientar al alumno de licenciatura técnica y licenciatura cuando así lo requiera y, de ésta manera crear las condiciones para elevar el nivel académico del alumno”.

Si bien es cierto, la calidad de la educación superior demanda cada vez más profesionistas con un nivel académico y formación profesional acorde a las necesidades de la sociedad; y en donde el papel de la acción tutorial representa una oportunidad para la atención y acompañamiento a los estudiantes no solo para mejorar su permanencia en los programas educativos; si no también, para lograr la conclusión oportuna de sus estudios.

Para lograr tal cometido, la acción tutorial se conforma de la *fase de ingreso* donde se le proporciona al alumnado de nuevo ingreso, las herramientas para promover la identidad universitaria, apropiación de su carrera, el desarrollo humano y el fortalecimiento de habilidades académicas básicas; en la *fase de formación* se pretende contribuir de forma permanente en el fortalecimiento de habilidades, actitudes y aptitudes académicas del sujeto en formación, que le permita continuar su trayectoria escolar, de manera ética y responsable; por último, se tiene la *fase de egreso*, en la cual se busca facilitar al alumnado la transición e integración al mundo laboral; mediante la orientación de las opciones profesionales y laborales; así como fomentar un amplio sentido de ética profesional (Instituto de Ciencias de la Educación, 2011).

Existen varias estrategias para desarrollar el programa de tutorías, entre las cuales Argüís (2001) destaca: “La *tutoría individual*, que otros llaman asesoría personal (o íntima personal), en la cual el profesor-tutor pretende conocer la situación de cada estudiante, lo ayuda personalmente y lo orienta en la planificación y ejecución de sus tareas escolares. Uno de los puntos positivos de la tutoría individual es trabajar la autoestima de los estudiantes, facilitar que asuman sus responsabilidades y nuevos retos con entusiasmo y permitir que demuestren sus emociones. Esta tutoría supone un compromiso más profundo tanto por parte del tutor como por parte del alumno, ya que abarca temáticas de índole intelectual, afectivo, social, académico, profesional, institucional, entre otros.

Por otra parte, la *tutoría de grupo*, en la cual el profesor-tutor ayuda a los alumnos en la orientación del currículo y en la participación activa en el centro educativo. Él colabora con los profesores que intervienen en el grupo de estudiantes y aporta a cada uno de los profesores del grupo la información necesaria sobre cada alumno y grupo”.

Actualmente, en las IES se lleva a cabo la acción tutorial, en donde el docente juega un papel importante al facilitar a los estudiantes mediante un proceso de acompañamiento individual o grupal, aspectos relacionados que permiten el incidir en su formación tanto en el plano académico como profesional; sin embargo, si bien es cierto, en la mayoría de las IES se da mayor énfasis a la tutoría inicial, desarrollando sus propios programas de acción tutorial para la fase ingreso; lo cual ha llevado a que las fases de formación y egreso pasen a un segundo plano, encontrando con ello un potencial de oportunidad para desarrollar e implementar un plan de acción tutorial, en este caso en la fase de egreso, y particularmente para el TecNM, Campus Ciudad Valles.

Bajo estas consideraciones, en el presente artículo, se muestra y describe la propuesta de un *plan de acción tutorial, fase egreso* para los estudiantes del TecNM, Campus Ciudad Valles, y cuyo objetivo es que con éste se contribuya a la orientación de los alumnos próximos a egresar para la toma de decisiones relacionadas a su inserción laboral y profesional; así como apoyar al estudiante en el proceso de titulación y egreso.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la presente propuesta se empleó un enfoque cualitativo, esto, mediante la observación y el análisis documental referente a la acción tutorial en las IES; y teniendo como base documentos como lo son el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales (2015); y el Manual del Tutor del SNIT (2013); asimismo, se consideró la situación actual que en el TecNM, Campus Ciudad Valles se tiene referente a la tutoría en su fase egreso; que si bien es cierto, aún y cuando se ha implementado un programa para esta fase, el alcance, contenido y el tipo de población que considera es otro; se trata de estudiantes con una situación académica que implica un desfase reticular que pone en riesgo la conclusión de sus estudios profesionales.

Como parte de la propuesta, y de acuerdo a las características de la tutoría en su fase egreso, se determinó que la población a atender serían los estudiantes del TecNM, Campus Ciudad Valles del séptimo y octavo semestre; considerando tanto sesiones grupales como individuales, de acuerdo a las necesidades que se presenten; y contemplando a todos los estudiantes inscritos en dichos semestres en mención.

Asimismo, la necesidad de contar con un *plan de acción tutorial para la fase de egreso* radica en la identificación de situaciones que representan la problemática a atender por medio de la tutoría de egreso, en los estudiantes del TecNM, Campus Ciudad Valles; dichas situaciones generales se enlistan a continuación:

1. Deficientes habilidades para la comunicación oral y escrita.
2. Falta de identificación clara y oportuna de los requisitos de egreso.
3. Desinformación para la realización del Servicio Social y de Residencias Profesionales
4. Desinformación en trámites de titulación.
5. Bajo interés del aprendizaje del idioma inglés.
6. Inexperiencia para la elaboración de Curriculum Vitae.
7. Falta de conocimiento de oportunidades laborales en el entorno.
8. Falta de herramientas para lograr una entrevista de trabajo efectiva y exitosa.

Cabe mencionar que, dentro de la propuesta del *plan de acción tutorial, fase egreso*, se consideran las siguientes metas, y cuyo cumplimiento se busca lograr gracias a la implementación de dicha propuesta:

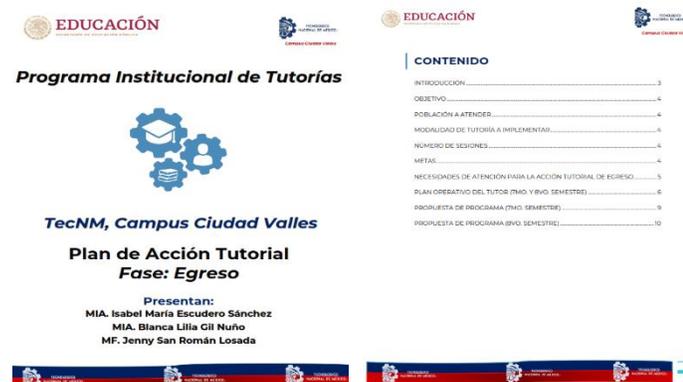
- Que el 100% de los estudiantes próximos a egresar sean asignados en tutoría de egreso.
- Que el 100% de los estudiantes asignados a tutoría de egreso participen en un curso-taller: “Elaboración de Curriculum” y “Como lograr una entrevista de trabajo exitosa”.
- Contribuir al incremento del índice de titulación entre los egresados, mediante la tutoría de egreso.

## RESULTADOS

La propuesta del *plan de acción tutorial, fase egreso*, considera los siguientes elementos:

**1. Documento del *plan de acción tutorial, fase egreso***, el cual incluye los siguientes apartados, mismos que se pueden visualizar en la Figura 1:

- Introducción
- Objetivo
- Población por atender
- Modalidad de tutoría a implementar
- Número de sesiones
- Metas
- Necesidades de atención para la acción tutorial de egreso
- Plan operativo del tutor (7° y 8° semestre)
- Propuesta de programa (7° semestre)
- Propuesta de programa (8° semestre)



**Figura 1. Portada y contenido de la propuesta del plan de acción tutorial, fase egreso**

Dentro del **apartado del Plan operativo del tutor (7° y 8° semestre)**, se considera lo siguiente:

### Función del tutor:

- ❖ Identificación de problemas
- ❖ Identificación de áreas de oportunidad
- ❖ Acompañamiento en el proceso de egreso

### **Objetivo de la tutoría:**

Contribuir a la orientación de los estudiantes próximos a egresar para la toma de decisiones relacionadas a su inserción laboral y profesional; así como apoyar al estudiante en el proceso de titulación y egreso.

### **El tutor atiende:**

- ❖ Asignación de estudiantes a tuturar.
- ❖ Seguimiento (verificación) a la trayectoria escolar del estudiante y de su rendimiento académico.
- ❖ Orientación hacia prácticas de servicio social.
- ❖ Acompañamiento y aseguramiento del desarrollo de la residencia profesional, titulación, inserción laboral y canalización a la educación continua.
- ❖ Identificación y fomento de valores ético-morales.
- ❖ Identificación y canalización.

### **Responsabilidades del tutorado:**

- a) Asistir a las sesiones de tutorías (2 horas a la semana).
- b) Lograr las competencias de cada una de sus asignaturas (acreditar las materias).
- c) Informar sobre sus intereses de servicio social.
- d) Informar sobre sus intereses en el perfil de sus residencias profesionales.
- e) Asistir a pláticas informativas sobre la prestación del servicio social y realización de residencias profesionales.
- f) Participar en los cursos, talleres y foros que se organicen en pro de su proceso de egreso e inserción laboral.

### **Seguimiento tutoría de egreso:**

- ❖ Análisis de los avances del servicio social.
- ❖ Análisis de los avances de la residencia profesional.
- ❖ Análisis de asistencia a los cursos, talleres y/o foros.
- ❖ Análisis de los avances en el proceso de titulación.

### **El tutor debe de conocer:**

- 1) Opciones y requisitos de servicio social
- 2) Opciones y requisitos de residencias profesionales
- 3) Opciones para educación continua
- 4) El desempeño académico del tutorado
- 5) Requisitos de egreso/titulación
- 6) Opciones para mercado laboral
- 7) Técnicas generales para mejorar la expresión verbal y escrita
- 8) Instancias/profesionales sobre:
  - ✓ Elaboración de Curriculum Vitae
  - ✓ Entrevistas de trabajo efectivas
  - ✓ Imagen personal

## Herramientas a emplear:

- Cuaderno de trabajo del tutorado
- Plataforma Moodle
- Vídeos
- Formatos de *test*, entrevistas, ficha de identificación
- Registros de asistencia
- Plataforma Meet
- Pintarrón
- Computadora

## Evidencias:

- ❖ Expediente del tutorado
- Ficha de identificación
- Trayectoria escolar y rendimiento académico
- Curriculum Vitae del tutorado elaborado
- Test solucionados
- Productos del cuaderno de trabajo del tutorado
- ❖ Reportes de asistencia a sesiones
- ❖ Reportes de asistencias a pláticas informativas
- ❖ Reportes de asistencias a foros, cursos y/o talleres

En relación con los apartados de la propuesta de programa (7° Semestre) y (8° semestre), se incluye el siguiente contenido:

## Propuesta de programa (7° semestre)

### Periodo agosto-diciembre

#### Temas/Aspectos a desarrollar (Sesiones Presenciales Grupales):

- ❖ **Sesión 1:** Presentación, encuadre y elaboración de ficha de identificación (actualización) del tutorado. (Grupal, y ficha entrega individual)
- ❖ **Sesión 2:** Presentación: Técnicas generales para mejorar la expresión verbal y escrita. (Grupal)
- ❖ **Sesión 3:** Aplicación de Test para identificar necesidades de mejora en la expresión verbal. (Grupal)
- ❖ **Sesión 4, 5 y 6:** Ejercicios y práctica para mejorar la expresión verbal y escrita.
- ❖ **Sesión 7:** Análisis de requisitos de egreso. (Grupal)
- ❖ **Sesión 8:** Plática informativa sobre la prestación del servicio social. (Grupal)
- ❖ **Sesión 9:** Identificación de intereses de servicio social. (Grupal; reporte individual)
- ❖ **Sesión 10-Sesión 11:** Curso-Taller: Imagen personal como estrategia profesional. (Grupal)
- ❖ **Sesión 12:** Plática reflexiva: Identificación y fomento de valores ético-morales. (Grupal)
- ❖ **Sesión 13:** Test para identificar aplicación de valores ético-morales de los tutorados. (Grupal)
- ❖ **Sesión 14:** Taller: Creación y manejo correcto de correo electrónico y funciones complemento. (aplicación drive y calendario) (Grupal)

- ❖ **Sesión 15:** Cierre de la acción tutorial; Retroalimentación por parte del (la) tutor(a). (Grupal)

**Nota:** En algunas sesiones se contará con la intervención de las áreas competentes, así como con la participación de expertos en el tema.

### **Propuesta de programa (8º semestre)**

#### **Periodo enero-junio**

#### **Temas/Aspectos a desarrollar (Sesiones Presenciales Grupales):**

- ❖ **Sesión 1:** Presentación, encuadre. (Grupal)
- ❖ **Sesión 2:** Análisis de requisitos para residencia profesional. (Grupal)
- ❖ **Sesión 3:** Taller: Elaboración de anteproyecto de residencias profesionales. (Grupal)
- ❖ **Sesión 4, 5 y 6:** Pláticas informativas análisis de requisitos para titulación. (Proceso académico y proceso administrativo)
- ❖ **Sesión 7 y 8:** Taller: Elaboración de Curriculum Vitae. (Grupal; producto individual)
- ❖ **Sesión 9, 10 y 11:** Taller: Entrevista de trabajo exitosa/consideraciones de entrevistas en inglés. (Grupal; prácticas individuales)
- ❖ **Sesión 12 y 13:** Identificación de intereses de residencias profesionales/Banco de empresas/Mercado laboral. (Grupal; reporte individual)
- ❖ **Sesión 14:** Elaboración de anteproyecto de residencia profesional. (Grupal, producto individual)
- ❖ **Sesión 15:** Cierre de la acción tutorial; Retroalimentación por parte del (la) tutor(a). (Grupal)

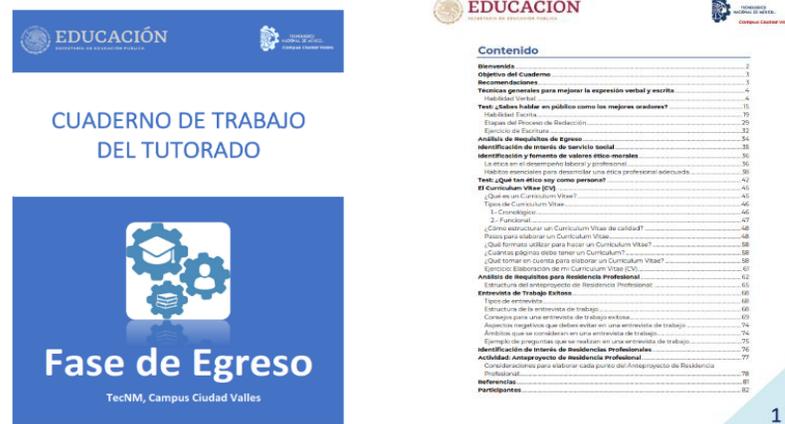
**Nota:** En algunas sesiones se contará con la intervención de las áreas competentes, así como con la participación de expertos en el tema.

**2. Cuaderno de trabajo del tutorado, fase egreso,** el cual incluye los siguientes elementos, mismos que se muestran en la Figura 2.

#### **Contenido**

- Bienvenida
- Objetivo del cuaderno
- Recomendaciones
- Técnicas generales para mejorar la expresión verbal y escrita  
Habilidad Verbal
- Test: ¿Sabes hablar en público como los mejores oradores?  
Habilidad escrita  
Etapas del proceso de redacción  
Ejercicio de escritura
- Análisis de requisitos de egreso
- Identificación de interés de servicio social
- Identificación y fomento de valores ético-morales.  
La ética en el desempeño laboral y profesional  
Hábitos esenciales para desarrollar una ética profesional adecuada
- Test: ¿Qué tan ético soy como persona?
- El Currículum Vitae.

- ¿Qué es un Currículum Vitae?
- Tipos de Currículum Vitae
  - 1.- Cronológico
  - 2.- Funcional
- ¿Cómo estructurar un Currículum Vitae de calidad?
- Pasos para elaborar un Currículum Vitae
- ¿Qué formato utilizar para hacer un Currículum Vitae?
- ¿Cuántas páginas debe tener un Currículum?
- ¿Qué tomar en cuenta para elaborar un Currículum Vitae?
- Ejercicio: Elaboración de mi Currículum Vitae
- Análisis de requisitos para residencia profesional
- Estructura del anteproyecto de residencia profesional:
- Entrevista de trabajo exitosa
  - Tipos de entrevista
  - Estructura de la entrevista de trabajo
  - Consejos para una entrevista de trabajo exitosa
  - Aspectos negativos que debes evitar en una entrevista de trabajo
  - Ámbitos que se consideran en una entrevista de trabajo
  - Ejemplo de preguntas que se realizan en una entrevista de trabajo
- Identificación de interés de residencias profesionales
- Actividad: Anteproyecto de residencia profesional
- Consideraciones para elaborar cada punto del anteproyecto de residencia profesional:
- Referencias
- Participantes



**Figura 2. Portada y contenido del cuaderno de trabajo del tutorado**

**3. Formatos para emplear al llevar a cabo la acción tutorial, fase egreso (Ver Figura 3), como lo son:**

- Ficha de identificación del estudiante
- Identificación de servicio social
- Identificación de residencia profesional
- Formato para control de asistencia



## CONCLUSIONES

Las tutorías en cualquiera de sus etapas, ya sea de ingreso, formación o egreso, representan una función determinante en la formación integral del estudiante, cada una de estas fases requieren de acciones coordinadas y se complementan entre sí. En este sentido, resulta necesario planear, implementar y consolidar la tutoría en cada etapa, brindando resultados objetivos que permitan tomar decisiones para mejorar continuamente en beneficio de los estudiantes; asimismo, la tutoría representa una Estrategia Institucional que permite fortalecer los lazos de comunicación en el ámbito académico, personal y profesional.

El *plan de acción tutorial en su fase egreso*, está diseñado para los diversos programas educativos que ofrece el TecNM, Campus Ciudad Valles, con la finalidad de contribuir en el desarrollo profesional de los estudiantes, implementando acciones que permitan tener un panorama global del entorno, conocer e identificar los retos y oportunidades que se presentan en el ámbito laboral, en el cual próximamente estarán inmersos; por lo que, se les proporcionarán las herramientas y conocimientos necesarios para hacerles frente de la mejor manera, reforzando el proceso de toma de decisiones, así como también, se fortalecen los valores que a lo largo de su carrera profesional practicaron.

Finalmente, con la implementación de esta propuesta se busca beneficiar a los estudiantes de séptimo y octavo semestre de los distintos programas educativos; lo que permitirá que éstos obtengan información oportuna y de interés en relación a su egreso; de tal manera, que estas acciones tengan un impacto positivo en los índices de titulación, los cuales, se pretenden incrementar con esta propuesta, y, con ello, los estudiantes concluyan el ciclo de manera eficaz en su proceso de formación, para convertirse en los nuevos profesionistas orgullosamente egresados del TecNM, Campus Ciudad Valles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Pérez, P. (2002). La función tutorial en la Universidad: una apuesta por la mejora de la calidad de la enseñanza. (E. Universitaria, Ed.) Instituto De Orientación Psicológica Asociados (EOS).
- Ardilla Marchena, W. (s.f.). Desarrollo Personal Hoy. Recuperado el 29 de junio de 2020, de <https://www.wilsonardila.com/8-habitos-esenciales-para-desarrollar-una-etica-profesional-adecuada/>
- Argüís, R. (2001). La acción tutorial. Laboratorio Educativo.
- Barrenechea, G. (s.f.). B. Talent. Recuperado el 08 de junio de 2020, de <https://b-talent.com/es/blog/test-hablar-en-publico-como-los-mejores-oradores/>
- Chávez Montes de Oca, V. (03 de 07 de 2018). Profesionistas.org. Recuperado el 24 de junio de 2020, de <https://profesionistas.org.mx/la-etica-en-la-vida-profesional-como-agente-de-cambio/>

- Díaz-Barriga Arceo, F. (2006). Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: McGraw-Hill.
- Dirección General Educación Superior Tecnológica. (2006). Programa Nacional de Tutoría. Coordinación Sectorial de Normatividad Académica Dirección de Docencia, México. Obtenido de <http://apolo.ittoluca.edu.mx/~tutorias/tutoria/PROGRAMA%20NACIONAL%20DE%20TUTORIAS%20DGEST.pdf>
- educaWeb. (s.f.). Recuperado el 20 de junio de 2020, de <https://www.educaweb.com/contenidos/laborales/como-buscar-empleo/proceso-seleccion/entrevista-trabajo/>
- García Valcárcel, A. (2008). La tutoría en la enseñanza universitaria y la contribución de las TIC para su mejora. *Relieve*, 14(2), 1-14. doi: <https://doi.org/10.7203/relieve.14.2.4192>
- Instituto de Ciencias de la Educación. (abril de 2011). Propuesta Plan de Acción Tutorial. Recuperado el 31 de agosto de 2020, de <https://www.uaem.mx/sites/default/files/ice/formacion/pat.pdf>
- Modelos de Curriculum. (s.f.). Recuperado el 30 de junio de 2020, de <https://www.modelos-de-curriculum.com/hacer-un-curriculum-vitae/>
- Narro Robles, J., & Arredondo Galván, M. (2013). La tutoría. Un proceso fundamental en la formación de los estudiantes universitarios (Vol. 35 (141)). *Perfiles Educativos*.
- Peterman, A. (s.f.). WikiHow. Recuperado el 15 de junio de 2020, de <https://es.wikihow.com/mejorar-tu-comunicaci%C3%B3n-escrita>
- Ruiz C., J. K., Silva V., N. G., & Vanga A., M. G. (09 de 2008). Ética empresarial y el desempeño laboral en Organizaciones de Alta Tecnología (OAT). *Venezolana de Gerencia*, 13(43). Recuperado el 25 de junio de 2020, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-99842008000300006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842008000300006)
- Secretaría de Educación Pública. (2013). Manual del tutor del SNIT. Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. Obtenido de [http://www.ittuxtlagutierrez.edu.mx/documentos/Division/Tutorias/MANUAL\\_DEL\\_TUTOR.pdf](http://www.ittuxtlagutierrez.edu.mx/documentos/Division/Tutorias/MANUAL_DEL_TUTOR.pdf)
- Tecnológico Nacional de México. (octubre de 2015). Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. (T. N. México

Ed.) Recuperado el 20 de mayo de 2020, de

[http://www.itq.edu.mx/lineamientos/Manual\\_de\\_Lineamientos\\_TecNM.pdf](http://www.itq.edu.mx/lineamientos/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf)

Valles, T. N. (s.f.). Recuperado el 01 de julio de 2020, de <http://www.tecvalles.mx/web/>

Viel, P. (2009). Gestión de la tutoría escolar. Proyectos y recursos para la escuela. *Iberoamericana de Educación* (53), 249-254.

WikiHow. (s.f.). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de <https://es.wikihow.com/mejorar-tus-habilidades-de-comunicaci%C3%B3n-verbal>

Xus, M. (2008). El Plan de Acción Tutorial. En: SEP, Orientación y Tutoría III. México.

# APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL PARA DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN UN HOSPITAL PÚBLICO

Recibido: 09 septiembre 2020  
Aceptado: 29 de septiembre 2020

D.C Acosta Pintor<sup>1</sup>  
C. Ramírez Aguilar<sup>2</sup>  
E. Vidal Becerra<sup>3</sup>  
S. Ruiz Castillo<sup>4</sup>

## RESUMEN

El propósito de esta investigación, es contribuir con las acciones que la dependencia pública tiene consideradas para contribuir a su política ambiental, y con ello reducir los consumos de energía eléctrica, utilizando el cambio en la tecnología de iluminación que actualmente se maneja. Considerando que en el mes facturado más alto del año 2019 por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el hospital público, correspondió a un total de \$290,039. Con la metodología empleada de cavidad zonal se logró proponer una luminaria de mejor tecnología y de bajo consumo, con base a los resultados obtenidos sobre el número de lámparas necesarias, reduciendo 75 lámparas, lo que también impacta en la disminución del consumo y prolongará la vida útil de las mismas. Con base en los datos calculados de energía eléctrica utilizada en el hospital público, se encontró un consumo total de 3,859.56kWh mensual, equivalentes a un costo de \$11,083.82 pesos. La aplicación del método de cavidad zonal resultó favorable debido a que, con la propuesta realizada, se reduciría el 56.27% del consumo inicial, además de que la tecnología LED propuesta presenta un mayor tiempo de vida útil y menor consumo de energía. Así mismo se contribuye en un menor impacto de emisiones de carbono a la atmosfera, debido a que el hospital emite un total de 1.93tCO<sub>2e</sub> por el consumo de lámparas fluorescentes de acuerdo al cálculo en la Plataforma Mexicana de Carbono, 2016. La implementación de lámparas LED genera un impacto total de 0.84tCO<sub>2e</sub>, lo que significaría una disminución del 43.52% de impacto sobre el medio ambiente.

## PALABRAS CLAVE

Cavidad zonal, diseño de iluminación, sistema de iluminación, lámparas, luminarias, nivel de iluminación.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to contribute with the actions that the public agency has considered to contribute to its environmental policy, and thereby reduce electricity consumption, using the change in lighting technology that is currently being handled. Considering that in the highest billed month of 2019 by the Federal Electricity Commission (CFE) for the public hospital, it corresponded to a total of \$ 290,039. With the zonal cavity methodology used, it was possible to propose a luminaire with better technology and low consumption, based on the results obtained on the number of lamps needed, reducing 75 lamps, which also impacts on the decrease in consumption and will prolong life useful of them. Based on the calculated data of electrical energy used in the public hospital, a total consumption of 3,859.56kWh per month was found, equivalent to a cost of \$ 11,083.82. The application of the zonal cavity method was favorable because, with the proposal made, 56.27% of the initial consumption would be reduced, in addition to the fact that the proposed LED technology has a longer useful life and lower energy consumption. It also contributes to a lower impact of carbon emissions into the atmosphere, because the hospital emits a total of 1.93tCO<sub>2e</sub> from the consumption of fluorescent lamps according to the calculation in the Mexican Carbon Platform, 2016. The implementation of lamps LED generates a total impact of 0.84tCO<sub>2e</sub>, which would mean a 43.52% decrease in impact on the environment.

## KEY WORDS:

Zonal cavity, lighting design, lighting system, lamps, luminaires, lighting level.

1 Profesora de Tiempo Completo Programa de Estudio Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. dulce.acosta@tecvalles

2 Profesor Medio Tiempo Ciencias Básicas. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. celso.ramirez@tecvalles.mx

3 Profesora de Tiempo Completo Programa de Estudio Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. elia.vidal@tecvalles

4 Alumno tesista programa estudios de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. 15690480@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó para proponer un diseño de iluminación utilizando el método de cavidad zonal, para implementar en un hospital público de Ciudad Valles, S.L.P. Tomando en consideración los resultados de un estudio previo de iluminación realizado en 5 áreas de servicio denominados: Servicio Médico Primario (SMP), Servicio Médico de Apoyo (SMA), Servicios Médicos Generales (SMG), Administración del Servicio Médico (ASM) y Comunicación (C), en las cuales se incluyeron 40 secciones de servicios.

Actualmente las organizaciones buscan sistemas de iluminación de menor consumo; lo que se define como aquel sistema que además de satisfacer necesidades visuales, crea ambientes saludables, seguros y confortables, logrando que el usuario este rodeado de una atmósfera agradable y concientizando sobre el uso racional de la energía para contribuir a disminuir el consumo energético, impacto ecológico y ambiental del que tanto se habla hoy en día; todo esto por supuesto dentro de un cuadro de costos real y sensato (Raitelli, 2010).

Dentro del diseño de iluminación, se debe lograr el nivel de iluminancia requerido. La calidad, al igual la cantidad de iluminancia, es importante para producir un ambiente de iluminación confortable, productivo, y estéticamente agradable. La calidad del sistema de iluminación incluye aspectos de iluminación tales como: color apropiado, buena uniformidad, luminancias de superficie de cuarto apropiadas, control de brillo adecuado y reflejo mínimo. (Holophane, 2015)

El método de cavidad zonal es el método aceptado en la actualidad para calcular los niveles de iluminancia promedio para áreas interiores a menos que la distribución de luz sea radicalmente asimétrica. Es un método aproximado porque toma en consideración el efecto que tiene la interreflectancia sobre el nivel de iluminancia. A pesar que toma en consideración muchas variables, la premisa básica de que los footcandles (pies candela) o luxes son iguales al flujo sobre un área. (Holophane, 2011)

## METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en un hospital público ubicado en Ciudad Valles, S.L.P. La investigación realizada fue del tipo cualitativa, cuantitativa y explicativa. Se considera cualitativa, debido a que se recopilaron datos del contexto natural del sitio de estudio, cuantitativa debido a que se realizaron mediciones de los niveles de iluminación (luxes) en todas las áreas operativas del hospital y se cuantifico el número de lámparas necesarias por el método de cavidad zonal. También se considera explicativa por la necesidad de encontrar la relación causa-efecto para explicar el porqué de los resultados. La metodología consistió en seis etapas:

### **Etapa 1. Identificación de las características físicas y operacionales de las áreas de trabajo**

Fue necesario tomar datos de las principales características de las áreas de estudio, así como verificar si el área cuenta con ventanas o alguna fuente de iluminación de luz natural. Para ello se tomaron en cuenta los datos sobre color de techo, color de pared, tipo de piso, valores de reflectancia de acuerdo al color de pintura y acabado del piso de todas las áreas operativas del hospital. Para determinar los valores de reflectancia de las lámparas fue utilizada la tabla denominada "Tabla de factores de utilización" de la marca Philips, por ser esta marca la que se adquiere por parte de los proveedores del hospital.

En esta etapa se documentaron las dimensiones del local, valores de reflectancia, localización del plano de trabajo y características operacionales tales como: horas diarias y anuales de uso del sistema; así como el nivel de iluminación recomendado para cada una de las áreas de acuerdo a la Norma NOM-025-STPS-2008 y el manual de construcción del ISSSTE (1990). Para la documentación de esta información se realizó una malla de recolección de datos en Excel de todas las áreas del hospital. El análisis de esta información fue realizado en conjunto con el personal del departamento de Residencia de Obra y Mantenimiento con la finalidad de realizar la propuesta de diseño de iluminación para las cuatro áreas más críticas detectadas por cada categoría de servicio.

## **Etapa 2. Cálculo del nivel de iluminación**

Para realizar la medición del nivel de iluminación fue necesario llevar a cabo el procedimiento indicado en la NOM-025-STPS-2008. Antes de cada medición se dejaron encendidas las lámparas con antelación para permitir la estabilización del flujo de luz y las mediciones se realizaron en los horarios de jornada laboral normales en cada una de las áreas. Se ubicaron los puntos de medición de acuerdo a la ubicación de cada luminaria respecto al plano de trabajo, calculando el índice de área correspondiente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)} \quad (1)$$

Dónde:

IC= índice de área

x= dimensiones de largo del local

y= dimensiones del ancho del local

h= altura de la luminaria con respecto al plano de trabajo

Después se dividieron las áreas de trabajo para la toma de mediciones de acuerdo a lo establecido en la NOM-025-STPS-2008, considerando la relación del índice de área y el número de zonas a evaluar. Se realizaron al menos una medición en el plano de trabajo y las lecturas fueron realizadas con un luxómetro HER-410 que cumple con el CIE (Norma de espacio de color establecido por la Comisión Internacional de Iluminación); tomando la precaución de no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre el luxómetro; salvo excepción de los lugares donde existan fuentes de luz natural durante la jornada de trabajo. Los resultados fueron registrados en un formato de inventario de lámparas y luminarias del hospital.

## **Etapa 3. Selección de la luminaria a utilizar**

De acuerdo al nivel de iluminación necesaria para el área de trabajo, se seleccionó un tipo de lámpara específico, tomando en cuenta las características actuales del luminario de cada área, así como la duración en horas de operación de la lámpara, su medida tanto en longitud como en diámetro, los lúmenes y el factor de depreciación por mantenimiento.

## **Etapa 4. Cálculo de las relaciones de cavidad zonal**

Para la realización del método de cavidad zonal, el primer paso fue obtener el valor del índice del local. Se utilizaron medidas del largo, ancho y altura que hay del plano de trabajo a la luminaria mediante la siguiente fórmula.

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (2)$$

Dónde:

k: Índice de local

a: Ancho del local en metros

b: Largo del local en metros

h: Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros

Después de obtener el valor de índice de local (k) y los valores de reflexión del área se procedió a calcular el Coeficiente de utilización (Cu) y este se obtuvo con la ayuda de la tabla de factores de utilización que proporciona el fabricante de la lámpara Philips. El valor de (k) se obtiene del coeficiente de utilización que brinda la lámpara. En caso de que el valor de (k) no se encuentre en la tabla, se procede a interpolar los 2 valores en donde se encuentre el valor de (k) mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \frac{(Vs + Vi)}{2} = "x" \quad (3)$$

Dónde:

cu: Coeficiente de utilización

Vs: Valor superior de la Tabla (*Utilisation factor table Phillips*)

Vi: Valor inferior de la Tabla (*Utilisation factor table Phillips*)

x: Resultado de la interpolación

El factor de mantenimiento (U) de las lámparas de igual manera es proporcionado por el fabricante. Se realizó el cálculo de lámparas necesarias para cubrir los luxes requeridos en cada una de las áreas operativas del hospital.

### **Etapas 5. Cálculo de lámparas necesarias para cubrir los Luxes en el Área**

El cálculo de lámparas necesarias se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de Lámparas} = \frac{(\text{Luxes de Norma} * \text{Area})}{(\text{Lúmenes de Lámpara} * CU * U)} \quad (4)$$

Dónde:

N° de lámparas= Total de luminarias necesarias para el área.

Luxes de la Norma= Mínimo de Luxes necesarios en base a normativa

Área= Área total del lugar

Lúmenes de lámpara= Total de lm que proporciona la lámpara

Cu= Coeficiente de utilización

U= Factor de Mantenimiento

Después de realizar los cálculos necesarios en los pasos anteriores, se procedió a resolver la fórmula anterior para obtener un número de lámparas necesarias por área.

### **Etapas 6. Comprobación del rendimiento de lámparas en luxes conforme a la NOM-025-STPS-2008**

El cálculo para la comprobación de luminarias necesarias se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$Luxes\ iniciales = \frac{N^{\circ}\ de\ luminarios * Lamparas\ por\ luminarios * lumenes\ por\ lampara * CU}{\acute{A}rea} \quad (5)$$

La resolución de la fórmula anterior ayudó a corroborar que efectivamente el número de luminarias y tipo, brindarán la iluminación necesaria para el área de trabajo. La comprobación del mismo es de gran importancia, ya que, al realizar los cálculos de los primeros pasos, en ocasiones exceden el número de luminarias o bien pueden llegar a faltar, y al realizar la comprobación se da validez al número de lámparas que realmente se necesitan.

## RESULTADOS

Los resultados de cada una de las etapas de la investigación fueron los siguientes:

### Etapa 1. Identificación de las características físicas y operacionales de las áreas de trabajo

Las 40 áreas evaluadas presentan las mismas características físicas, es decir; techo y muros de color blanco con acabados lisos y con niveles de reflectancia del 80 y 50% respectivamente. Mientras que los pisos todos presentaron el mismo color blanco con acabado liso y con nivel de reflectancia del 30%.

En cuanto a las características operacionales, éstas se muestran en la Tabla 1, y se identifica el área del lugar, la altura de la luminaria al plano de trabajo, el número y tipo de lámparas por área.

**Tabla 1. Identificación de las características físicas y operacionales de las áreas**

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura de la luminaria al plano de trabajo	N° de Lámparas en el área	Tipo de Lámpara
Mastografía	3.9	1.8	2.75	7.02	1.85	4	Fluorescente
Pasillo Hospitalización	11.65	2.1	2.75	24.46	2	6	Fluorescente
Sala de espera hospitalización	7.3	5.9	6	43.07	5.35	12	Fluorescente
Sala de espera (consulta externa)	10.9	3.6	2.75	39.24	1.8	10	Fluorescente
	1.5	1.5		2.25		2	Foco Ahorrador
Unidad de medicina familiar	3.5	2.2	2.75	7.7	1.95	4	Fluorescente
Hemodiálisis	7.6	7	2.75	53.2	2	16	Fluorescente
Tocología	9.5	5	2.75	47.5	1.85	10	Fluorescente
Sanitario encamados	2.1	1.2	2.75	2.54	2	1	Foco Ahorrador
Sala de choque	5	4.4	2.75	22	1.85	8	Fluorescente
Cuarto oscuro	3.4	2.1	2.75	7.14	1.85	1	Foco Ahorrador
Microbiología	5	3.2	2.75	16	1.85	8	Fluorescente
Toma de muestras	3	2.8	2.75	8.4	1.85	4	Fluorescente
Hematología	5	3	2.75	15	1.85	8	Fluorescente
Esterilización y medio de cultivo	5	2.3	2.75	11.5	1.85	4	Fluorescente
Oficina de laboratorio	2.7	1.8	2.75	4.86	1.75	2	Fluorescente
Pasillo 1 laboratorio	10.9	1.2	2.75	13.8	2	6	Fluorescente
Pasillo 2 laboratorio	13.3	3	2.75	39.9	2	16	Fluorescente

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura de la luminaria al plano de trabajo	N° de Lámparas en el área	Tipo de Lámpara
<b>Farmacia</b>	9.6	5.6	2.75	53.76	1.95	14	Fluorescente
<b>Pasillo farmacia</b>	7.8	2	2.75	15.6	2	5	Fluorescente
<b>Sala de Espera Urgencias</b>	5.8	4.5	2.75	26.1	2	8	Fluorescente
	3.8	2.3		8.51		2	Foco Ahorrador
	33.6	2	2.75	67.2	2	10	Fluorescente
<b>Pasillo consulta externa</b>	6.9	1.6	2.75	11.0	2	2	Fluorescente
				4		2	Foco Ahorrador
<b>Sicora (cubículo)</b>	2.6	2.4	2.75	6.24	1.95	2	Fluorescente
<b>Sicora (unidad de abasto)</b>	3.9	2.13	2.75	8.3	2	2	Fluorescente
<b>Sala de espera (medicina preventiva)</b>	13.8	3.6	2.75	49.68	2	10	Fluorescente
<b>Sala de espera principal</b>	8.6	8	2.75	68.8	1.8	9	Fluorescente
<b>Oficina de conservación</b>	4.8	3.7	2.75	17.76	1.95	8	Fluorescente
	2.7	1.65		4.45	2	2	Foco Ahorrador
<b>Almacén general</b>	10.5	5.8	2.75	60.9	2	24	Fluorescente
<b>Lavandería</b>	8.5	5	2.75	42.5	1.85	8	Fluorescente
	3.5	2		7		4	Foco Ahorrador
<b>Pasillo (oficina de conservación)</b>	8.5	1.4	2.75	11.9	2	6	Fluorescente
<b>Comedor</b>	8.4	2.8	2.75	23.52	2	11	Foco Ahorrador
	2	1		2		2	Fluorescente
<b>Pasillo almacén general a comedor</b>	13.4	2.1	2.75	28.14	2	8	Fluorescente
<b>Pasillo</b>	30.7	2.1	2.75	64.47	2	20	Fluorescente
<b>Entrada a descanso de ambulantes</b>	6.2	2.9	2.75	17.98	2	6	Foco Ahorrador
<b>Archivo de radiografías(revelados)</b>	5.1	3.9	2.75	19.89	2	6	Fluorescente
<b>Vigencia</b>	8.5	5.1	2.75	43.35	2	14	Fluorescente
<b>Entrada general</b>	6.4	2.8	2.75	17.92	2	6	Foco Ahorrador
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°1)</b>	8	1.8	2.75	14.4	2	8	Foco Ahorrador
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°2)</b>	10.8	1.8	2.75	19.44	2	6	Foco Ahorrador
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°3)</b>	8	1.8	2.75	14.4	2	8	Foco Ahorrador
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°4)</b>	10.8	1.8	2.75	19.44	2	6	Foco Ahorrador

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura de la luminaria al plano de trabajo	N° de Lámparas en el área	Tipo de Lámpara
Área de oficinas	11.8	3	2.75	35.4	2	10	Fluorescente
Sala de juntas	8.2	5.6	2.75	45.92		16	Fluorescente
Escaleras a 2do piso	2	5	5	16.5	4.25	2	Fluorescente
Bancada de oxígeno	7.4	2.7	2.75	19.98	1.7	6	Fluorescente
R.P.B. I	3.8	3.2	2.75	12.16	1.85	1	Foco ahorrador

## Etapa 2. Cálculo del nivel de iluminación

De acuerdo a los resultados en los cálculos del nivel de iluminación; el 25% de las mediciones realizadas que corresponden a 10 de las 40 áreas, no cumplen con el mínimo nivel de iluminación de acuerdo a la NOM-025-STPS-2008; con respecto al 75% que corresponde al resto de las áreas, estas presentaron un exceso de iluminación, debido a fuentes de iluminación natural o exceso de lámparas. Los niveles mínimos requeridos de acuerdo a esta norma para áreas de circulación y pasillos, salas de espera, salas de descanso y cuartos de almacén es de 100 lx, para áreas de oficina es de 300 lx, para áreas de manejo de instrumentos y equipo de laboratorio es de 500 lx.

## Etapa 3. Selección de la luminaria a utilizar

La lámpara que se utiliza actualmente en el hospital corresponde a una T8 fluorescente de 32w, así como focos ahorradores de 13w en algunas áreas. De acuerdo a la equivalencia a una lámpara de 32w Fluorescente, le corresponde una lámpara LED de 15w como mínimo. Así mismo al foco ahorrador de 13w, le corresponde un foco LED de 6w, de tal manera que se decidió la elección de lámparas de 18 w con una vida útil de 30,000 horas con un factor de mantenimiento de 0.8, así como focos de 8w con vida útil de 8,000 horas con factor de mantenimiento de 0.7, ambas de la marca Philips.

## Etapa 4. Cálculo de las relaciones de cavidad zonal

Los resultados obtenidos en la Tabla 2, corresponden al Índice local (IC) de cada área, con estos resultados se procedió a realizar el siguiente cálculo de cavidad zonal, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2. Cálculo de las relaciones de cavidad zonal**

Área	Largo	Ancho	Altura del Plano de Trabajo a la Luminaria	Resultado
Mastografía	3.9	1.8	1.85	0.6657
Pasillo Hospitalización	11.65	2.1	2	0.8896
Sala de espera hospitalización	7.30	5.90	5.35	0.6099
Sala de espera (consulta externa)	10.90	3.60	1.8	1.5034
	1.50	1.50	1.8	0.4167
Unidad de medicina familiar	3.50	2.20	1.95	0.6928
Hemodiálisis	7.60	7.00	2	1.8219
Tocología	9.5	5	1.85	1.7707

Área	Largo	Ancho	Altura del Plano de Trabajo a la Luminaria	Resultado
<b>Sanitarios encamados</b>	2.1	1.2	2	0.3818
<b>Sala de choque</b>	5	4.4	1.85	1.2651
<b>Cuarto oscuro</b>	3.4	2.1	1.85	0.7017
<b>Microbiología</b>	5	3.2	1.85	1.0547
<b>Toma de muestras</b>	3	2.8	1.85	0.7829
<b>Hematología</b>	5	3	1.85	1.0135
<b>Esterilización y medio de cultivo</b>	5	2.3	1.85	0.8515
<b>Oficina de laboratorio</b>	2.7	1.8	1.75	0.6171
<b>Pasillo 1 laboratorio</b>	10.9	1.2	2	0.5405
<b>Pasillo 2 laboratorio</b>	13.3	3	2	1.2239
<b>Farmacia</b>	9.6	5.6	1.95	1.8138
<b>Pasillo farmacia</b>	7.8	2	2	0.7959
<b>Sala de Espera Urgencias</b>	5.8	4.5	2	1.2670
	3.7	2.3	2	0.7092
<b>Pasillo consulta externa</b>	33.6	2	2	0.9438
<b>Sicora (Pasillo dentro)</b>	6.9	1.6	2	0.6494
	6.9	1.6	2	0.6494
<b>Sicora (cubículo)</b>	2.6	2.4	1.95	0.6400
<b>Sicora (unidad de abasto)</b>	3.9	2.13	2	0.6888
<b>Sala de espera (medicina preventiva)</b>	13.8	3.6	2	1.4276
<b>Sala de espera principal</b>	8.6	8	1.8	2.3025
<b>Oficina de conservación</b>	4.8	3.7	1.95	1.0715
	2.7	1.65	2	0.5121
<b>Almacén general</b>	10.5	5.8	2	1.8681
<b>Lavandería</b>	8.5	5	1.75	1.7989
	3.5	2	1.85	0.6880
<b>Pasillo (oficina de conservación)</b>	8.5	1.4	2	0.6010
<b>Comedor</b>	8.4	2.8	2	1.0500
	2	1	2	0.3333
<b>Pasillo almacén general a comedor</b>	13.4	2.1	2	0.9077
<b>Pasillo</b>	30.7	2.1	2	0.9828
<b>Entrada a descanso de ambulantes</b>	6.2	2.9	2	0.9879
<b>Archivo de radiografías(revelados)</b>	5.1	3.9	2	1.1050
<b>Vigencia</b>	8.5	5.1	2	1.5938
<b>Entrada general</b>	6.4	2.8	2	0.9739
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°1)</b>	8	1.8	2	0.7347
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°2)</b>	10.8	1.8	2	0.7714
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°3)</b>	8	1.8	2	0.7347
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°4)</b>	10.8	1.8	2	0.7714
<b>Área de oficinas</b>	11.8	3	2	1.1959
<b>Sala de juntas</b>	8.2	5.6	2	1.6638
<b>Escaleras a 2do piso</b>	5	3.3	4.25	0.4678
<b>Bancada de oxígeno</b>	7.4	2.7	1.7	1.1637
<b>R.P.B. I</b>	3.8	3.2	1.85	0.9390

## Etapa 5. Cálculo de lámparas necesarias para cubrir los Luxes en el Área

De acuerdo a los resultados obtenidos de la Tabla 3, el número de luminarias que inicialmente se cuantificaron en el hospital fueron de 307 lámparas fluorescentes tipo T8 y 69 Focos ahorradores, sumando 376 en total. Con la aplicación del método de cavidad zonal, se obtiene una propuesta de uso de 228 Lámparas T8 LED y 73 Focos LED dando como total una suma de 301 lámparas. Con este número se lograría una disminución del 19.94% de lámparas, además de economizar el consumo de energía, de 32w a 18w en lámparas y de 13w a 8w en

focos. Con el cambio de tecnología LED se obtiene también mayor tiempo de vida útil de las mismas.

**Tabla 3. Cálculo de número de lámparas necesarias por cavidad zonal**

Área	Luxes conforme a la Norma	Área	lúmenes por lámpara	Coefficiente de Utilización	Factor de mantenimiento	Resultado de numero de lámparas necesarias
<b>Mastografía</b>	200	7.02	1850	0.45	0.8	2
<b>Pasillo Hospitalización</b>	100	24.465	1850	0.54	0.8	3
<b>Sala de espera hospitalización</b>	200	43.07	1850	0.4	0.8	15
<b>Sala de espera (consulta externa) +</b>	200	39.24	1850	0.765	0.8	7
	200	2.25	800	0.7	0.7	1
<b>Unidad de medicina familiar</b>	300	7.7	1850	0.4	0.8	4
<b>Hemodiálisis</b>	200	53.2	1850	0.765	0.8	9
<b>Tocología</b>	300	47.5	1850	0.765	0.8	13
<b>Sanitario encamados</b>	100	2.52	800	0.7	0.7	1
<b>Sala de choque</b>	400	22	1850	0.615	0.8	10
<b>Cuarto obscuro</b>	75	7.14	800	0.7	0.7	1
<b>Microbiología</b>	400	16	1850	0.615	0.8	7
<b>Toma de muestras</b>	400	8.4	1850	0.5	0.8	5
<b>Hematología</b>	400	15	1850	0.58	0.8	7
<b>Esterilización y medio de cultivo</b>	400	11.5	1850	0.54	0.8	6
<b>Oficina de laboratorio</b>	200	4.86	1850	0.4	0.8	2
<b>Pasillo 1 laboratorio</b>	100	13.08	1850	0.4	0.8	2
<b>Pasillo 2 laboratorio</b>	100	39.9	1850	0.615	0.8	4
<b>Farmacia</b>	300	53.76	1850	0.765	0.8	14
<b>Pasillo farmacia</b>	100	15.6	1850	0.5	0.8	2
<b>Sala de Espera Urgencias</b>	200	26.1	1850	0.765	0.8	5
	200	8.51	1850	0.5	0.8	2
<b>Pasillo consulta externa</b>	100	67.2	1850	0.54	0.8	8
<b>Sicora (Pasillo dentro)</b>	100	11.04	1850	0.4	0.8	2
	100	11.04	800	0.7	0.7	3
<b>Sicora (cubículo)</b>	200	6.24	1850	0.4	0.8	2
<b>Sicora (unidad de abasto)</b>	200	8.307	1850	0.4	0.8	3
<b>Sala de espera (medicina preventiva)</b>	200	49.68	1850	0.685	0.8	10
<b>Sala de espera principal</b>	200	68.8	800	0.7	0.7	9

Área	Luxes conforme a la Norma	Área	lúmenes por lámpara	Coefficiente de Utilización	Factor de mantenimiento	Resultado de número de lámparas necesarias
<b>Oficina de conservación</b>	300	17.76	1850	0.615	0.8	6
	100	4.455	800	0.4	0.7	2
<b>Almacén general</b>	200	60.9	1850	0.765	0.8	11
<b>Lavandería</b>	100	42.5	1850	0.765	0.8	4
	100	7	1850	0.4	0.8	1
<b>Pasillo (oficina de conservación)</b>	100	11.9	1850	0.4	0.8	2
<b>Comedor</b>	200	23.52	800	0.7	0.7	12
	200	2	1850	0.4	0.8	1
<b>Pasillo almacén general a comedor</b>	100	28.14	1850	0.54	0.8	4
<b>Pasillo</b>	100	64.47	1850	0.54	0.8	8
<b>Entrada a descanso de ambulantes</b>	200	17.98	800	0.7	0.7	9
<b>Archivo de radiografías(revelados)</b>	200	19.89	1850	0.615	0.8	4
<b>Vigencia</b>	300	43.35	1850	0.765	0.8	11
<b>Entrada general</b>	300	17.92	800	0.7	0.7	14
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°1)</b>	100	14.4	800	0.7	0.7	4
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°2)</b>	100	19.44	800	0.7	0.7	5
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°3)</b>	100	14.4	800	0.7	0.7	4
<b>Planta alta (pasillos oficinas N°4)</b>	100	19.44	800	0.7	0.7	5
<b>Área de oficinas</b>	300	35.4	1850	0.765	0.8	9
<b>Sala de juntas</b>	300	45.92	1850	0.765	0.8	12
<b>Escaleras a 2do piso</b>	200	16.5	1850	0.4	0.8	6
<b>Bancada de oxígeno</b>	200	19.98	1850	0.615	0.8	4
<b>R.P.B. I</b>	50	12.16	800	0.7	0.7	2

## Etapa 6. Comprobación del rendimiento de lámparas en luxes conforme a la NOM-025-STPS-2008

Los resultados calculados en la Tabla 4, corresponden al número de luxes obtenidos mediante la aplicación de las lámparas LED, de igual manera se presenta un resultado correspondiente a los luxes que se requieren con base a la norma, y los obtenidos con las nuevas lámparas, se presentó un resultado del consumo de lámparas, especificando si se consumieron más lámparas o se mantuvieron. Inicialmente, de los resultados del nivel de luxes por cada área,

solo el 25% representaba una deficiencia de iluminación, y el 75% un exceso del mismo. La comprobación sirvió para conocer si las luminarias propuestas proporcionarían la iluminación correcta para cada área con base en la diferencia de luxes obtenidos por las lámparas LED y la NOM-025-STPS-2008.

**Tabla 4. Comprobación del rendimiento de lámparas**

Áreas	N° Luminarias	lámparas por luminaria	lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización	Área	Luxes obtenidos	El consumo de lámparas	Diferencia de Luxes Ob. Vs NOM-025
<b>Mastografía</b>	1	2	1850	0.45	7.02	237.18	Disminuyó	37.18
<b>Pasillo</b>	1.5	2	1850	0.54	24.465	122.50	Disminuyó	22.50
<b>Hospitalización</b>								
<b>Sala de espera hospitalización</b>	6	2	1850	0.4	43.07	206.18	Se mantuvo	6.18
<b>Sala de espera (consulta externa "curaciones")</b>	3	2	1850	0.765	39.24	216.40	Disminuyó	16.40
	1	1	800	0.7	2.25	248.89	Disminuyó	48.89
<b>Unidad de medicina familiar</b>	2	2	1850	0.4	7.7	384.42	Se mantuvo	84.42
<b>Hemodiálisis</b>	4	2	1850	0.765	53.2	212.82	Disminuyó	12.82
<b>Tocología</b>	5.5	2	1850	0.765	47.5	327.74	Aumentó	27.74
<b>Sanitario encamados</b>	1	1	800	0.7	2.52	222.22	Se mantuvo	122.22
<b>Sala de choque</b>	4	2	1850	0.615	22	413.73	Se mantuvo	13.73
<b>Cuarto oscuro</b>	1	1	800	0.7	7.14	78.43	Se mantuvo	3.43
<b>Microbiología</b>	3	2	1850	0.615	16	426.66	Disminuyó	26.66
<b>Toma de muestras</b>	2	2	1850	0.5	8.4	440.48	Se mantuvo	40.48
<b>Hematología</b>	3	2	1850	0.58	15	429.20	Disminuyó	29.20
<b>Esterilización y medio de cultivo</b>	2.5	2	1850	0.54	11.5	434.35	Aumentó	34.35
<b>Oficina de laboratorio</b>	1	2	1850	0.4	4.86	304.53	Se mantuvo	104.53
<b>Pasillo 1 laboratorio</b>	1	2	1850	0.4	13.08	113.15	Disminuyó	13.15
<b>Pasillo 2 laboratorio</b>	2	2	1850	0.615	39.9	114.06	Disminuyó	14.06
<b>Farmacia</b>	6	2	1850	0.765	53.76	315.90	Disminuyó	15.90
<b>Pasillo farmacia</b>	1	2	1850	0.5	15.6	118.59	Disminuyó	18.59
<b>Sala de Espera Urgencias</b>	2	2	1850	0.765	26.1	216.90	Disminuyó	16.90
	1	2	1850	0.5	8.51	217.39	Se mantuvo	17.39
<b>Pasillo consulta externa</b>	4	2	1850	0.54	67.2	118.93	Disminuyó	18.93
<b>Sicora (Pasillo dentro)</b>	1	2	1850	0.4	11.04	134.06	Se mantuvo	34.06
	2	1	800	0.7	11.04	101.45	Se mantuvo	1.45
<b>Sicora (cubículo)</b>	1	2	1850	0.4	6.24	237.18	Se mantuvo	37.18

Áreas	Nº Luminarias	lámparas por luminaria	lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización	Área	Luxes obtenidos	El consumo de lámparas	Diferencia de Luxes Ob. Vs NOM-025
Sicora (unidad de abasto)	1.5	2	1850	0.4	8.307	267.24	Aumentó	67.24
Sala de espera (medicina preventiva)	4.5	2	1850	0.685	49.68	229.57	Disminuyó	29.57
Sala de espera principal	25	1	800	0.7	68.8	203.49	Aumentó	3.49
Oficina de conservación	2.5	2	1850	0.615	17.76	320.31	Disminuyó	20.31
	2	1	800	0.4	4.455	143.66	Se mantuvo	43.66
Almacén general	5	2	1850	0.765	60.9	232.39	Disminuyó	32.39
Lavandería	2	2	1850	0.765	42.5	133.20	Disminuyó	33.20
	1	1	1850	0.4	7	105.71	Disminuyó	5.71
Pasillo (oficina de conservación)	1	2	1850	0.4	11.9	124.37	Disminuyó	24.37
Comedor	9	1	800	0.7	23.52	214.29	Disminuyó	14.29
	1	1	1850	0.4	2	370.00	Disminuyó	170.00
Pasillo almacén general a comedor	1.5	2	1850	0.54	28.14	106.50	Disminuyó	6.50
Pasillo	4	2	1850	0.54	64.47	123.96	Disminuyó	23.96
Entrada a descanso de ambulantes	7	1	800	0.7	17.98	218.02	Aumentó	18.02
Archivo de radiografías (revelados)	2	2	1850	0.615	19.89	228.81	Disminuyó	28.81
Vigencia	5	2	1850	0.765	43.35	326.47	Disminuyó	26.47
Entrada general	10	1	800	0.7	17.92	312.50	Aumentó	12.50
Planta alta (pasillos oficinas N°1)	1.5	2	800	0.7	14.4	116.67	Disminuyó	16.67
Planta alta (pasillos oficinas N°2)	2	2	800	0.7	19.44	115.23	Disminuyó	15.23
Planta alta (pasillos oficinas N°3)	1.5	2	800	0.7	14.4	116.67	Disminuyó	16.67
Planta alta (pasillos oficinas N°4)	2	2	800	0.7	19.44	115.23	Disminuyó	15.23
Área de oficinas	4	2	1850	0.765	35.4	319.83	Disminuyó	19.83
Sala de juntas	5	2	1850	0.765	45.92	308.20	Disminuyó	8.20
Escaleras a 2do piso	2.5	2	1850	0.4	16.5	224.24	Aumento	24.24
Bancada de oxígeno	2	2	1850	0.615	19.98	227.78	Disminuyó	27.78
R.P.B. I	2	1	800	0.7	12.16	92.11	Aumentó	42.11

## CONCLUSIONES

El total de lámparas fluorescentes actuales tipo T8 de 32w es de 307, la cuales generaron un consumo de 9.824 kw en una hora, ya que, en el hospital, en su mayoría todas las lámparas operan por 12 horas continuas. El total correspondiente al consumo fue de 117.8888 kWh.

En un período de un mes de 30 días, el hospital consume un total de 3,536.64kwh equivalentes a \$10,156.47. Así mismo, el total de focos ahorradores de 13w actualmente es de 69, los cuales generan un consumo de 0.897kw en 1 hora, lo que equivale a 10.764kwh en un turno de 12 horas y un consumo total al final del mes de 322.92kwh equivalentes a \$927.35. De este análisis se obtiene un total de \$11,083.82 en consumo general por concepto de toda la iluminación de las 40 áreas del hospital.

De acuerdo al total de las lámparas obtenidas por el método de cavidad zonal, corresponde a 228 lámparas LED T8 de 18w, proyectando un consumo de acuerdo a sus especificaciones generales de 4.104kw en una hora, y en un turno de 12 horas el total sería de 49.248 kWh, con un consumo al final del mes de 1477.44kwh equivalentes a un costo de \$ 4,242.89. De igual manera el total de focos LED de 8w propuesto fue de 73, los cuales generarían un consumo de 0.584 en una hora, y en un turno de 12 horas un consumo estimado de 7.008kwh, lo cual se registraría un consumo mensual de 210.24kwh, equivalentes a un costo de \$603.76, obteniendo un gasto total de \$4,846.65 por las nuevas lámparas. Con los consumos de energía y los costos por kWh se pueden obtener ahorros de 21,711.88kwh equivalentes a \$6,237.17, lo cual corresponde a una disminución del 56.27% en los gastos generados por el consumo de energía en el sistema de iluminación. El impacto del consumo de energía en las lámparas fluorescentes puede generar un total de 1.93tCO<sub>2</sub>e (emisiones de carbono a la atmosfera). La implementación de lámparas LED genera un impacto total de 0.84tCO<sub>2</sub>e, lo que significaría una disminución del 43.52% de impacto sobre el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brands, A. (2011). HOLOPLHANE Líder en Soluciones de Iluminación. México: 4 Edición.
- Brands, A. (2015). HOLOPLHANE. Principios de Iluminación. México.
- Manual del Hospital (1990). *Especificaciones Generales de Construcción*. México. Subdirección General de Obras y Mantenimiento.
- NOM-025-STPS-2008, (30 de diciembre de 2008). *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. Diario Oficial de la Federación. México. Recuperado el 17 de enero de 2019 de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5404572&fecha=20/08/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5404572&fecha=20/08/2015)
- NOM-030-ENER-2016, (17 de enero de 2017). *Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba*. Diario Oficial de la Federación. México. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5469188&fecha=17/01/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5469188&fecha=17/01/2017)
- Lighting Philips. Recuperado el 19 de marzo del 2020. Obtenido de [https://www.lighting.philips.com.mx/api/assets/v1/file/content/fp929001877312-pss-es\\_mx/929001877312\\_EU.es\\_MX.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.com.mx/api/assets/v1/file/content/fp929001877312-pss-es_mx/929001877312_EU.es_MX.PROF.FP.pdf)
- Lighting Philips. Recuperado el 22 de marzo del 2020. [https://www.lighting.philips.com.mx/api/assets/v1/file/content/fp929002046211-pss-es\\_mx/929002046211\\_EU.es\\_MX.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.com.mx/api/assets/v1/file/content/fp929002046211-pss-es_mx/929002046211_EU.es_MX.PROF.FP.pdf)
- Plataforma Mexicana de Carbono. (2016). Recuperado el 28 de abril 2020 de <http://www.mexico2.com.mx/>

Raitelli, M. (2010). Diseño de la Iluminación de Interiores. Recuperado el 20 de abril del 2020 de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>

Secretaría de Energía (2015). *Estudios en Materia de Eficiencia Energética. Estudio de Eficiencia Energética en Hospitales*. México. Editado por Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF, Banco Mundial).

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CALCIO SOBRE LA DUREZA EL ACERO 10 45

Recibido: 4 de septiembre del 2020.  
Aceptado: 29 de septiembre 2020

E. Lugo Cornejo<sup>1</sup>  
M.G. Guerrero Porras<sup>2</sup>  
T. Lara Loredos<sup>3</sup>  
B. Meza Arteaga<sup>4</sup>

## RESUMEN

Actualmente, en la industria del acero, no está aprobada una metodología de fabricación para elaborar probetas de 1plg, obtenidas de una barra de acero 1045, las que se sometan a un tratamiento térmico con el novedoso método de enfriamiento a base de concentraciones de hidróxido de calcio (cal alimenticia) para llevar a cabo un estudio. Mediante este estudio se comparó la relación que tienen los métodos tradicionales de temple (aceite, agua y salmuera) con la forma experimental de temple a base de hidróxido de calcio; a través del proceso de observación del comportamiento de la dureza en su estado alfa y gama para demostrar que este método experimental es factible para su implementación en los tratamientos térmicos dentro de la industria. Se evaluaron datos estadísticos para comparar dureza y determinar si fueron diferentes a los métodos de enfriamiento tradicional y se midió la existencia de un cambio estructural. Posterior a la aplicación del nuevo método se obtuvieron distintos cambios estructurales dependiendo del cambio de concentrado de hidróxido de calcio, temperatura y tiempo de enfriamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Hidróxido de calcio, acero 10 45, métodos de enfriamiento, cambio estructural, aceros.

## ABSTRACT

Currently, in the steel industry, a manufacturing methodology is not approved to produce 1-inch specimens, obtained from a 1045 steel bar, which are subjected to a heat treatment with the novel cooling method based on concentrations of hydroxide of carbon. calcium (dietary lime) to conduct a study. Through this study, the relationship between traditional tempering methods (oil, water and brine) was compared with the experimental form of tempering based on calcium hydroxide; Through the process of observing the behavior of hardness in its alpha and gamma state to demonstrate that this experimental method is feasible for its implementation in heat treatments within the industry. Statistical data were evaluated to compare hardness and determine if they were different from traditional cooling methods and the existence of a structural change was measured. After the application of the new method, different structural changes were obtained depending on the change of calcium hydroxide concentrate, temperature and cooling time.

**KEY WORDS:** Calcium hydroxide, 10 45 steel, cooling methods, structural change, steels.

---

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo. TECNM, campus Ciudad Valles. [efrain.lugo@tecvalles.mx](mailto:efrain.lugo@tecvalles.mx)

<sup>2</sup> Profesor de Tiempo Completo. TECNM, campus Ciudad Valles. [guadalupe.guerrero@tecvalles.mx](mailto:guadalupe.guerrero@tecvalles.mx)

<sup>3</sup> Estudiante Ingeniería Industrial. TECNM, campus Ciudad Valles [15690110@tecvalles.mx](mailto:15690110@tecvalles.mx)

<sup>4</sup> Profesor de Tiempo Parcial, Departamento de Sistemas y computación. TECNM, campus Ciudad Valles. [belem.meza@tecvalles.mx](mailto:belem.meza@tecvalles.mx)

## INTRODUCCIÓN

Acero, es la denominación que reciben las aleaciones de hierro (Fe) y carbono (C) en las que el contenido de carbono en disolución sólida en el hierro está por debajo del 2,1%. Por tanto, no hay un solo tipo de acero sino muchos aceros diferentes. Tanto el hierro como el carbono se encuentran en altas proporciones en la corteza terrestre, lo que hace que el acero sea un material de alta disponibilidad. (Kalpakjian, 2018)

En relación a las características del acero 1045; SAE 1045 tiene aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. Frecuentemente se utiliza para elementos a la llama o por inducción. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro; laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido: o templado en agua y revenido). El acero SAE 1045 es de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua. En sesiones más gruesas se puede obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecido, al ser deformado en frío se presenta un incremento en la dureza y la resistencia mecánica. (Morrall, 1982)

Actualmente, no existe una metodología para utilizar el calcio como medio de enfriamiento con el fin de lograr una dureza aceptable después del temple del acero mencionado, por consiguiente, se carece de información de las variables de temperatura, tiempo y variaciones del calcio a excepción de los métodos tradicionales de temple.

El temple es un tratamiento térmico que tiene por objetivo aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, transformando toda la masa en Austenita con el calentamiento y después, por medio de un enfriamiento brusco (con aceites, agua o salmuera), se convierte en martensita, que es el constituyente duro típico de los aceros templados; es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica para poder obtener de esta forma la martensita. Existen varios tipos de temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros, llamada templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende, fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero. (Askeland, 2016)

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del calcio en la dureza del acero 1045 mediante el método de temple, así como la preparación de probetas de acero 1045, aplicación de técnicas de proceso de fabricación mecanizado; como lo son el cizallado manual para el corte de la barra de acero y con una máquina fresadora convencional. También se buscó obtener la concentración del calcio bajo el método de prueba y error en el 100% de las probetas e ir disminuyendo los rangos del 25% de concentración en 20 litros de agua. Midiendo la transformación estructural considerando las variables de temperatura, tiempo y calcio a través del gráfico hierro-carburo de hierro y/o hierro-carbono. De obtener respuestas positivas en las propiedades adquiridas sobre la dureza del acero 1045 en el calcio, se pretende tener una incursión al uso industrial, ya que actualmente no hay un registro donde se utilice el calcio como medio de enfriamiento en el proceso de temple en los tratamientos térmicos, para que, al final se pretende utilizar un desecho de la industria de la

nixtamalización, el nejayote, para usarlo en este tratamiento térmico. (López-Maldonado, 2017)

**METODOLOGÍA**

Para realizar el estudio experimental se llevaron a cabo diferentes etapas desde el cizallado manual de la barra de acero 1045 para obtener las 32 probetas de una plg., el fresado a las mismas para definir una planicidad uniforme y el proceso de pulido manual.

Se prepararon las muestras, iniciando con 8 probetas para las pruebas con la preparación de las muestras se tomaron 8 para las pruebas con el hidróxido de calcio en un 100%, 75%, 50%, 25% respectivamente de las cuales se tomaron 4 para realizar el ensayo a la dureza sin tener un cambio estructural.

Posteriormente se dividió el área de las probetas en regiones, teniendo como resultado un total de 46 espacios.

Se aplicó el método de letras de código de tamaño de muestra Mil-Std-105E, así como los planes de muestreo único Mil-Std-105E Para inspección normal (tabla maestra) determinando así 8 puntos aleatorios en la probeta para analizar. Y la preparación del durómetro Rockwell.

Se realizaron pruebas con los métodos tradicionales de temple (agua, salmuera, aceite), para elaborar el comparativo de las durezas del acero 1045. Se hace la demostración en las Tablas 1,2,3.

Para representar el cambio estructural de las muestras de acero 1045 en unidades Rockwell B y Rockwell C, así como su conversión en kilogramo fuerza (kg/f) fueron utilizados los promedios de dureza utilizando para ello gráficos estadísticos, mientras que para el análisis múltiple de medias de los contenidos de hidróxido de calcio con respecto a los diferentes medios de enfriamiento convencionales se infirió a través del análisis de varianza (ANOVA) con la ayuda del programa estadístico MiniTab versión 1917.

**Tabla 1.-Medio de enfriamiento en agua a temperatura ambiente. Temperatura de salida: 920 grados centígrados. Tiempo de enfriamiento: 15.23 segundos.**

Rockwell "B" (RB)					Rockwell "C" (RC)				
Probeta					Probeta				
Punto	Region	Normal	Dureza Kgf/Cm <sup>2</sup>	RB	Punto	Region	Normal	Dureza Kgf/Cm <sup>2</sup>	RC
1	22	104	9170	RB	1	22	85	32640	RC
2	10	112	12740	RB	2	10	78	29952	RC
3	34	104	9170	RB	3	34	80	30720	RC
4	46	113	13720	RB	4	46	79	30336	RC
5	4	112	12740	RB	5	4	78	29952	RC
6	37	114	14280	RB	6	37	83	31872	RC
7	32	116	16030	RB	7	32	81	31104	RC
8	43	118	17290	RB	8	43	79	30336	RC
PROMEDIO		111.62	105140/8=1 3142.50	RB	PROMEDIO		80.37	246912/8=3 0864	RC

**Tabla 2.- Medio de enfriamiento en salmuera. Temperatura de salida: 927 grados centígrados.  
Tiempo de enfriamiento: 18.13 segundos.**

Punto	Región	Probeta			Punto	Región	Probeta		
		Normal	Dureza Kg/Cm <sup>2</sup>	RB			Normal	Dureza Kg/Cm <sup>2</sup>	RC
1	43	117	16660	RB	1	43	82	31488	RC
2	25	120	19320	RB	2	25	81	31104	RC
3	30	116	16030	RB	3	30	82	31488	RC
4	21	112	12740	RB	4	21	77	29568	RC
5	7	111	12320	RB	5	7	75	28800	RC
6	44	110	11900	RB	6	44	80	30720	RC
7	14	114	14280	RB	7	14	80	30720	RC
8	11	121	19481	RB	8	11	79	30336	RC
PROMEDIO	115.12	122731/8=15341.3	RB	PROMEDIO	79.50	244227/8=30528.37	RC	30528	RC

**Tabla 3.- Medio de enfriamiento en aceite temperatura de salida: 932 grados centígrados.  
Tiempo de enfriamiento: 35.83 segundos.**

Punto	Probeta			RB	Punto	Probeta			
	Normal	Dureza Kg/Cm <sup>2</sup>	RC			Normal	Dureza Kg/Cm <sup>2</sup>	RC	
1	32	114	14280	RB	1	32	49	16660	RC
2	22	115	14840	RB	2	22	55	19320	RC
3	8	117	16660	RB	3	8	55	19320	RC
4	1	118	17290	RB	4	1	55	19320	RC
5	36	116	16030	RB	5	36	57	20090	RC
6	17	117	16660	RB	6	17	52	17920	RC
7	27	116	16030	RB	7	27	52	17920	RC
8	11	119	17920	RB	8	11	55	19320	RC
PROMEDIO	116.50	129710/8=16213.75	RB	PROMEDIO	53.75	149870/8=18733.75	RC		

## RESULTADOS

En base a los datos obtenidos en las probetas con cambio estructural, se realizó una comparación de medias para determinar la temperatura y tiempo de enfriamiento de cada concentración de hidróxido de calcio.

De acuerdo a las medias obtenidas se eligió la de menor valor, ya que para la dureza en Rockwell C es la de mayor oposición a ser rayadas o penetradas.

Para la concentración de hidróxido de calcio al 100%, Tabla 4, la media más significativa es 34.87 por tanto la temperatura es de 924°C con un tiempo de enfriamiento de 75.73 min. Para la concentración de hidróxido de calcio al 75% Tabla 5, la media más significativa es 49, por tanto, la temperatura es de 936°C con un tiempo de enfriamiento de 12.13 seg.

**Tabla 4.- Concentración de hidróxido de calcio al 100%**

Repeticiones	Temperatura y tiempo de enfriamiento			
	924°C/75.73 min	930°C/76.58 min	927°C/76.15 min	932°C/74.98 min
I	21	39	39	44
II	33	42	37	41
III	32	48	47	47
IV	32	39	49	34
V	43	44	32	53
VI	39	41	48	40
VII	34	51	44	54
VIII	45	37	41	46
Media:	34.87	42.62	42.12	44.88

**Tabla 5.- Concentración de hidróxido de calcio al 75%**

repeticiones	Temperatura y tiempo de enfriamiento			
	932°C/12.6 seg	936°C/13.54 seg	934°C/11.31 seg.	936°C/12.13
I	46	57	48	50
II	52	62	60	44
III	73	49	62	49
IV	54	53	52	46
V	61	52	52	50
VI	58	54	51	53
VII	59	53	55	52
VIII	55	50	67	48
Media:	57.25	53.75	55.87	49

Para la concentración de hidróxido de calcio al 50%, Tabla 6, la media más significativa es 74.62 por tanto la temperatura es de 932°C con un tiempo de enfriamiento de 13.28 seg.

Para la concentración de hidróxido de calcio al 25%, Tabla 7, la media más significativa es 76.37 por tanto la temperatura es de 926°C con un tiempo de enfriamiento de 11.48 seg.

**Tabla 6.- Concentración de hidróxido de calcio al 50%**

Repeticiones	Temperatura y tiempo de enfriamiento			
	925°C/12.13 seg	932°C/13.28 seg	930°C/13.68 seg	922°C/13.26 seg
I	75	74	75	72
II	76	76	69	77
III	75	74	76	72
IV	75	74	78	77
V	79	73	77	74
VI	79	73	78	79
VII	74	77	74	76
VIII	79	76	77	77
Media:	76.50	74.62	75.50	75.50

**Tabla 7.- Concentración de hidróxido de calcio al 25%**

Repeticiones	Temperatura y tiempo de enfriamiento			
	926°C/11.48 seg	930°C/12.56 seg	932°C/11.98 seg	924°C/14.22 seg
I	75	74	81	79
II	76	76	79	80
III	79	78	76	77
IV	77	74	77	79
V	75	79	80	78
VI	75	80	80	73
VII	76	78	81	74
VIII	78	81	80	78
Media:	76.37	77.50	79.25	77.25

Con las pruebas seleccionadas se realizó un análisis múltiple de medias a través de un ANOVA y determinar la relación de las medias de cada porcentaje de hidróxido de calcio (cal alimenticia).

**Tabla 8.- Concentración de hidróxido de calcio**

	Porcentajes de concentración de hidróxido de calcio			
	100%	75%	50%	25%
I	21	50	74	75
II	33	44	76	76
III	32	49	74	79
IV	32	46	74	77
V	43	50	73	75
VI	39	53	73	75
VII	34	52	77	76
VIII	45	48	76	78
Media	34.87	49	74.62	76.37

**ANOVA unidireccional: repeticiones vs. % de cal**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
% de cal	3	9821,8	3273,9	186,09	0,000
Error	28	492,6	17,6		
Total	31	10314,5			

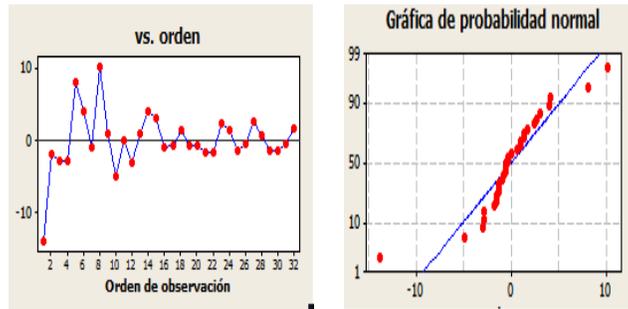
S = 4,194 R-cuad. = 95,22% R-cuad. (ajustado) = 94,71%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
1	8	34,875	7,549	(---)
2	8	49,000	2,976	(---)
3	8	74,625	1,506	(---)
4	8	76,375	1,506	(---)

La Tabla 8 muestra como el valor de P=0.00 se encuentra entre 0.0 y 0.01. Existe una diferencia altamente significativa entre los porcentajes de hidróxido de calcio (cal alimenticia), temperatura y tiempo de enfriamiento en la dureza del acero 1045. Es decir, se obtienen distintos cambios estructurales dependiendo del cambio de concentrado de hidróxido de calcio, temperatura y tiempo de enfriamiento.

En la gráfica 1 se muestra el comportamiento de la dureza en las 4 probetas con los distintos porcentajes del hidróxido de cal:

**Gráfica 1.- Comportamiento de la dureza en las 4 probetas bajo distintos porcentajes del hidróxido de cal.**



Una vez comparados los datos de las concentraciones se comparan con los resultados de los métodos de enfriamiento tradicionales y realizar el comparativo múltiple de medias a través del análisis de varianza:

Comparativo de cada concentración de hidroxido calcio con los metodos enfriamiento convencionales (aceite, agua y salmuera) en la dureza rockwell RC de un solo factor (ANOVA):

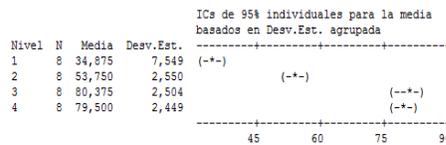
**Tabla 9.- Concentración de hidróxido de calcio 100% con análisis de varianza ANOVA.**

	CAL AL 100%	ACEITE	AGUA	SALMUERA
I	21	49	85	82
II	33	55	78	81
III	32	55	80	82
IV	32	55	79	77
V	43	57	78	75
VI	39	52	83	80
VII	34	52	81	80
VIII	45	55	79	79
Media	34.87	53.75	80.37	79.55

**ANOVA unidireccional: Dureza vs. metodo**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
metodo	3	11981,3	3960,4	203,85	0,000
Error	28	530,2	18,9		
Total	31	12111,5			

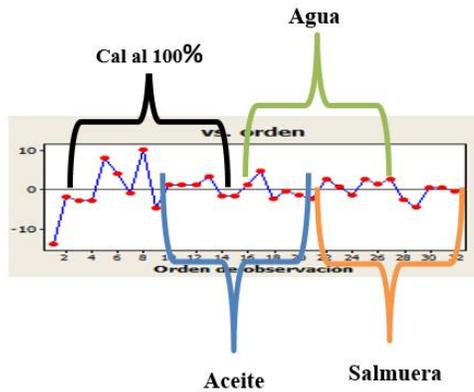
S = 4,352 R-cuad. = 95,62% R-cuad. (ajustado) = 95,15%



En la Tabla 9 se observa el resultado en el valor de significancia  $P=0.00$  que se encuentra entre 0.00 y 0.01, Tabla 9, muestra que existe una diferencia altamente significativa entre las medias. Es decir, los métodos tradicionales y el 100% de concentrado de hidróxido de calcio son diferentes, lo cual permite observar con cada método de temple se obtiene una dureza distinta.

Se representan en la gráfica 2, los comportamientos de dureza de cada tratamiento comparado:

**Gráfica 2.- Comparación de la dureza**



**Tabla 10.- Concentración de hidróxido de calcio 75% con análisis de varianza ANOVA**

	CAL AL 75%	ACEITE	AGUA	SALMUERA
I	50	49	85	82
II	44	55	78	81
III	49	55	80	82
IV	46	55	79	77
V	50	57	78	75
VI	53	52	83	80
VII	52	52	81	80
VIII	48	55	79	79
Media:	49	53.75	80.37	79.50

**ANOVA unidireccional: dureza vs. metodo**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Metodo	3	6619,84	2206,61	319,51	0,000
Error	28	193,38	6,91		
Total	31	6813,22			

S = 2,628 R-cuad. = 97,16% R-cuad. (ajustado) = 96,86%

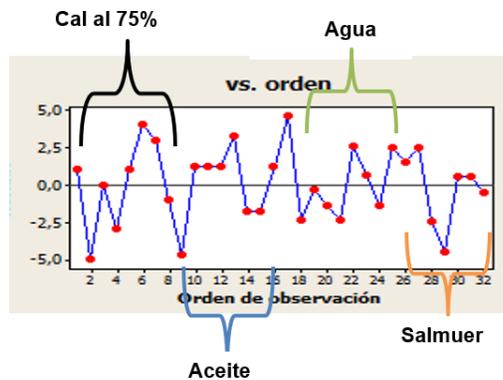
ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	(--)	(--)
1	8	49,000	2,976		
2	8	53,750	2,550	(--)	
3	8	80,375	2,504		(--)
4	8	79,500	2,449		(--)

El resultado del valor de  $P=0.00$  está entre 0.00 y 0.01, Tabla 9, existe una diferencia altamente significativa entre las medias. Es decir, los métodos tradicionales y el 75% de concentrado de hidróxido de calcio son diferentes, ya que se obtienen distintos cambios de dureza en los 4 tratamientos.

Se representan en la gráfica 3 los comportamientos de dureza de cada tratamiento comparado:

**Gráfica 3.- Comportamiento de dureza de cada tratamiento comparado**



**Tabla 11.- Concentración de hidróxido de calcio 50% con análisis de varianza ANOVA**

	CAL AL 50%	ACEITE	AGUA	SALMUERA
I	74	49	85	82
II	76	55	78	81
III	74	55	80	82
IV	74	55	79	77
V	73	57	78	75
VI	73	52	83	80
VII	77	52	81	80
VIII	76	55	79	79
Media:	74.62	53.75	80.37	79.50

ANOVA unidireccional: dureza vs. metodo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
metodo	3	3730,62	1243,54	236,46	0,000
Error	28	147,25	5,26		
Total	31	3877,87			

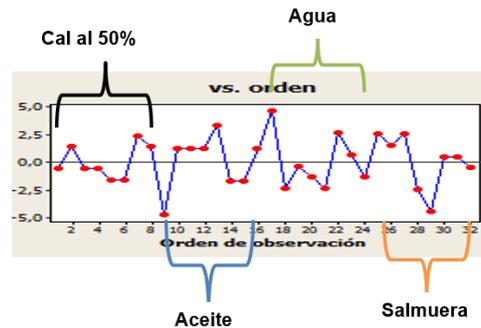
S = 2,293 R-cuad. = 96,20% R-cuad. (ajustado) = 95,80%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada	
1	8	74,625	1,506	(--)	(--)
2	8	53,750	2,550	(--)	(--)
3	8	80,375	2,504	(--)	(--)
4	8	79,500	2,449	(--)	(--)

El cálculo demostró ver Tabla 11, que el nivel de significancia  $P=0.00$  esta entre 0.00 y 0.001 existe una diferencia altamente significativa entre las medias: es decir, los métodos tradicionales (aceite, agua y salmuera) y el 50% de concentrado de hidróxido de calcio son diferentes, lo que conlleva a tener distinto comportamiento de dureza entre los métodos tradicionales.

Se representa en la gráfica 4 los comportamientos de dureza de cada tratamiento comparado:

**Gráfica 4.- Comportamientos de dureza en los tratamientos comparados.**



**Tabla 12.- Concentración de hidróxido de calcio 25% con análisis de varianza ANOVA**

	CAL AL 25%	ACEITE	AGUA	SALMUERA
I	75	49	85	82
II	76	55	78	81
III	79	55	80	82
IV	77	55	79	77
V	75	57	78	75
VI	75	52	83	80
VII	76	52	81	80
VIII	78	55	79	79
Media:	76.37	53.75	80.37	79.50

ANOVA unidireccional: dureza vs. metodo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
metodo	3	3820,75	1273,58	242,18	0,000
Error	28	147,25	5,26		
Total	31	3968,00			

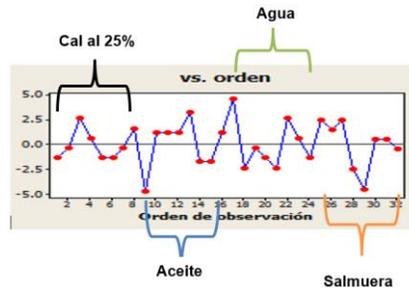
S = 2,293 R-cuad. = 96,29% R-cuad. (ajustado) = 95,89%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada	
1	8	76,375	1,506	(--)	(--)
2	8	53,750	2,550	(--)	(--)
3	8	80,375	2,504	(--)	(--)
4	8	79,500	2,449	(--)	(--)

La Tabla 12 demuestra el resultado del nivel de significancia con valor de  $P=0.00$  está entre 0.00 y 0.001 existe una diferencia altamente significativa entre las medias: es decir, la dureza de los métodos tradicionales (agua, aceite y salmuera) y el 25% de concentrado de hidróxido de calcio, tienen diferente cambio estructural en la dureza.

Se representan en la gráfica 5 los comportamientos de dureza de cada tratamiento comparado:

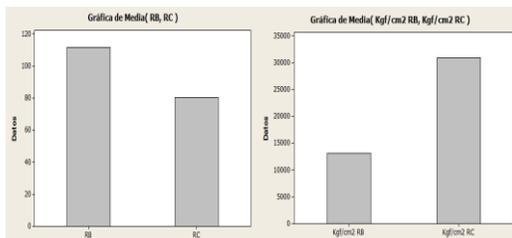
**Gráfica 5.- Comportamientos de dureza de cada tratamiento.**



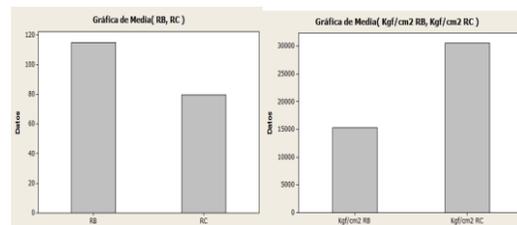
En la gráfica 6 se hace la comparación de dureza en RB (Normal) y RC con cambio estructural por el método de Agua a una temperatura de 920°C con un tiempo de enfriamiento de 15.23 segundos, mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/cm^2$  dando como resultado cambio estructural de dureza.

En la gráfica 7 se hace la comparación de dureza en RB (Normal) y RC con cambio estructural por el método de Salmuera a una temperatura de 927°C con un tiempo de enfriamiento de 18.13 segundos, mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza.

**Gráfica 6.- Comparación de durezas métodos tradicionales. Agua**



**Gráfica 7. Comparación de durezas con métodos tradicionales. Salmuera**

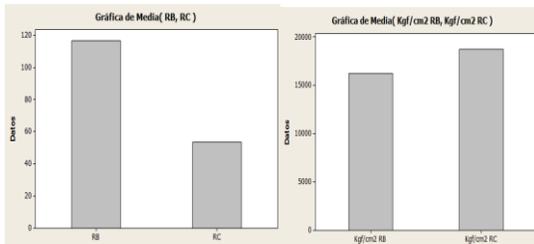


En la gráfica 8 se hace la comparación de dureza en RB (Normal) y RC con cambio estructural por el método de Aceite a una temperatura de 932°C con un tiempo de enfriamiento de 35.83 segundos, mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza.

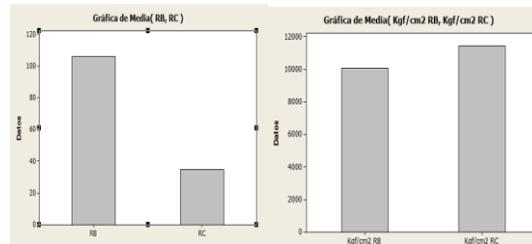
Comparacion de dureza Normal en Rockwell B Y Rockwell C Y Representacion grafica de la conversion RB y RC a  $Kgf/Cm^2$ .

En la gráfica 9 se comparó la dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C con cambio estructural sometida a una temperatura de 924°C con un tiempo de enfriamiento de 75.73 minutos al 100% de calcio, las mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza. Este es el único tratamiento que la velocidad de enfriamiento es lenta debido a que no existe agua en la mezcla, ya que, literalmente se “sumergieron” las probetas de acero 1045 en polvo de hidróxido de calcio.

**Gráfica 8.- Comparación de durezas con métodos tradicionales. Aceite**



**Gráfica 9.- Comparación de la dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C**

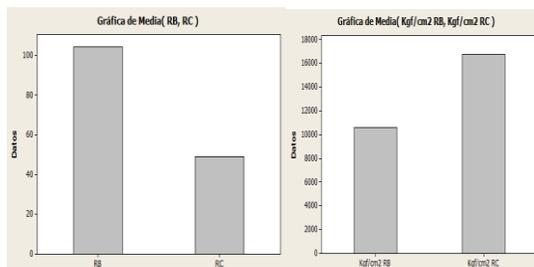


En la gráfica 10 se comparó la dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C con cambio estructural sometida a una temperatura de 936°C con un tiempo de enfriamiento 11.31 segundos al 75% de calcio, mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/ Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza.

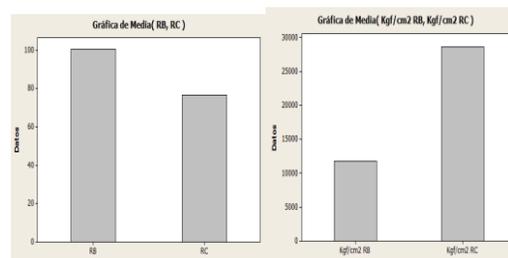
Nota: A partir de este tratamiento la velocidad de enfriamiento se aceleran por el contenido de agua en las mezclas.

En la gráfica 11 se comparó la dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C con cambio estructural sometida a una temperatura de 932°C con un tiempo de enfriamiento de 13.28 segundos al 50% de calcio, las mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/ Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza.

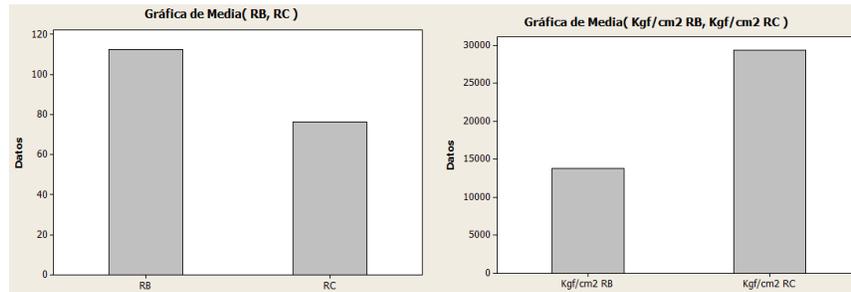
**Gráfica 10.- Comparación de dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C.**



**Gráfica 11.- Comparación de dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C**



En la gráfica 12, se comparó la dureza en Rockwell B (normal) y Rockwell C con cambio estructural sometida a una temperatura de 926°C con un tiempo de enfriamiento de 11.48 segundos al 25% de calcio, las mismas lecturas que se convirtieron a  $Kgf/ Cm^2$  dando como resultado un cambio estructural de dureza.

**Gráfica 12.- Comparación de dureza en Rockwell B (normal y Rockwell C.**

## CONCLUSIONES

De acuerdo las gráficas del comparativo de las probetas de acero 10 45 con los diferentes métodos de enfriamiento se observa que existe una diferencia de dureza en los métodos de enfriamiento tradicionales (agua, aceite y salmuera) y los concentrados de hidróxido de calcio. Existe un cambio estructural en cada concentración de hidróxido de calcio, en un 100% de concentrado se observa un alcance de dureza de  $11445 \text{ Kgf}/\text{Cm}^2$  en promedio, para el 75%  $16765 \text{ Kgf}/\text{Cm}^2$ , en 50%  $28656 \text{ Kgf}/\text{Cm}^2$  y el 25% de concentrado de calcio se observa una dureza promedio de  $29328 \text{ Kgf}/\text{Cm}^2$ , lo que confirma que el hidróxido de calcio se puede emplear como método de enfriamiento. Por tanto, conlleva a la apertura de evaluar si el desecho orgánico del nixtamalizado (nejayote) es factible su uso en tratamientos térmicos.

De ser así, sería importante para la contribución del medio ambiente, ya que en la reutilización del desecho nixtamalizado estaría creando una técnica de temple socialmente responsable donde traería beneficios tanto para el ambiente, como para el usuario que adopte este método de enfriamiento.

Y se recomienda hacer un estadístico inferencial que pueda decidir el concentrado de calcio, temperatura y tiempo de enfriamiento más adecuado.

Realizar una mayor cantidad de pruebas con otros aceros comerciales y conocer el efecto del hidróxido de calcio en su cambio estructural.

Diseñar y fabricar el prototipo de la prueba Jominy para medir el resultado del hidróxido de calcio en la profundidad de diferentes tipos de acero comerciales y conocer el comportamiento del cambio estructural. Efectuar estudios intermedios entre los porcentajes entre 25% 50% y 75% aumentar el número probetas de acero y obtener mayor cantidad de datos que confirmen la utilidad del hidróxido de calcio como medio de enfriamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Askeland, D. R. (2016) Ciencia e ingeniería de los materiales. México: Cengage learning
- González Viñas, W. (2003) Ciencia de los materiales. España: Ariel
- Griffith, G. K. (1997) Técnico de control de Calidad. New Jersey: Simon & Schuster
- Juárez, P. (27 de 01 del 2020). [www.milenio.com](http://www.milenio.com) Obtenido de [milenio.com](http://milenio.com).  
<https://milenio.com/negocios/producción/acero-mundial-crecio-3-4-2019>

- Kalpakjian, S. (2018) *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson
- López-Maldonado, E. A. (2017) Integral use of nejayote: characterization, new strategies for physicochemical treatment and recovery of valuable by products. In *TecnOpen. Physicochemical wastewater treatment and resources recovery*. Croatia: SPI global
- Morral, F.R. (1982) *Metalurgia general*. Tomo 1. España: Reverté
- Newell, J. (2010) *Ciencia de materiales: aplicaciones en ingeniería*. México: Alfaomega
- Smith, W. (2006) *Fundamentos de ciencia e ingeniería de los materiales*. México: Mc Graw Hill
- Sydney, H. A. (1988) *Introducción a la metalurgia Física*. México: Mc Graw Hill

## TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ESTADO DEL ARTE DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Recibido: 15/septiembre/2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

A. M. Piedad Rubio<sup>1</sup>  
D. R. Hernández López<sup>2</sup>  
H. R. Lárraga Altamirano<sup>3</sup>  
E. Zacarías González<sup>4</sup>

### RESUMEN

El presente documento describe el estado del arte de los índices de vegetación más utilizados en el monitoreo de cultivos, permite establecer las bases para el desarrollo de nuevas investigaciones conducentes a la aplicación de la Agricultura de Precisión (AP). El método utilizado fue la investigación documental cuyo objeto de estudio lo constituyeron 25 investigaciones integradas por artículos científicos, tesis de grado, libro y publicaciones técnicas en revistas especializadas en el período comprendido entre los años 1994 al 2018, siendo la unidad de análisis cada uno de estos estudios. Se utilizó como instrumento de recolección de información una matriz para la selección de investigaciones. Las categorías de análisis fueron: historia, contextualización, uso, tipos, líneas de conclusiones y recomendaciones, en el análisis de la información se utilizó una matriz de análisis de las investigaciones según categorías y se basó en la hermenéutica. En los resultados se identificaron 11 índices de la literatura consultada, los cuales se describieron para conocer las características y funcionalidades de cada índice. El estado del arte permitió identificar el índice de vegetación más utilizado para ayudar en el monitoreo de la vegetación.

**PALABRAS CLAVE:** índice de vegetación, agricultura de precisión, tipos de índices, monitoreo, cultivos.

### ABSTRACT

This document describes the state of the art of the most used vegetation index in crop monitoring, it allows establishing the basis for the development of new research leading to the application of Precision Agriculture (PA). The method used was the documentary research whose object of study was constituted by 25 researches integrated by scientific articles, degree thesis, book and technical publications in specialized magazines in the period from 1994 to 2018, being the unit of analysis each one of these studies. A matrix was used as an instrument of information collection for the selection of researches. The categories of analysis were: history, contextualization, use, types, lines of conclusions and recommendations. In the analysis of the information, a matrix of analysis of the investigations according to categories was used and it was based on hermeneutics. In the results, 11 indexes of the consulted literature were identified, which were described to know the characteristics and functionalities of each index. The state of the art allowed identifying the most used vegetation index to help in vegetation monitoring.

**KEY WORDS:** vegetation index, precision agriculture, types of indexes, monitoring, crops.

---

<sup>1</sup> Profesora de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, ana.piedad@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Profesora de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, dalia.hernandez@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, hugo.larraga@tecvalles.mx

<sup>4</sup> Residente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 15690189@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se estudian los índices de vegetación, los tipos, sus ventajas y limitaciones, así como el uso de los mismos en diferentes cultivos. Un índice de vegetación puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilbert, Younis, Garcia-Haro, & Melia, 1997). También, corresponde a un número generado por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de la vegetación presente en un píxel dado. Estos índices, son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas. Los valores bajos de los índices de vegetación, usualmente indican vegetación poco vigorosa, mientras que los valores altos, indican vegetación muy vigorosa.

Los índices de vegetación, o índices verdes, son transformaciones que implican efectuar una combinación matemática entre los niveles digitales almacenados en dos o más bandas espectrales de la misma imagen (Speranza & Zerda, 2005). Son adimensionales e indican el vigor de la vegetación a partir de su clorofila. Los índices de vegetación pueden ser cualitativos o cuantitativos y han sido desarrollados para ayudar en el monitoreo de la vegetación. Como una gran variedad de factores afecta directamente a la producción de biomasa, los índices pueden emplearse para determinar la influencia de dichos factores en una zona. Así, pueden usarse para determinar el efecto sobre la biomasa de sequías, anegamientos, incendios, desmontes, granizo, plagas, o deficiencias nutricionales (Towers, 2002).

Para poder trabajar los índices es necesario utilizar previamente la teledetección, la cual es una técnica que permite obtener información de la superficie terrestre a través de instrumentos sin estar en contacto con ella (Schowengerdt, 2006). El uso de éstas nuevas tecnologías se aplica en la agricultura de precisión, considera: mapas de rendimiento, drones, sensores, imágenes satelitales, aplicaciones variables, etcétera, pero se puede considerar como un proceso de toma de decisiones facilitado por herramientas tecnológicas. La agricultura de precisión es un proceso continuo de toma de decisiones y mejoras, que se basa en la reducción del tamaño de las unidades de toma de decisiones buscando mejorar el manejo de las relaciones cultivo/ambiente y la optimización del uso de los recursos naturales e insumos (Martínez & López, 2019).

### Historia

La cobertura vegetal fue uno de los primeros focos de la investigación de la evaluación y manejo de recursos naturales, usando imágenes de satélite, especialmente a partir del lanzamiento de la serie LANDSAT en 1972. Los sistemas satelitales de observación de la Tierra, LANDSAT, SPOT y NOAA entre otros, ofrecen imágenes multitemporales que son usadas ampliamente, para evaluar y monitorear el estado de la vegetación, en los niveles global, regional, nacional y local. Para lograr esto, la información satelital entregada a través de una imagen multibanda, debe ser categorizada y agrupada, para permitir discriminar un área con características particulares de otra. Una forma de expresar esta categorización o agrupamiento es mediante la elaboración de índices (Muñoz, 2013).

Las plataformas satelitales proporcionan una serie de bandas espectrales, entre dichas plataformas se encuentra la plataforma MODIS. Una de las utilidades que dichas plataformas

proporcionan es la posibilidad de analizar los índices de vegetación, que permite enfatizar y extraer propiedades de los objetos relacionadas con la vegetación en tanto que minimizan la influencia de factores distorsionantes, tales como el suelo, la radiación solar, el ángulo de elevación del Sol y la propia atmósfera (Huesca, 2007; Chuvieco, 1995).

Estos índices se calculan píxel a píxel, teniendo en cuenta que la vegetación vigorosa absorbe radiación en la zona del visible, especialmente en la banda del Rojo (R) con longitudes de onda entre 0.6-0.7  $\mu\text{m}$ , en tanto que refleja gran parte de la que incide en el infrarrojo cercano (Near InfraRed, NIR) con longitudes de onda comprendidas entre el 0.7 y 1.0  $\mu\text{m}$ . La vegetación afectada por clorosis, por infección o por senescencia, ofrece, por el contrario, una signatura espectral más plana, con valores de reflectancia más parecidos en ambas bandas, que llegan a ser prácticamente iguales cuando la vegetación está marchita o cuando se trata de suelos desnudos y por tanto carentes de vegetación (Ruiz, 2011).

En la última década el utilizar RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) ha revolucionado la realización de trabajos aéreos orientados a la toma de imágenes para aplicaciones agrícolas (Paruelo, 2008). Estas herramientas sirven de apoyo a un número creciente de estudios en campos muy diversos, entre ellos la agricultura de precisión. Esto implica una adecuada variabilidad espacial y temporal, así como información georreferenciada para mejorar la producción agrícola (Meneses & Mosquera, 2015). Los recientes avances en monitoreo de culturas agrícolas y AP de la producción primaria y la cartografía de la cubierta terrestre pueden hacer posible el monitoreo y la estimación precisa del estado del cultivo de caña de azúcar en una región determinada a escala predio o unidad productiva, debido a la longevidad del cultivo, el bajo costo adquisición de imágenes, su cobertura espacial y la posibilidad de generar los índices de sus bandas espectrales (Zhang, Ander, Tan, Huang, & Myneni, 2005).

## METODOLOGÍA

Se realizó una investigación documental orientada a analizar el estado del arte en el tema de índices de vegetación. El objeto de estudio lo constituyeron 25 investigaciones integradas por artículos científicos, tesis de grado, libros y publicaciones técnicas en revistas especializadas en el período comprendido entre los años 1994 al 2018, siendo la unidad de análisis cada uno de esos estudios **Tabla No. 1**.

**Tabla No.1 Investigaciones objeto de estudio**

Tipo de Documento	Tesis	Artículos Científicos	Publicaciones técnicas	Libro
Cantidad	10	9	5	1

Se utilizó como instrumento de recolección de información una matriz para la selección de investigaciones **Tabla No. 2**, en la cual se registraron los datos esenciales de cada trabajo revisado. Se elaboró una segunda matriz para el análisis de las investigaciones, dividida en categorías las cuales fueron: historia, contextualización, uso, tipos, líneas de conclusiones y recomendaciones **Tabla No. 3**. El análisis de la información de la segunda matriz se basó en la hermenéutica.

**Tabla No.2 Matriz de selección de las investigaciones revisadas**

Título de la publicación	Autor o autores	Año de publicación	Referencia completa de la obra (datos editoriales)	Enlace o alojamiento en Internet	Tipo de archivo (imagen, vídeo, artículo científico, ensayo, tesis u otros)	Resumen de la publicación
25 investigaciones						

**Tabla No.3 Matriz de análisis de las investigaciones revisadas**

Historia	Contextualización	Usos	Tipos	Líneas de conclusiones y recomendaciones
25 investigaciones				

## RESULTADOS

El uso de los índices de vegetación es cada vez más común en el ámbito de la agricultura, para determinar cuál o cuáles pudieran ser los más adecuados, se debe elegir en función de lo que se quiera obtener, de las necesidades específicas, así como el tipo de cultivo y la etapa en la que se encuentre, por lo tanto, es necesario conocer las características y funcionalidades de cada índice. Se identificaron 11 índices de la literatura consultada, los cuales se enlistan en la **Tabla No. 4** y posteriormente se describen a detalle:

**Tabla No. 4 Índices de vegetación considerados en el estudio**

1	<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index ó Índice Normalizado de Vegetación
2	<b>GNDVI</b>	Green Normalized Difference Vegetation Index ó Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde
3	<b>RVI</b>	Ratio Vegetation Index
4	<b>GVI</b>	Green Vegetation Index o Índice Verde de Vegetación
5	<b>NGRDI</b>	Normalized Green Red Difference Index ó Índice de Diferencia Verde Rojo Normalizado
6	<b>RG</b>	Red Green ó Rojo Verde
7	<b>DVI</b>	Difference Vegetation Index ó Índice de Diferencia de Vegetación
8	<b>SAVI</b>	Soil Adjusted Vegetation Index ó Índice de vegetación ajustado al suelo
9	<b>TSAVI</b>	Turned Soil Adjusted Vegetation Index ó Índice ajustado al suelo transformado
10	<b>OSAVI</b>	Optimized Soil Adjusted Vegetation Index ó Índice de Vegetación Ajustado de Suelo Optimizado Verde
11	<b>DSWI</b>	Disease and Stress Water Index ó Índices de estrés de la enfermedad y el agua

## NDVI

Este índice, desarrollado en la década de los 70's, considera la cantidad de energía roja que es absorbida por la clorofila y la cantidad de energía del infrarrojo cercano que es reflejada por la estructura celular de la hoja.

Este índice se define de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{ROJO}}{\text{NIR} + \text{ROJO}}$$

Donde: el NIR y el Rojo son las respectivas reflectancias en las bandas del infrarrojo cercano y el rojo, respectivamente. El cálculo de esta relación entrega valores entre -1 y +1, que correlacionan directamente con la biomasa o vigor del cultivo.

Con una alta biomasa o vigor, el valor de NDVI se acerca a la unidad, mientras que en suelo desnudo los valores se acercan a cero. Valores negativos generalmente corresponden a nieve, nubes, agua, etc. Áreas de alto vigor (densidad vegetal) poseen una mayor reflectancia en el infrarrojo cercano y una menor reflectancia en el rojo, debido a esto poseen un mayor índice NDVI (Esser & Ortega, 2003).

(Benedetti & Rossini, 1993) consideran al NDVI como un buen estimador de la biomasa, es universalmente usado y ha resultado el más consistente para monitoreo de vegetación en los ambientes y situaciones más diversos; se utiliza ampliamente para evaluar de manera rápida, a escala regional, la productividad de los cultivos, con un nivel aceptable de precisión y tiene correlación con el contenido de humedad de la planta y puede ser aplicado —incluso en la agricultura de precisión— en el control de los cultivos, debido a que las observaciones espectrales del follaje pueden, por tanto, usarse para monitorear las variaciones del crecimiento; las que subsecuentemente, pueden utilizarse como indicadores de estrés del cultivo e indirectamente de la productividad del cultivo (Xavier, Vettorazzi, & Machado, 2004).

Es el más usado porque retiene la habilidad de minimizar los efectos topográficos y a su vez producir una escala de medida lineal. Considerando que los errores de división por cero son reducidos en gran medida. La escala de medida posee la apreciada propiedad de oscilar de -1 a 1 con el 0 representando el valor aproximado de la falta de vegetación. Los valores negativos representan las superficies sin vegetación. Es estable como para permitir comparaciones significativas de cambios estacionales e interanuales del crecimiento y actividad de la vegetación. El principal problema de este índice es la influencia que ejercería el suelo sobre la reflectancia en el rojo y el infrarrojo y que puede enmascarar la de la vegetación (Índices de vegetación y transformación Tasseled Cap, 2015).

El NDVI presenta problemas en la estimación de la cubierta vegetal, por ejemplo, este índice comienza a saturar cuando la cubierta vegetal es superior al 50% (Gill, Phinn., Armston, & Pailthorpe, 2009), y no es sensible al verde cuando la cubierta vegetal es baja. Por este motivo puede sobre o subestimar la cubierta vegetal, dando información errónea en algunas zonas (Zhongminga, Lees, Feng, Wanning, & Haijing, 2009).

## GNDVI

Éste es una variante del NDVI que utiliza la banda del verde en lugar de la del rojo (Kemerer, Di Bella, Melchiori, Benench, & Alvarez, 2007) . Su fórmula es la siguiente:

$$\text{GNDVI}=\text{NIR}-\text{green}/\text{NIR}+\text{green}$$

Este índice se ha mostrado muy útil para estimar el rendimiento del cultivo de arroz inundado.

### **RVI**

(Person & Miller, 1972) son considerados como los pioneros de la historia de los índices de vegetación al proponer el primer índice, éste es el RVI (Ratio Vegetation Index), como su nombre indica, es el cociente entre la reflectividad en el infrarrojo cercano y la reflectividad en la banda del rojo, estando este basado en la diferencia espectral en la vegetación en las longitudes de onda del rojo y del infrarrojo cercano.

$$\text{RVI}=\text{NIR}/\text{RED}$$

Se utiliza principalmente en estimaciones de biomasa del área foliar. Es mejor en cuanto a la determinación de áreas donde no se encuentra vegetación o suelos descubiertos (Juzga, 2016)

### **GVI**

(Green Vegetation Index) Índice de vegetación verde o como también se le conoce GRVI (Green Ratio Vegetation Index), (Sripada, Heiniger, White, & Meijer , 2006) como su nombre indica, es el cociente entre la reflectividad en el infrarrojo cercano y la reflectividad en la banda del verde.

$$\text{GVI}=\text{NIR}/\text{GREEN}$$

Este índice, está compuesto por una serie de algoritmos que corrigen los problemas que presenta el índice NDVI. La principal ventaja del GVI por sobre el NDVI, es que las imágenes GVI están debidamente calibradas, para eliminar la influencia de la humedad del suelo o la atmósfera (Esser & Ortega, 2003).

### **NGRDI**

Este índice es el (Normalized Green Red Difference Index). también llamado VIgreen (VIg), Vegetation Index Green (Gitelson, Kaufman, Stark, & Rundquist, 2002) .

$$\text{NGRDI}=\text{GREEN}-\text{RED}/\text{GREEN}+\text{RED}$$

El cálculo del NGRDI implica el uso de una simple fórmula con dos bandas, el verde (GREEN) y el rojo (RED).

### **RG**

Se pretende calcular un índice que excluya la banda del infrarrojo cercano y ver la relación entre las bandas rojo y verde, con el índice de vegetación normalizado NDVI (Cetina, 2017)

$$\text{RG}=\text{RED}/\text{GREEN}$$

## DVI

Es sugerido por (Richardson & Wiegand, 1977) como un algoritmo para el cálculo del índice de vegetación más fácil. La particularidad del DVI es que pesa la banda infrarroja cercana por la pendiente de la línea del suelo.

$$DVI = gMMS7 + MSS5$$

Donde:  $g$  = la pendiente de la línea del suelo

$MSS7$  = reflectancia en la banda 2 infrarroja cercana

$MSS5$  = reflectancia en la banda roja visible

## SAVI

El SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) es índice de los suelos, la cual observa la reflectividad en las bandas roja e infrarroja cercana que suelen cambiar simultáneamente cuando cambia las condiciones del suelo aumentando o disminuyendo, es decir, cuando un suelo este húmedo refleja menos en el rojo, pero también menos en el Infrarrojo cercano y un suelo seco refleja más en ambas bandas (Gonzaga, 2014; Díaz, 2015). SAVI nació de la necesidad de disminuir las alteraciones del valor del NDVI en aplicaciones en zonas áridas, ya que el mismo valor de NDVI puede corresponder a cubiertas vigorosas, pero poco densas, o a cubiertas densas, pero con poca vitalidad (INIA, 2010).

Este Índice de vegetación ajustado al suelo se calcula mediante la siguiente expresión: Ecuación 2 Índice de vegetación ajustada al suelo (Gonzaga, 2014).

$$SAVI = \frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo} + L} (1 + L)$$

Infrarrojo Cercano = Infrarrojo cercano.

Rojo = reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente a la banda roja

$L$  = es un parámetro que varía según la densidad de la vegetación, para densidades intermedias se toma 0,5.

Este índice se recomienda en las etapas tempranas de desarrollo del cultivo, así como también en áreas donde exista poca cubierta vegetal (menos del 40% de cubierta vegetal).

## TSAVI

TSAVI es un indicador que fue diseñado para minimizar el efecto de fondo del suelo. El concepto del TSAVI se basa en que el punto de convergencia está más cerca del origen que el de SAVI. La mejora de TSAVI sobre SAVI fue tomar en cuenta la pendiente de la línea del suelo ( $X$ ) e interceptar ( $i$ ), mientras que SAVI asumió que eran 1 y 0, respectivamente (Qi, Chehbouni, Huete, & Sorooshian, 1994).

Ecuación 3 Índice justado al suelo transformado (TSAVI)

$$TSAVI = \frac{\text{Infrarrojo Cercano} - (a * \text{Rojo}) - b}{a}$$

$$\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo} - a * b + X (1 + a^2)$$

Donde: Infrarrojo cercano= Infrarrojo cercano Rojo= Banda roja a= 1,22 b=0,03 X= 0,08

### OSAVI

Índice de Vegetación Ajustado de Suelo Optimizado Verde, éste índice se basa en el índice de vegetación ajustada al suelo (SAVI). Utiliza un valor estándar de 0,16. Roudeaux, determina que este calor proporciona mayor variación del suelo que salvado para una cubierta de vegetación baja, mientras que demostrar la mayor sensibilidad a la vegetación cubrirá más del 50%. Este índice se utiliza mejor en áreas con vegetación realmente poca donde el suelo es visible (Harris Geospatial, 2017).

$$\text{OSAVI} = \frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Verde}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Verde} + Y}$$

Donde: Infrarrojo cercano= Infrarrojo cercano Verde= Banda verde Y= Constante 0,16

### DSWI

Índices de estrés de la enfermedad y el agua, éste índice se creó para proporcionar un marco sistemático en la formulación y la evaluación de la detección de enfermedades en la vegetación.

$$\text{DSWI} = \frac{\text{Verde}}{\text{Rojo}}$$

Dónde: Verde = Banda verde Rojo= Banda Roja.

Estos índices fueron desarrollados por (Apan, Held, Phinn, & Markley, 2003), y su aplicación fue orientada a la detección de la enfermedad Roya anaranjada (*Puccinia kuehnii*) en Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L). Estos índices involucran la región del infrarrojo cercano, ya que investigaciones anteriores indican la capacidad de detección de estrés hídrico en la región del infrarrojo cercano (Jacquemoud & Ustin, 2008).

Ante la elevada oferta de índices de vegetación, es inevitable preguntarse ¿Qué índice de vegetación se debe usar? (Terrill, 1994), opina lo siguiente: NDVI. Casi todos los que hacen mucha teledetección en vegetación usan NDVI, ya que es simple, cuenta con el mejor rango dinámico de cualquiera de los índices y tiene la mejor sensibilidad a los cambios en la cubierta vegetal. Es moderadamente sensible a un segundo plano de suelo y a la atmósfera, excepto en la baja cubierta o densidad vegetacional. Para hacer una vista rápida y cualitativa de la cubierta vegetal en una imagen, no se puede superar NDVI, a menos que usted este buscando en un área con baja densidad vegetal.

Un tema recurrente en el uso de índices de vegetación es saber cuán buenas son estas herramientas en condiciones no ideales, tales como los paisajes semi-áridos, donde la vegetación es de baja cobertura o densidad. Ante la pregunta, ¿Qué tan bien estos índices de vegetación trabajan en áreas con bajo % de cubierta vegetal?, (Terrill, 1994), responde que “.....en general, muy mal. Cuando la cubierta de vegetación es baja, los valores espectrales observados por la teledetección, están dominados por el suelo. No todos los suelos tienen el

*mismo valor espectral, aun cuando se estén usando bandas de espectro bastante amplio. Tanto, Huete et al. (1985), Elvidge y Lyon (1985), demostraron que el fondo de la vegetación o suelo, puede tener un impacto profundo, donde los valores del índice de vegetación, en zonas con suelos brillantes, estarían produciendo valores menores que en la vegetación con fondos oscuros. Elvidge y Lyon (1985) mostraron que muchos materiales de fondo (suelo, roca, planta, hojarasca) varían en su pendiente "Rojo-NIR", y estas variaciones impactan seriamente las Mediciones de los índices de vegetación."*

¿Cuándo se habla de baja cobertura vegetal, cuánto es demasiado bajo para estos índices? "...Asumiendo que se trata solo de reglas generales y que sus umbrales pueden variar, podemos decir:

*RVI, NDVI, IPVI = Solo son útiles por sobre el 30% de cobertura*

*SAVI, MSAVII, MSAVI2 = 15%*

*DVI = 30%*

*PVI, WDVI, GVI = 15%*

*Mientras más uniforme sea el suelo, más se pueden bajar estos valores" (Terrill, 1994).*

Tema importante a considerar es que el mejor índice a ser usado en un ambiente particular, debe ser calibrado con mediciones en terreno. De no haber mediciones disponibles, esas imágenes de índices sólo serán indicadores útiles de la cantidad relativa de vegetación presente. Los valores bajos de los índices de vegetación, por lo general indican vegetación poco vigorosa, al contrario de los valores altos, que indican vegetación muy vigorosa. Sin embargo, en algunos casos (como los índices RVI y NRVI) el valor del índice de vegetación es inversamente proporcional a la cantidad de vegetación presente en el área, por lo que se recomienda documentarse sobre este punto, al momento de interpretar alguno de ellos (Muñoz, 2013).

### **Discusión de resultados**

Para el caso de estudio de la caña de azúcar se deberá entonces plantear un esquema de monitoreo que permita seguir el ciclo fenológico de la misma, el cálculo de diversos índices es deseado tales como:

- NDVI para conocer el estado de vigorosidad del dosel.
- SAVI para determinar volumen de producción, sobre todo en etapas tempranas del crecimiento de la caña.
- DSWI para determinar algún grado de estrés hídrico.

De esa manera se contará con información de la respuesta espectral del cultivo en diferentes fases del crecimiento, además se podrá comparar la efectividad de la medición entre índices, es decir, más de uno puede evaluar la misma característica, por ejemplo, la productividad.

### **CONCLUSIONES**

Muchas agencias han descubierto que el índice de vegetación, es útil como una medida relativa para fines de monitoreo. Por ejemplo, los programas sistema africano de información en tiempo real (ARTEMIS) de la Organización de Alimentación y Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas (FAO, 2019), y el sistema de alerta temprana sobre el hambre (FEWS) del USAID, usan imágenes NDVI de escala continental derivadas del sistema NOAAVHRR,

para elaborar imágenes con el índice de vegetación para todo el continente africano cada diez días (Muñoz, 2013).

Para los cultivos de caña de azúcar, el índice normalizado de vegetación NDVI demostró ser un parámetro eficaz para supervisar las condiciones del dosel de este cultivo y como instrumento de evaluación rápido del estado de vigor vegetal de la caña en un momento determinado. Para, posteriormente, vigilar la variabilidad temporal que determina la interacción del cultivo con otros factores agroclimáticos y, por lo tanto, modelar la productividad agrícola (Aguilar, Galindo, Fortanelli, & Contreras, 2010).

El estudio de las series temporales basadas en el NDVI, muestran la tendencia del desarrollo de la vegetación natural y de los cultivos (Volante & Bianchi, 2003), por lo que suele ser de gran utilidad para la realización de análisis agrícolas o forestales en el tiempo. Destacan también la utilización de los índices de vegetación para análisis relativos al estudio de la pérdida de agua de las plantas por evaporación y transpiración, tal es el caso de los estudios realizados en (Nagler, Morino, Murray, Osterberg, & Glenn, 2009).

Cuando la cubierta vegetal es muy baja es difícil identificar la vegetación, pues existe una distorsión en las respuestas espectrales. Una forma de corregir es calculando índices corregidos por el suelo como el Índice de Vegetación Perpendicular PVI (Richardson & Wiegand, 1977) o el Índice de Vegetación Ajustado por Suelo Transformado TSAVI (Baret & Guyot, 1989). En ambos casos se estudia la llamada "línea de suelo" y se determina la distancia perpendicular desde esta línea hasta el valor total de reflectancia en rojo y NIR. Efectivamente lo que se realiza es restar la reflectancia propia del suelo del valor total de reflectancia, y se presume que la diferencia se debe a la vegetación (Towers, 2002).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar N., O. L. (2013). Evaluación de aptitud de tierras al cultivo de caña de azúcar en la Huasteca Potosina, México, por técnicas geomáticas. *Geografía Norte Grande*, 16.
- Aguilar, N., Galindo, G., Fortanelli, J., & Contreras, C. (2010). Índice normalizado de vegetación en caña de azúcar en la Huasteca Potosina. *Avances de Investigación Agropecuaria* 2010, 23.
- Apan, A., Held, A., Phinn, S., & Markley, J. (2003). Formulation and assessment of narrow-band vegetation indices from EO-1 hyperion imagery for discriminating sugarcane disease.
- Baret, F., & Guyot, G. (1989). TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *Geoscience and Remote Sensing*
- Benedetti, R., & Rossini, P. (1993). On the Use of NDVI Profiles as a Tool for Agricultural Statistics: The case Study of Wheat Yield Estimates and Forecast in Emilia Romagna. *Remote Sensing of Environment*, 45 (3), 311-326.
- Cetina, N. (2017). Generación de curvas espectrales de vegetación, suelo y agua, a partir del análisis de imágenes multispectrales, como herramienta indirecta de evaluación del estado del humedal "El Ocho" y Páramo de Letras. Tesis de grado.
- Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial.

- Díaz, J. (2015). Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Tesis de grado. (F. d. Historia, Ed.) Universidad Complutense de Madrid.
- Esser, A., & Ortega, R. (2003). Uso de percepción remota o teledetección para el manejo sitio-específico de viñedos. *Agronomía y Forestal UC* (20).
- FAO. (2019). Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gill, T., Phinn, S., Armston, J., & Pailthorpe, B. (2009). Estimating tree-cover change in Australia: challenges of using the MODIS vegetation index product. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 1547–1565.
- Gitelson, A., Kaufman, Y., Stark, R., & Rundquist, D. (2002). Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. *REmote Sensing of Environment*.
- Gonzaga, C. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador. Tesis.
- Harris Geospatial. (2017). Obtenido de <http://www.harrisgeospatial.com/docs/BroadbandGreenness.html#Optimize>
- Huesca, M. (2007). Diseño de un índice dinámico de riesgo de incendios forestales basado en el Fire potential Index de Burgan. Proyecto fin de Carrera. (E. T. Montes., Ed.) Universidad Politécnica de Madrid.
- Indices de vegetación y transformación Tasseled Cap. (2015). Recuperado el 20 de 08 de 2020, de [http://cursosihlla.bdh.org.ar/LP\\_curso\\_Agro/Rivas\\_Dia2/9\\_Indices\\_de\\_Vegetacion\\_1CH%5B1%5D.pdf](http://cursosihlla.bdh.org.ar/LP_curso_Agro/Rivas_Dia2/9_Indices_de_Vegetacion_1CH%5B1%5D.pdf)
- INIA. (2010). Índice De Vegetación Ajustado Al Suelo SAVI, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Riesgo Climático. Instituto de Investigacione Agropecuarias. Chile: Ministerio de Agricultura.
- Jacquemoud, S., & Ustin, S. L. (2008). Modeling Leaf Optical Properties. *Photobiological Sciences Online*.
- Juzga, M. (2016). Comparación de índices de vegetación en el Cerro de la Conejera de la Ciudad De Bogotá. Tesis. (E. e. Geomática, Ed.) Universidad Militar Nueva Granada.
- Kemerer, A., Di Bella, C., Melchiori, R., Benench, A., & Alvarez. (2007). Comparación de índices espectrales para la predicción del IAF en campos de maíz. Congreso de teledetección: hacía mejor entendimiento de la dinámica global y regional.
- Martínez, N., & López, M. (2019). Agricultura de Precisión, El futuro ya llegó. *Visión Rural* (129)

- Meneses, V., & Mosquera, J. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multispectrales en agricultura de precisión. *Ciencia y tecnología alimentaria*, 13 (1).
- Muñoz, P. (Abril de 2013). Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. Apuntes. Chile.
- Nagler, P., Morino, K., Murray, S., Osterberg, J., & Glenn, E. (2009). (2009). An Empirical Algorithm for Estimating Agricultural and Riparian Evapotranspiration Using MODIS Enhanced Vegetation Index and Ground Measurements of ET. II. Application to the Lower Colorado River, U.S. *Remote Sensing*, 1, 1125-1138. *Remote Sensing*, 26.
- Paruelo, J. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Revista Científica y técnica de ecología y medio ambiente*.
- Person, R., & Miller, M. (1972). Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie, Pawnee National Grasslands, Colorado. (C. S. College of Forestry and Natural Resources, Ed.) USA: Dept. of Watershed Sciences.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing Environment*.
- Richardson, A., & Wiegand, C. (1977). Distinguishing Vegetation from Soil Background Information. *PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING*.
- Ruiz, A. (2011). Comportamiento y análisis de descriptores de texturas en imágenes MODIS. Tesis.
- Schowengerdt, R. (2006). *Remote Sensing*. Academic Press.
- SIAP. (2019). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Speranza, F., & Zerda, H. (2005). Potencialidad de los índices de vegetación para la discriminación de coberturas forestales COBERTURAS FO.
- Sripada, R., Heiniger, R., White, J., & Meijer, A. (2006). Aerial Color Infrared Photography for Determining Early In-Season Nitrogen Requirements in Corn. *Agronomy Journal*, 968–977.
- Terrill, R. (1994). A FAQ on Vegetation in Remote Sensing. *Remote Sensing*
- Towers, P. (2002). Conceptos Iniciales sobre Teledetección y su Aplicación al Agro. 138 p.
- Volante, J., & Bianchi, A. (2003). ÍNDICE VERDE: Índice de vegetación normalizado diferencial (NDVI) de las Yungas y del Chaco semiárido en el noroeste argentino. Técnicos Investigadores de la Estación Experimental Agropecuaria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Xavier, A., Vettorazzi, C., & Machado, R. (2004). Relação entre índice de área foliar e frações de componentes puros do modelo linear de mistura espectral, usando imagens ETM+/Landsat. *Eng. Agríc.* 24. (Botucatu, Ed.) *Engenharia Agrícola* (24).

- Zhang, P., Ander, B., Tan, B., Huang, D., & Myneni, R. (2005). Potential monitoring of crop production using a satellite-based Climate-Variability Impact Index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 132, 344-358.
- Zhongminga, W., Lees, B., Feng, J., Wanning, L., & Haijing, S. (2009). Stratified vegetation cover index: A new way to assess vegetation impact on soil erosion. *Catena*.

# CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS TERRESTRES: MÉTODOS SUPERVISADOS Y NO-SUPERVISADOS APLICADOS A CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR

Recibido: 15 de septiembre/2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

H. R. Lárraga Altamirano<sup>1</sup>  
A. M. Piedad Rubio<sup>2</sup>  
D. R. Hernández López<sup>3</sup>  
O. Espinosa Guerra<sup>4</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo centra su atención en el estudio de los métodos de clasificación que ofrece uno de los sistemas de información geográfica libre y de código abierto de mayor uso en la actualidad, *Quantum Geographic Information System (QGIS)*, considerando como sujetos de prueba ortomosaicos de cultivos de caña de azúcar. Los vehículos aéreos no tripulados equipados con cámaras RGB permitieron realizar la fotogrametría que contiene la información espectral de la superficie terrestre. Para este caso, se utilizaron los algoritmos de clasificación denominados como: Distancia Mínima, Ángulo Espectral y *Kmeans*, los dos primeros supervisados y el último no supervisado. Los resultados de la clasificación supervisada fueron analizados mediante una matriz de confusión para conocer el grado de exactitud global y la índice kappa de cada técnica. Los datos resultantes muestran la efectividad de cada método y se presentan recomendaciones a la metodología que contribuirán a mejorar la clasificación de ortomosaicos de cultivos de caña de azúcar basada en la información espectral.

## PALABRAS CLAVE

Clasificación supervisada, no-supervisada, Caña de azúcar, Distancia Mínima, Ángulo Espectral, *Kmeans*

## ABSTRACT

This paper focuses its attention on the study of the classification methods offered by one of the most widely used free and open source geographic information system, Quantum Geographic Information System (QGIS), considering as test subjects orthomosaic of sugar cane crops. Unmanned aerial vehicles equipped with RGB cameras made it possible to carry out photogrammetry containing spectral information of land cover. For this case, the classification algorithms named as: Minimum Distance, Spectral Angle and Kmeans were used, the first two supervised and the last one unsupervised. The results of the supervised classification were analyzed using a confusion matrix to determine the degree of global accuracy and the kappa index of each technique. The resulting data show the effectiveness of each method and recommendations are presented that will contribute to improve the methodology of orthomosaic classification based on the spectral information of the sugarcane crop.

## KEY WORDS:

Supervised classification, unsupervised, Sugarcane , Minimum Distance, Spectral Angle and Kmeans

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, hugo.larraga@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Profesora de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, ana.piedad@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Profesora de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, dalia.hernandez@tecvalles.mx

<sup>4</sup> Profesor de Tiempo Parcial. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, omar.espinosa@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

Es innegable que la agricultura es parte vital para la existencia de la especie humana como actividad principal en la producción de alimentos. El continuo crecimiento de la población mundial exige inversiones más inteligentes en la administración del campo, por una parte, la demanda de mayores niveles de producción de alimentos y por otra, la escasez de recursos naturales como el agua y suelos fértiles (Tripicchio, Satler, Dabisias, Ruffaldi, & Avizzano, 2015). Para lograr una agricultura sustentable el uso de la tecnología juega un papel importante, diversas técnicas son empleadas para incrementar el rendimiento de los cultivos, reducir los costos de producción y mantener el equilibrio con el medio ambiente. El uso de los Sistema de Información Geográfica (SIG) ayudan, por ejemplo, a construir mapas para ubicar sectores de riesgo en el campo, distribuir cultivos de acuerdo al tipo de suelo, clasifican la vegetación para predecir el rendimiento de los cultivos e impactos ambientales, modelan patrones de pérdida de agua, seguimiento de trayectoria de animales, entre otras tareas (Abdullahi, Sheriff, & Mahieddine, 2017).

La disciplina que propone a los productores reducir los esfuerzos propios que implica la labor del campo y producir cultivos de manera sostenible y sustentable mediante la integración de tecnología se denomina, Agricultura de Precisión (AP). De las aplicaciones de mayor uso en el sector agrícola que provee la AP es el monitoreo de cultivos mediante imágenes, a través del cual, es posible determinar índices de biomasa, estrés hídrico, detección temprana de enfermedades, uso de suelo, entre otros factores que influyen en la toma de decisiones de quienes administran el campo (Constante, y otros, 2016). Estas tareas realizan procesos de cómputo especializados para el tratamiento de las imágenes, como identificar objetos dentro de una fotografía y extraer características que los identifiquen inequívocamente en cualquier escenario. Una de las fases de mayor importancia en el procesamiento de imágenes es la clasificación, con la cual es posible agrupar los píxeles en clases de características similares. La utilidad de este proceso se ve en el monitoreo de cultivos, donde un sistema de estimación de la superficie cultivada a través de imágenes adquiridas por percepción remota es esencial y cuya exactitud, depende de que tan efectivo sea el modelo de clasificación para proporcionar datos que reflejen con más acierto la realidad (Mate, Singh, & Khobragade, 2016).

Por lo anterior, el presente trabajo centra su atención en el estudio de los métodos de clasificación que ofrece uno de los SIG libre y de código abierto de mayor uso en la actualidad, *Quantum Geographic Information System (QGIS)*, considerando como sujetos de prueba ortomosaicos de cultivos de caña de azúcar. Se reconocen dos tipos de técnicas de clasificación: supervisadas y no supervisadas, ambas, ampliamente utilizadas por los SIG que a través del análisis de la información espectral distinguen clases de objetos en un mapa, tales como: cultivos, edificios, arboles, calles, predios baldíos, casas habitacionales, etc. (Long & Srihann, 2004). Clasificar, es la tarea de etiquetar un grupo de píxeles de una imagen que se encuentran en el mismo dominio espectral (clase o categoría), permitiendo así, diferenciarlo de otros grupos. La clasificación no supervisada es una operación de segmentación de la imagen, basada en algoritmos de agrupamiento o *clustering*, cuya finalidad es agrupar los elementos en función de alguna similitud entre ellos; mientras que la clasificación supervisada se basa en la existencia de áreas de entrenamiento en donde se parte de un conjunto de clases preestablecidas con un píxel representativo a cada una de ellas (Dallos Bustos, 2017).

La metodología propone cuatro etapas para el desarrollo del estudio: la planeación del vuelo, donde se adquieren la galería de imágenes de los cultivos de caña de azúcar; el procesamiento de imágenes para generar los ortomosaicos; la clasificación supervisada y no supervisada y, por último; el análisis de la información obtenida. En el apartado de resultados se presentan evidencias de cada paso del desarrollo, incluye imágenes de los cultivos mapeados, el resultado de la clasificación de 3 algoritmos utilizados y la discusión de estos productos, además de exponer los análisis estadísticos para determinar la exactitud de la clasificación. Se concluye con las observaciones de cada método implementado, el software utilizado y recomendaciones para trabajos futuros

## **METODOLOGÍA**

La Percepción Remota es un componente determinante en la AP, sobre todo, cuando se habla de monitoreo de cultivos a través de imágenes aéreas o satelitales con las que es posible clasificar unidades de vegetación, crear inventarios, conocer las etapas de crecimiento, el vigor vegetal, necesidades nutrimentales, hacer estimaciones de la biomasa y rendimientos, muestrear propiedades físicas y químicas del suelo en complejos entornos biofísicos (Aguilar Rivera, 2015). La radiación reflejada por la vegetación es capturada en una imagen por medio de un sensor (cámara) colocado en un vehículo aéreo no tripulado (VAN) que recorre amplias extensiones de terreno. Estas imágenes que contienen la información espectral del cultivo son afectadas por un conjunto de variables que influyen en el procesamiento de los píxeles, es por eso que la segmentación y clasificación de objetos es la etapa de mayor relevancia en el proceso de análisis de una imagen (Sabzi, Abbaspour-Gilandeh, & Javadikia, 2017). El experimento tuvo como sujetos de estudio dos cultivos de caña de azúcar de los ranchos El Encanto y La Aurora ubicados en el municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. El procedimiento constó de cuatro fases:

### **Plan del vuelo**

Las imágenes son adquiridas a través de un vehículo aéreo no tripulado (VAN) conocido como dron, modelo DJI Phantom 4 Pro equipado con una cámara RGB para sensar las bandas rojo, verde y azul del espectro electromagnético, con una duración de vuelo de aproximadamente 20 minutos por batería. El software para operar el vehículo que se utilizó fue la aplicación DJI GO 4 para Android, la cual, a través de la telemetría, permite detectar el estado de la aeronave, los sensores y la cámara.

En este caso, se utilizó Google Earth para conocer la geolocalización de los predios y así poder exportarlos como archivos kmz, e importarlos en el software de vuelo programado, de esta manera el piloto conoce el área que se volará anticipadamente. Para programar la fotogrametría del vuelo se usó la aplicación Pix4D Capture y Ctrl + DJI solo disponible para Android, la configuración de los parámetros del vuelo autónomo se muestra a continuación:

Traslape (*Overlapping*): 80%

Velocidad: intermedia

Ángulo de la cámara: 90 gados

Orientación: forward

Altura: 70 metros

Es recomendable realizar una visita al campo para estudiar las condiciones del terreno, observar si existen obstáculos, sus alturas y ubicaciones, condiciones del viento, infraestructura que genere radiación electromagnética, con la intención de tener datos

confiables de configuración y evitar una colisión durante el vuelo (González, Amarillo, Amarillo, & Sarmiento, 2015).

### **Procesamiento de imágenes**

Una vez que el vuelo se ha realizado y se dispone de la galería de imágenes de los cultivos, la siguiente etapa es la construcción del ortomosaico, esta se realizó con el software de transformación conocido como Pix4D Mapper. Los sistemas de transformación procesan las imágenes utilizando los datos geoespaciales adheridos en los metadatos, combinándolas muy similar a la integración de un mosaico para presentar una sola imagen (ortoimagen) del cultivo. Las imágenes RGB capturadas son utilizadas para generar productos cartográficos como: el mapa de reflectancia, el modelo de elevaciones, nube de puntos, entre otros.

Es importante señalar que los productos son elementos de 2D (dos dimensiones), a pesar de que el software permite el modelado 3D, se recomienda que se inhabiliten las opciones para efectos de consumir menos tiempo en el procesamiento que consume una cantidad de tiempo considerable. El resultado final es una única imagen en formato .tif del total de la extensión de la superficie sobrevolada por el dron (Tapia Arenas, Guevara Bonilla, & Esquivel Segura, 2019).

### **Clasificación de las imágenes**

La clasificación del mosaico RGB creado a partir del índice de las imágenes capturadas por el dron, tiene como finalidad distinguir las unidades de vegetación correspondientes al cultivo de caña de azúcar, de otro tipo de vegetación y del suelo. Los primeros dos métodos de clasificación a implementar son supervisados, requieren de una etapa de entrenamiento y son conocidos como: Distancia Mínima y Ángulo Espectral. El primero utiliza valores espectrales medios de las distintas clases, ignorando las varianzas entre ellas, mientras que los segundos utilizan una regla de decisión basada en ángulos espectrales formados entre un espectro de referencia y un píxel no clasificado en un espacio de  $n$  dimensiones, donde  $n$  es el número de bandas disponibles (Willington, Nolasco, & Bocco, 2013). El tercer método por implementar es de categoría no supervisado se denomina *Kmeans* o clusterización. Esta técnica clasifica un determinado conjunto de objetos en  $k$  *clusters* (clases), cada *cluster* es representado por la media de sus puntos, es decir, su centroide (Cambronero, 2006).

Para la clasificación supervisada se establecieron tres clases de entrenamiento: la caña de azúcar (clase 1), suelo natural (clase 2) y otra vegetación (clase 3), representadas por buffers de píxeles extraídos de la imagen original por medio del componente *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) y la herramienta *Region Of Interest* (ROI). Esto, permite crear la firma espectral de cada clase que identifica y etiqueta el resto de los píxeles de la ortoimagen, los algoritmos ejecutados son Distancia Mínima y Ángulo Espectral. La clasificación no supervisada es realizada por la herramienta *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA), la cual implementa el algoritmo *Kmeans* que actúa sobre imágenes monobanda, por lo que se separa la ortoimagen en los componentes: R, G y B. Los parámetros del *Kmeans*, especifican el número de *clusters* en que se agrupara los píxeles y de iteraciones para establecer los centroides, se definieron los valores de 10 y 5 respectivamente.

## Evaluación del modelo

Los modelos de clasificación de imágenes requieren métodos de evaluación para medir el nivel de exactitud. El mecanismo más usual para realizar esta actividad se conoce como matriz de confusión; este estadístico contiene la información obtenida por el algoritmo de clasificación versus la clase a la que las muestras de la escena realmente pertenecen, con esta información se calcula el nivel de concordancia entre regiones identificadas por el clasificador y la ubicación real en el terreno. El índice de exactitud es la proporción del total de las clasificaciones correctas respecto al total de píxeles procesados por la matriz. Otro índice de efectividad en el proceso de clasificación es Kappa, el cual mide el porcentaje de acierto entre lo clasificado y las clases muestra (Santamaria & Aldalur, 2014).

La matriz de confusión se implementó con la herramienta SAGA, a través del conjunto de funciones que posee para la clasificación de imágenes. Se comparó la efectividad de los métodos de clasificación supervisada y se obtuvo la combinación de ambas clasificaciones, adicionalmente se calcularon los índices de exactitud y kappa. La clasificación no supervisada se consideró como un marco de referencia para determinar las clases de entrenamiento no forma parte de la matriz de confusión.

## RESULTADOS

La planeación del vuelo dio inicio con la geolocalización de los predios en Google Earth, donde se focaliza con un polígono en rojo el área que se planea volar, aproximadamente se cubren en ambos casos de 8 a 9 hectáreas, Figura 1.



**Figura 1. Geolocalización de los predios a estudiar, A) El Encanto B) La Aurora  
Fte. Google Earth**

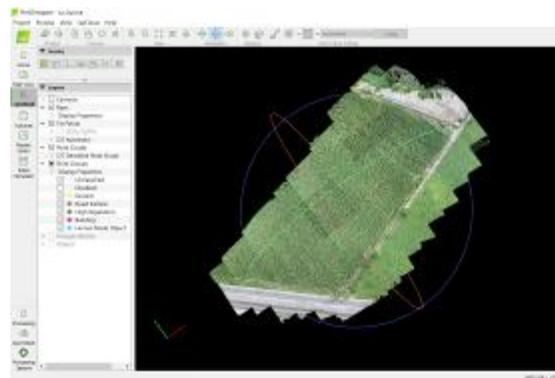
La ubicación es exportada en formato kmz para ser utilizada por el software de vuelo programado Pix4D Capture, posterior, se configuró la misión con los parámetros señalados en la sección anterior, Figura 2.



**Figura 2. Configuración del plan de vuelo en Pix4D Capture Fte. Propia**

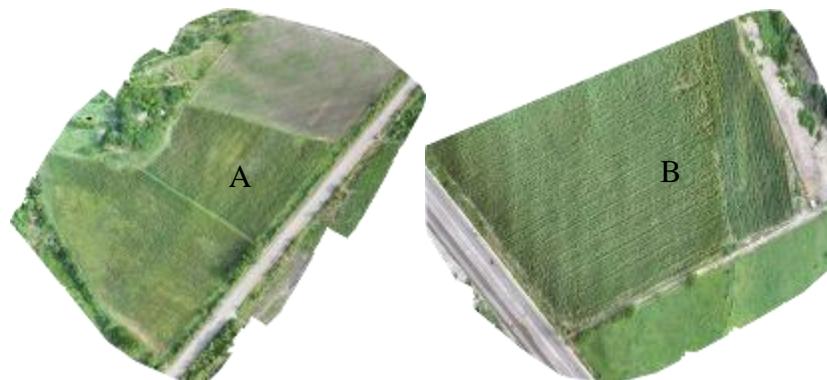
De la ejecución del vuelo se obtuvieron dos galerías de imágenes RGB pertenecientes a los ranchos El Encanto y La Aurora, productores de caña de azúcar, con 173 y 198 fotografías georreferenciadas, respectivamente.

La construcción de los ortomosaicos de cada terreno se realizó en Pix4D Mapper, el proceso duró aproximadamente 7 horas, utilizando un equipo Laptop Dell Inspiron 15, Intel Core I7 8th Gen, 16 GB RAM, Figura 3.



**Figura 3. Procesamiento de imágenes Pix4D Mapper Fte. Propia**

El procesamiento de imágenes produce la nube de puntos, el modelo digital de superficie y la ortoimagen esperada para el análisis, Figura 4.

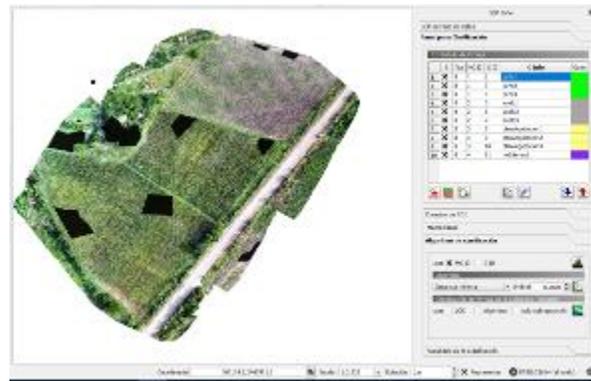


**Figura 4. Ortomosaicos A) El Encanto y B) La Aurora. Fte. Propia**

Estas ortoimágenes muestran los cultivos de caña de azúcar de los dos casos de estudio, se observan elementos como carreteras, veredas, vegetación diversa, construcciones, líneas eléctricas y por supuesto, los cultivos de caña de azúcar. Un productor cañero requiere conocer la cantidad de caña que produce por hectárea, es por eso por lo que, la tarea de clasificar eficientemente constituye la base para tomar decisiones acertadas.

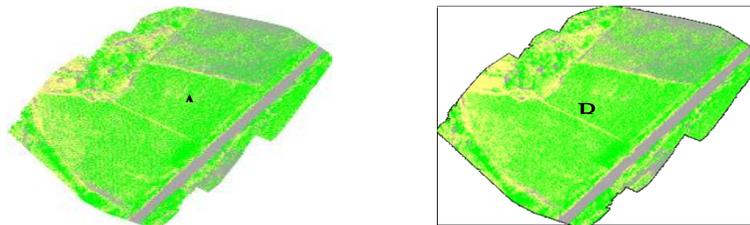
Como se explicó anteriormente, los métodos para clasificar son supervisados y no supervisados, en este caso, se inició en QGIS la implementación de los algoritmos de Distancia Mínima y Angulo Espectral.

Para la etapa de entrenamiento de estas técnicas supervisadas se crearon cuatro macro clases: caña (verde), suelo (gris), otra vegetación (amarillo) y áreas sin interés (blanco). Por cada una de estas se definieron cuatro regiones de interés, a excepción de la última, que solo ocupa una muestra de pixeles pues representa el contorno de la fotografía. En color oscuro se puede apreciar las áreas de entrenamiento que sirven para calcular la firma espectral que define a un cuerpo, Figura 5.



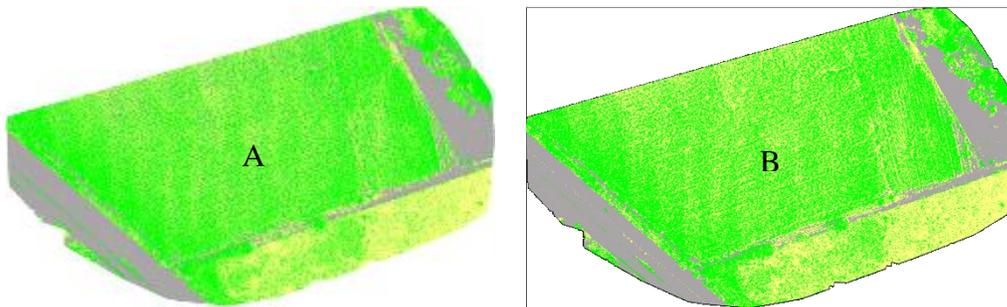
**Figura 5. Entrenamiento para Clasificación Supervisada Fte. Propia**

Posterior a la configuración del entrenamiento se ejecutaron los dos algoritmos. La Figura 6a muestra el resultado de la clasificación por Distancia Mínima, de la misma manera, la Figura 6b presenta el resultado de la clasificación por Ángulo Espectral.



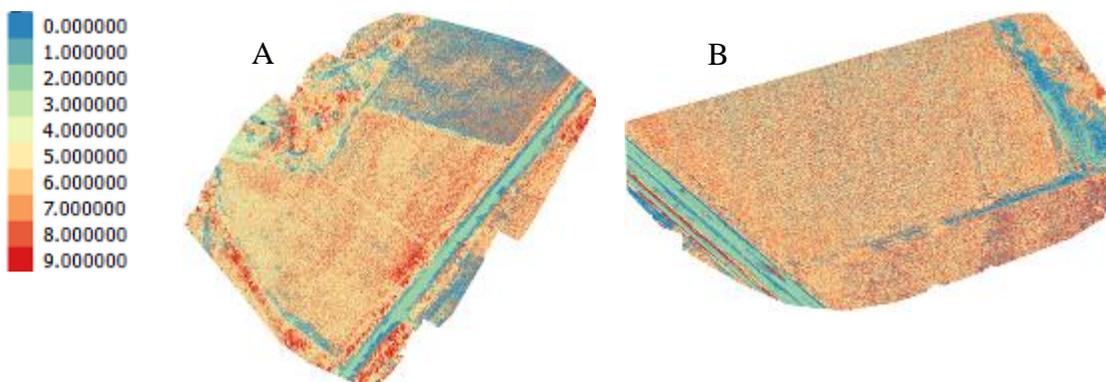
**Figura 6. Resultado de la clasificación supervisada El Encanto A) Distancia Mínima B) Ángulo Espectral. Fte. Propia**

Aunque pareciera que los dos algoritmos producen los mismos resultados, existen pequeñas diferencias que se aprecian en las imágenes, por ejemplo, el suelo (color gris) se percibe con mayor presencia entre el cultivo en la Figura 6a, en el campo real estas diferencias podrían abarcar varios metros cuadrados y poner en duda la toma de una decisión. Para el caso de estudio La Aurora, la Figura 7a y 7b presentan los ortomosaicos clasificados, no se definieron nuevos entrenamientos debido a que las características del cultivo son muy similares al anterior y el vuelo se realizó con las mismas condiciones técnicas, climáticas y de horario.



**Figura 7. Resultado de la clasificación supervisada La Aurora A) Distancia Mínima B) Ángulo Espectral. Fte. Propia**

La clasificación no supervisada se realizó por medio del algoritmo Kmeans, también a través de la plataforma QGIS. El proceso consistió en agrupar en 10 clases los objetos del ortomosaico, esta clusterización puede conducir la investigación hacia nuevas hipótesis, como, por ejemplo, utilizar los centroides de los grupos como firma espectral de las clases de entrenamiento, en la discusión de resultados se comentará sobre este caso particular que se muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Resultado de la clasificación no supervisada A) El Encanto B) La Aurora Fte. Propia**

La clusterización etiqueta en colores azul los tipos de suelo natural y asfalto, de la misma manera identifica las construcciones dentro de esta gama, la vegetación a nivel de suelo está representada con colores amarillos y la vegetación alta y la caña con colores rojo. De ahí, que este método quizá pueda ser usado para identificar con mayor exactitud las clases y su firma espectral, datos de entrada de las técnicas supervisadas, sin embargo, ese tema excede el ámbito de estudio de este trabajo.

Para la evaluación del modelo se calcularon las matrices de confusión utilizadas para comparar los métodos de Distancia Mínima y Ángulo Espectral, además de conocer el grado de exactitud en que los píxeles han sido clasificados correctamente por el algoritmo (exactitud global), y el grado de acierto en que los píxeles se han clasificado correctamente respecto a la clase a la que pertenecen (kappa). En la Tabla 1, se muestran la matriz de confusión para el rancho El Encanto.

**Tabla 1. Matriz de confusión, El Encanto. Fte. Propia**

Nombre	Caña	Suelo	OtraVegetación	NoClasificado	Totales
Caña	22763932	363802	517067	0	23644801
Suelo	0	8226879	3208614	0	11435493
OtraVegetación	76779	265812	15046908	0	15389499
NoClasificado	0	0	0	33849497	33849497
	22840711	8856493	18772589	33849497	84319290

<b>Exactitud</b>	<b>55%</b>
<b>Kappa</b>	<b>48%</b>

En esa clasificación espectral la tasa de exactitud global fue del **55%** y, **48%** de los píxeles están correctamente ubicados en las clases a las que pertenecen. Los píxeles pertenecientes al contorno de la imagen son etiquetados como No Clasificados, lo cual es correcto, pues no contienen información de interés para los productores cañeros o para el cálculo del índice de exactitud global. La Caña es clasificada adecuadamente, **27%** global con aproximadamente el **100%** de los píxeles etiquetados correctamente, presenta un mínimo grado de confusión con otra vegetación. El suelo representa la cantidad menor de píxeles analizados (**9%** global), el **90%** se etiquetó en la clase correcta con grados mínimos de confusión entre las clases 1 y 3. La otra vegetación tiende a confundirse con la clase 2 (suelo) en un grado de significancia, posiblemente porque hay una fracción del predio que tiene un cultivo diferente a la caña de azúcar con follaje de menor espesor para el que no se definió un patrón espectral, presenta un **80%** de los píxeles etiquetados correctamente.

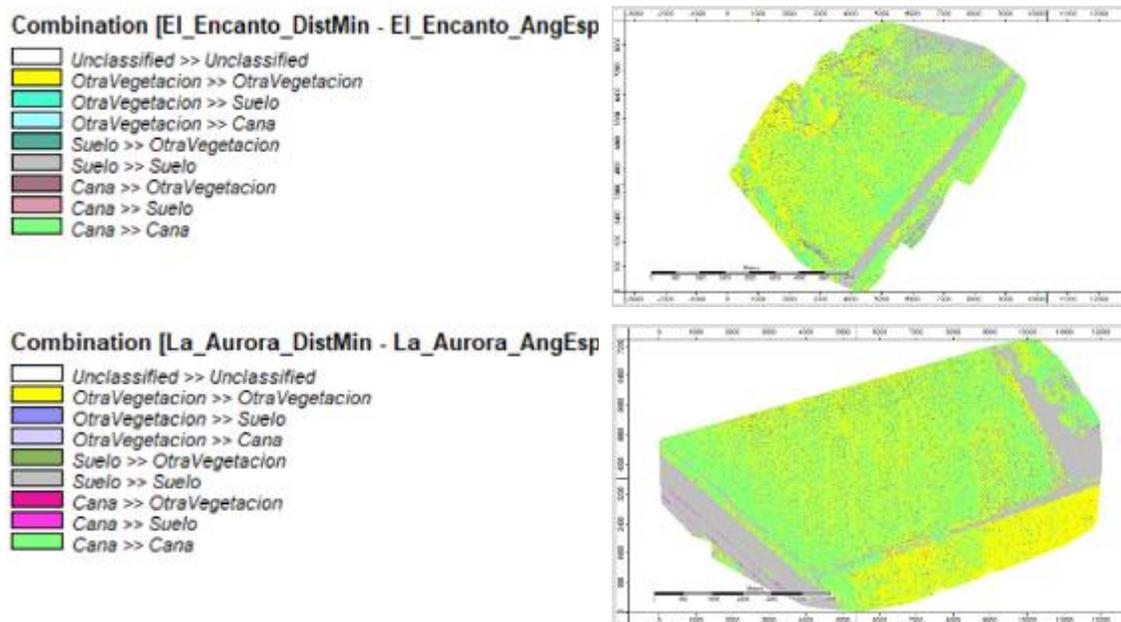
La Tabla 2 presenta los resultados de la matriz de confusión para el rancho La Aurora. Se observa un índice de exactitud global del **65%** con una índice kappa del **57%**, la diferencia radica en que el ortomosaico presenta menos elementos que el campo anterior, por ejemplo, no tiene cultivos diferentes a la caña, tampoco construcciones que puedan confundirse con las clases definidas. Presenta un comportamiento de clasificación similar, el Suelo es el grupo con menor cantidad de píxeles a analizar, el **85%** de otra vegetación se clasificó correctamente, el aumento respecto al caso anterior se puede atribuir a la no existencia de cultivos diferentes y, presenta confusión con la clase 2.

**Tabla 2. Matriz de confusión, La Aurora. Fte. Propia**

Nombre	Caña	Suelo	OtraVegetación	NoClasificado	Totales
Caña	28740958	241963	678157	0	29661078
Suelo	0	9667350	2889509	0	12556859
OtraVegetación	184181	146511	19174703	0	19505395
NoClasificado	0	0	0	26907078	26907078
Totales	28925139	10055824	22742369	26907078	88630410

<b>Exactitud</b>	<b>65%</b>
<b>Kappa</b>	<b>57%</b>

La combinación de los algoritmos supervisados se observa en la Figura 9 para ambos casos de estudio, la leyenda de color advierte la relación de confusión entre clases.



**Figura 9. Combinación de algoritmos clasificación supervisada Fte. Propia**

## CONCLUSIONES

En base a los resultados anteriores, se determina que los algoritmos de Distancia Mínima y Ángulo Espectral son eficientes, porque etiquetan correctamente los grupos de píxeles en las clases adecuadas, sin embargo, los índices de exactitud global no se consideran óptimos. Se recomienda que para mejorar la clasificación se integren un número mayor de clases durante el entrenamiento, en la Figura 9 se muestra la confusión entre clases, es decir, se identifican aquellas que requieren diversificarse, de esta manera se consideran otros elementos dentro del ortomosaico con información espectral que evite la confusión.

## Trabajos Futuros

- Estudiar otros algoritmos de clasificación supervisada como el de Máxima Probabilidad para tener un elemento más en la evaluación de exactitud.
- La información de las bandas RGB es limitada, con el equipo adecuado es posible recuperar datos del espectro infrarrojo ocupado en una gran variedad de aplicaciones en el monitoreo de cultivos mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).
- Adicionalmente a la información espectral es posible incorporar datos espaciales para análisis de textura
- El número de *clusters* en la clasificación no supervisada es posible calcularlo por medio del método de codo para *kmeans*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdullahi, H. S., Sheriff, R. E., & Mahieddine, F. (2017). Convolution neural network in precision agriculture for plant image recognition and classification. *Seventh International Conference on Innovative Computing Technology (Intech)* (págs. 1-3). Londres: IEEE.
- Aguilar Rivera, N. (2015). Percepción remota como herramienta de competitividad de la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 399-405.
- Aguilar, N., Galindo, G., Fortanelli, J., & Contreras, C. (2010). Índice normalizado de vegetación en caña de azúcar en la Huasteca Potosina. *Avances en investigación agropecuaria*, 14(2), 49-65.
- Cambronero, C. G. (2006). Algoritmos de aprendizaje: knn & kmeans. *Inteligencia en Redes de Comunicación* (pág. 23). Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Constante, P., Gordon, A., Chang, O., Pruna, E., Acuna, F., & Escobar, I. (2016). Artificial Vision Techniques to Optimize Strawberry's Industrial Classification. *IEEE Latin America Transactions*, 14(6), 2576-2581.
- Dallos Bustos, C. D. (2017). *Modelo Para Clasificación de Imágenes Multiespectrales a Partir de los Complejos de Células Abstractas (CCA)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2015). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Revista Especializada en Ingeniería*, 23-37.
- Long, W., & Srihann, S. (septiembre de 2004). Land cover classification of SSC image: unsupervised and supervised classification using ERDAS Imagine. *In IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4, págs. 2707-2712.
- Mate, P. G., Singh, K. R., & Khobragade, A. (2016). Feature extraction algorithm for estimation of agriculture acreage from remote sensing images. *World Conference on*

*Futuristic Trends in Research and Innovation for Social Welfare (Startup Conclave)* (págs. 1-5). IEEE.

- Sabzi, S., Abbaspour-Gilandeh, Y., & Javadikia, H. (2017). Machine vision system for the automatic segmentation of plants under different lighting conditions. *Biosystems Engineering*, 161, 157-173.
- Santamaria, M., & Aldalur, B. (2014). Enfoque estadístico de análisis de textura: su aplicación a la clasificación de un ortofotomosaico del valle de inundación del arroyo Naposta Grande. *GeoFocus*, 55-67.
- Tapia Arenas, A., Guevara Bonilla, M., & Esquivel Segura, E. (2019). *Procesamiento de imágenes a partir de vehículos aéreos no tripulados utilizando software libre*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Tripicchio, P., Satler, M., Dabisias, G., Ruffaldi, E., & Avizzano, C. A. (2015). Towards smart farming and sustainable agriculture with drones. In *2015 International Conference on Intelligent Environments* (págs. 140-143). IEEE.
- Willington, E., Nolasco, M., & Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. *Congreso Argentino de AgroInformática* (págs. 207-216). Argentina: JAIIO - CAI.

## USO DE LA PLATAFORMA MOODLE: UN ANÁLISIS PREVIO A LA NUEVA NORMALIDAD

Recibido: 15 de septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre 2020

M. Chávez Hernández<sup>1</sup>  
K. Berlanga Reséndiz<sup>2</sup>  
J.J Delgado Meraz<sup>3</sup>  
J.J. Cruz Moctezuma<sup>4</sup>

### RESUMEN

Se presenta un análisis de información estadística y documental que describe la evolución en tres momentos en cuanto al uso de la herramienta de gestión de aprendizaje “Moodle”, por la que ha transitado el personal docente del Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, para hacer frente a la nueva normalidad implementada por el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Educación Pública cabe mencionar que aún y cuando previo al surgimiento de la enfermedad denominada “COVID”, se había considerado como prioritaria la capacitación del docente en el uso de la plataforma Moodle, el porcentaje de docentes que hacían uso de la plataforma era mínimo. Se evidencia que las crisis sin lugar a duda son un sinónimo de oportunidad ya que como respuesta emergente ante la nueva normalidad se implementa un curso de Gestión y Administración de cursos en Moodle, obteniéndose el mayor porcentaje de docentes capacitados llegando a un 78%, y por consiguiente logrando que el 100% de las materias a impartir en el semestre septiembre 2020 – enero 2021 ya se encuentran disponibles para que el estudiante las reciba en línea.

**PALABRAS CLAVE:** nueva normalidad, Moodle, enseñanza virtual, Covid-19, sistema de gestión de aprendizaje.

### ABSTRACT

An analysis of statistical and documentary information is presented that describes the evolution in three moments in terms of the use of the learning management tool "Moodle", through which the teaching staff of the National Technological Institute of Mexico Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles has traveled , to face the new normality implemented by the Federal Government, through the Ministry of Public Education

It is worth mentioning that even when prior to the emergence of the disease called “COVID”, the training of teachers in the use of the Moodle platform had been considered a priority, the percentage of teachers who used the platform was minimal.

It is evident that crises are undoubtedly a synonym of opportunity since, as an emergent response to the new normal, a course in Management and Administration of courses is implemented in Moodle, obtaining the highest percentage of trained teachers reaching 78%, and therefore achieving that 100% of the subjects to be taught in the semester september 2020 - january 2021 are already available for the student to receive them online.

**KEY WORDS:** New Normality, Moodle, virtual teaching, Covid-19, learning management system.

---

<sup>1</sup>Jefa del Departamento de Cs. Económico Administrativas. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, marlene.chavez@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, karina.berlanga@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Subdirector Académico. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, jesus.delgado@tecvalles.mx

<sup>4</sup> Estudiante Residente de Ingeniería en Gestión Empresarial. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 16690114@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

La nueva normalidad adoptada como obligada en casi todo el mundo, ha cambiado la forma en que normalmente se desarrollaba el proceso de enseñanza-aprendizaje en todos los niveles educativos ocasionando crisis en la mayoría de las instituciones educativas por la suspensión de clases presenciales y su reemplazo por el desarrollo de cursos de manera virtual o en línea de manera apresurada y sin la adecuada formación del docente para solventar las necesidades de las partes interesadas, ha traído consigo una serie de dificultades que de alguna u otra forma se pueden retomar positivamente y ser valoradas como un sinónimo de oportunidad para lograr un desempeño óptimo en la cobertura de los Programas Académicos en tiempo, forma y calidad.

La epidemia ha alterado los componentes esenciales para el desarrollo infantil y del adolescente adecuado: buena salud, nutrición adecuada, atención receptiva, oportunidades para el aprendizaje, protección y seguridad. El sistema educativo en México ha tenido que adaptarse frente a los retos causados por la pandemia del COVID-19. El gobierno tiene el reto de implementar estrategias de educación a distancia que respondan a la emergencia de manera oportuna, sin dejar de responder a las prioridades de inclusión establecidas en las estrategias nacionales de política. Frente a las brechas existentes, la pandemia enfrenta al gobierno a la encrucijada entre dos objetivos: el de reforzar los aprendizajes y/o construir nuevos aprendizajes, priorizando al mismo tiempo la permanencia de los alumnos. (García Chiñas, 2020).

En el proceso educativo-formativo se da un intercambio de conocimientos, experiencias y actitudes que se establece en el ámbito académico entre el docente y estudiante, a esto se denomina relación didáctica y es concreta, compleja y continua en su duración. Dicha relación se establece entre otras la utilización de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para obtener, procesar, compartir información y construir conocimientos, así como para trascender el aula y establecer un entorno de correspondencia e intercambio permanente y oportuno. (DGEST, 2012)

Ante la nueva normalidad las Instituciones educativas han hecho uso de las múltiples herramientas de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para poder continuar impartiendo sus clases de una forma no presencial. Dentro de este contexto, es importante mencionar que para las Instituciones de Educación Superior no ha sido fácil la transición para ofrecer sus cursos en línea, esto quiere decir que un gran número de docentes no estaban capacitados para ofrecer cursos virtuales, en línea o a distancia (G. Altbach & Hans de Wit, 2020)

En este sentido se comprende que las Instituciones Educativas se vieron obligadas a sustituir la docencia presencial por una docencia en línea en el mejor de los casos o virtual en algunos otros, ante este escenario el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles no fue la excepción y se generó un replanteamiento donde se establecen estrategias que permitieran el cumplimiento de los objetivos definidos en los programas académicos.

Por consiguiente el análisis desarrollado prioriza como punto de partida un diagnóstico que permita la identificación de fortalezas y debilidades de la plantilla docente de la institución, en este primer intento se hace referencia únicamente a la formación del docente en cuanto al uso de la Plataforma Moodle para la construcción y gestión de ambientes virtuales, utilización de herramientas digitales para seguimiento de la gestión de curso, haciendo

hincapié en la importancia de diseñar estrategias de formación e identificar de manera oportuna la utilización de las plataformas educativas o entornos virtuales tanto para los docentes y estudiantes que garanticen la construcción de aprendizajes significativos para el estudiante.

## **METODOLOGÍA**

Cómo marco de referencia la investigación se sustenta en el Modelo Educativo del siglo XXI: Formación y desarrollo de Competencias Profesionales, alineado al Programa Institucional de Innovación y Desarrollo del SNIT, el cual expresa a través de los siguientes ejes rectores que le dan vigencia y operatividad a los objetivos estratégicos que orientan el quehacer en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, los cuales son: elevar la calidad de la educación, ampliar oportunidades educativas, ofrecer educación integral y servicios educativos de calidad, mejorar la gestión institucional y como eje relacionado al tema de estudio “impulsar el desarrollo y utilización de la información y de la comunicación (TIC). (DGEST, 2012).

Se inicia con una investigación documental con la revisión de publicaciones relacionadas a la pandemia Covid-19 en cuanto a las estrategias inmediatas implementadas y el sistema educativo a nivel internacional, dicha información se relaciona con el análisis de diferentes variables analizadas de forma interna en el Instituto. Dicha información analizada se incluye como referencia entre los diferentes momentos que se describen en la presente sección.

Se presenta una investigación descriptiva de análisis documental del estudio, en el cual se analiza información proporcionada por el Departamento de Desarrollo Académico en cuanto a los cursos de formación docente que recibieron los docentes de las diferentes áreas académicas relacionados con el uso de la plataforma Moodle por el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles; así como un análisis de la información obtenida a través de investigaciones previas relacionadas con el uso de Moodle como herramienta de apoyo a las clases presenciales.

El método que se utiliza en la presente investigación fue el análisis descriptivo – comparativo, se realizó una recopilación y clasificación de la información existente para después poder analizarla, con ello será posible tomar decisiones acertadas o bien dar solución a problemas y realizar propuestas de mejoras a procesos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1997).

### **Diseño de la Investigación**

Como punto de partida de la investigación, se realiza una revisión documental relacionada al tema: uso de las tecnologías de la información y comunicaciones en el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje, identificando un estudio realizado en el año 2018 denominado: “Docentes del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles: Aplicando las Tecnologías de la Información y Comunicación como Herramientas de Aprendizaje “.

El estudio antes mencionado concluye de la siguiente forma: “se presentan datos y se observa diferencias en el uso de las TIC’S dentro del aula entre los docentes de las diferentes áreas académicas, desde la preparación y planeación de su clase, el desarrollo, hasta la evaluación, alguna de las áreas las cuales se deben potencializar, como es el uso de los blogs o el trabajar a través de la plataforma Moodle; estos principalmente ayudarán para el desarrollo de ambientes de aprendizaje y con ello mejorar la interacción con los estudiantes de manera

congruente con los avances tecnológicos que se viven hoy en día. (Berlanga Resendiz, Balderas Sanchez, Cruz Navarro , Barrios Mendoza, & Altamirano Zuñiga, 2019)

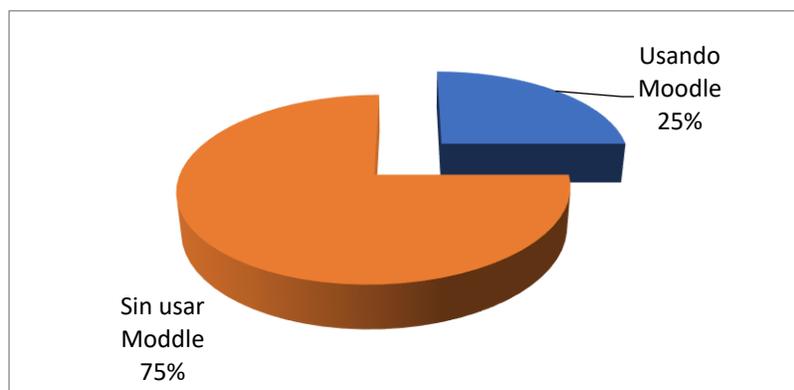
Son varias las áreas las cuales se deben potencializar, como es el trabajar a través de la plataforma Moodle; lo que principalmente ayudarán para el desarrollo de ambientes de aprendizaje y con ello mejorar la interacción con los estudiantes de manera congruente con los avances tecnológicos que se viven hoy en día. Por tanto y considerando la importancia de las TIC's en la actualidad, se observa que existe una permanente necesidad de formación en el personal docente en cuanto a los beneficios y el uso correcto de estas en el aula y con ello brindar un mejor desarrollo de las competencias para la vida profesional en los estudiantes, de esta forma permite una mejora del servicio educativo en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.” (Berlanga Reséndiz, Balderas Sánchez, Cruz Navarro, Barrios Mendoza, & Altamirano, 2019) (G. Altbach & Hans de Wit, 2020)

### Primer momento

#### ▪ Análisis de datos históricos e investigación documental

En relación a la revisión documental, a nivel estatal se identifica una publicación relacionada al tema del uso de las plataformas educativas y su impacto en la práctica pedagógica en Instituciones de Educación Superior en San Luis Potosí, en el cual se menciona algunos de los resultados que los docentes perciben que entre más usos hacen de las plataformas educativas, el impacto en su práctica pedagógica es positivo, así mismo concluyen que la capacitación sobre diseño instruccional es la que genera mayor nivel de uso, impacto positivo y disminuye el nivel de uso bajo y el impacto negativo.

Se inició con el estudio de los antecedentes en cuanto a la formación en TIC's en los docentes, a través de una revisión documental, analizando el trabajo de investigación denominado: “Docentes del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles: Aplicando las Tecnologías de la Información y Comunicación como Herramientas de Aprendizaje” de donde se obtiene lo siguiente: de los 87 docentes que formaban la plantilla docente en el año 2017, solo 22 manifestaron haber utilizado Moodle para el desarrollo de sus materias, por lo que solo el 25% de la plantilla docente del TecNM campus Ciudad Valles habían utilizado o utilizaban el Moodle como herramienta de apoyo para complementar sus clases presenciales.



**Gráfica 1. Utilización del Moodle en docentes**

Por otra parte, se analizó información proporcionada por el Departamento de Desarrollo Académico del TecNM campus Ciudad Valles, acerca de los cursos de formación docente implementados en el mismo periodo identificando 3 cursos de formación docente relacionados con Moodle, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1 Relación de cursos de formación (2018) fuente propia**

Cursos Impartidos antes del 2018	Dirigido	Docentes participantes
Gestión de Cursos en Moodle	Todos los docentes	14
Diplomado de Recursos Educativos en Ambientes Virtuales.	Todos los docentes	0
Administración y Gestión de Cursos en Moodle	Todos los docentes	18

De acuerdo con este análisis se conoce que de un total de 87 docentes que formaban la plantilla docente en ese periodo solo 32 habían recibido al menos un curso de capacitación para la utilización de la plataforma Moodle.

### Segundo momento

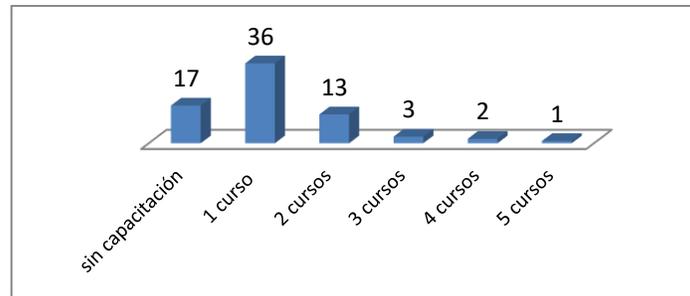
Se obtuvo un estimado de información de los cursos de formación docente relacionados a la plataforma Moodle y herramientas de apoyo para la gestión de curso, por lo que en la siguiente tabla se muestra la relación de cursos impartidos a los docentes del TecNM campus Ciudad Valles en el periodo del 2015- 2020 (TecNM Ciudad Valles, 2020), de acuerdo con lo siguiente:

**Tabla 2 Relación de cursos de formación docente (2018-2020) fuente propia**

Num.	Cursos Impartidos	Dirigido
1	Administración y Gestión de Cursos en Moodle	Todos los docentes
2	Diseño de cursos virtuales basados en el diseño instruccional para educación mixta	Docentes que imparten clases en educación mixta
3	Diseño y construcción de aula iconográficas basados en el diseño instruccional para educación mixta	Docentes que imparten clases en educación mixta
4	Administración y Gestión de Cursos en Moodle	Todos los docentes
5	Diplomado de Recursos Educativos en Ambientes Virtuales.	Todos los docentes

En la tabla 2 se puede observar que durante el 2018 y antes de marzo de 2020, en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles se desarrollaron un total de cinco cursos de formación docente de los cuales dos son dirigidos a docentes en clases de modalidad mixta que ofrece la institución y 3 cursos de formación docente fueron dirigidos a los docentes en clases presenciales.

Del total de los cursos de formación docente se logró capacitar a 55 docentes de un promedio de 94 docentes que integraron la plantilla docente entre 2018 y 2019, por lo que se obtiene el siguiente gráfico No. 2:

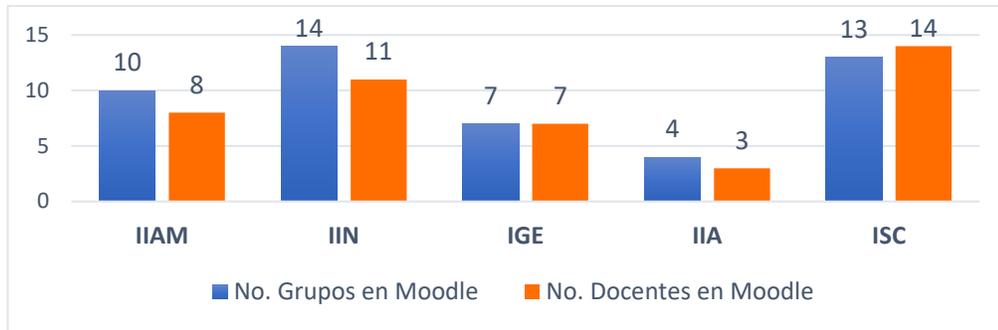


**Gráfico 2. capacitación Docente en cursos de formación docente (2018-2019)**

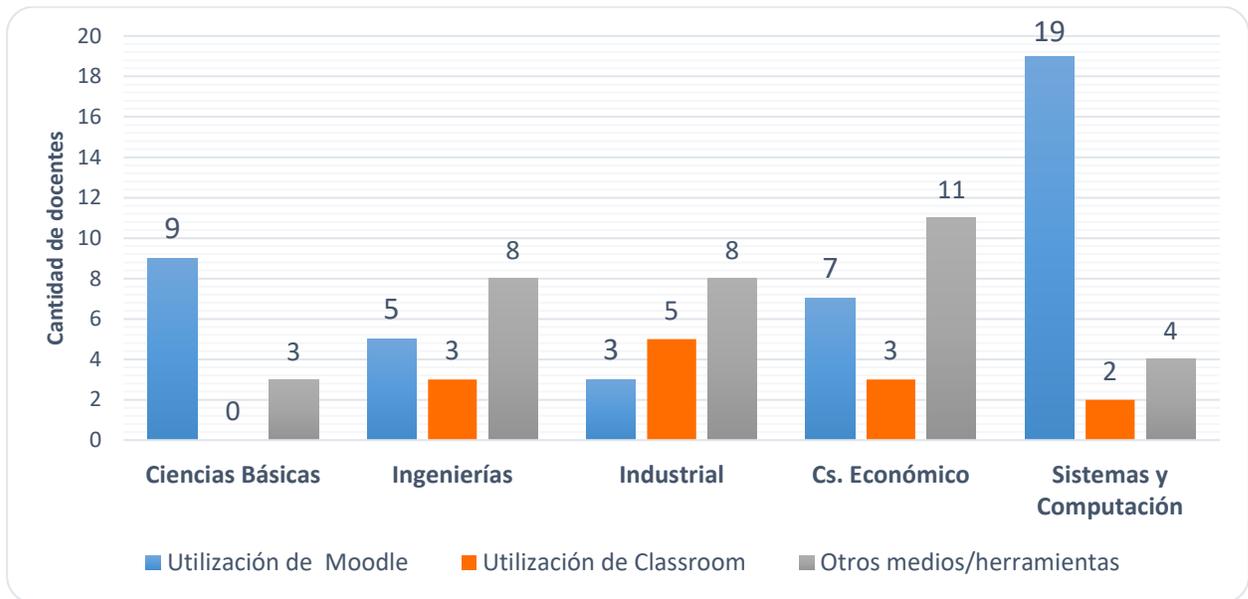
Como referencia a las condiciones digitales, refiriéndose a conectividad en las escuelas plataformas digitales, tutoría virtual, paquetes de recursos digitales y repositorio de contenido digital en los sistemas educativos de América Latina y el Caribe en el 2020, se analiza que Uruguay es el único país que cuenta con las mejores condiciones digitales seguido de Barbados, sin embargo México se ubica en el 14° lugar de 26 países en estudio, el único recurso mejor desarrollado en México es el repositorio de contenido digital y en condiciones básicas para trabajar en línea se dispone de los recursos conectividad en las escuelas y plataformas digitales. (Sabine & Viteri, 2020)

Se analizó el informe realizado en el mes de abril del 2020 solicitado por el Gobierno del Estado de San Luis Potosí denominado “Estrategias COVID” en donde se concentra información de la Plataforma Moodle y/o Plataformas virtuales utilizadas por los docentes del TecNM campus Ciudad Valles para dar seguimiento a su gestión de curso y el uso de otras herramientas poder dar cumplimiento a los objetivos esperados en cada uno de los Programas Académicos impartidos en el semestre enero-junio 2020. Es importante mencionar que está información se recopiló al inicio de la declaratoria de “Emergencia Sanitaria”.

De acuerdo a un estudio realizado a 800 docentes universitarios de América Latina por el Tecnológico de Monterrey y el Banco Interamericano de Desarrollo, menciona que 3 de 4 docentes en Latinoamérica no se sienten preparados para incorporar nuevas tecnologías en el aula ante la emergencia del COVID-19, 1 de cada 4 docentes se siente totalmente preparados para incorporar estas nuevas tecnologías digitales, el 74% de los docentes conoce nuevas tecnologías aplicables a sus cursos, sin embargo establecen que en relación a los docentes que no se sienten preparados para el uso de dichas tecnologías, se identifica que el 19% pertenecen a las universidades privadas y el 26% a universidades públicas. En relación con los programas de capacitación, 6 de cada 10 docentes consideran que han recibidos programas efectivos. (Arias, Escamilla, Lopez, & Peña, 2020)



**Gráfico 3. Grupos por carrera y docentes en plataforma Moodle**



**Gráfico 4. Utilización de plataformas virtuales / herramientas por Departamento Académico**

### Tercer momento

Una vez finalizado el semestre enero –junio 2020, el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles, diseñó un plan de acción emergente con el objetivo de implementar estrategias que facilitarían a los docentes la adaptación a la Nueva Normalidad marcada por la Secretaría de Educación Pública para Instituciones Educativas que implicaría el desarrollo del 100% de los Planes de Estudio en forma virtual o en línea.

Según el análisis realizado se observó que la principal acción que se implementó a Nivel Institucional fue la capacitación masiva de docentes para el uso de la plataforma Moodle como herramienta principal para el desarrollo de cursos virtuales; en donde el director de la institución hizo la referencia a su compromiso para coordinar la puesta en marcha de las estrategias necesarias que permitan al personal docente enfrentar el nuevo reto que se presenta ante la nueva normalidad. (TecNM campus Ciudad Valles, 2020)

Para dar inicio el semestre agosto 2020 - enero 2021, al mes de septiembre se tiene que el 100% de los docentes que integran la plantilla docente del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles han recibido al menos una capacitación y asesoría para la

administración y gestión de Cursos en Moodle y a la primer semana de septiembre se confirma que el 95% de los docentes tiene sus cursos ya desarrollados en la plataforma Moodle para poder dar inicio al semestre Agosto 2020 - Enero 2021, como se puede apreciar en la gráfica 6.



**Gráfico 5 Utilización de plataformas Moodle para el semestre agosto diciembre 2020**

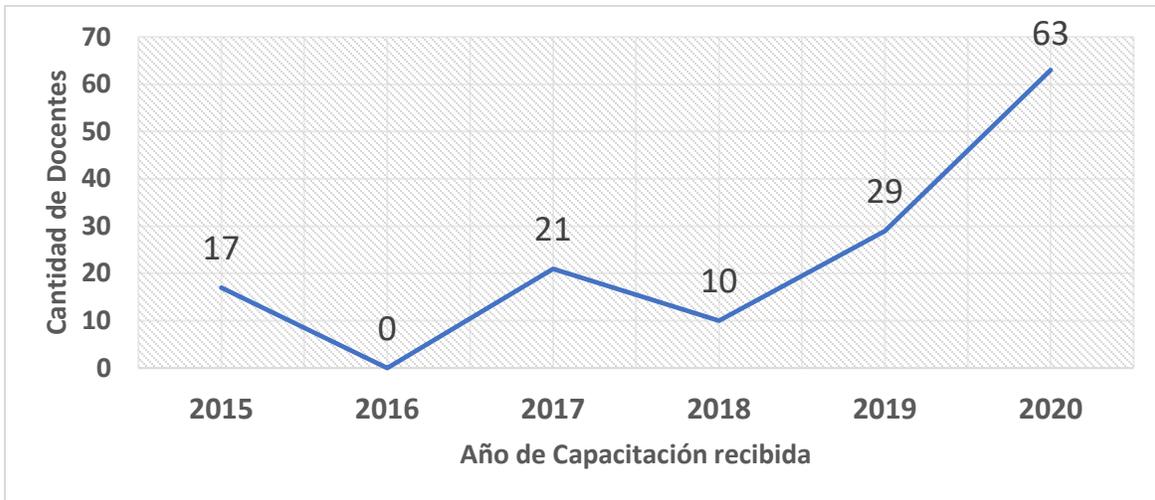
Se realiza una recopilación de la formación docente implementada de manera emergente durante la pandemia para poder estar preparados para afrontar la nueva normalidad.

## RESULTADOS

Una vez realizado el análisis se obtiene que el porcentaje de docentes que utilizan Moodle como herramienta de apoyo durante el desarrollo de su materia se ha incrementado considerablemente a través del tiempo, considerando como punto de partida el estudio realizado en el año 2017 se ha reflejado un incremento, pero sin lugar a duda no se había visualizado claramente que en realidad el docente estaba capacitado para utilizar la plataforma Moodle, fue hasta que su uso se convirtió en una necesidad para el docente y la Institución, una vez declarada la emergencia sanitaria.

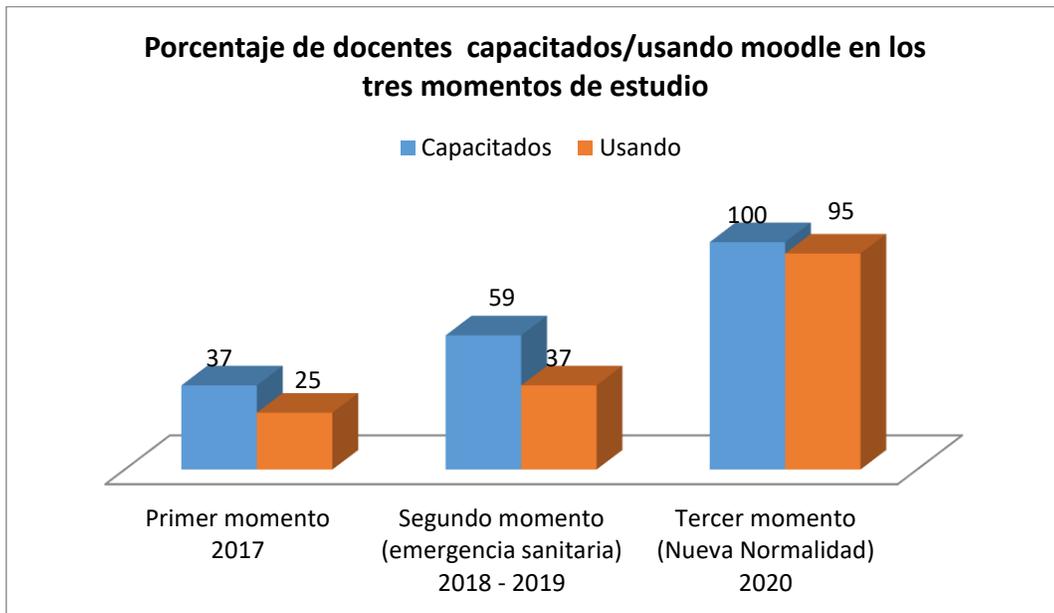
Por otro lado, es importante considerar que aun cuando en el segundo momento de evaluación fue el periodo en el que se ofertó un mayor número de cursos de capacitación en cuanto al uso de la plataforma, solo el 59% de la plantilla docente lograron culminar satisfactoriamente al menos un curso de los cinco que se proporcionaron.

Se muestra un avance considerable en el número de docentes capacitados para el uso de la plataforma Moodle en los periodos 2015 al 2020, cabe mencionar que sin llegar al 100%.



**Gráfico 6. Docentes capacitados en Moodle 2017-2020**

De forma general evaluando la información obtenida en tres momentos diferentes se observa que aun y cuando previo al surgimiento de la enfermedad denominada “COVID”, se había considerado como prioritaria la capacitación del docente en el uso de la plataforma Moodle, la cantidad de docentes que hacían uso de la plataforma era mínima, tal y como se muestra en la gráfica 7, identificándose un crecimiento de docentes capacitados del año 2019 al 2020.



**Gráfico 7 Utilización de plataformas Moodle durante los tres momentos de estudio**

Al final se realiza la comparación de la correlación que existe entre el número de cursos que se impartieron en cada uno de los tres momentos analizados con el personal docente que fue capacitado para el uso de la plataforma de acuerdo con método de: Comparar dos o más casos con el fin de poner de manifiesto sus diferencias recíprocas; así es posible entender el contexto, cambios y similitudes. Rivas Mira & Garcianava Requena (2004)

El Coeficiente de Correlación de Pearson es una medida de la correspondencia o relación lineal entre dos variables cuantitativas aleatorias, este demuestra el tipo de relación encontrado entre dos variables cuantitativas. Si se tienen dos variables, la correlación facilita que se hagan estimaciones del valor de una de ellas, con conocimiento del valor de la otra variable.

**Tabla 3 Concentrado de capacitaciones en Moodle. fuente propia**

Momento evaluado	Num de Capacitaciones	% Docentes capacitados
Primer Momento	3	37%
Segundo Momento	5	59%
Tercer Momento	1	100%
Desviación estandar	2	0.32
Coeficiente de correlación	-0.64	

De acuerdo a la determinación del coeficiente de correlación de Pearson se observa que existe una correlación negativa entre el número de capacitaciones y el porcentaje de docentes capacitados, es decir el comportamiento observado indica que cuando la cantidad de capacitaciones disminuye el número de docentes capacitados aumenta, sin embargo, este resultado se deriva de las estrategias emergentes implementadas a consecuencia de la contingencia sanitaria presentada, la cual estableció la necesidad imperante de la utilización de plataformas y recursos digitales disponibles para enfrentar esta nueva modalidad virtual.

### CONCLUSIONES

En el primer momento del análisis se observa que de un total de 87 docentes que formaban la plantilla docente en ese periodo solo 32 habían recibido un curso al menos de capacitación para la utilización de la plataforma Moodle, es decir solo el 37 % de los docentes.

En el segundo momento del análisis se observa que, de 94 docentes, se logró capacitar a 55 con al menos un curso para el uso de la plataforma Moodle. Es decir, solo el 59% de los docentes.

En el tercer momento del análisis se observa que el 100% de docentes recibieron capacitación para el uso de la plataforma Moodle.

Se evidencia que las crisis sin lugar a duda son un sinónimo de oportunidad ya que como respuesta emergente ante la nueva normalidad previo al inicio del semestre agosto 2020 - enero 2021, por lo que la estrategia implementada por el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles de capacitar al personal docente para mejorar las habilidades en cuanto a las Tecnologías de la Información y Comunicación, en lo particular de administración y gestión de cursos en la plataforma educativa Moodle, se obtiene como resultado favorable en cuanto al indicador de docentes capacitados llegando a un 100 %, esto generó como producto que el 95% de las asignaturas a impartir ya estén desarrolladas en la plataforma.

La cantidad no es sinónimo de calidad en cuanto al cumplimiento de metas establecidas en la capacitación docente, sino que se requiere la implementación de un programa de formación continua del docente con un enfoque en la creación y desarrollo de las competencias

necesarias para el uso de la tecnología adecuada al proceso de enseñanza-aprendizaje, y que a su vez permita cumplir con los objetivos relacionados con la calidad de la educación.

Por otra parte determinar el contexto en el que se inicia la nueva normalidad derivada de la emergencia sanitaria en el TecNM campus Ciudad Valles, es sin duda una prioridad para poder desarrollar un plan de acción eficaz que considere las estrategias que se deben implementar ante la presencia de situaciones similares y a la vez asegura que los contenidos de los planes de estudios sean cubiertos en su totalidad garantizando así el desarrollo de las competencias esperadas en los estudiantes y el cumplimiento en su totalidad de los planes y programas de estudio para cada una de los programas académicos impartidos actualmente.

Sin lugar a duda ha sido un gran reto de dónde se ha aprendido a valorar el verdadero papel que juegan las tecnologías de la información y comunicaciones en la construcción de ambientes de aprendizaje adecuados para el desarrollo eficaz del proceso enseñanza aprendizaje tanto dentro como fuera del aula.

A su vez se visualiza que se hace necesario profundizar en un análisis para determinar el tipo de recursos y actividades implementadas por los docentes en sus cursos, y de esta forma validar el adecuado uso de la plataforma Moodle o bien implementar un segundo momento de capacitación masiva de la plantilla docente.

Como último se puede recomendar: 1. Generar redes de colaboración para el desarrollo de recursos de aprendizaje que faciliten el cumplimiento de los objetivos institucionales, 2. Estandarizar el Diseño Instruccional y secuencias didácticas para planes de estudios similares, 3. Creación de foros y espacios para el intercambio de experiencias docentes que permitan fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje y adaptarlo a distintos contextos con el fin de mejorar la calidad de la educación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CACECA. (2018). CACECA. Recuperado el 08 de jun de 2019, de [caceca.org/](http://caceca.org/)
- CEPAL-OPS. (2020). Recuperado el septiembre de 2020, de OPS y Naciones Unidas: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52536/OPSHSSCOVID-19200027\\_spa.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52536/OPSHSSCOVID-19200027_spa.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- García Chiñas, P. (07 de mayo de 2020). Blog de la Educación Mundial. Obtenido de El reto de inclusión frente a la emergencia del COVID-19 en México: <https://educacionmundialblog.wordpress.com/2020/05/07/el-reto-de-inclusion-frente-a-la-emergencia-del-covid-19-en-mexico/comment-page-1/>
- Acosta González, M. G., Armendáriz Borunda, G., Bernal Nava, A., & al, e. (2012). Modelo Educativo Para el Siglo XXI. México, México: Dirección General de Educación Superior Tecnológica.
- Arias, E., Escamilla, J., López, A., & Peña, L. (29 de junio de 2020). Observatorio de Innovación Educativa / Tec de Monterrey. Obtenido de ¿Cómo perciben los docentes la preparación digital de la Educación Superior en América Latina?: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/encuesta-preparacion-digital-docentes-universitarios-america-latina>

- Berlanga Reséndiz, K., Balderas Sánchez, A., Cruz Navarro, C., Barrios Mendoza, S., & Altamirano Zúñiga, R. (2019). Docentes del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles: Aplicando las Tecnologías de la Información y Comunicación como Herramientas de Aprendizaje. Tendencias de la Administración en recursos humanos, la gestión política y la mercadotecnia en la administración.
- DGEST. (diciembre de 2012). Modelo Educativo del siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales. México, Mexico.
- DGEST. (diciembre de 2012). Modelo Educativo para el siglo XXI. Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales. México, DF, Mexico.
- G. Altbach, P., & Hans de Wit. (25 de marzo de 2020). NEXOS. Distancia por tiempos. Obtenido de Educación Nexos: <https://educacion.nexos.com.mx/?p=2221>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). Metodología de la Investigación. Colombia: MCGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.
- IISUE. (25 de mayo de 2020). Educación y pandemia. Una visión académica. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación.
- Morales, F. (2010). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Obtenido de [ucipfg.com: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:ww5CiWx3BokJ:scholar.google.com/+Las+variables+pueden+hallarse+estrecha+o+parcialmente+relacionadas+entre+s%C3%AD,&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:ww5CiWx3BokJ:scholar.google.com/+Las+variables+pueden+hallarse+estrecha+o+parcialmente+relacionadas+entre+s%C3%AD,&hl=es&as_sdt=0,5)
- OPS, O. P. (junio de 2020 de 2020). Repositorio institucional para intercambio de la información. Obtenido de Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para las Américas: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52427>
- Ramírez García, R. (25 de junio de 2020). Consejo Mexicano de Investigación Educativa A.C. Obtenido de La educación superior en México en la vorágine del COVID-19: <http://www.comie.org.mx/v5/sitio/2020/06/25/la-educacion-superior-en-mexico-en-la-voragine-del-covid-19/>
- Ramírez Valdez, W., & Barajas Villarruel, J. I. (junio de 2017). Uso de las plataformas educativas y su impact. Revista Electrónica de Tecnología Educativa y su impacto en la práctica pedagógica en Instituciones de ES en San Luis Potosí (60).
- Restrepo B, L., & González L, J. (abril-junio de 2007). De Pearson a Spearman. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Vol. 20(No. 2), 183 - 192. Recuperado el 03 de 07 de 2019, de Universidad de Antioquía
- Rivas Mira, F. A., & Garcianava Requena, D. d. (ene/jun de 2004). El método del análisis comparativo y su aplicación en los casos de la actividad turística de México y Nueva Zelanda 2000-2003. APORTES, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico, Vol. 3 (No 7), p.p 23-41. Recuperado el 20 de feb de 2019, de <http://www.portesasiapacifico.com.mx/revistas/epocaii/numero7/2.pdf>
- Sabine, R.-A., & Viteri, A. (2020). COVID-19: ¿Estamos preparados para el aprendizaje en línea? IDB (Banco Interamericano de Desarrollo), 4.

TecNM campus Ciudad Valles. (12 de agosto de 2020). Obtenido de Página oficial del Tecnológico Nacional de Mexico Campus Ciudad Valles: <http://www.tecvalles.mx/web/>

TecNM Ciudad Valles, D. (09 de septiembre de 2020). Concentrado de capacitación 2015-2020. Valles, San Luis Potosí, México.

Tecnológico Nacional de México. (2009). Ingeniería en Gestión Empresarial. (Tecnológico Nacional de México) Recuperado el 17 de jun de 2019, de [www.tecnm.mx](http://www.tecnm.mx): [https://www.tecnm.mx/licenciatura\\_2009\\_2010/ingenieria-en-gestion-empresarial](https://www.tecnm.mx/licenciatura_2009_2010/ingenieria-en-gestion-empresarial)

## EVALUACIÓN GLOBAL DE LOS PUESTOS DE TRABAJO DE UNA EMPRESA AZUCARERA CON MÉTODO LEST

Recibido: 15 de septiembre del 2020  
Aceptado: 29 de septiembre 2020

B.I. Lara Izaguirre<sup>1</sup>  
M.M. Saldierna Altamirano<sup>2</sup>  
L.G. Rivas Vargas<sup>3</sup>  
C.A. Rodríguez Lárraga<sup>4</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo aborda la evaluación ergonómica de puestos, utilizando el método LEST como herramienta para determinar si las condiciones de trabajo son: satisfactorias, molestas o nocivas. Se evaluaron las 5 dimensiones que comprende la guía de observación en el taller mecánico de una empresa azucarera. En la metodología se tomaron como referencia la NOM-011-STPS-2001, NOM-015-STPS-2001, NOM 024-STPS-2001 y NOM-025-STPS-2008 para las valoraciones de las variables que comprenden las dimensiones de carga física y entorno físico. Los datos obtenidos se analizaron con el Software Ergoniza y se valoraron con las puntuaciones del método LEST. Resultando alta nocividad para los cuatro trabajadores estudiados en cuanto a las dimensiones de carga física y entorno físico, además se observó que los trabajadores presentaron agotamiento al finalizar la jornada de trabajo y vista cansada lo que les ocasiona fatiga, por lo que es necesario tomar medidas adecuadas para mejorar la situación del entorno laboral y evitar daños en la salud física y mental de los trabajadores.

### PALABRAS CLAVE

LEST, Evaluación Global, Ergoniza, Trastornos Musculoesqueléticos

### ABSTRACT

This work deals with the ergonomic evaluation of positions, using the LEST method as a tool to determine whether the working conditions are: satisfactory, annoying or harmful. The 5 dimensions included in the observation guide were evaluated in the mechanical workshop of a sugar company. In the methodology, the NOM-011-STPS-2001, NOM-015-STPS-2001, NOM 024-STPS-2001 and NOM-025-STPS-2008 were taken as a reference for the evaluations of the variables that comprise the load dimensions physical and physical environment. The data obtained were analyzed with the Ergoniza Software and evaluated with the scores of the LEST method. Resulting high harmfulness for the four workers studied in terms of the dimensions of physical load and physical environment, it was also observed that the workers presented exhaustion at the end of the work day and tired eyes, which causes fatigue, so it is necessary to take measures adequate to improve the situation of the work environment and avoid damage to the physical and mental health of workers.

### KAY WORDS

LEST, Global Evaluation, Ergoniza, Musculoskeletal Disorders

---

<sup>1</sup> Profesora del programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.  
brenda.lara@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Profesora del programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.  
Magdalena.saldierna@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Profesora del programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.  
Lizbeth.rivas@tecvalles.mx

<sup>4</sup> Ingeniera Industrial egresada del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles.  
Anahi\_310894@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones laborales en las que se desempeña un trabajador no solo afectan su bienestar físico también su eficiencia en la productividad se ve disminuida, lo que incide en los indicadores de la empresa donde labora. La necesidad de ser productivos y producir con calidad para cumplir las exigencias de los clientes y mantener un margen adecuado de utilidad es hoy en día una característica de las empresas que persiguen mantenerse en el mercado competitivamente (Escalante, 2009).

Es un método de fácil aplicación que considera los aspectos de entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempos de trabajo. El método pretende la evaluación de las condiciones de trabajo de la forma más objetiva y global posible, estableciendo un diagnóstico final que indique si cada una de las situaciones consideradas en el puesto es satisfactoria, molesta o nociva (Escalante, 2009). Se evaluaron a los cuatro trabajadores del taller mecánico, el estudio se realizó mediante la observación de los movimientos que desarrollan en su trabajo y la aplicación de un cuestionario de la guía que considera el método.

Las respuestas y los datos obtenidos de las condiciones de trabajo se evaluaron mediante la puntuación que establece el método LEST con el apoyo de la herramienta ERGONIZA online de la Universidad Politécnica de Valencia (2020), España.

## METODOLOGÍA

La Metodología para la evaluación global con el método LEST se realizó en las siguientes fases:

1.- Analizar y recopilar información referente a las funciones que se desempeñan en cada uno de los puestos de trabajo.

Para la realización de este estudio se utilizó el método de observación, la muestra utilizada consistió en analizar cada una de las actividades que realizan los cuatro trabajadores que operan en el taller mecánico en la empresa azucarera.

Los puestos de trabajo están desplegados en tres turnos de operación en jornadas rotativas de 8 horas, de la siguiente manera: 2 torneros de jornada de día, 1 tornero de turno y 1 aparatista de jornada de día, dentro de las actividades que desarrollan cada uno de los operadores se encuentran tareas de torno para la fabricación y reparación de piezas en base al diseño indicado por el jefe inmediato y mantenimiento a sus propios equipos a su cargo.

2.- Realizar diagnóstico de los puestos de trabajo mediante la guía de observación.

El estudio se realizó durante el período comprendido de agosto a diciembre de 2019, las variables del entorno físico que se evaluaron fueron: iluminación, temperatura, vibraciones y nivel de ruido. Para las mediciones de estas variables se utilizó la metodología de las normas: NOM-025-STPS-2008, condiciones de iluminación en los centros de trabajo; NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido; NOM-015-STPS-2001, condiciones térmicas elevadas o abatidas-condiciones de seguridad e higiene y NOM-024-STPS-2001, vibraciones-condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

El método LEST fue desarrollado por F. Guélaud, M.N. Beauchesne, J. Gautrat y G.

Roustantg, miembros del *Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail* (LEST), y pretende la evaluación de las condiciones de trabajo de la forma más objetiva y global posible, estableciendo un diagnóstico final que indique si cada una de las situaciones consideradas en el puesto es satisfactoria, molesta o nociva (Escalante, 2009)

Para determinar el diagnóstico el método considera 16 variables agrupadas en 5 aspectos (dimensiones): entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo. La evaluación se basa en las puntuaciones obtenidas para cada una de las 16 variables consideradas (Sánchez & Reyes, 2016). Buscando la facilidad de aplicación, la versión del método implementada en Software en línea ERGONIZA, es una simplificación que considera 14 de las 16 variables, permitiendo así eliminar algunos de los datos solicitados en la guía de observación de difícil obtención. Las variables simplificadas son ambiente térmico, ambiente. (Universidad Politécnica de Valencia, 2020)

Para aplicar el método LEST además de las mediciones para el entorno físico, se entrevistó a los trabajadores, solicitando información referente a las actividades desarrolladas en el puesto de trabajo. La información obtenida de las mediciones y entrevistas se valoró de acuerdo a las Dimensiones de la Tabla 1.

**Tabla 1. Dimensiones de Evaluación de Método LEST. Fuente Ergonautas**

ENTORNO FÍSICO	CARGA FÍSICA	CARGA MENTAL	APECTOS PSICOSOCIALES	TIEMPOS DE TRABAJO
Ambiente térmico	Carga estática	Apremio de tiempo	Iniciativa	Tiempo de trabajo
Ruido	Carga dinámica	Complejidad	Estatus social	
Iluminación		Atención	Comunicaciones	
Vibraciones			Relación con el mando	

Para la toma de datos objetivos fue necesaria la utilización de instrumental adecuado como: un psicómetro para la medición de temperaturas, un luxómetro para la medición de la intensidad luminosa, un sonómetro para la medición de niveles de intensidad sonora, un anemómetro para evaluar la velocidad del aire en el puesto e instrumentos para la medición de distancias y tiempos como cintas métricas y cronómetros. Los estudios de iluminación y ruido fueron realizados conforme a la metodología de las normas 025-STPS-2008 y la 011-STPS-2001.

En la Tabla 2 se muestra un resumen de la guía de observación que se utilizó para realizar la evaluación de las diferentes dimensiones y variables.

**Tabla 2. Dimensiones y variables de Método LEST. Fuente Ergonautas**

DIMENSIÓN	VARIABLE	DATOS NECESARIOS
Carga Física	Carga Estática	Las posturas más frecuentemente adoptadas por el trabajador, así como su duración en minutos por hora de trabajo
	Carga Dinámica	El peso en Kg. de la carga que provoca el esfuerzo.

DIMENSIÓN	VARIABLE	DATOS NECESARIOS
		Si esfuerzo realizado en el puesto de trabajo es Continuo o Breve pero repetido
		Si el esfuerzo es continuo se indicará la duración total del esfuerzo en minutos por hora.
		Si los esfuerzos son breves pero repetidos se indicará las veces por hora que se realiza el esfuerzo
		Al aprovisionarse de materiales, la distancia recorrida con el peso en metros, la frecuencia por hora del transporte y el peso transportado en Kg.
Entorno Físico	Ambiente Térmico	Velocidad del aire en el puesto de trabajo
		Temperatura del aire seca y húmeda
		Duración de la exposición diaria a estas condiciones
		Veces que el trabajador sufre variaciones de temperatura en la jornada
	Ruido	El nivel de atención requerido por la tarea
		El número de ruidos impulsivos a los que está sometido el trabajador
	Ambiente Luminoso	El nivel de iluminación en el puesto de trabajo
		El nivel medio de iluminación general del taller
		El nivel de contraste en el puesto de trabajo
		El nivel de percepción requerido en la tarea
		Si se trabaja con luz artificial
		Si existen deslumbramientos
	Vibraciones	La duración diaria de exposición a las vibraciones
		El carácter de las vibraciones
Carga Mental	Presión De Tiempos	Tiempo en alcanzar el ritmo normal de trabajo
		Modo de remuneración del trabajador
		Si el trabajador puede realizar pausas
		Si el trabajo es en cadena
		Si deben recuperarse los retrasos
		Si en caso de incidente puede el trabajador parar la máquina o la cadena
		Si el trabajador tiene posibilidad de ausentarse momentáneamente de su puesto de trabajo fuera de las pausas previstas
		Si tiene necesidad de hacerse reemplazar por otro trabajador
		Las consecuencias de las ausencias del trabajador

DIMENSIÓN	VARIABLE	DATOS NECESARIOS
	Atención	El nivel de atención requerido por la tarea
		El tiempo que debe mantenerse el nivel de atención
		La importancia de los riesgos que puede acarrear la falta de atención
		La frecuencia con que el trabajador sufre riesgos por falta de atención
		La posibilidad técnica de hablar en el puesto
		El tiempo que puede el trabajador apartar la vista del trabajo por cada hora dado el nivel de atención
		El número de máquinas a las que debe atender el trabajador
		El número medio de señales por máquina y hora
		Intervenciones diferentes que el trabajador debe realizar
		Duración total del conjunto de las intervenciones por hora
	Complejidad	Duración media de cada operación repetida
		Duración media de cada ciclo
	Aspectos Psicosociales	Iniciativa
Si el trabajador puede controlar el ritmo de las operaciones que realiza		
Si puede adelantarse		
Si el trabajador controla las piezas que realiza		
Si el trabajador realiza retoques eventuales		
La norma de calidad del producto fabricado		
Si existe influencia positiva del trabajador en la calidad del producto		
La posibilidad de cometer errores		
En caso de producirse un incidente quién debe intervenir		
Quién realiza la regulación de la máquina		
Comunicación Con Los Demás Trabajadores		El número de personas visibles por el trabajador en un radio de 6 metros
		Si el trabajador puede ausentarse de su trabajo
		Qué estipula el reglamento sobre el derecho a hablar
		La posibilidad técnica de hablar en el puesto
		La necesidad de hablar en el puesto
		Si existe expresión obrera organizada

DIMENSIÓN	VARIABLE	DATOS NECESARIOS
	Relación Con El Mando	La frecuencia de las consignas recibidas del mando en la jornada
		La amplitud de encuadramiento en primera línea
		La intensidad del control jerárquico
		La dependencia de puestos de categoría superior no jerárquica
	Status Social	La duración del aprendizaje del trabajador para el puesto
		La formación general del trabajador requerida
Tiempos De Trabajo	Cantidad Y Organización Del Tiempo De Trabajo	Duración semanal en horas del tiempo de trabajo
		Tipo de horario del trabajador
		Norma respecto a horas extraordinarias
		Si son tolerados los retrasos horarios
		Si el trabajador puede fijar las pausas
		Si puede fijar el final de su jornada
		Los tiempos de descanso

Una vez realizada la evaluación de las diferentes variables, se consultaron las puntuaciones y valoraciones del Método LEST. La valoración para cada dimensión oscila entre 0 y 10; estos resultados cuantitativos se presentaron en forma de histogramas, en la Tabla 3 se observan estas valoraciones.

**Tabla 3. Puntuación y Valoración de Método LEST. Fuente Ergonautas**

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN
0, 1, 2	Situación satisfactoria
3, 4, 5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajado.
6, 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8, 9	Molestias fuertes. Fatiga.
10	Situación Nociva.

### 3.- Evaluación de los datos obtenidos en el software Ergoniza

Para la realización del estudio ergonómico, los datos que se obtuvieron con la guía de observación del método LEST se ingresaron al Software Ergoniza (<https://www.ergonautas.upv.es/ergoniza/index.html>) dentro de la plataforma online disponible de Ergonautas. Los resultados arrojados por el software mostraron una serie de

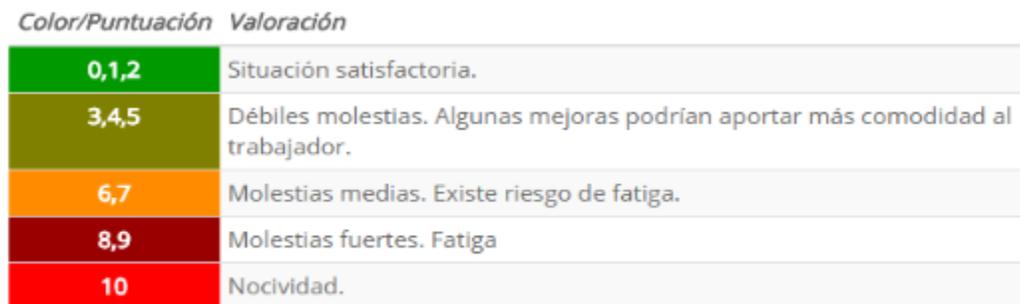
histogramas (Figura 1, Figura 2, Figura 3 y Figura 4) en las que se valoraron las puntuaciones de cada uno de los 4 trabajadores observados. Las dimensiones: carga mental, carga física, entorno físico, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo, se evaluaron con las valoraciones del método y las normas de la STPS correspondientes a las condiciones de iluminación, ruido y temperatura.

**RESULTADOS**

**Tabla 4. Datos de los Trabajadores. Fuente Propia**

OPERADOR	TORNERO 1	TORNERO 2	TORNERO 3	APARTISTA
<b>Jornada Laboral</b>	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas
<b>Tiempo Que Ocupa El Puesto Por Jornada</b>	7:00 horas	7:00 horas	7:00 horas	7:00 horas
<b>Carga En Kg</b>	8 a 12 kg	8 a 12 kg	8 a 12 kg	8 a 12kg
<b>Repetición De Esfuerzo Realizado</b>	30 veces/jornada	10 veces/jornada	30 veces/jornada	30 a 39 veces/jornada
<b>Iluminación</b>	380 luxes	380 luxes	380 luxes	380 luxes
<b>Ruido</b>	60 a 69 dB			
<b>Vibraciones</b>	Poco molestas	Poco molestas	Poco molestas	Poco molestas
<b>Tiempo de Exposición a Vibraciones</b>	7:30 horas /jornada	7:30 horas /jornada	7:30 horas /jornada	7:30 horas /jornada

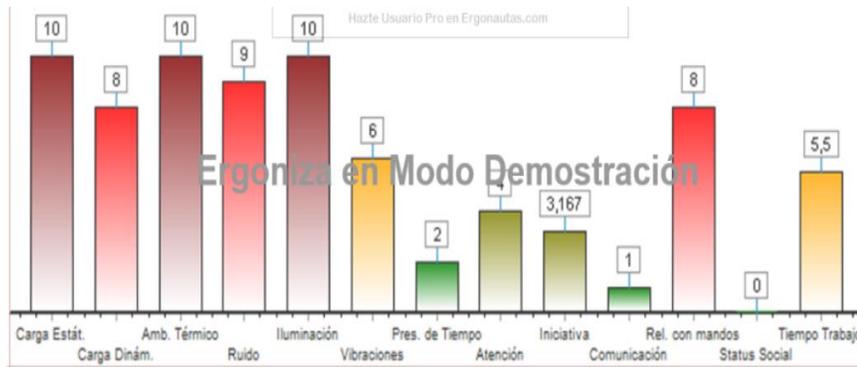
Los datos obtenidos de las condiciones de trabajo que se muestran en la Tabla 4 se organizaron y analizaron por medio del Método LEST, con la ayuda del software online ERGONIZA de la Universidad Politécnica de Valencia en su portal ERGONAUTAS. Se caracterizaron los resultados encontrados en la evaluación, de esta forma se determinaron las condiciones de los puestos de trabajo en las que laboran los 4 mecánicos del taller de la empresa azucarera. Para ello se consideraron las puntuaciones y valoraciones que proporciona el Método LEST, las cuales se muestran en la Figura 1.



**Figura 1. Puntuación y Valoración del Método LEST. Fuente Ergonautas**

## Tornero 1

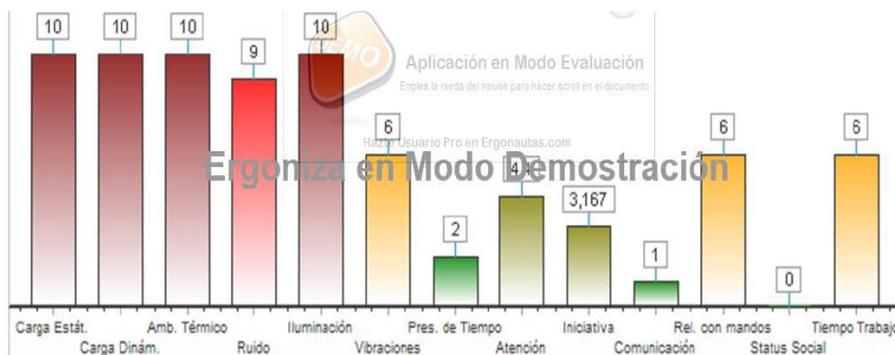
En la Figura 1 se muestran los resultados englobados en forma de histograma de las 5 dimensiones y variables. Se aprecia que la carga estática, ambiente térmico e iluminación presentan nocividad. El estudio de iluminación dio como resultado 380lx, siendo un trabajo que requiere alta precisión, la NOM-025-STPS-2008 establece que para los talleres de maquinado se debe cumplir con 500lx. Para el ambiente térmico la temperatura en promedio en el área de trabajo es de 35°C, considerando que no se cuenta con ventilación y los trabajadores laboran jornadas de 8hr, el ambiente resulta nocivo para ellos.



**Figura 2. Valoración de variables de Tornero 1. Fuente Ergoniza**

## Tornero 2

Para el torneo 2 la Figura... muestra nocividad en carga estática, carga dinámica, iluminación y ambiente térmico. Respecto a las dos últimas variables coincide la valoración con el tornero 1, debido a que laboran en el mismo espacio. La carga estática y dinámica se refiere a las posturas que adoptan en su jornada de trabajo. Se observaron posturas repetitivas, lo cual ocasiona molestias musculoesqueléticas para el trabajador.



**Figura 3. Valoración de variables de Tornero 2. Fuente Ergoniza**

### Tornero 3

En la Figura 4 se aprecia nocividad para el tornero 3 en las variables de iluminación, ambiente térmico y carga estática.



Figura 4. Valoración de variables de Tornero 3. Fuente Ergoniza

### Aparatista

La Figura 5 muestra un alto nivel de nocividad para el trabajador en la carga física y su entorno físico, débiles molestias en la carga mental, y aspectos psicosociales, existe riesgo de fatiga en los tiempos de trabajo. El aparatista trabaja con taladro y cepillos, lo cual requiere esfuerzo físico y estar de pie durante la jornada de trabajo de 8hr. Este tipo de trabajo exige trabajo fino, por lo que ocasiona fatiga y carga mental.



Figura 5. Valoración de variables de Aparatista. Fuente Ergoniza

### CONCLUSIONES

Como se observa en los resultados, la empresa tiene mayores deficiencias ergonómicas en la carga física y entorno físico en los ambientes térmico, sonoro y luminoso. Estas variables se relacionan con mayor fuerza a las actividades que se realizan en el taller mecánico de la empresa de estudio. En cuanto a la iluminación en promedio las mediciones dieron como resultado 380 lx, la NOM-025-STPS-2008 establece debe cumplir con 500 lx para trabajos de este tipo, además se observó en el levantamiento de la información que los vidrios de las ventanas se encuentran sucios, por lo que se recomienda limpiarlos o cambiarlos para

permitir el acceso a la luz natural. Es importante diseñar un sistema de iluminación para mejorar las condiciones de trabajo de los operarios. En cuanto al nivel de ruido, se encuentra por debajo del límite permisible, además los trabajadores cuentan con el equipo de seguridad auditivo, no se presenta ambiente nocivo por esta causa. El método LEST arrojó resultados nocivos para el ambiente térmico, debido a la nula ventilación, se recomienda la instalación de ventiladores y mejorar esta variable para el confort de los trabajadores.

En cuanto a la carga física resultó con puntuación máxima, valorándose como nociva. La Organización Mundial de la Salud ha hecho recomendaciones para trabajos con posturas repetitivas, permanecer de pie o en posición sedente por largo tiempo, así como las tareas que implican esfuerzo físico. Las recomendaciones van en el sentido de hacer pausas durante la jornada laboral, distribuir las tareas de manera que puedan descansar de las posturas repetitivas (Zamora Macorra, Martínez Alcántara, & Balderas López, 2019).

La dimensión de carga mental resultó con pocas molestias, se recomienda mejorar la relación con los superiores.

El método LEST presenta ciertas desventajas, ya que hace una evaluación global y algunas variables se evalúan de manera cualitativa, pero sirve de punto de partida para profundizar en las áreas críticas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (2000). Prevención de los Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. Magazine, Revista de la Agencia Europea para la Salud en el Trabajo. Recuperado el 15/09/20 de <http://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/publications/magazine/3>.
- Escalante, M. (2009). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo. Seventh LACCELatin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 1–7.
- NOM-011-STPS-2001 (17 de abril de 2002) Vibraciones-Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación*. México.
- NOM-015-STPS-2001 (14 de junio de 2002) Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene. *Diario Oficial de la Federación*. México.
- NOM-024-STPS-2001 (11 de enero de 2002) Vibraciones-Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación*. México.
- NOM-025-STPS-2008 (30 de diciembre de 2008) Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. *Diario Oficial de la Federación*. México.
- Universidad Politécnica de Valencia. (2020). ERGONIZA - El software de ergonomía. (Universidad Politécnica de Valencia) Obtenido de Ergonautas: <https://www.ergonautas.upv.es/ergoniza/index.html>
- Sánchez, M. G. O., & Reyes, D. I. (2016). El Método LEST, Su Aplicación Y Evaluación En Las Prácticas Ergonómicas. *European Scientific Journal*, ESJ, 12(35), 34. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n35p34>
- Valencia, U. P. (noviembre de 2019). Ergonautas. Obtenido de Ergonautas: <https://www.ergonautas.upv.es/ergoniza/index.html>

Zamora Macorra, M., Martínez Alcántara, S., & Balderas López, M. (2019). Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de la manufactura de neumáticos, análisis del proceso de trabajo y riesgo de la actividad. *Acta Universitaria*, 29, 1–16. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1913>

# ANÁLISIS DEL AVANCE EN FORMACIÓN DOCENTE EN EL TECNM CAMPUS CIUDAD VALLES PARA UNA FORMACIÓN IDEAL

Recibido: 15 de septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

K. Berlanga Reséndiz<sup>1</sup>  
A.V. Balderas Sánchez<sup>2</sup>  
S. E. Barrios Mendoza<sup>3</sup>  
C. Cruz Navarro<sup>4</sup>

## RESÚMEN

El reto que enfrenta la sociedad actual es impulsar la educación superior, para lograr las transformaciones en el desarrollo del país; debido a lo anterior es que se le brinda especial atención a la capacitación docente en este nivel, por tanto, es que se realizó un análisis de los resultados obtenidos en la implementación del programa de formación continua para los profesores, la cual brinda un mejoramiento en el desarrollo de competencias docentes necesarias para eficientizar su función. La metodología utilizada se basó en el análisis documental de la investigación de campo realizada en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles (ITCV) durante los años 2017 y 2018; mismos que incluyen la implementación de una malla curricular propuesta para facilitar la implementación de la formación continua para los docentes, así como el "Plan curricular de formación docente". Los resultados obtenidos en este análisis fue la identificación de la importancia y validación de la implementación de estrategias, como fue la malla curricular, para la implementación de los programas capacitación, para dar un orden y no caer en desatenciones u omisiones para el desarrollo de la formación ideal del docente del TecNM Campus Ciudad Valles; en conclusión el presente estudio permitió evaluar el comportamiento y desarrollo de cada departamento docente; mismo se recomienda se siga implementando y analizando para dar continuidad a la mejor aplicación del Plan curricular de Formación Docente de este tecnológico.

## PALABRAS CLAVE

Plan Curricular, formación docente, competencias docentes.

## ABSTRACT

The challenge facing today's society is to promote higher education, to achieve transformations in the development of the country; Due to the above, special attention is given to teacher training at this level, therefore, an analysis was carried out of the results obtained in the implementation of the continuous training program for teachers, which provides an improvement in the development of teaching competencies necessary to make their function more efficient. The methodology used was based on the documentary analysis of the field research carried out at the Technological Institute of Ciudad Valles (ITCV) during the years 2017 and 2018; These include the implementation of a proposed curriculum to facilitate the implementation of continuous training for teachers, as well as the "Teacher training curriculum". The results obtained in this analysis was the identification of the importance and validation of the implementation of strategies, such as the curricular mesh, for the implementation of training programs, to give order and not fall into neglects or omissions for the development of the ideal training of the ITCV teacher; In conclusion, this study will evaluate the behavior and development of each teaching department; It is recommended that it continue to be implemented and analyzed to give continuity to the best application of the Teacher Training Curriculum Plan of this technology.

## KEYWORDS

Curricular plan, teacher training, teaching skills.

## INTRODUCCIÓN

---

1 Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, karina.berlanga@tecvalles.mx

2 Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, alba.balderas@tecvalles.mx

3 Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, silvia.barrios@tecvalles.mx

4 Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, claudia.cruz@tecvalles.mx

La educación superior tiene hoy un reto, por lo que se hace prioritario que las Instituciones de educación superior, cuenten con un programa de formación del profesorado, que sea pertinente, así como también, permita ejercer su labor de profesionalización docente, con el objetivo de mejorar el desempeño académico y mejorar la calidad de la educación.

La palabra formación, proviene del latín *formatio -onis*, que se traduce como la acción y efecto de formar o formarse; y docencia, que procede del latín *docens -entis*, que a su vez es participio activo de *docere*, lo que se traduce como enseñar, que es perteneciente o relativo a la enseñanza (RAE, 2014). Por consiguiente, la formación docente es un término que hace referencia al proceso de enseñanza aprendizaje visto como el desarrollo de la práctica docente dentro y fuera del aula.

Por otro lado, Feixas (2015) considera a la formación docente como un proceso dinámico y pertinente, que implica una trayectoria formativa que incluye la carrera universitaria hasta el posgrado (Pérez, Cáceres, y Varela, 2016); de acuerdo con la sociedad del conocimiento, el docente transita por estas etapas de formación, en las cuales debe adquirir las competencias profesionales, tanto en el plano afectivo como social; en este sentido, la socio formación surge como una nueva perspectiva que se orienta a la formación integral de los ciudadanos, a partir de la solución a problemas de contexto; esto se lleva a cabo en un marco de trabajo colaborativo, en el que se refleje la interacción en la construcción de los conocimientos, es decir, que el individuo trascienda en los saberes cognitivos, afectivos y conductuales (Tobón, 2017).

Pero si se habla de competencias docentes es la Institución a la que se encuentra adscrita el docente, la principal responsable de la formación de este, para el logro de una educación de calidad.

El presente proyecto muestra un análisis de los resultados obtenidos al año 2018 con respecto al avance en la implementación del programa de formación continua, que debe recorrer todo docente, en el cuál debe transitar desde una formación previa para finalizar con una formación ideal que le permita desarrollar las competencias didáctico-pedagógicas necesarias para ejercer eficazmente su función.

Cabe hacer mención que el programa de formación continua tiene como sustento el Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018 como documento rector, específicamente en la Meta 3. “México con Educación de Calidad”, sustentado en el Objetivo 3.1. “Desarrollar el potencial humano de los mexicanos con educación de calidad” y alineados a la Estrategia 3.1.1. “Establecer un sistema de profesionalización docente que promueva la formación, selección, actualización y evaluación del personal docente y de apoyo técnico-pedagógico”. (Gobierno de México, 2013)

El objetivo del presente estudio es realizar un análisis del avance en formación docente en el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles para el logro de una formación ideal.

## **METODOLOGÍA**

Se realiza investigación documental con un enfoque analítico-descriptivo, considerando los siguientes documentos: Análisis de la evaluación docente (2013-2015), Plan curricular de formación docente: una propuesta de mejora como resultado del análisis de la evaluación docente 2013-2015, Modelo de Fortalecimiento a la Profesión Docente, Modelo Integral para

el Desarrollo Educativo, Concentrado de avance para el logro de la formación ideal del docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Se realizó una recopilación y clasificación de la información existente para después poder analizarla, con ello será posible tomar decisiones acertadas o bien dar solución a problemas y realizar propuestas de mejoras a procesos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1997). El método que se utiliza en la presente investigación fue estudio analítico-descriptivo.

### **Desarrollo de la Investigación**

Partiendo de los resultados de investigaciones previas como lo fue el documento publicado en el año 2017 en el libro Tendencias a nivel Internacional de la Administración, donde se observa que para el estudio denominado “*Análisis de la evaluación docente en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles*” (Berlanga, Balderas, Cruz Navarro, & Barrios Mnedoza, 2017) se concluye que para lograr la mejora en la calidad de la educación superior, es necesario contar con docentes capacitados, siendo claramente responsabilidad de Instituciones fortalecer los procesos de formación profesional y docente por medio de un Programa de Formación Continua. Lo anterior, se sustentó en los rubros analizados durante la evaluación docente que realizan los estudiantes, para determinar los aspectos con menor puntuación; observando que es necesario contar con un programa de Formación continua para los docentes, que considere tendencia a mejorar las competencias en todos los criterios evaluados y seguir fortaleciendo la totalidad de las competencias del docente.

Se propone el diseño de una malla curricular para facilitar el desarrollo de competencias docentes del profesorado, permitiendo en ellos ejercer la docencia con dominio, actualización e integración del conjunto de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; facilitando al docente el construir sus propios escenarios de aprendizaje a través de una continua reflexión sobre su propia formación y práctica cotidiana en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La estructura curricular propuesta está formada por cuatro áreas del conocimiento

1. Docencia
2. Formación en competencias
3. Tecnologías de la información y comunicaciones
4. Investigación e innovación

(Berlanga, Balderas, Cruz Navarro, & Barrios Mendoza, 2017)

Otro documento analizado fue el denominado “Plan Curricular de Formación docente”, perteneciente al Departamento de Desarrollo Académico donde ya se mostraba avances en su implementación por lo que se retomó para proceder a clasificar, analizar, sintetizar e interpretar la información actualizada al 2018 obtenida de los resultados de la evaluación docente y las capacitaciones realizadas, se obtuvo como resultado un concentrado del avance en cumplimiento, el cual se muestra en la siguiente tabla 1:

**Tabla 4 Concentrado de avance de cumplimiento de capacitación a los docentes**

SISTEMAS			INGENIERIAS			INDUSTRIAL			ECONÓMICO			BÁSICAS			GENERAL		
26 DOCENTES			17 DOCENTES			15 DOCENTES			32 DOCENTES			13 DOCENTES			103 DOCENTES		
FP	4/26	64%	FP	4/17	24%	FP	4/15	48%	FP	4/32	38%	FP	4/13	67%	FP	4/103	29%
FI	4/26	18%	FI	4/17	18%	FI	4/15	20%	FI	4/32	16%	FI	4/13	21%	FI	4/103	18%
FN	3/26	41%	FN	3/17	29%	FN	3/15	47%	FN	3/32	27%	FN	3/13	46%	FN	3/103	36%
FA	4/26	46%	FA	4/17	16%	FA	4/15	41%	FA	4/32	20%	FA	4/13	29%	FA	4/103	30%
FD	3/26	21%	FD	3/17	19%	FD	3/15	28%	FD	3/32	11%	FD	3/13	10%	FD	3/103	17%

**FP: FORMACIÓN PREVIA, FI: FORMACIÓN INICIAL, FN: FORMACIÓN INTERMEDIA, FA: FORMACIÓN AVANZADA Y FD: FORMACIÓN IDEAL**

Se observa que el “Plan Curricular de Formación Docente” considera cuatro áreas esenciales del conocimiento:

Docencia	Formación en competencias	Tecnologías de la Información	Investigación e Innovación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Psicología Educativa(P)</li> <li>• Métodos y Técnicas de Aprendizaje(I)</li> <li>• Desarrollo de Instrumentos de Evaluación(I)</li> <li>• Resolución de casos con el método de Proyectos(N)</li> <li>• Desarrollo Humano (D)</li> <li>• Tutorías(D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias docentes(P)</li> <li>• Planeación del proceso de aprendizaje(P)</li> <li>• Estrategias de aprendizaje para el desarrollo de competencias(N)</li> <li>• Evaluación del aprendizaje por competencias(A)</li> <li>• Proyecto Integrador(A)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias básicas en ofimática y uso de plataformas moodle(P)</li> <li>• Creación de objetos de aprendizaje(I)</li> <li>• Documentación técnica(I)</li> <li>• Presentación como objetos de aprendizaje(N)</li> <li>• Tecnología Web para desarrollo de estrategias B-learning(A)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de protocolos de Investigación(A)</li> <li>• Redacción y publicación de textos científicos(D)</li> </ul>

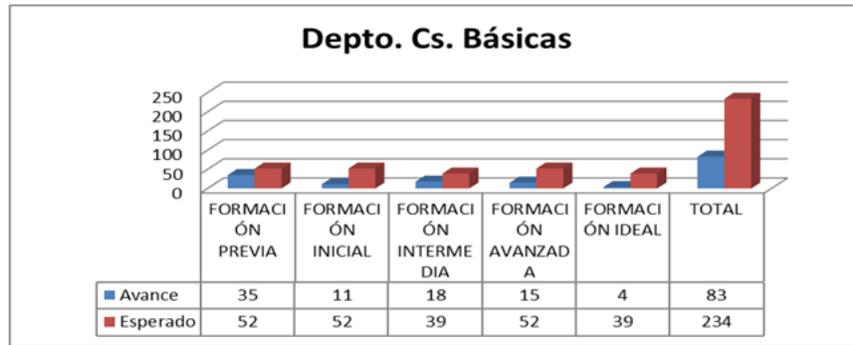
## RESULTADOS

Sin lugar a duda El Plan Curricular de Formación Docente ocupa un lugar prioritario en las Instituciones Educativas de Nivel Superior, pero son las estrategias implementadas para llevar a cabo su cumplimiento una parte esencial en la transformación de los procesos de aprendizaje y formación, ya que contribuye a asegurar la comprensión de los estudiantes del mundo en que viven (Matos & Sánchez, 2016).

Las estrategias al ser plasmadas al ser contextualizadas de acuerdo con las necesidades formación docente garantizan el desarrollo de las competencias esperadas en los estudiantes generando un aprendizaje significativo para la vida.

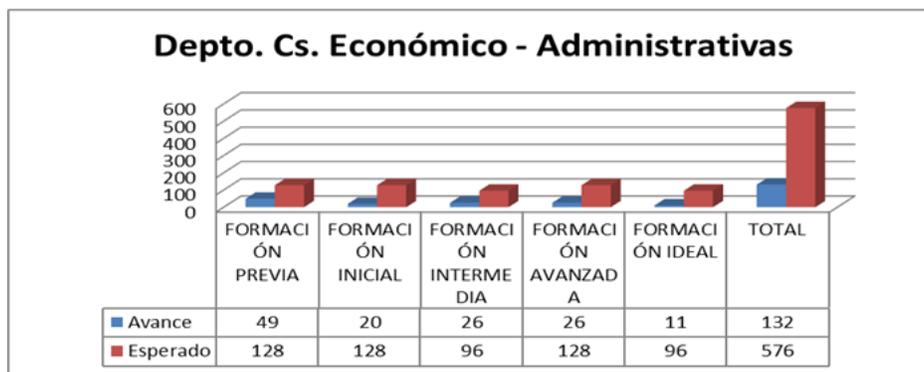
Con las estrategias implementadas hasta el año 2018 para el logro de una Formación Ideal del docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles se puede observar lo siguiente:

Departamento de Ciencias Básicas, gráfico 1, se tiene avance de un 35% general con respecto a la propuesta, considerando a 13 docentes en las capacitaciones. Para la formación previa considerando 4 capacitaciones, se presenta un logro del 67% siendo esta formación la de mayor avance en este departamento, para la formación inicial con 4 capacitaciones se alcanzó un 21%, mientras que para la formación intermedia se consideran 3 capacitaciones, se logró un 46%, la formación avanzada con 4 capacitaciones se logró un 29% y, por último, solo un 10% de avance presentó el departamento en su formación ideal con 3 capacitaciones.



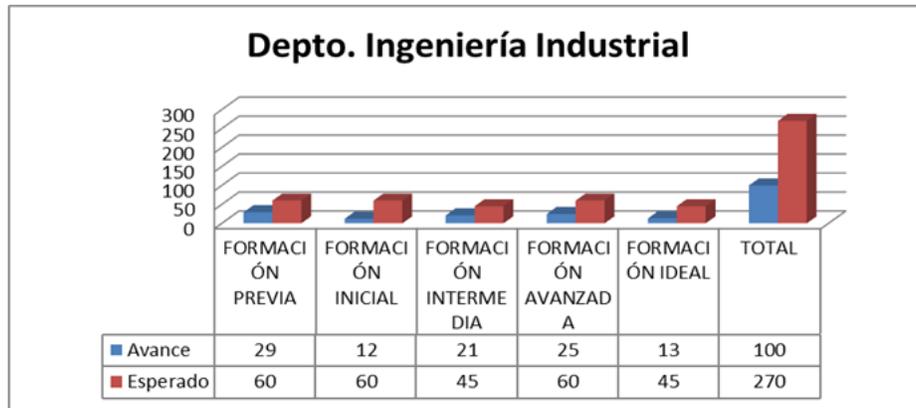
**Gráfica 1. Docentes de Ciencias Básicas y su relación avance en la malla formación docente**

Departamento de Ciencias Económico Administrativas, , gráfica 2, se observa un avance del 23% general por debajo de los resultados del departamento de Básicas, considerando las mismas capacitaciones para los 32 docentes adscritos al departamento, se obtuvieron los siguientes resultados: Para la formación previa presenta un avance de 38% siendo esta formación la de mayor avance en este departamento, para la formación inicial alcanzó un 16%, mientras que para la formación intermedia se logró un 27%, la formación avanzada con un 20% y por último, solo un 11% de avance presentó el departamento en su formación ideal, siendo esta formación la más baja al igual que en Básicas.



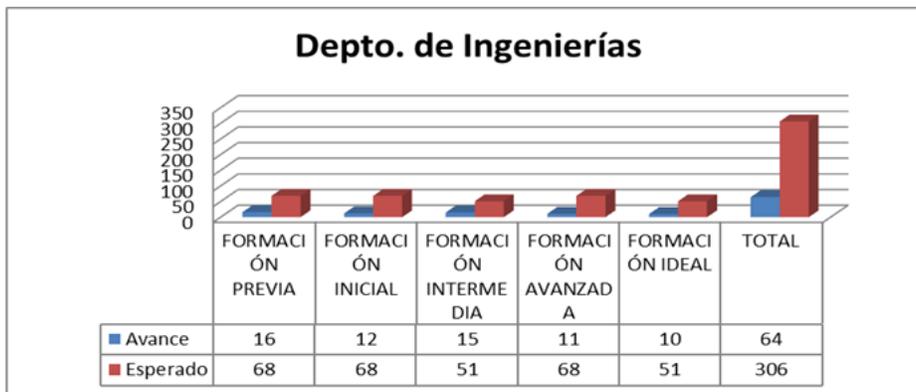
**Gráfica 2. Docentes de Cs. Económico Administrativas y su relación avance en la malla formación docente**

Departamento de Ingeniería Industrial, gráfica 3, se observa un avance total de un 37% general con respecto a la propuesta, considerando a 15 docentes en el departamento. Para la formación previa se consideraron 4 capacitaciones, se logró del 48% siendo esta formación la de mayor avance en este departamento casi al igual que la formación intermedia, para la formación inicial con 4 capacitaciones se alcanzó un 20%, mientras que para la formación intermedia se consideran 3 capacitaciones, se logró un 47%, la formación avanzada con 4 capacitaciones se logró un 41% y por último, solo un 28% de avance presentó el departamento en su formación ideal con 3 capacitaciones.



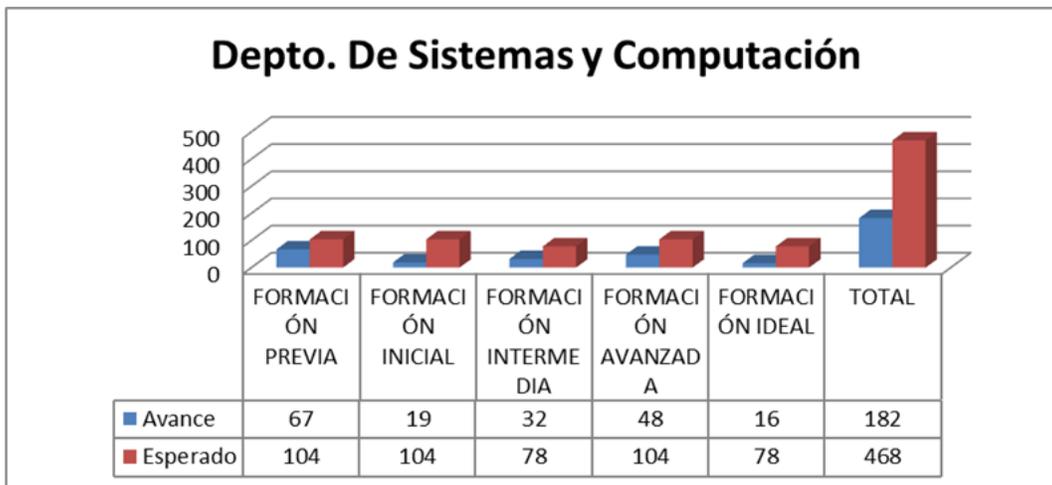
**Gráfica 3. Docentes de Ingeniería Industrial y su relación avance en la malla formación docente**

Departamento de Ingenierías, gráfica 4, se observa un avance total de un 21% general con respecto a la propuesta, considerando a 13 docentes en 4 capacitaciones. Para la formación previa presenta un avance de 24%, para la formación inicial alcanzó un 18%, mientras que para la formación intermedia se logró un 29%, la formación avanzada con un 16% y, por último, solo un 19% de avance presentó el departamento en su formación ideal.



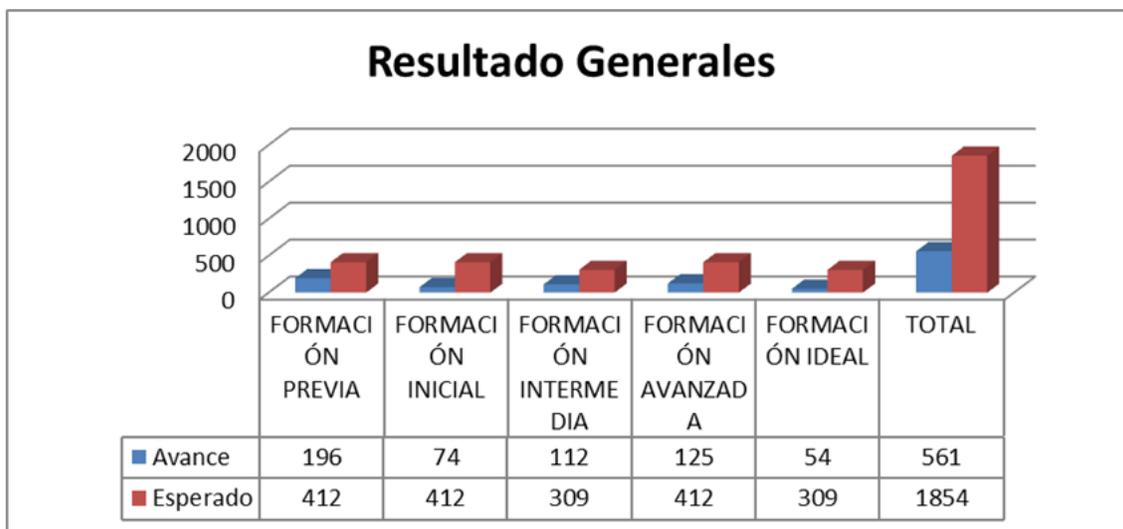
**Gráfica 4. Docentes de Ingenierías y su relación avance en la malla formación docente**

Para el departamento de Sistemas y Computación, gráfica 5, se observa un avance total de un 39% general con respecto a la propuesta, considerando a 26 docentes en el departamento. Para la formación previa presenta un avance de 64% siendo esta formación la de mayor avance en este departamento, para la formación inicial alcanzó un 18%, mientras que para la formación intermedia se logró un 41%, la formación avanzada con un 46% y, por último, solo un 21% de avance presentó el departamento en su formación ideal.



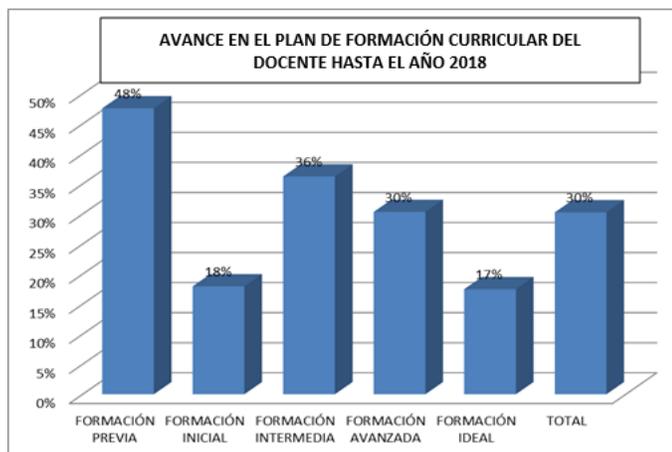
**Gráfica 5. Docentes de Sistemas y Computación y su relación avance en la malla formación docente**

Finalmente, en la gráfica 6 se observa un avance total de un 35% general con respecto a la propuesta, considerando a los 103 docentes que han colaborado en las capacitaciones de la Malla. Para la formación previa se consideraron 4 capacitaciones, presentando un avance general 29% para la formación inicial alcanzó un 18%, mientras que para la formación intermedia se logró un 36%, la formación avanzada con un 30% y, por último, solo un 17% de avance presentó el departamento en su formación ideal.



**Gráfica 6. Concentrado General de docentes y su relación avance en la malla formación docente**

En la gráfica 7 se puede observar los porcentajes generales logrados en forma general considerando a todos los departamentos



**Figura 7. Concentrado General y su avance en la malla formación docente**

Es posible visualizar el mayor porcentaje en capacitación se ha logrado en la primera etapa del plan de formación que es considerado como Formación Previa con un porcentaje general del 48%, así mismo se observa que las etapas de Formación Inicial y Formación Ideal son las que muestran el menor avance teniendo un 18% y 17%.

## CONCLUSIONES

Se destaca el departamento de Cs. Básicas en las capacitaciones que se refieren a la Formación Previa, ya que consideran a estas capacitaciones las de mayor interés en su perfil. Sin embargo, de manera contraria, se puede observar un bajo interés en la Formación Inicial y en la Formación Ideal, mismo que se refleja en los resultados de la evaluación docente donde continua el criterio de motivación y evaluación con una tendencia a la baja y la evaluación departamental que muestra un nulo interés en participar en la investigación y en la acción tutorial.

En el Departamento de Cs. Económico Administrativas se muestra un bajo porcentaje de participación en las capacitaciones para cada Formación, solo se destaca la Formación Previa con un porcentaje mayor.

Para el departamento de Ingenierías al igual que el anterior, marca un alcance bajo, sin embargo, se destaca el porcentaje de casi un 20% en la formación ideal, ya que consideran de mayor interés el desarrollo de investigación, y la acción tutorial.

En el departamento de Ingeniería Industrial, presenta al igual que el departamento de Sistemas y computación, un mayor interés en la participación en cada una de las capacitaciones, coincidiendo con el departamento de ingenierías en cuanto al porcentaje logrado para la formación ideal con respecto a los otros departamentos.

Uno de los grandes retos del sistema educativo es precisamente la formación de ciudadanos responsables capaces de resolver los problemas que se le presenten en el contexto, pero esto solo puede cumplirse con docentes capacitados profesional y pedagógicamente capaces de convertirse en verdaderos agentes de cambio que motiven el desarrollo de competencias en el estudiante. Para ello se requiere de estrategias de Formación y actualización Docente que contribuyan a la mejora de los procesos educativos en las instituciones de nivel superior.

Finalmente, el presente análisis presenta un panorama general al 2018, sin embargo, es necesario generar una propuesta de reflexión ante la necesidad de dar continuidad al Plan Curricular de Formación Docente, el cuál fue diseñado específicamente para el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, partiendo de una necesidad real, y a partir del mismo generar un estudio para validar su pertinencia de acuerdo a las actuales necesidades que el contexto plantea o bien realizar una reestructuración del mismo, considerando que toda institución formadora de profesionista debe estar comprometida con la identificación y generación de alternativas de formación y actualización, que generen los perfiles y competencias necesarias para el docente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta González, M. G., & al, e. (diciembre de 2012). *Modelo Educativo del siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales*. (V. Pérez, & L. Gabriela, Edits.) México, Mexico. Obtenido de <http://www.dgest.gob.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales-dp2>
- Berlanga Reséndiz, K., Balderas Sanchez, A., Cruz Navarro, C., Barrios Mendoza, S., & Altamirano Zuñiga, R. (2019). *Docentes del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles: Aplicando las Tecnologías de la Información y Comunicación como Herramientas de Aprendizaje*. Tendencias de la Administración en recursos humanos, la gestión política y la mercadotecnia en la administración.
- Berlanga, K., Balderas, A., Cruz Navarro, C., & Barrios Mendoza, S. (11 de mayo de 2017). *Tendencias a nivel internacional de la administración. Análisis de la evaluación docente en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles*. (UASLP, Ed.) San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Gobierno de México. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013 2018*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 18 de febrero de 2016, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013&print=true](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013&print=true)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: McGraw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- I.T. de Ciudad Valles. (2013). *ITV - Modelo Integral Para el Desarrollo Educativo*. (N. Zapata Garay, Editor) Recuperado el mayo de 2016, de [tecvalles.mx: http://www.tecvalles.mx/mide/index.html](http://www.tecvalles.mx/mide/index.html)
- IMMPC. (2013). *¿Qué son las mejores prácticas corporativas?* Obtenido de IMMPC, Instituto Mexicano de Mejores Prácticas Corporativas, A.C.: <http://www.immpc.org.mx/mejores-practicas-corporativas>
- Matos, R., & Sánchez, J. (25 de junio de 2016). *Procederes metodológicos: vía para implementar las estrategias curriculares*. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de Educación y Sociedad: <http://revistas.unica.cu/index.php/edusoc/article/view/14>

## ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VINCULACIÓN ESCUELA-EMPRESA EN LAS INGENIERÍAS DEL TECNM

Recibido: 07 septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

M.C. Rosas Rivera<sup>1</sup>  
F. Orduña Correa<sup>2</sup>  
D.C. Acosta Pintor<sup>3</sup>  
M. Alvarado Guzmán<sup>4</sup>

### RESUMEN

Desde hace varias décadas hemos venido asumiendo la premisa de que el mundo está cambiando, de que nos enfrentaremos a nuevos y distintos escenarios, que necesitamos estar preparados para asumir las grandes transformaciones, pero la realidad es que los cambios ya están aquí y no nos dieron oportunidad de sensibilizarnos, los hemos asumido con grandes limitaciones que nos han obligado a sobrevivir en un ambiente cada vez más turbulento e inestable, y la educación superior no ha sido la excepción. A partir del surgimiento de la cuarta revolución tecnológica se le han conferido nuevas responsabilidades a la academia, que tienen que ver con el progreso y el desarrollo de las sociedades del conocimiento. Esta circunstancia nos impulsa a reflexionar acerca de la forma en cómo estamos dimensionando la enseñanza, y de que alternativas estamos echando mano para contribuir a reducir los impactos de rezago y atraso tecnológico y productivo de las organizaciones que están directamente relacionados con la calidad de vida y el bienestar social. En ese sentido se busca contribuir mediante la aportación de innovaciones didácticas que favorezcan la vinculación de los conocimientos de los futuros profesionistas de la ingeniería.

### PALABRAS CLAVE:

Vinculación, Escuela, Empleadores, Egresados, Competencias

### ABSTRACT

For several decades we have been assuming the premise that the world is changing, that we will face new and different scenarios, that we need to be prepared to assume the great transformations, but the reality is that the changes are already here and they did not give us opportunity to sensitize ourselves, we have assumed them with great limitations that have forced us to survive in an increasingly turbulent and unstable environment, and higher education has not been the exception. Since the emergence of the fourth technological revolution, new responsibilities have been given to academia, which have to do with the progress and development of knowledge societies. This circumstance prompts us to reflect on the way in which we are sizing education, what alternatives we are using to help reduce the impacts of technological and productive lag and backwardness of organizations that are directly related to quality of life and employment. social welfare. In this sense, it seeks to contribute through the contribution of didactic innovations that favor the Linking of the knowledge of future engineering professionals.

**KEY WORDS:** Bonding, School, Employers, Graduates, Skills

---

<sup>1</sup> M.C. Ma. Del Carmen Rosas Rivera Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, carmen.rosas@tecvalles.mx

<sup>2</sup> Dr. Francisco Orduña Correa Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, francisco.orduna@tecvalles.mx

<sup>3</sup> M.I.I Dulce Carolina Acosta Pintor Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, dulce.acosta@tecvalles.mx

<sup>4</sup> Misael Alvarado Guzmán Estudiante del 7 semestre de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 17690060@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes temas de análisis y discusión que se han puesto en la mesa en los últimos años entre el sector empresarial, el estado y las universidades es la brecha de conocimientos y habilidades que presentan los profesionistas recién egresados de las universidades y escuelas de nivel superior en México. La endeble adquisición de competencias genéricas y específicas que poseen los nuevos profesionistas en las distintas disciplinas vuelve vulnerable la productividad y la rentabilidad del sector empresarial. Muchas han sido las quejas que han fluido en torno a la pertinencia de los perfiles reales de los egresados al insertarse en el campo laboral entre las que se encuentran la ausencia de conocimientos de última generación, la limitada capacidad de innovación, un dominio muy reducido de las tecnologías de la información y comunicación, una empobrecida cultura intelectual que redunde en la carencia de criterio, visión y capacidad para la toma de decisiones y la resolución de problemas, la falta de dominio de un idioma extranjero, muy notoria y destacada actitud de conformismo, falta de compromiso, ausencia de iniciativa, muy poca creatividad entre otras.

Durante años se ha concebido a la formación escolarizada como el resultado del trabajo en el aula, las tareas extra clase, las investigaciones de nuevos conocimientos basadas en acervos bibliográficos, hoy en día sustituidos por las nuevas redes de información que proveen las tecnologías; se han implementado novedosas reformas en relación a los métodos de enseñanza; así transitamos de un modelo conductista a un constructivismo que sostiene el desarrollo de una relación activa y dinámica entre los educandos y los procesos cognitivos para lograr aprendizajes significativos, los cuales han favorecido el contexto escolar creando nuevos ambientes de enseñanza. Estas transformaciones pedagógicas han sido un gran aporte a la educación en México, pero no han resuelto el problema de la oquedad entre lo que el estudiante aprende en las aulas y la realidad a la que se enfrenta en su entorno laboral percibiendo una desconexión entre la escuela y la empresa.

La exteriorización de este sentir se ha vuelto un rasgo común entre los jóvenes de todas las generaciones por varias décadas, argumentando la falta de oportunidades a consecuencia de ello o bien lo complejo que les ha sido adaptarse a los nuevos escenarios; una vez que inician sus ciclos de residencias profesionales como es el caso de estudiantes de las carreras de ingeniería industrial e ingeniería en gestión empresarial en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles, así como de egresados de éstas carreras con los que se realiza contacto; ideas como “allá afuera es totalmente distinto, me di cuenta que no sabía lo suficiente de mi carrera, las exigencias de la empresa son muy superiores a lo que imaginaba, mucha presión, mucha competencia, etc.” éstas y otras expresiones nos llevan a abrir un paréntesis para analizar las diferentes causas que inciden en ésta circunstancia y realizar aportes que puedan contribuir de algún modo a reducir la brecha entre la academia y la realidad del trabajo cotidiano.

En México los horizontes en materia educativa han tomado nuevos rumbos, los cambios acelerados de los mercados y la globalización plantean nuevas realidades laborales, propiciando la concertación de acuerdos entre los principales organismos económicos y asociaciones del país relacionadas con el trabajo entre los que se encuentran la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX), la Cámara Nacional de la Industria de la transformación (CANACINTRA), la Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior, A.C. (ANUIES), el Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología (CONACYT), la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la Secretaría de Economía entre otros que se incorporan, para establecer los puentes que hagan posible la vinculación entre la escuela y el sector productivo.

No obstante, este proyecto no ha encontrado la estrategia idónea que refleje resultados tangibles, son múltiples los factores que inciden a la falta de acuerdos concretos; por una parte se identifican los intereses específicos de los organismos e instituciones involucrados como lo son, su reglamentación, sus políticas de operación, la priorización de sus objetivos, sus propios planes y metas económicas, la falta de una planificación estratégica, el desconocimiento y la falta de experiencia profesional del profesorado, etc., han impedido que la vinculación sea una necesidad atendida en la educación superior.

El estado mexicano a través de sus organismos de gobierno ha convocado en distintas ocasiones a los líderes de las universidades y al sector patronal con la idea de establecer los mecanismos que puedan mitigar y dar respuesta a esta problemática, ya que dentro de las políticas económicas de desarrollo, el empleo es un indicador muy relevante así como la competitividad de las remuneraciones que reciben los trabajadores; incidiendo de manera directa la cualificación de la mano de obra, que no tiene que ver únicamente con la obtención de un grado académico, sino con la *expertise* que se requiere para desarrollar una función altamente calificada. En el caso de los jóvenes mexicanos uno de los factores que más desalientan su desenvolvimiento son los incipientes salarios que reciben al iniciar su desempeño laboral, tratándose de un ingeniero recién egresado el salario medio oscila alrededor de \$8,795.41 pesos al mes, de acuerdo con la estimación realizada en 2020 por el portal de empleo CompuTrabajo, obtenida de 1,617 056 fuentes entre empresas, empleados y usuarios.

Cada año, medio millón de egresados en México se incorporan al mercado laboral (OECD, 2019) y se presume que el 80.7% (OECD, 2019) logran colocarse en algún tipo de empleo, aunque no precisamente en su perfil profesional y de acuerdo con los datos reportados en el último trimestre de 2019 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo, uno de cada cuatro se emplea en la informalidad. Esta situación es muy desalentadora para las Instituciones de nivel superior que al realizar la trazabilidad de la currícula no se reflejan los resultados que garantizan la calidad de los programas educativos.

Por otra parte, más de la mitad de los egresados (55%), logra colocarse en empresas pequeñas y microempresas (OECD, 2019) las cuales en su gran mayoría carecen de métodos de trabajo sistematizados y ordenados con principios administrativos y tecnológicos generando una atrofia en las competencias que lejos de fortalecer su perfil profesional los aleja aún más de las exigencias del mercado laboral. El emprendimiento es otra alternativa en la cual México tiene puestas sus esperanzas, al respecto han surgido una infinidad de programas que lo impulsan económicamente, aunque tampoco han dado resultados alentadores debido a la carencia de una planificación y visión de empresa, existe un desconocimiento total en la estructuración de un plan de negocio y una falta de seguimiento de los organismos patrocinadores para verificar el rumbo de los proyectos financiados; muchos de ellos otorgados a estudiantes universitarios.

Las instituciones de educación superior no permanecen indiferentes a ésta problemática que surge en torno a su oferta educativa, al respecto se han realizado innumerables gestiones para acortar la distancia a la que se enfrentan los estudiantes cuando egresan de sus programas

educativos, como el aseguramiento de la calidad y la evaluación de su infraestructura por parte de organismos especializados en la materia, también la estructuración de consejos de vinculación constituidos por empresarios y autoridades académicas, la celebración de incontables convenios con organizaciones nacionales e internacionales donde los estudiantes se insertan para realizar estancias de intercambio, prácticas y residencias profesionales, visitas guiadas a las empresas realizadas por alumnos y profesorado como estrategias didácticas en la enseñanza. En el caso particular de las Instituciones de educación Superior Tecnológica como el Tecnológico Nacional de México (TECNM) se han redoblado esfuerzos por disminuir la brecha de conocimientos que modelan al profesional en las distintas disciplinas.

La Secretaría de Educación Pública (SEP) desarrolló en el 2014 el modelo de formación dual, para estudiantes de nivel medio superior, con la participación del sector empresarial. En el 2015 en el nivel superior el Tecnológico Nacional de México (TECNM) sistema educativo que genera alrededor del 43% de los ingenieros en México, ha implementado éste modelo en un plan piloto con aquellos institutos que han iniciado formación dual con resultados excepcionales, ya que las empresas participantes se mostraron muy motivadas y cada día se suman más instituciones a éste proyecto, por otra parte los estudiantes han sido los más beneficiados pues su panorama laboral se ha ampliado, y les ha permitido fortalecer sus aptitudes y posibilidades de desarrollo profesional y en muchos de los casos se ha fomentado el emprendimiento en los egresados.

El Modelo de Educación Dual, “es una estrategia de carácter curricular flexible que consiste en la adquisición y perfeccionamiento de competencias profesionales del estudiante, definidas en un plan formativo que se desarrolla en ambientes de aprendizaje académico y laboral en coordinación con las organizaciones del entorno, considerando el enfoque y alcance de los perfiles de egreso” (TECNM, 2015).

En el desarrollo de este modelo en el TECNM se contó con la participación de organismos como la Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA) ya que el modelo es de origen alemán, la Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN), la Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX), el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI), la Agencia Espacial Mexicana (AEM) y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), (TECNM, 2015).

La implantación de éste modelo pronostica grandes avances para resolver el problema de la vinculación entre la teoría del aula y la realidad laboral, sin embargo no obstante que está diseñado para que el estudiante desarrolle no solo competencias específicas propias de su perfil profesional sino habilidades genéricas para la vida, solo una pequeña parte de estudiantes se encuentra dentro de la cobertura de este modelo, que fue desarrollado originalmente en nuestro país para educación media superior con la idea de formar técnicos para el trabajo. La evolución vertiginosa de los procesos industriales y de servicios en la actualidad demanda capital humano calificado profesionalmente para cargos de mandos intermedios y superiores con cualidades que no desarrollan en la escuela, y que posiblemente no las consigan ni estando inmersos en el modelo dual, como habilidades para resolver problemas con distintas soluciones, saber priorizar responsabilidades y resultados, comunicarse de manera asertiva, desarrollar inteligencia emocional para entablar relaciones

con las demás personas, etc. Estas habilidades tienen que ver con la evolución de la persona desde el ámbito familiar pasando por toda su formación escolarizada, pero es digno reconocer que la alternativa del Modelo Dual reduce la brecha acercando al egresado a mayores posibilidades de éxito.

La vinculación del aprendizaje es un problema complejo, ha surgido una gama muy amplia de propuestas para resolverla, entre ellas destaca el interés de los empresarios de participar en el diseño de planes y programas de estudio para establecer en ellos los requerimientos que den respuesta a las necesidades reales de los puestos de trabajo, lamentablemente solo se levanta la voz cuando se aborda el problema, pero cuando se les ha convocado a trabajar de manera sistemática en el proyecto, denotan una falta de interés y compromiso argumentando el escaso tiempo del cual disponen, y envían representantes que desconocen la problemática de fondo, por lo que la vinculación queda simulada. Se han celebrado una multitud de convenios que en muchos casos se quedan en el papel por múltiples razones, pero la principal es la falta de liderazgo de las instituciones para darles seguimiento y evaluar sus resultados.

Por ello es importante que desde las aulas cada responsable de la docencia realice innovaciones pequeñas que contribuyan de manera directa a mejorar el aprendizaje práctico que complementa el abordaje teórico. De acuerdo con Carlos Payán ex director de ANUIES citado por Martínez, Leyva & Barraza (2010), la Vinculación en México es un término que empieza a conocerse alrededor de los años setenta, pero es hasta los noventa cuando realmente se convierte en una idea viable sostiene el mismo Carlos Payán, citado por Campos y Sánchez en el (2005). En los últimos años se ha acuñado un término que cada vez es más común en la comunidad académica de educación superior que es el aprendizaje situado; (Díaz Barriga, 2003) sostiene que “es un proceso de enculturación en el cual los estudiantes se integran gradualmente a una comunidad o cultura de prácticas sociales” y asegura que “aprender y hacer son acciones inseparables”. También concibe el Aprendizaje in situ “como un modelo contemporáneo de cognición situada que toma la forma de un aprendizaje cognitivo, el cual busca desarrollar habilidades y conocimientos propios de la profesión, así como la participación en la solución de problemas sociales o de la comunidad de pertenencia” (Díaz Barriga, 2003)

En el modelo académico del Tecnológico Nacional de México (TecNM) los programas de estudio de las distintas carreras están articulados curricularmente en dos bloques, uno que es el del área genérica donde se encuentran las materias comunes que cursan los educandos de todas las carreras y las materias de aplicación práctica en donde están inmersas las asignaturas que modelan el perfil de egreso, éstas asignaturas son muy importantes porque en ellas el futuro ingeniero(a) adquiere las metodologías y técnicas que reforzaran su área de especialidad; en ésta última se encuentran materias más especializadas que complementan la formación del estudiante, se presume que tanto las materias de aplicación práctica como las de especialidad deben desarrollarse con estrategias didácticas que vinculen los aprendizajes. Esta investigación se realizó con un grupo muestral de estudiantes de dos carreras: ingeniería industrial e ingeniería en gestión empresarial con el objetivo fortalecer la vinculación escuela-empresa.

## METODOLOGÍA

El presente estudio es de tipo descriptivo-explicativo, presenta los atributos y resultados de la investigación realizada en una población de 156 estudiantes que cursan dos carreras distintas en el TecNM campus Ciudad Valles, ingeniería industrial e ingeniería en gestión empresarial. En la carrera de ingeniería industrial se imparte la asignatura de especialidad Ingeniería Logística, cuando el estudiante aborda esta asignatura ya posee los conocimientos suficientes del funcionamiento y estructuración de los procesos industriales, conoce sus implicaciones técnicas y metodológicas, las variables de rentabilidad y operación y los factores y recursos que están relacionados con su funcionamiento; por lo que es el momento idóneo de insertarse en un escenario real de trabajo y poner en práctica, las metodologías que tienen relación con la implementación de la logística. La intención es que el estudiante relacione la importancia de la optimización de los procesos industriales a partir del análisis e implementación del método científico en variables como el manejo de los materiales, la logística del transporte, los flujos de información, el descuido provocado por falta de métodos sistematizados o errores humanos, rutas no rentables, uso de dispositivos de operación, usos de embalaje inadecuado, optimización de espacios entre otros. La población de estudio fueron dos grupos de 41 y 31 estudiantes agrupados en equipos de 6 a 7 personas.

**Procedimiento:** Cada equipo eligió una empresa que facilitara las condiciones para realizar la vinculación del aprendizaje, en la cual participó cinco fines de semana con el propósito de involucrarse en la operación del proceso logístico de su actividad principal; en cada etapa manejó una bitácora para llevar registro de los ítems relacionados con el objeto de estudio y compararlos de acuerdo a los conceptos teóricos que se estudian en el aula. Después de cada intervención en la empresa cada equipo compartió sus experiencias en el salón de clase, para que el docente aportara su punto de vista y las recomendaciones de acuerdo a los hallazgos. Es relevante hacer énfasis que para que éstas prácticas in situ tuvieran posibilidades de éxito, fue necesario realizar una inducción a las estudiantes relacionada con la ejecución de competencias genéricas entre las que se encuentran: una adecuada presentación personal, comunicación asertiva, la planificación y organización del trabajo en equipo, puntualidad, discreción, iniciativa, entre otras que pudieran ser importantes para la empresa.

En la carrera de ingeniería en gestión empresarial, se imparte en el quinto semestre la materia de aplicación práctica Gestión del Capital Humano, en esta asignatura el estudiante conoce y aplica las técnicas y metodologías que pondrá en práctica al egresar para gestionar la función de personal. El área de Recursos Humanos en las organizaciones ejecuta procedimientos que tienen relación con la legislación y normatividad mexicana, con los costos y los indicadores de productividad del personal, así como con las acciones que fomentan el mantenimiento, la conservación y el desarrollo del talento humano.

En la asignatura de Gestión del Capital Humano se eligió el tema de capacitación para realizar la vinculación, esto debido a que es un tema de gran aplicación y que requiere del dominio del proceso para que realmente sea eficiente para la empresa. La población de estudio fueron dos grupos de 45 y 39 alumnos distribuidos en equipos de 7 personas.

**Procedimiento:** Después de haber analizado en el aula los conceptos teóricos y haber desarrollado ejemplos y casos prácticos compendiados en la bibliografía de apoyo, cada equipo seleccionó una entidad pública o privada en donde le facilitarían el desarrollo de la práctica para impartir un curso de capacitación sugerido por la empresa, que diera respuesta

a sus necesidades de habilidades y conocimientos del personal. Para ello, los equipos ofrecieron realizar una Detección de Necesidades de Capacitación, mediante la aplicación de una encuesta breve que orientara sobre los requerimientos prioritarios para que el curso no solo fuera una actividad escolar, sino que tuviera un beneficio para la empresa. Así surgieron cursos enfocados a atención al cliente, calidad en el servicio, trabajo en equipo, motivación, manejo de conflictos, reglamento de trabajo, seguridad e higiene y responsabilidad en el puesto. El desarrollo de esta práctica se llevó a cabo cubriendo al 100% el proceso de capacitación, eligiendo entre los integrantes del equipo al mejor candidato para fungir como instructor y proporcionando los materiales de apoyo, así como la evaluación y la simulación de la extensión de la constancia. El docente responsable estuvo presente en cada práctica de cada empresa.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de las prácticas realizadas en once empresas en la asignatura de Ingeniería logística de las cuáles 36% corresponde a empresas medianas a grandes de tipo industrial, el 37% a empresas medianas a grandes del sector servicios y el 27% fueron empresas pequeñas-microempresas o empresas familiares. Participaron 72 estudiantes y un docente. La siguiente tabla explica los resultados globales.

Clasificación de la empresa donde se realizó la practica	Tipo de Actividades de Logística	Hallazgos principales	Resultados de la vinculación teoría-practica	Retroalimentación de la empresa en relación al desempeño estudiantil
<b>Empresas Medianas industriales</b>	En estas empresas el área de logística es posible analizarla y evaluarla debido a que sus procedimientos son sistemáticos, cuentan con almacenes de materia prima, productos terminados, flujos de entrada y salida de camiones de carga, distribución y embarque de productos finales.	Se identifican almacenes ordenados en unos casos y en otro no. Se identifica etiquetado de productos para su fácil localización y reducción de rutas.  Existen documentos de control para los procesos, pero no se observa profesionalismo de los empleados en el empleo de métodos de trabajo.  Existen desperdicios de insumos por la falta de supervisión. En la transportación de la materia prima no lo hacen igual todos los trabajadores y existe mal trato de la materia prima.  En la distribución del producto no hay seriedad, los	En un principio fue complicado realizar la observación hubo cierta incomodidad de los estudiantes debido a que no se les asignó un espacio para trabajar.  Se analizaron los flujos de Operaciones de los trabajadores y se concluye que a pesar de que son actividades sencillas tiene nichos de oportunidad para mejorar; como: señalización e identificación de rutas para flujos de materiales. Mejorar la comunicación interna entre jefes-colaboradores, entre otras.	La empresa estuvo satisfecha con la intervención de los estudiantes y comentan que les ha resultado de gran utilidad las observaciones para la mejora de su proceso logístico. Comentan que están abiertas para que más estudiantes se acerquen a realizar sus trabajos de vinculación del aprendizaje. Se expresaron en muy buenos términos de los egresados del TecNM campus Ciudad Valles.

Clasificación de la empresa donde se realizó la practica	Tipo de Actividades de Logística	Hallazgos principales	Resultados de la vinculación teoría-practica	Retroalimentación de la empresa en relación al desempeño estudiantil
		trabajadores no cuidan la calidad del embalaje ya que tiene amplio dominio de la actividad y la realizan rutinariamente.	Los estudiantes afirman que están muy motivados y que era lo que necesitaban para conocer más de su carrera.	
<b>Empresas Medianas de Servicios</b>	Estas empresas también tienen claramente definidas y sistematizadas sus actividades logísticas, sobre todo los flujos de operaciones y la organización de los Almacenes, con excepción de una que es una empresa de entretenimiento, esta empresa también tiene muy estricta su logística para todas sus operaciones de servicio.	En estas empresas sorprendió la buena disposición que tienen para la mejora. En varias de ellas se interesaron por conocer las observaciones y procedieron a mejorar significativamente. En una maderera por ejemplo se detectó insatisfacción de los clientes por los retrasos en las entregas, al evaluar la logística se identificó en que partes del proceso se tenía la falla, se estudió la ruta desde el ingreso al almacén hasta el embarque, logrando realizar un nuevo diseño a partir de la Aplicación del algoritmo de Ahorros con un 76% de éxito, se redujeron las rutas de 31 a 28, con un ahorro de 22.44 horas. Logrando disminuir las demoras en un 74%.	Los estudiantes se muestran muy satisfechos y orgullosos de que los conocimientos que están adquiriendo en el aula los pueden poner en práctica. Externan que el haber aportado sus conocimientos a la empresa les dio más seguridad para sus residencias profesionales.  Comentan que algunas empresas a pesar de contar con un flujo muy alto de operaciones debido a que son empresas de servicio están interesadas en la mejora, y que esta experiencia les permitió una visión más amplia de cómo pueden ejercer la ingeniería industrial.	Las empresas muestran gran satisfacción por el trabajo que realizaron los estudiantes y reconocen el profesionalismo y el interés que demostraron y desean que se sigan dando estas prácticas para que ganen los estudiantes y ganen las empresas.  Reconocieron que el TecNM campus Ciudad Valles siempre ha colaborado apoyando con residencias profesionales que han dejado excelentes colaboradores.
<b>Microempresas- Empresas Familiares</b>	Estas empresas tienen operaciones de logística muy improvisadas, trabajan de manera empírica, a pesar de ello hay cierta secuencia de operaciones. Adolecen de	Estas empresas desaprovechan su capital financiero y humano y no optimizan el uso de sus recursos. En relación a las rutas de sus operaciones no tienen identificadas las variables para realizar	En estas empresas se genera una cierta frustración para aplicar los conocimientos ya que no cuentan con los recursos suficientes, ni tampoco un interés por la mejora.	Mostraron buena disposición para que los estudiantes realicen sus prácticas, no hay mucha comunicación por parte de los responsables de las empresas para

Clasificación de la empresa donde se realizó la practica	Tipo de Actividades de Logística	Hallazgos principales	Resultados de la vinculación teoría-practica	Retroalimentación de la empresa en relación al desempeño estudiantil
	personal calificado en cuanto a conocimientos de logística y no disponen de muchos recursos para llevarla a cabo.	un diseño que les sea óptimo, no conocen el tiempo que se invierte en las operaciones y sus flujos de operaciones en ocasiones son inoperantes. El uso de sus recursos no se aprovecha al 100% porque no se tiene identificada su medición, es el caso de los combustibles en la mayoría de las empresas y las hora- hombre trabajadas.	Muchas empresas tienen años trabajando con un sistema empírico que les ha sido práctico y suponen que es correcto.  Es claro que se pueden implementar muchas mejoras, pero se requiere también cambiar la mentalidad de los propietarios.	brindar retroalimentación. Los propietarios se encuentran ausentes.

**Tabla núm.1 Resultados de prácticas vinculatorias Ingeniería logística Fuente: Propia**



**Figura 1 Estudiantes en observación Fuente: Propia**



**Figura 2 Estudiantes y docente en agradecimiento Fuente propia**

Los resultados de las prácticas vinculatorias de la asignatura Gestión del Capital humano se llevaron a cabo en 12 empresas de las cuales el 58% son empresas medianas a grandes y el 42% son empresas pequeñas, microempresas o empresas familiares. Participaron 84 estudiantes y un docente. A continuación, se muestran los resultados de las prácticas vinculatorias.

Nombre del curso impartido	Giro de la empresa participante	Núm. de participantes	Resultados obtenidos en el proceso de enseñanza apreciación de los estudiantes.	Comentarios de las empresas participantes.
SERVICIO AL CLIENTE	a) Restaurant De Alimentos	15	<p>Los resultados globales obtenidos de éstas prácticas en las doce empresas son variables aunque hay grandes coincidencias: En el caso de las empresas medianas los estudiantes dijeron sentirse muy satisfechos de haber logrado el objetivo propuesto, comentan que al dar inicio a las actividades tuvieron mucho temor por el impacto que les causo la organización de la empresa y sus empleados, comentan que todo parecía muy bien estructurado y no sabían si tendrían respuestas a las preguntas que se les plantearan. También comentan que al enfrentarse a gente de mayor edad y que ostenta cargos ejecutivos les resulto difícil porque se sintieron observados. Uno de los equipos se enfrentó a una contingencia debido a que el instructor del curso se enfermó del estómago en el momento que se tenía que presentar y fue difícil suplirlo, pero lograron resolver la situación.</p> <p>En el caso de las empresas pequeñas comentan que fue una experiencia muy novedosa para ellos pues siempre han realizado trabajos de investigación, pero es la primera vez que trabajan con una práctica de este tipo y afirman que el 5°. Semestre es muy prematuro para enfrentarse a la realidad.</p> <p>En términos generales comentan que les gusto mucho la experiencia y que se sienten más seguros de su carrera.</p>	<p>Las empresas mostraron mucho entusiasmo con la colaboración de los estudiantes, es muy destacable reconocerles que a pesar de que algunas solo dispusieron de unas pocas horas, la actitud de los participantes fue muy positiva: comentarios como: gracias por venir, sigan colaborado con nosotros, las puertas están abiertas, confiamos mucho en el Tec de Valles. Aquí hay varios egresados del Tec que bueno que los maestros se interesen por este tipo de clases. Porque no hicimos estas prácticas cuando Ud. fue mi maestra me hubiera gustado vivir esta experiencia. Etc.</p>
	b) Embotelladora de Refrescos	21		
CALIDAD EN EL SERVICIO	a) Financiera	5		
	b) Tienda de Autoservicio	18		
	c) Comercial	12		
TRABAJO EN EQUIPO	a) Educación	27		
	b) Financiera	8		
SEGURIDAD E HIGIENE	a) Fundición	13		
MANEJO DE CONFLICTOS	a) Empresa de Comunicaciones	7		
MOTIVACION AL EMPLEADO	a) Textil	8		
REGLAMENTO DE TRABAJO	a) Industria Azucarera	16		
EL PUESTO Y SUS RESPONSABILIDADES	a) Empresa Comercial	14		

**Tabla núm. 2 Resultados de las Prácticas vinculatorias Gestión Capital Humano**

**Fuente: Propia**



**Figura Núm. 3** Curso Capacitación en CONAFE  
Fuente: Propia



**Figura Núm. 4** Dinámica implementada en Curso  
Fuente: Propia

**RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN LOS ESTUDIANTES:**

Se aplico una encuesta se salida a los estudiantes para conocer el impacto que provocó la actividad vinculatoria con preguntas de opción múltiple y abiertas, dirigidas a las satisfacción o insatisfacción del modelo de aprendizaje, el impacto que tuvo en su vocación profesional y la impresión que le causo el entorno laboral. Fueron 156 encuestas con los siguientes resultados:



**Figura Núm. 5** Tabla de resultados del impacto en los estudiantes de las prácticas vinculatorias  
Fuente: Propia

Ítems de respuestas: Método de enseñanza más práctico y menos aburrido, nuevas experiencias y conocimientos, entendí mejor mi carrera, las prácticas son muy importantes, entendí mejor la materia, oportunidad de innovar, me di cuenta que no es lo mío, sentí miedo de realizar ésas prácticas, los empleados se mostraron muy motivados, existe desconocimiento de los empresarios en temas escolares no manejan el lenguaje, las empresas pequeñas tienen muchas limitaciones en todos sus recursos, me di cuenta que necesito aprender a hablar mejor, los dueños de las empresas no se involucran, siento que me falta cultura para explicarme mejor, me sentí importante, me sentí ingeniero, me impacto trabajar

con gente mayor que yo, me sentí orgulloso de poder aportar a la mejora de la empresa.

## CONCLUSIONES

En los últimos años hemos observado una evolución cada vez más acelerada en los sistemas de enseñanza, estos cambios transcurren más rápido que la capacidad de adaptación de las instituciones de nivel superior y sus profesores como consecuencia de los nuevos desafíos que nos plantea el mundo globalizado. Hace algunos años el profesor era referente de aprendizaje, cuando un egresado se incorporaba al campo laboral mucho de ese bagaje que se contaba en las aulas era parte de la realidad a la que se enfrentaba, hoy en día los roles han cambiado, las tecnologías digitales han modificado la concepción de la enseñanza, por lo que el rol del profesor debe transformarse y volverse más flexible a los procesos educativos. Esto no significa que el estudiante transite solo, es necesario asumir el compromiso y la responsabilidad que implica modelar a un ser humano para desenvolverse a lo largo de la vida. Ya no es suficiente transmitir conocimientos, las nuevas realidades del mercado laboral exigen profesionistas con competencias socioemocionales que sean capaces de dar soluciones diversas con pensamiento ágil y lógico, que respondan con asertividad a los cambios tecnológicos y a las circunstancias de incertidumbre como las que estamos atravesando en el momento actual inmersos en una pandemia sanitaria seguida de una crisis económica.

Uno de los grandes desafíos que enfrenta la educación superior tecnológica en el sistema TecNM es la falta de experiencia laboral en el campo de formación del profesorado, pocos, si no es que una mínima parte de los docentes poseen experiencia práctica en las empresas e industrias donde se aplican los conocimientos que enseñan, ésta circunstancia limita considerablemente la vinculación, ya que sus aportaciones están reducidas a la teoría de los textos y en muchas ocasiones no se orientan los conocimientos al perfil de egreso del estudiante que se está formando, de ahí que en materias como las ciencias básicas a un estudiante no le gusta, no le entiende, ni conoce para que le sirve el cálculo, la física, la química ni como la va a aplicar en su entorno laboral. Por otra parte, los perfiles profesionales de los profesores en muchas ocasiones no tienen una relación con la asignatura que imparten sumado esto a la falta de *expertise* los resultados no son alentadores. Por ello, la vinculación realizada mediante prácticas desarrolladas en escenarios reales viene a resarcir los huecos que inevitablemente existen entre la teoría y la práctica.

## BIBLIOGRAFÍA

- A., M. L. (2010). *La importancia de la Vinculación en las Instituciones de Educación Superior* boletín 07. Recuperado el 11 de septiembre de 2020, de imef.org.mx: [https://www.imef.org.mx/publicaciones/boletinstecnicosorig/BOL\\_07\\_10\\_CTN\\_CC.PDF](https://www.imef.org.mx/publicaciones/boletinstecnicosorig/BOL_07_10_CTN_CC.PDF)
- Díaz Barriga, F. (20 de octubre de 2003). *Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo*. Revista electrónica de investigación educativa, 5(2). Recuperado el 11 de septiembre de 2020, de <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>
- Empleo, C. P. (agosto de 2020). *Computrabajo Portal de Empleo*. Recuperado el 08 de septiembre de 2020, de <https://www.cpmputrabajo.com.mx/salarios/ingeniero-recien-egresado>
- G., C. G. (noviembre de 2005). *La Vinculación Universitaria: ese oscuro objeto del*

*deseo*. Revista electrónica de Investigación educativa versión On-line REDIE, 7(2).  
Recuperado el 09 de septiembre de 2020, de  
[scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1607-40412005000200005](http://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412005000200005)

OECD. (2019). Higher Education in México: *Labour Market Relevance and Outcomes*, Higher Education, OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo. Paris: Paris. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264309432-en>

TECNM. (01 de 09 de 2015). *Modelo de Educación Dual para Nivel Licenciatura del TecNM*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de <http://www.tecnm.mx/academia/normateca-de-la-direccion-de-docencia>

## RETO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA ROBÓTICA PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Recibido: 07 septiembre de 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

F. Orduña Correa<sup>1</sup>  
M.C. Rosas Rivera<sup>2</sup>  
F. Orduña González<sup>3</sup>  
M.G. Galván Hernández<sup>4</sup>

### RESUMEN

La Ingeniería Industrial es una de las carreras con mayor demanda en nuestro país, uno de sus principales objetivos es la optimización de los procesos, actualmente la industria transita por la cuarta revolución industrial con cambios trascendentales en los conceptos de manufactura, predominando la implementación de sistemas automatizados y la robótica, lo que implica que los egresados deben conocer y saber implementar las últimas actualizaciones de los equipamientos y tecnologías aplicadas en los sistemas productivos. Partiendo de estos hechos, se decidió realizar un estudio preliminar para identificar la pertinencia de los programas educativos de algunas instituciones de educación superior que ofrecen la carrera en nuestro país, con el propósito de conocer que peso curricular le dan a los conceptos de automatización y robótica, encontrando que solo se ofrecen dos materias relativas a éstos conceptos. Esta circunstancia motivo a la realización de un experimento piloto mediante la estrategia de vinculación con una empresa de reconocido prestigio internacional, experta en soluciones de automatización como lo es FESTO cuya experiencia en temas de hidráulica, neumática, programación PLC entre otros, así como el uso de simuladores pudiera brindar a un grupo de estudiantes próximos a insertarse en la residencia profesional, capacitación de vanguardia para destacar en atributos de competitividad e implementación de soluciones como ingeniero industrial.

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, Robótica, Ingeniería Industrial, Tecnología

### ABSTRACT

Industrial Engineering is one of the careers with the greatest demand in our country, one of its main objectives is the optimization of processes, currently the industry is going through the fourth industrial revolution with transcendental changes in manufacturing concepts, predominantly the implementation of systems automated systems and robotics, which implies that graduates must know and know how to implement the latest updates to the equipment and technologies applied in production systems. Based on these facts, it was decided to carry out a preliminary study to identify the relevance of the educational programs of some higher education institutions that offer the career in our country, in order to know what curricular weight they give to the concepts of automation and robotics, finding that only two subjects related to these concepts are offered. This circumstance led to the realization of a pilot experiment through the strategy of linking with a company of recognized international prestige, an expert in automation solutions such as FESTO whose experience in hydraulics, pneumatics, PLC programming among others, as well as the use of simulators could provide a group of students about to be inserted in the professional residence, cutting-edge training to stand out in attributes of competitiveness and implementation of solutions as an industrial engineer.

**KEY WORDS:** Automation, Robotics, Industrial Engineering, Technology

---

<sup>1</sup> Dr Francisco Orduña Correa Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, francisco.orduna@tecvalles.mx

<sup>2</sup> M.C. Ma. Del Carmen Rosas Rivera Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, carmen.rosas@tecvalles.mx

<sup>3</sup> Ing. Fernando Orduña González Supervisor de Producción IMI Norgren, fernando.orduna@imi-precision.com

<sup>4</sup> María Guadalupe Galván Hernández Estudiante de 9 semestre de Ingeniería Industrial Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles 16690171@tecvalles.mx

## INTRODUCCIÓN

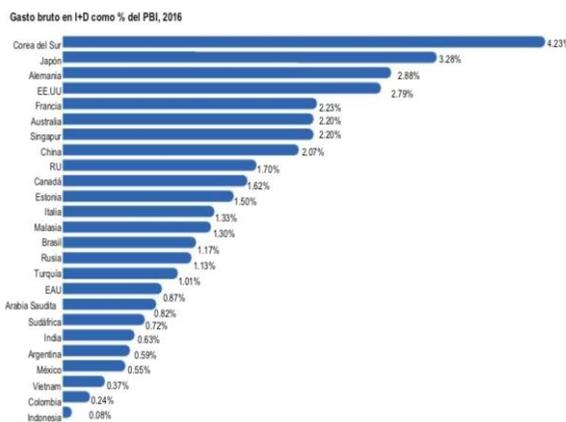
Una de las áreas de mayor crecimiento en la industria en los últimos diez años, ha sido la automatización y la robótica, donde se han reportado crecimientos sostenidos significativos, en instalaciones de robots, que van desde 112 mil robots instalados en el año 2008 hasta más de 400 mil unidades instaladas en el 2018, en base al informe de Steven Wyatt en su libro publicado en 2019, lo que representa un crecimiento más del 370% durante los diez años analizados en el reporte. Aun cuando el mayor crecimiento ha sido en Asia y Australia, también en América se ha presentado un crecimiento del 323% en los mismos diez años, pasando de 17 mil unidades instaladas en 2008 a 55 mil unidades instaladas en el 2018 (Wyatt 2019, págs. 1-14). En base al mismo documento, se observa que, el mayor crecimiento en inversiones de automatización y robótica ha sido para la industria automotriz, seguida de los electrodomésticos, metal mecánico, industria de los plásticos y por último la de los alimentos, principalmente.

La Federación Internacional de Robots (IFR) por sus siglas en inglés, menciona que en el 2018 se realizaron análisis en tres áreas de aplicación para robótica y automatización, resultó que los Robots para Servicio Profesional contaron con un crecimiento del 61%, los Robots para Servicio Doméstico con un crecimiento del 59%, y Robots para entretenimiento, con un crecimiento del 8%, destacando además que la perspectiva de crecimiento para los siguientes cuatro años se estima en 41%, 40% y 10% anual para esas mismas tres áreas de aplicación respectivamente.

La agencia de investigaciones en avances científicos y tecnológicos *The Economist Intelligence Unit*, en 2018 realizó un estudio global para identificar qué países estaban mejor preparados para enfrentarse a los cambios de la automatización y a la inteligencia artificial, inició analizando las inversiones en robots y automatización, que han realizado 25 países, y el reporte destaca que para México no es prioritaria la inversión en automatización y robótica ya que solamente representa un 0.55% de su producto interno bruto (PIB) mientras que, en otros países como Brasil, representa el 1.17% de su PIB, es decir, más del doble de la inversión que se realiza en México. Se acentúa también que los grandes inversionistas son países como Australia con el 2.20% del PIB, Japón con el 3.28% y Corea del Sur con el 4.23% de su PIB, es decir, que comparativamente, México solamente invierte el 13%, de lo que invierte Corea del Sur, lo que podría dejar obsoleto en productividad a México en los próximos años, ya que la diferencia de capacidad instalada cada vez sería más grande y más difícil de alcanzar, las condiciones productivas y competitivas de los países con mayores inversiones.

Aun así, en México las inversiones en Robótica en 2017 representaron cerca de los 209 millones de dólares, siendo uno de los principales países en Latinoamérica en la compra de robots y automatización. Empresas como Asea Brown Boveri (ABB) considerada la primera empresa en el mundo en abrir una planta para fabricar robots y *The Economist Intelligence Unit*, empresa dedicada a realizar investigaciones en desarrollos científicos y tecnológicos, reportan que México se encuentra en el lugar 23 de 25 países evaluados, los cuales son reportados en el índice “*Automation Readiness Index*”, que es un *rankin* mundial de la inteligencia artificial y la robótica, es decir, que dentro de este *rankin*, México está en los tres últimos lugares en preparación para enfrentar el reto de la automatización.

El crecimiento de los robots instalados en México, así como las técnicas de automatización cada vez más utilizadas, representan un reto para la preparación del capital humano, aún los países más desarrollados en programas de capacitación como lo son Corea del Sur, Alemania y Singapur, no alcanzan a estar al día, comparando los planes de estudio contra los requerimientos en innovaciones en los temas mencionados, y están invirtiendo fuertemente en capacitación para que la transición a los sistemas automatizados sea más suave, ya que además, consideran que los empleos para los seres humanos puedan ser mucho mejores y más significativos si están preparados para administrar, operar y mantener sistemas automatizados, no así para las personas o los países que no se encuentren debidamente preparados para este inminente cambio.



**Figura 1** Fuente The Economist Intelligence Unit      **Figura 2** Robots industriales Fuente: Festo

Uno de los programas de estudio de Ingeniería que más aceptación tiene en México, es la Ingeniería Industrial desde su registro en 1960, y de acuerdo al reporte de Alianza Fidem A.C. en 2018, se matricularon 230,220 estudiantes, siendo el programa académico de Ingenierías con mayor población estudiantil y con mayor crecimiento que se imparten en el país, de acuerdo con la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI 2019), lo que representa para las Instituciones de Educación Superior (IES) un reto en cuanto a la actualización y la pertinencia de los planes de estudio (CACEI 2018), por ello se considera que asignaturas como automatización, robótica y materias relacionadas, debieran tener mayor presencia en el mapa curricular del plan de estudios de ésta carrera.

En las aplicaciones prácticas del ejercicio de su profesión, los Ingenieros Industriales se centran en la optimización de los procesos de producción, para ello requieren conocer todos los equipos, maquinaria y dispositivos que se encuentran en la línea productiva de la planta. Actualmente el reto para los ingenieros, se eleva al introducir más sistemas de automatización y con mayor sofisticación tales como: robots, Controladores Lógicos Programables (PLC) y herramientas con algún grado de automatismo integrado, en adición o complemento de las máquinas convencionales y a los dispositivos tradicionalmente utilizados, lo que está obligando al Ingeniero Industrial a capacitarse y desarrollar conocimientos en temas, que en las retículas tradicionales no habían sido contemplados a profundidad, y en los cuales solamente se han manejado generalidades de conceptos. Estos temas requieren conocimientos de programación de Controlador Lógico Programable (PLC) que les permitan

administrar los enlaces con Robots, sistemas electrohidráulicos, electroneumáticos y herramientas automatizadas para manipulación y fabricación de productos.

Al realizar un análisis de las mallas curriculares de veinticinco instituciones de educación superior que ofrecen la carrera de ingeniería industrial en el país, se encontró un gran rezago de actualización en los planes y programas de estudio, al identificar que solamente incluyen dos asignaturas relacionadas con la automatización y la robótica, lo que significa que se están enseñando metodologías con procedimientos obsoletos y que se requieren urgentes reformas en la enseñanza para dar respuesta a las necesidades que enfrenta el mercado actual.

ANÁLISIS DE ASIGNATURAS RELACIONADAS CON AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA EN LOS PLANES DE ESTUDIOS DE 25 ( IES ) EN MÉXICO			
	AUTOMATIZACION	ROBÓTICA	PLC
TecNM C. Cd Valles	x		x
TecNM C. Orizaba			
TecNM C. Querétaro	x	x	x
TecNM C. Durango		x	
TecNM C. Chihuahua	x	x	x
TecNM C. Nuevo León	x	x	
TecNM C. Madero	x	x	x
TecNM C. Saltillo			x
TecNM C. Reynosa			
TecNM C. Mante			
UNAM	x		
IPN	x	x	
UVM			
UAY			
ITESM	x	x	x
UABC			
UACJ			
UANL			
UAEM			
UBA			
UM	x		
UA			
IBERO	x		
UIC		x	
UT	x		

**Tabla 1 Asignaturas de Automatización de las IES en México. Fuente: Propia**

El concepto de automatización no es un concepto moderno o de acuñación contemporánea, desde hace miles de años los egipcios financiaron un proyecto al inventor egipcio-griego Herón, para que construyera una puerta en Alejandría, y un siglo antes de Cristo desarrolló un procedimiento hidroneumático para abrir de manera automática las puertas de un templo, (Pierroti, 2016), al paso de los siglos ha evolucionado y se ha seguido aplicando este concepto, ya en la era moderna se encuentra el antecedente de James Watt con la Máquina de vapor, primero de simple efecto en 1775 y luego de doble efecto en 1784 (García 1999).

Posteriormente vienen las tres revoluciones industriales, donde las aplicaciones de la automatización son ya evidentes; en la primera empiezan a aparecer mecanismos de control y la industria textil empieza a automatizar muchos de sus procesos. En la Segunda revolución Industrial, de finales del siglo XIX y hasta principios del siglo XX, se observa el surgimiento del motor de combustión interna y el uso cada vez más extendido de la electricidad, automatizando las operaciones repetitivas.

La tercera Revolución industrial está marcada por el cambio de la lógica cableada, al uso de controladores PLC, controles analógicos programables y aplicaciones de Inteligencia artificial, para finalmente llegar a la Cuarta revolución industrial, donde vemos el control remoto y personalización de dispositivos cotidianos y el uso de robots, tanto en el área industrial como doméstica y médica (William 2009).

### **Contribución de Festo**

Festo es una compañía que tiene presencia internacional en 176 países alrededor del mundo, en México desde hace un poco más de 40 años ejerce un liderazgo en innovación y tecnología automatizada para la industria en diversas áreas o ramos como procesos industriales, mecánica automotriz, industria química, farmacéutica, alimentaria, electrónica, del papel, textil, minera, del embalaje y en general cualquier negocio alrededor del mundo que requiera automatizar o digitalizar sus procesos o su maquinaria. Festo ejerce un liderazgo en automatización neumática, electroneumática y electromecánica (Festo 2008). También dedica el 1.5% de su presupuesto en formación profesional, y entre sus servicios de capacitación al sector industrial y comercial destacan sus cursos en línea, diplomados, seminarios y asesoramiento para garantizar la máxima optimización y productividad de los equipos que ha proporcionado a las empresas. Su división didáctica (FESTO DIDACTIC) destaca a nivel internacional y es considerada una de las mejores compañías en automatización y perfeccionamiento industrial. En el campo de la educación Festo ha contribuido con alianzas estratégicas para facilitar la capacitación y actualización del profesorado y abrir espacios para que los estudiantes se capaciten y realicen prácticas que complementen su formación profesional.

### **METODOLOGÍA**

Considerando que el octavo semestre es donde se concluye la etapa presencial del estudiante de ingeniería industrial en el TecNM campus Ciudad Valles para insertarse en un proceso vinculatorio con el sector productivo, denominado residencias profesionales, se contempló la posibilidad de realizar un proyecto piloto con un grupo de estudiantes que estuvieran en condiciones de participar en un proceso de capacitación en temas de automatización y robótica. Para ello se realizó el acercamiento con FESTO para llegar a un acuerdo de colaboración que facilitara la realización del proyecto mediante simuladores de aplicación práctica que son utilizados en la Industria para capacitación de personal.

Se analizaron diversas estrategias, una de las más viables fue la capacitación en línea, la cual representaba un desembolso económico considerable, que no estaba al alcance de los estudiantes, por lo cual Festo decidió contribuir solidariamente con la educación y otorgó veinte licencias para estudiantes y una para el docente que coordinara el evento.

Se eligió a los participantes considerando variables de desempeño y actitudinales, tales como promedio de calificaciones, responsabilidad, compromiso, dominio del inglés, y trayectoria académica regular, y que estuvieran en vísperas de iniciar sus residencias profesionales. El factor tiempo fue una variable muy importante para evaluar la decisión de la participación, ya que el curso estaba planificado con fechas específicas y tiempos de desarrollo fijos, lo que requería el compromiso de los participantes para aprovechar la oportunidad de capacitación. Otro elemento decisorio para elegir a los individuos fue que contaran con los medios electrónicos necesarios como computadora e internet disponibles y confiables.

Participaron 20 estudiantes con promedio de calificación en un rango entre 89 y 98, y que concluían el octavo semestre de la carrera de ingeniería industrial. El docente también cubrió ciertos requisitos: ingeniero industrial, docente de módulos de especialidad en la carrera, con conocimiento de máquinas, dispositivos y herramientas industriales, con experiencia práctica en la industria, con compromiso y responsabilidad para trabajar en periodo vacacional y que además se responsabilizara por el avance y resultado de todo el equipo participante.

### **Contribución de la empresa participante**

La empresa se comprometió a otorgar de manera gratuita 36 cursos en línea, agrupados en siete módulos, en un periodo de 45 días, estos módulos trataron la siguiente temática: electricidad, electrónica, neumática, hidráulica, actuadores, Industria 4.0 y técnicas de *lean manufacturing*.

### **Seguimiento de desempeño de los estudiantes**

Se dio seguimiento a los estudiantes mediante la gestión de una matriz de avance, considerando una holgura de tiempo de tres días, se monitoreó el desempeño del curso de cada estudiante y se logró contar con un avance total cuya calificación promedio fue del 91, resultado que sorprendió gratamente tanto a FESTO como al TecNM Campus Valles, ya que fue desarrollado en periodo vacacional. También se tuvo contacto semanal con los estudiantes por videollamada los lunes de cada semana, donde se comentaban las impresiones, se resolvían dudas y se les motivaba para seguir adelante, siendo este punto muy sencillo ya que conforme avanzaban se iban motivando más y más, lo que quedó de manifiesto en cada comunicación.

### **Entrevistas con egresados**

Paralelamente con el curso se realizaron 79 entrevistas con egresados que estuvieran laborando en empresas metal-mecánicas para conocer si en ellas había inversiones en automatización y si estaban teniendo capacitación al respecto, así como sus comentarios acerca de los temas que abordaron durante sus estudios y los retos en la práctica que estaban enfrentando relativos a la automatización de los procesos industriales.

## RESULTADOS

Los resultados del presente proyecto son tangibles y favorables, por una parte se establecieron las primeras negociaciones para que el TecNM Campus Valles y Festo establezcan un convenio de colaboración cuya intención es que exista un centro de capacitación continua en las instalaciones del tecnológico, tanto para apoyo a estudiantes como egresados y público en general, y en cuanto a los estudiantes que participaron en el curso, hubo resultados concretos de los aprendizajes logrados en cada uno de los módulos, los que se detallan a continuación:

MÓDULO FESTO	CURSO	APRENDIZAJE RELEVANTE
Electrotécnica	Electricidad 1	En ese módulo los estudiantes pudieron realizar simulaciones prácticas de los conceptos de electricidad y de electrónica y sus medidas de protección, en simuladores que permiten el error y que indican las consecuencias mediante datos, esquemas y videos interactivos
	Electricidad 2	
	Electrónica 1	
	Electrónica 2	
	Medidas de Protección Eléctrica	
Técnicas de Fluidos	Introducción a la Neumática	Pudieron comprender con proyectos prácticos en simulaciones con interacciones realistas el uso de pistones, válvulas y sistemas de detección con sus diferentes configuraciones donde podían realizar sus propias propuestas
	Electroneumática	
	Hidráulica	
	Electrohidráulica	
	Introducción a la Neumática 2	
	Sistemas de detección de carga	
Sensores	Detectores en la Neumática	Conocieron los diferentes tipos de sensores, inductivos, capacitivos, físicos, etc., con imágenes reales tanto de los dispositivos como de sus usos en las empresas y su aplicación óptima mediante proyectos de simulación
	Tipos de detectores para la detección	
Técnicas de Automatización	Actuadores Motores DC	Tomando en cuenta que ya se habían aprobado los cursos anteriores, aquí ya se centra de lleno a la programación, control y fundamentos prácticos de la automatización, utilizando en los proyectos de simulación, actuadores, motores, pistones, válvulas, con conceptos para PLC y el uso de GRAFCET con consideraciones de seguridad, control y regulación y aplicaciones de robótica
	Accionamientos Eléctricos	
	Accionamientos Eléctricos 2	
	MPS200	
	Técnica de Bus de Campo	
	GRAFCET	
	Capacitación Logo	
	Machine Visión	
	Control y Regulación	
	Técnicas de Seguridad	
	Fundamentos de la automatización de procesos continuos	
	Programación PLC	
Actualizaciones Técnicas	La Fascinación de la Tecnología	

MÓDULO FESTO	CURSO	APRENDIZAJE RELEVANTE
	Energías Renovables	En este módulo se enfocaron plenamente a el futuro de la aplicación de la automatización describiendo la evolución hasta los alcances de la Ingeniería 4.0 con proyectos de simulación realista y práctico
Administración Esbelta	Las 5 S	Todas estas técnicas que ya habían sido abordadas de manera teórica por los estudiantes aquí fueron aplicadas en casos específicos mediante simulación y preguntas basadas en casos reales
	Poka Yoke	
	Análisis y diseño de Flujo de Valor	
	TPM	
Maquinado	Perforación	En esta parte se resolvieron casos prácticos donde se aplican los diversos maquinados en equipos con algún grado de automatización
	Torneado	
	Fresado	
	Materiales	

**Tabla 2 Aprendizajes logrados en Automatización y Robótica Fuente: Propia**

Tecnología Automatizada para la Industria que maneja Festo.



**Fig. 3 Brazo Robot con mordaza de succión Fuente: Festo**



**Fig. 4 Brazo Robot para manipulación de piezas Fuente: Festo**

De acuerdo al sondeo realizado para conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes respecto a los aprendizajes obtenidos, manifiestan que hoy conocen conceptos con aplicación práctica que no habían sido abordados en el transcurso de su carrera como: Histéresis, Programación de PLC , Aplicación proactiva de VSM, Programación para Sistemas Hidráulicos, Aplicaciones prácticas Electro Hidráulicas y Electroneumáticas, el concepto de *Machine Vision*, Proyectos prácticos y sustentables reales de Energías Renovables, *Grafset*, Detección de Cargas, Procesamiento de Señales, Actualidad y futuro de las Tecnologías de la Industria 4.0.

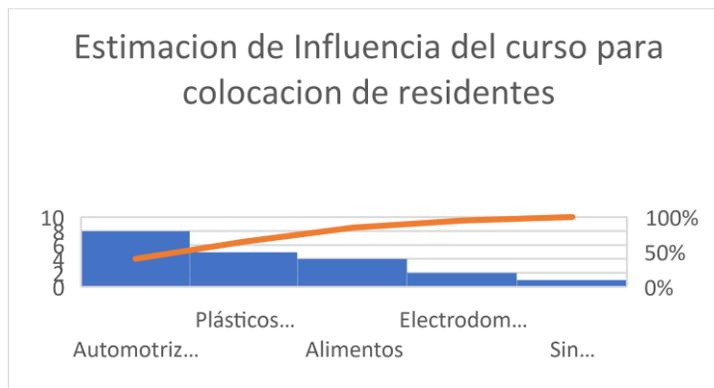
Manifestaron haber reforzado conocimientos teóricos relativos a *lean manufacturing*, CNC, electricidad, aplicaciones prácticas de física y lo relativo a la normatividad para seguridad e higiene que se utiliza en la comunidad europea y su equivalencia con las normatividades en México.

En la retroalimentación que se realizó a los estudiantes para conocer el beneficio que representó el Curso de Festo como complemento de aprendizajes de aplicación práctica, para generar oportunidades de plazas en donde desarrollar la residencia profesional, se obtuvo la siguiente información:

Tipo de empresa	Cantidad	Estimación del estudiante sobre la Influencia del curso en la contratación de Residencia				
		0%	10-20%	20-40%	40-60%	>60%
<b>Automotriz/Autopartes</b>	8	1		1	2	4
<b>Plásticos/Moldeado</b>	5		1	1	2	1
<b>Alimentos</b>	4	2		2		
<b>Electrodomésticos</b>	2			1		1
<b>Sin Colocación</b>	1					
<b>total</b>	20	3	1	5	4	6

**Tabla Núm.3 Estimación de éxito en curso de Festo fuente: Propia**

El 95% de los estudiantes logro colocarse en un periodo menor a treinta días después de haber concluido el curso y solo uno no había concretado su colocación lo que representa el 5%. La estimación que realizan en relación con el beneficio del curso para posicionamiento profesional oscila entre el 40 y el 60% en promedio.



**Figura 5 Gráfica de Estimación de influencia positiva Curso Festo Fuente: Propia**

## CONCLUSIONES

Desde la década de los 80, México ha presentado una marcada transformación industrial hacia las manufacturas, principalmente en el sector metalmecánico, convirtiéndose en el líder en tres grandes áreas de este sector, lo que se refiere a la fabricación de electrodomésticos, a la fabricación de automóviles y de autopartes, y en la última década ha tenido inversiones decididas en el área aeroespacial, donde se puede observar el desarrollo industrial principalmente en el norte y centro del país.

Esto han propiciado la diversificación de la manufactura, manifestándose en cambios estratégicos al utilizar tecnologías avanzadas con el uso más frecuente de la automatización y la robótica. Estos cambios han alcanzado otros sectores como la industria de los alimentos, maquiladoras y textil, convirtiendo a México en un país con zonas de especialización, permitiendo el desarrollo de *cluster*, que además permiten el crecimiento en la complejidad logística de las diferentes regiones y la instalación de parques industriales con vocaciones específicas y diferenciadas.

Una de las consecuencias derivadas de esta transformación industrial, es el cambio en la complejidad de la manufactura, la cual ha adquirido nuevos conceptos y retos para los Ingenieros Industriales, necesitando desarrollar nuevas competencias profesionales. Ahora el medio ambiente organizacional exige un nuevo enfoque en la relación hombre máquina por la implementación de la automatización y la robótica.

Tanto las empresas como las Instituciones de Educación Superior deberán asumir el reto y el rediseño de sus procesos de enseñanza aprendizaje, que garantice el alcance de las competencias con las que deben contar los Ingenieros Industriales para que puedan soportar los nuevos retos de la manufactura, y así continuar generando la rentabilidad y sustentabilidad de la operación que ahora se exige.

Estas proyecciones coinciden con la retroalimentación que se obtuvo de los egresados entrevistados, que están inmersos en el campo laboral, donde el 90 % manifiestan que en la empresa donde laboran hay inversiones en automatización ya sea en su proceso productivo o en logística, acompañados de programas ambiciosos en capacitación, lo cual confirma que experimentos didácticos de vinculación con compañías especializadas como Festo son un gran acierto.

Haber desarrollado este experimento piloto ha representado un avance y un logro muy importante para resarcir en algo la obsolescencia que pudieran presentar las metodologías tradicionales que se abordaron en las aulas durante la formación de los estudiantes de ingeniería industrial, ya que lamentablemente la currícula no se actualiza con la frecuencia que debiera, ni se cuentan con los recursos necesarios para adquirir los prototipos didácticos de vanguardia para que los estudiantes conozcan las nuevas tendencias de la inteligencia artificial, robótica y automatización. Este curso Festo lo comercializa usualmente con un costo por curso unitario de \$ 1,100 a \$ 1,400 pesos por persona, considerando que fue patrocinado gratuitamente a 20 estudiantes y un docente y que se recibieron cada uno 36 cursos, representa una inversión superior a los 831 mil pesos, que no desembolsó ni el TecNm Campus Valles, ni los participantes y que además abrió los canales de comunicación para que ambas instituciones desarrollen convenio de colaboración a largo plazo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CACEI. (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Ciudad de México: CACEI-COPAES.

ANFEI. (2019). *Ingeniería Industrial en México 2030 Escenarios de Futuro*. Ciudad de México: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería.

ANUIES. (2018). *VISION Y ACCION 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México*. Ciudad de México: ANUIES.

- FESTO. (2014). *Tecnología para la Formación y Ciencias*. Esslingen Alemania: Festo Didactic GmbH & Co KG.
- FESTO. (2016). *Sistemas de Aprendizaje*. Hanover: Festo-Didactic GmbH & Co KG.
- CACEI. (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Ciudad de México: CACEI-COPAES.
- ANFEI. (2019). *Ingeniería Industrial en México 2030 Escenarios de Futuro*. Ciudad de México: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería.
- ANUIES. (2018). *VISION Y ACCION 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México*. Ciudad de México: ANUIES.
- FESTO. (2014). *Tecnología para la Formación y Ciencias*. Esslingen Alemania: Festo Didactic GmbH & Co KG.
- FESTO. (2016). *Sistemas de Aprendizaje*. Hanover: Festo-Didactic GmbH & Co KG.
- FIIDEM A.C. (2018). *Estudio Regionalizado de Oferta Demanda de las Carreras de Ingeniería*. Ciudad de México: Alianza Fiidem.
- The Economist Intelligence Unit. (2018). *Índice de Preparación para la Automatización*. Wales England: The Economist Intelligence Unit Limited.
- Wyatt, S. (2019). Anual Installations of Industrial Robots 2013 -2018 y 2019-2022. *World Robotics Industrial Robots 2019 Statistics, Market Analysis, Forecast and Case Studies*, 6-7.
- FESTO (2008) Festo México obtenido el 11 de septiembre del 2020 de [https://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/9465.htm](https://www.festo.com/cms/es-mx_mx/9465.htm)
- Pierroti Nelson (2016) *Puertas automáticas para los Templos Egipcios* <http://www.egiptomania.com/ciencia/puertas>
- García Moreno Emilio, (1999) *Automatización de Procesos Industriales*, Universidad Politécnica de Valencia, Byprint percom, sl
- William O. Rey S. (2009) *Automatización Industrial Evolución y Retos de una Economía Globalizada* Revista Opinión, Inventum no 6, Facultad de Ingeniería Uniminuto, Colombia

## ISOTERMAS DE SECADO EN CONDICIONES DE LABORATORIO PARA PULPA DE CALABAZA (Cucúrbita pepo)

Recibido: 15 septiembre 2020  
Aceptado: 29 de septiembre de 2020

C. Mojica Mesinas<sup>1</sup>  
D. C. Acosta Pintor<sup>2</sup>  
E. Vidal Becerra<sup>3</sup>  
N.I. Mojica Sobrevilla<sup>4</sup>

### RESUMEN

La presente investigación aborda la construcción de las isotermas de secado aplicado a la pulpa de calabaza, su comportamiento durante el proceso a lo largo del tiempo; considerando principalmente la realización de las mismas a diferentes temperaturas y una atmósfera de presión; se realizaron en un proceso controlado de laboratorio, garantizando no destruir contenidos importantes de masa orgánica como son proteínas y vitaminas, los resultados muestran que este producto permite un excelente almacenamiento con un mínimo de pérdidas de sus propiedades nutricionales y organolépticas.

### PALABRA CLAVES

Isotermas, secado, pulpa, calabaza, temperatura y presión atmosférica.

### ABSTRACT

The present investigation deals with the construction of the drying isotherms applied to the pumpkin pulp, their behavior during the process over time; considering mainly the performance of the same at different temperatures and an atmosphere of pressure; were carried out in a controlled laboratory process, guaranteeing not to destroy important contents of organic mass such as proteins and vitamins, the results show that this product allows an excellent storage with a minimum of losses of its nutritional and organoleptic properties.

### KEY WORDS

Isotherms, drying, pulp, pumpkin, temperature and atmospheric pressure.

### INTRODUCCIÓN

Desde épocas lejanas el ser humano ha buscado la manera de preservar los alimentos, uno de los métodos más utilizados es el secado de alimentos de alto contenido de agua, se habla de carne, leche, huevos, frutas y hortalizas, principalmente (Aguilar Morales, 2012).

La calabaza (Cucúrbita pepo) es un cultivo anual de clima templado muy arraigado en México, aunque puede crecer desde el nivel del mar, hasta los 2700 metros. Tiene una gran diversidad de tamaños, colores y formas de sus frutos, así como períodos de maduración y es parte de la dieta alimenticia de México. (Martínez Alvarado, 2000)

La calabaza forma parte de los cultivos más importantes en México, junto con el maíz y frijol, razón por la cual México se ubica en el 7° lugar de producción a nivel mundial. Los principales productores de calabaza en el país se ubican en los estados de Sonora, Sinaloa, Tlaxcala, Nayarit, Hidalgo, Puebla y Morelos (CANABIO, 2019).

La calabaza y sus componentes tienen diversos usos, entre ellos destacan: la elaboración de dulces, jabones, aceites, purés, harina, ornato, botanas, mole de pepita, forraje para ganado, vasijas, medicinales (desinflamatorio, laxante, fuente de fibra, desparasitante, curación de

<sup>1</sup> Profesor del programa de Ingeniería Ambiental del TecNM, Campus Ciudad Valles. [cuitlahuac.mojica@tecvalles.mx](mailto:cuitlahuac.mojica@tecvalles.mx)

<sup>2</sup> Profesora del programa de Ingeniería Industrial del TecNM, Campus Ciudad Valles. [dulce.acosta@tecvalles.mx](mailto:dulce.acosta@tecvalles.mx)

<sup>3</sup> Profesora del programa de Ingeniería Industrial del TecNM, Campus Ciudad Valles. [elia.vidal@tecvalles.mx](mailto:elia.vidal@tecvalles.mx)

<sup>4</sup> Alumna del programa de Ingeniería Ambiental del TecNM, Campus Ciudad Valles. [17690352@tecvalles.mx](mailto:17690352@tecvalles.mx)

llagas y quemaduras, tratamiento de hemorroides) y el tratamiento de aguas residuales a través de enzimas (Espinosa, 2018).

En la región huasteca, hay frutas y hortalizas susceptibles de secar, con el estudio de las isotermas de secado para estos alimentos, se dan alternativas de conservación a los micro y pequeños productores; evitando con ello la pérdida por descomposición; del mismo modo se puede utilizar la energía solar, para el desecado de estos productos del campo, que hoy en día se pierden por no poder conservarlos de manera económica y eficientemente. La idea final es estudiar estos comportamientos para aprovechar el secado al sol y ahorrar en otros tipos de energías (eléctricas y combustibles).

Se parte de que existe una diferenciación en la eliminación de humedad de productos sólidos o semisólidos. Existen dos conceptos muy similares: el secado, que es cuando se elimina parte del contenido acuoso del alimento, hasta que su humedad se equilibra con la del ambiente. Y la deshidratación cuando la eliminación de agua es casi total.

El secado es el proceso que consiste en la eliminación de gran parte del agua inicialmente incluida en el producto, hasta un nivel de contenido de humedad aceptable para ser almacenados por largos períodos sin pérdidas significativas y sin reducir el valor comercial del producto. Este fenómeno tiene como finalidad la reducción del agua disponible y por lo tanto de la actividad de agua y la velocidad de las reacciones en el producto y en el desarrollo de los microorganismos (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

Existe poca información bibliográfica para la construcción de isotermas de secado en alimentos, situación que dificulta la comparación de estas con respecto a otros estudios, sin embargo, su construcción es relativamente sencilla con material y equipo básico de laboratorio es posible realizar estas isotermas, como son: estufa eléctrica regulada, cuchillo, termómetros, balanza analítica, papel aluminio, bandejas de metal y cronómetro (Geankoplis, 1998).

La isoterma de secado depende de la temperatura y de la composición del alimento (proteico, graso, azucarado, amiláceo) y del estado físico en que se encuentre (sólidos, o líquido). Dentro de las aplicaciones, las isotermas son importantes en el análisis y diseño de varios procesos, como la cinética de secado de los alimentos. También se utilizan para la selección de materiales de envasado, en la selección de ingredientes para el mezclado de alimentos, y para la predicción de cambios en la estabilidad o vida útil durante el almacenamiento de los alimentos secos. Al conocer y obtener las isotermas de cada uno de los componentes de una mezcla, se podrá predecir de mejor manera la estabilidad de la mezcla resultante, ya que cada componente (proteínas, lípidos, fibra, carbohidratos, etc.), tiene diferentes formas de interactuar con el agua (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

La semilla de calabaza se comercializa principalmente, mientras que, la pulpa queda en algunos casos como un subproducto y se utiliza para alimento de ganado (algunos agricultores la dejan en el campo y la incorporan al suelo, quedando como un abono orgánico).

Con esta diferenciación, se realiza la investigación para la construcción de las isotermas de secado aplicado a la pulpa de calabaza, su comportamiento durante el proceso a lo largo del

tiempo; considerando principalmente la realización de las mismas a temperatura controlada y presión atmosférica (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

Las Isotermas de secado de la pulpa de calabaza a diferentes temperaturas y una atmósfera de presión en peso, se realizan en un proceso controlado de laboratorio, garantizando no destruir contenidos importantes de masa orgánica como son proteínas y vitaminas, los resultados muestran que este producto permite un excelente almacenamiento con un mínimo de pérdidas de sus propiedades nutricionales y organolépticas.

El propósito es construir las isotermas de secado en condiciones de laboratorio para pulpa de Calabaza (Cucúrbita pepo), producida en la región Huasteca, del estado de San Luis Potosí.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Química del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles. El Municipio de Ciudad Valles.

Para iniciar se debió activar 30 minutos antes la estufa eléctrica marca FELISA, modelo 241, y enseguida se empezaron a tomar las temperaturas de estudio (40°, 50°, 60°, 70°, 80° ó 90°C), de acuerdo a la isoterma a realizar.

Se cortaron 30 pedazos pequeños de aluminio, para cada temperatura de estudio, marcando cada uno de los pedazos de aluminio para poderlas identificar al momento de dar seguimiento del proceso de secado; se pesó cada pedazo de aluminio marcado y se registraron los datos.

Se cortaron 30 muestras de pulpa de calabaza, aproximadamente un gramo [g] de cada una de las muestras, se colocaron en cada pedazo de aluminio marcado una muestra de pulpa de calabaza, se pesó el papel aluminio junto con la muestra y se registraron los datos.

Trascurridos los treinta 30 minutos de precalentamiento de la estufa, se tomaron los siguientes datos al inicio del proceso de desecado: temperatura de bulbo seco y temperaturas de bulbo húmedo, para determinar la humedad relativa en el ambiente y dentro de la estufa regulada.

Se introdujeron las muestras en la estufa regulada a las diferentes temperaturas de estudio (40°, 50°, 60°, 70°, 80° ó 90°C), iniciando a contabilizar el tiempo de secado con el cronometro marca GENERAC, modelo estándar (ver Figura 2. Secado de pulpa de calabaza). Se pesó cada una de las muestras y se checó las temperaturas cada 30 minutos hasta que se obtuvieron tres lecturas muy similares, y se registraron los datos.



**Figura 2. Secado de pulpa de calabaza**

Utilizando Excel 365, se vaciaron los datos obtenidos en el proceso de secado, una hoja para cada temperatura regulada (40°, 50°, 60°, 70°, 80° ó 90°C); en la hoja de cálculo, se obtuvieron los promedios de las 30 muestras de: Tiempo [hora], Peso Promedio [g], Diferencia de Peso [kg], Perdida de agua Acumulada [kg], % Perdida de agua Acumulada, % en peso Muestra Seca.

Con los promedios de datos y en el mismo archivo Excel, se construyó las isotermas de secado para cada una de las temperaturas reguladas (40°, 50°, 60°, 70°, 80° ó 90°C). Se realizaron comparación de las isotermas para determinar la humedad crítica para la pulpa de calabaza; conociendo los tiempos para cada una de las isotermas y en el mismo archivo de Excel, se construyó la curva de tiempo versus temperaturas.

## RESULTADOS

Se observó que conforme se incrementa la temperatura de secado, el tiempo para el mismo disminuye, por ejemplo, a 40°C el tiempo fue de 13 horas, mientras que para una temperatura de 90°C el tiempo fue de 5.5 horas (ver Tabla 5. Tiempo de Secado vs. Temperatura).

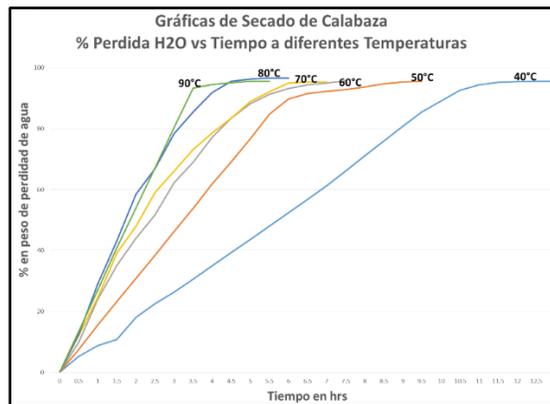
**Tabla 5. Tiempo de Secado vs. Temperatura**

<b>Secado de calabaza: tiempo versus temperatura</b>				
<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo de Secado</b>	<b>Punto de inflexión</b>	<b>Perdida de agua crítica</b>	<b>% Solidos Totales</b>
40	13	89.03	95.54	4.46
50	9.5	89.73	95.59	4.41
60	7.5	89.25	95.62	4.38
70	7	89.89	95.33	4.67
80	6	90.92	96.63	3.37
90	5.5	91.33	95.55	4.45
		<b>90.03</b>	<b>95.71</b>	<b>4.29</b>

Se observa una rápida estabilización de las velocidades de secado, es decir la velocidad de secado creciente se alcanza en los primeros 30 minutos; la velocidad de secado constante depende de la temperatura que se esté ocupando en el proceso de construcción de la isoterma (ver Figura 2. Secado de pulpa de calabaza). Así mismo se obtuvo un punto de inflexión cuando la pérdida de humedad promedio llegó a 90%, lo que obedece al bajo contenido de sólidos totales en las muestras; al llegar a este, para el proceso de secado comienza la zona de velocidad decreciente, llegando a la humedad crítica de 95.71% en promedio (Geankoplis, 1998).

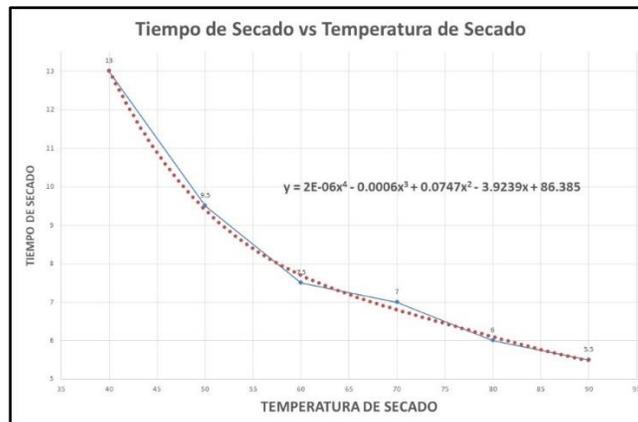
Se observa en las isotermas, al compáralas todas en un mismo gráfico, que la temperatura de secado óptimo se encuentra entre 60° y 70°C (ver Figura 2. Secado de pulpa de calabaza) y de acuerdo a la bibliografía consultada para secado de alimentos la temperatura debe ser entre 60° y 65°C, concordando los resultados con esto (De Michelis & Ohaco, 2012).

También se vio un cambio en la coloración de las muestras de calabaza seca. En las temperaturas de 40°, 50°, 60° y 70°C, el color fue más claro; y en las de 80° y 90°C, el color fue más oscuro.



**Figura 3. Gráficas de secado pulpa de calabaza**

Al realizar el gráfico de tiempo versus temperatura de secado, se observa que el tiempo de secado disminuye al aumentar la temperatura (ver Figura 4. Gráfico de temperatura versus tiempo de secado).



**Figura 4. Gráfico de temperatura versus tiempo de secado**

## CONCLUSIONES

Al realizar el secado en condiciones controladas de temperatura de 40, 50, 60, 70, 80 y 90 grados centígrados [°C], se estudia el comportamiento del secado a diferentes temperaturas y a presión atmosférica.

Se construyó las isotermas de secado para cada una de las temperaturas reguladas, realizando la comparación de las isotermas para determinar la humedad crítica para la pulpa de calabaza y se construyó la curva de tiempo de secado en las condiciones de estudio para temperatura y presión.

Los resultados muestran que este producto permite un excelente almacenamiento con un mínimo de pérdidas de sus propiedades nutricionales, organolépticas y físicas entre los 60 y 70°C, considerando el promedio de las mismas como la óptima, la cual es 65°C.

La construcción de las isotermas de secado aplicado a la pulpa de calabaza, permite el estudio del comportamiento durante el proceso a lo largo del tiempo, prediciendo de mejor manera la estabilidad del producto seco resultante, cada componente (proteínas, lípidos, fibra, carbohidratos, etc.), tiene diferentes formas de interactuar con el agua

Realizar más isotermas de secado pero considerando los intervalos de temperatura cada 5°C, es decir, a 40°, 45°, 50°, 55°,...90°, 95°, 100°, 105°C; para tener mayores datos con los cuales compara los tiempos de secado versus la pérdida de humedad.

De igual modo la toma de datos a intervalos de tiempo de 20 min, con el propósito de observar las velocidades de secado con mayor precisión (Creciente, constante y decreciente), que facilite la observación del punto de inflexión y el tiempo de secado con mayor exactitud.

Realizar las isotermas de secado para otros alimentos, como pueden ser las frutas y verduras de la región, con el propósito de darle alternativas de conservación a los micro y pequeños productores; evitando con ello la pérdida por descomposición.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrolanzarote. (2012). Calabaza. Ciudad de México, Méx.: Servicio Insular Agrario.
- Aguiar Morales, J. (2012). Métodos de Conservación de Alimentos. Tlalneptla, Estado de México: Red Tercer Milenio S.C.
- CANABIO. (2019). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. Ciudad de México, Méx.: CANABIO.
- Castellan, G. G. (1987). Fisicoquímica. Maryland, U.S.A.: Pearson Educación.
- De Michelis, A., & Ohaco, E. (2012). Deshidratación y secado de frutas, hortalizas y hongos: Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. Cumahue, argentina: INTA Editores.
- Geankoplis, C. J. (1998). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Hernández Ángel, G. (2010). Tratado de nutrición, composición y calidad nutritiva de los alimentos. Madrid, España.: Médica Panamericana.

IICA. (2018). Calabazas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1-5.

Martínez Alvarado, M. (2000). El Cultivo de la Calabacita (Cucúrbita pepo L.) en México. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Antonio Narro.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1998). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Madrid, España: McGraw-Hill.

# **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO (TecNM), CAMPUS CIUDAD VALLES**



## **INFORMES:**

**Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km.2**

**Col. Vista Hermosa, C.P. 79010**

**Cd. Valles, S.L.P.**

**Tel. (481) 38 1 20 44 y (481) 38 1 46 05**