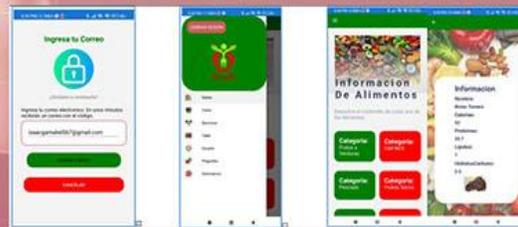


# INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

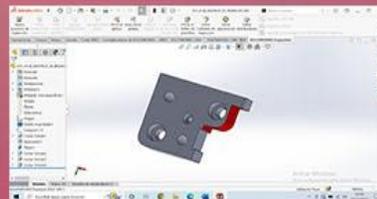
Edición Especial  
Primer Congreso Nacional  
Investigación Aplicada, un Enfoque  
en la Tecnología

En este número:

Usabilidad de Aplicaciones  
Móviles Desarrolladas por  
Alumnos de la UTNG



Optimización de Troquel  
Progresivo Mediante  
Herramientas CAE/FEA



Estrategia de formación  
transversal: acompañamiento  
tutorial y abordaje de las ODS



Estudio comparativo  
para la selección del acero  
y tratamiento térmico en  
herramientas de golpe-punzones



Correlación Digital de Imágenes  
y Pruebas Mecánicas Aplicadas  
en la Manufactura Aditiva

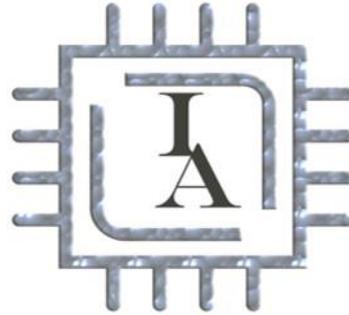


Visita:

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

**Arbitrada e Indexada**

# Página Editorial



## INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

Año 7, No. 14, julio-diciembre 2022, es una publicación electrónica semestral editada por Zulma Sánchez Estrada. Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo.de México, C.P. 54987, E-mail: [investigacionaplicada4@gmail.com](mailto:investigacionaplicada4@gmail.com)

Editores responsables: Zulma Sánchez Estrada, Jorge Noriega Zenteno, Jorge Aarón Noriega Sánchez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-112617484200-203, ISSN: 3594-035X, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-112617484200-203, ISSN: 3594-035X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Zulma Sánchez Estrada, Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo. de México, C.P. 54987, fecha de última modificación, 31 de diciembre 2022.

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

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de los editores.

## Revista Indexada y Arbitrada

Folio Latindex: 28438

<https://latindex.org/latindex/ficha/24812>

La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación periódica, indexada, arbitrada y registrada ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, que tiene como propósito principal divulgar el trabajo científico de investigadores e investigadoras, por tal motivo, los artículos publicados tienen relación con el trabajo y aplicación de la Investigación en general y con las derivaciones de la ingeniería que se desarrollan en el ámbito de la investigación en particular.

La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación Indexada y arbitrada.

## Acerca de la revista

El comité editorial de **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología**, está formado por investigadores con una trayectoria destacada en el ámbito laboral y de investigación, que en conjunto forman una fuerza interdisciplinaria para dar prestigio y sustento al contenido de la revista.

### Comité Editorial

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Ing. Jorge Aarón Noriega Sánchez

### Contacto

Contactar con la revista

Email: [investigacionaplicada4@gmail.com](mailto:investigacionaplicada4@gmail.com)

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

### Contacto principal

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Celular: 55-13-47-71-04

Correo electrónico: [zul\\_zul\\_1@hotmail.com](mailto:zul_zul_1@hotmail.com)

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Celular: 55-11-26-55-27

Correo electrónico: [jorge\\_sup@hotmail.com](mailto:jorge_sup@hotmail.com)

# PROCESO DE EVALUACIÓN

- 01 Recepción de artículos

Se reciben los artículos por medio de una convocatoria interna y externa por la página electrónica y otros modos de difusión, se revisa que el artículo cumpla con los estándares y lineamientos de presentación de la revista. Si el resultado de la revisión no se alinea a los requerimientos se notificará al autor de dicha resolución por medio de un correo electrónico; pero si el artículo cumple con lo establecido se reenvía un correo para notificar la aceptación y el proseguir con los siguientes procesos. El proceso de aceptación consta de 20 días hábiles desde la entrega del artículo.

## 02 Revisión por el Comité Revisor

Los artículos recibidos serán turnados para su revisión inicial al Comité Revisor, que analizará el contenido y presentación del trabajo de acuerdo con la temática de nuestra revista. En caso de existir un fallo no favorable por parte del comité revisor, se les comunicará a los autores que dicho artículo no es aceptado por las razones que serán explicadas en el formato de revisión. En el caso de artículos autorizados, se iniciará el proceso de evaluación con la correspondiente notificación a los autores.

## 03 Asignación de Evaluadores

Se enviarán invitaciones a los árbitros sugeridos por el Comité Revisor. Los posibles evaluadores deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Contar con experiencia en investigación y experiencia empresarial de por lo menos tres años y haber publicado por lo menos un artículo y/o, libro.

## 04 Evaluaciones

Los revisores tienen un sentido amplio de la ética, por lo que siguen los lineamientos de evaluación sin ser parciales. El periodo de evaluación no es más de 20 días hábiles, a lo que corresponde a este tiempo se puede sugerir al autor que realice modificaciones y las reenvíe; en el momento del reenvío de las correcciones se vuelven a contar 10 días hábiles.

Después de revisar nuevamente el artículo ya con las correcciones hechas de acuerdo con los lineamientos, se le enviará una notificación vía correo electrónico con la respuesta del comité si se es aceptado o rechazado, con su debida justificación.

Si la justificación no es aceptada por el autor, puede enviar un correo electrónico dando su opinión al respecto pidiendo una ronda extra de revisión. Esta ronda extra pasará a un tercer evaluador diferente al primero y segundo.

Al finalizar las evaluaciones y si los artículos son aceptados se enviará un comunicando de su aceptación y se reenviará una sesión de derechos para ser publicada en la misma.

- 05 Pago

Una vez aceptado el artículo por los revisores se procederá a hacer el pago correspondiente para la publicación del mismo. **(Ver términos y condiciones)** <https://www.investigacionaplicadarevista.com/terminos-condiciones>

## 06 Proceso de publicación

1. Lanzamiento de la convocatoria.
2. Consulta del formato (plantilla) para la captación del artículo.
3. Carta de originalidad del artículo.
4. Subir el artículo junto con la carta de originalidad en formato Word y PDF a la siguiente dirección:  
**[investigacionaplicada4@gmail.com](mailto:investigacionaplicada4@gmail.com)**
5. Se pasa al Comité Evaluador.
6. Se tiene respuesta en 10 días hábiles.
7. Se envía una carta de aceptación o rechazo del resultado.
8. Se procederá a realizar el pago correspondiente para la publicación.

# Contenido

## Contenido

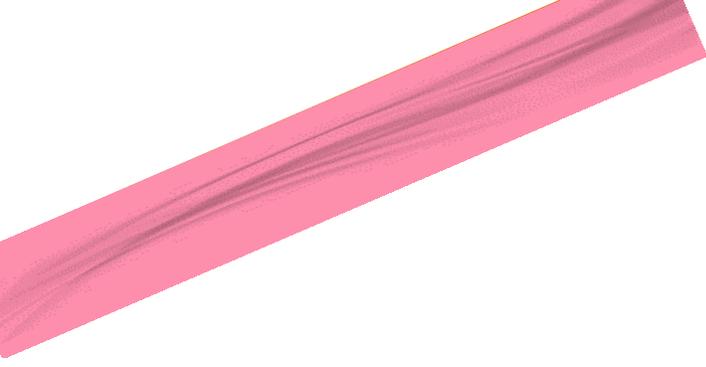
### **Edición Especial, Primer Congreso Nacional de Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología 518**

<b>La importancia de asignaturas de Expresión oral y escrita dentro del Tsu en mecatrónica de la UTNG.</b>	<b>519</b>
INTRODUCCIÓN	519
OBJETIVOS	519
METODOLOGÍA	519
PRINCIPALES HALLAZGOS	522
CONCLUSIÓN	522
REFERENCIAS	523
<b>Identificación de Competencias para el Emprendimiento</b>	<b>524</b>
INTRODUCCIÓN	524
DESARROLLO	524
OBJETIVO GENERAL	525
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	525
OBJETO DE ESTUDIO	525
METODOLOGÍA	525
FASES DEL DESARROLLO	525
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	526
CONCLUSIÓN	531
BIBLIOGRAFÍA	531
<b>Estudio exploratorio sobre uso, interés y conocimientos que tienen los estudiantes de TIC sobre el proceso de pruebas en aplicaciones móviles, caso UTNG</b>	<b>533</b>
INTRODUCCIÓN	533
DESARROLLO	534
OBJETIVO GENERAL	534
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	534
OBJETO DE ESTUDIO	534
METODOLOGÍA	534
FASES DEL DESARROLLO	535

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	537
CONCLUSIÓN	537
BIBLIOGRAFÍA	538
<b>Usabilidad de Aplicaciones Móviles Desarrolladas por Alumnos de la UTNG</b>	<b>539</b>
INTRODUCCIÓN	539
DESARROLLO	539
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	540
OBJETO DE ESTUDIO	540
METODOLOGÍA	540
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	542
CONCLUSIÓN	543
BIBLIOGRAFÍA	543
REFERENCIAS	544
<b>Optimización de Troquel Progresivo Mediante Herramientas CAE/FEA</b>	<b>545</b>
INTRODUCCIÓN	546
DESARROLLO	546
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	546
OBJETO DE ESTUDIO	546
METODOLOGÍA	547
FASES DEL DESARROLLO	547
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	553
CONCLUSIÓN	553
BIBLIOGRAFÍA	553
<b>Estrategia de formación transversal: acompañamiento tutorial y abordaje de las ODS</b>	<b>554</b>
INTRODUCCIÓN	554
DESARROLLO	555
OBJETIVO GENERAL	555
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	555
OBJETO DE ESTUDIO	555
METODOLOGÍA	556
FASES DEL DESARROLLO	556
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	557
CONCLUSIÓN	558

REFERENCIAS	560
<b>Estudio comparativo para la selección del acero y tratamiento térmico en herramientas de golpe-punzones</b>	
561	
INTRODUCCIÓN	561
DESARROLLO	562
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	562
OBJETO DE ESTUDIO	562
METODOLOGÍA	562
FASES DEL DESARROLLO	562
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	566
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	567
CONCLUSIÓN	570
BIBLIOGRAFÍA	570
<b>Estudio comparativo de empleadores y egresados de una institución de educación superior del noroeste de México</b>	
571	
INTRODUCCIÓN	571
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	572
OBJETO DE ESTUDIO	572
METODOLOGÍA	572
FASES DEL DESARROLLO	573
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	579
CONCLUSIÓN	579
BIBLIOGRAFÍA	579
<b>Correlación Digital de Imágenes y Pruebas Mecánicas Aplicadas en la Manufactura Aditiva</b>	580
INTRODUCCIÓN	581
DESARROLLO	581
OBJETIVO GENERAL	581
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	581
OBJETO DE ESTUDIO	582
METODOLOGÍA	582
FASES DEL DESARROLLO	584
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	587
TRABAJO FUTURO	588
CONCLUSIÓN	588

REFERENCIAS	588
<b>Instrumento de Medición de Posición, Velocidad y Función de Transferencia de un Motor de CD 589</b>	
INTRODUCCIÓN	589
DESARROLLO	590
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	590
OBJETO DE ESTUDIO	590
METODOLOGÍA	590
FASES DEL DESARROLLO	590
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	594
BIBLIOGRAFÍA	597



**Edición Especial, Primer Congreso Nacional  
de Investigación Aplicada, un Enfoque en la  
Tecnología**

# La importancia de asignaturas de Expresión oral y escrita dentro del Tsu en mecatrónica de la UTNG.

Grisel Guadalupe Gutiérrez Hernández  
Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato  
[grisel.gutierrez@utng.edu.mx](mailto:grisel.gutierrez@utng.edu.mx)

## Resumen

En la presente investigación se expone la importancia de las asignaturas de expresión oral y escrita en los estudiantes de Técnico superior universitario (TSU). Se plantea que dichas materias son herramientas fundamentales para el crecimiento de las habilidades comunicativas en el campo de la educación, profesional y personal. Finalmente, se declara la importancia del desarrollo de destrezas lingüísticas, lo que permite una comunicación más asertiva.

**Palabras clave:** Educación, Expresión oral y escrita, Tsu.

**Línea de investigación:** Comunicación

**The importance of oral / written communication subjects within engineering.**

## Abstract

This research exposes the importance of oral and written communication in engineering students. Those subjects are fundamental tools for personal growth and development of the student education. Finally, it is important the development of linguistic skills in order to the students have a better communication between them.

**Key words:** Oral and written communication, engineering, education

**Research line:** Communication

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende demostrar cómo las asignaturas de Expresión oral y escrita son una herramienta fundamental para el desarrollo de habilidades educativas, personales y profesionales de los estudiantes. Por ser un trabajo realizado en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato (UTNG), en este estudio se toma en cuenta el área de industrial eléctrica y electrónica, en específico dos grupos de Técnico superior universitario (Tsu) en mecatrónica.

Dicho trabajo permite demostrar cómo la base de la expresión oral y escrita conforma un referente importante para el desarrollo de las actividades educativas y profesionales de los futuros Tsu, haciendo hincapié en que dichas actividades coadyuvan al logro de objetivos que requieren de una interacción para comunicar saberes y conocimientos científicos.

Este trabajo parte de la siguiente premisa: Los estudiantes que adquirieron la habilidad de comunicación tienen mayor facilidad para mejorar su interacción con otras personas. Además, las destrezas lingüísticas, tanto orales como escritas, en el Tsu apoyan a los estudiantes a sintetizar y comunicar sus ideas de forma asertiva.

## OBJETIVOS

Los objetivos principales que derivan de este trabajo son:

1. Lograr que el alumno adquiera la habilidad de comunicarse eficazmente de forma oral y escrita.
2. Desarrollar las herramientas necesarias para fortalecer la comunicación del estudiante en su formación académica y profesional.
3. Contribuir en el desarrollo de la comunicación asertiva del estudiante.

## METODOLOGÍA

La presente investigación se basa en la metodología cualitativa utilizando la técnica de investigación-acción, donde, quien la ejecuta, participa como profesora de la asignatura “Expresión oral y escrita”, misma que se imparte en el área de industrial eléctrica y electrónica, del Tsu en mecatrónica, en la cual, se trabajó de manera directa durante cuatro meses con grupos de quinto cuatrimestre. Dicha intervención-acción fue realizada en horas de clase y, gracias a ello, ha sido la base para el diseño de materiales y herramientas que facilitan el desarrollo de destrezas lingüísticas, tanto orales como escritas, que son indispensables para el desarrollo profesional de los estudiantes de la UTNG.

## HABILIDADES COMUNICATIVAS

Tomando en cuenta la importancia de las habilidades cognitivas y comunicativas que se emplean a través de la comunicación oral y escrita, se han revisado los principales tópicos que sustentan este proceso de aprendizaje. Para ello, he reconocido las siguientes categorías de análisis: comunicación, lenguaje, expresión oral, expresión escrita, comunicación no verbal, kinésica y proxemia.

Para explicar la primera categoría, retomo a Aristóteles quien definió la *comunicación* como *la búsqueda de todos los medios de persuasión* (Aristóteles, citado en O’Sullivan, 1996); siguiendo esta premisa, la acción comunicativa, dentro de las habilidades de

expresión oral y escrita, será reconocida como el acto que tiene por objetivo convencer (persuadir) a otro u otros de una postura personal, académica o científica.

Con fundamento en la Real Academia de la Lengua Española, destacamos que el acto de *persuadir* significa convencer a alguien, con ayuda de razones, para que haga o piense algo determinado. El filósofo griego estableció la base de toda comunicación con su pregunta: ¿quién dice qué a quién? Así, de acuerdo a las intenciones del orador, el mensaje es construido para que cumpla con las metas planteadas previamente (Fonseca & Prieto de Alizo, 2009).

Por consiguiente, lenguaje es reconocido como: el gran instrumento de comunicación de que dispone la humanidad, íntimamente ligado a la civilización, hasta el punto, que se ha llegado a discutir si fue el lenguaje el que nació de la sociedad, o fue la sociedad la que nació del lenguaje (Seco., 1993). El expresarse con claridad, brevedad y precisión otorga herramientas al individuo para conducirse en el contexto deseado. Dicho proceso comunicativo dependerá, entonces, del espacio histórico social en el que se desenvuelva cada individuo.

Así lo destaca Escudero en su libro *Comunicación en la Enseñanza*, quien menciona que:

Desde hace cientos de años, cuando los antepasados del hombre vivían en congregaciones (sociedad primitiva) y efectuaban cierta actividad conjunta, existía determinado tipo de comunicación tal vez tan débil como la que hay actualmente entre los miembros de la sociedad de algunos insectos. Más tarde, cuando los casos de ayuda mutua se multiplicaron, los hombres en formación llegaron a un punto en que tuvieron necesidad de decirse algo unos a otros, o de tener un tipo de comunicación más efectivo y explícito, es decir, de ponerse en relación, de interactuar unos con otros, de manera más eficaz (Escudero, 1977, p.75); es en este momento, en el que surge la expresión oral.

Entre ello, se entiende a la *Comunicación verbal*, como el uso del lenguaje el cual consiste en un sistema de signos conocidos como letras y palabras, que tienen un significado que utilizamos de manera cotidiana para interactuar (Baena & Montero, 2012). Este tipo de comunicación se manifiesta a través del habla, mediante la escritura, y se conocen como comunicación oral y comunicación escrita, respectivamente. Con respecto a la *comunicación oral*, es este tipo de comunicación que pone en juego habilidades físicas e intelectuales que permiten expresar ideas a través del habla. Esto forma parte de las capacidades para producir y recibir el lenguaje, es decir, el intercambio del diálogo con los semejantes y la comprensión del mismo (Álvarez, 2003).

Por otra parte, la *comunicación escrita* es aquella que se realiza a través de la escritura. Dicha forma de comunicación, con la ayuda de signos, pudo haberse manifestado desde los hombres prehistóricos para expresar emociones o describir el mundo que los rodeaba (González, 2008). Desde tiempos remotos el hombre ha dejado un legado de la comunicación escrita, tal como las pinturas rupestres y los alfabetos. Por esa razón, ha permitido conocer los inicios de la comunicación escrita. Así, la escritura permite desarrollar la habilidad de saber escribir, misma que, si se ejercita, logra transmitir ideas claras, precisas, concisas, sencillas y evita la repetición de las ideas.

Se reconoce a la comunicación oral y escrita como forma explícita de transmisión de las ideas y del conocimiento, pero también es importante identificar otras formas de comunicación que no están explícitas en dichos procesos, tal es el caso de la *comunicación no verbal*, la cual es una de las comunicaciones más compleja de identificar para el individuo, en ella se emplean movimientos, gestos, ademanes, miradas; interviene todo nuestro cuerpo sin el uso de la oralidad; dicha forma de comunicación también es reconocida como lenguaje corporal y/o lenguaje kinésico. Por consiguiente, ayuda a valorar y conocer al individuo desde una perspectiva suspicaz y engañosa, se debe tener minuciosa cautela para descifrar si el emisor es coherente con su lenguaje oral y con el lenguaje kinésico, es decir, debemos observar más allá del habla, lo cual, es fundamental para lograr una comunicación asertiva con nuestro emisor.

### **LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA UTNG**

Ante los referentes antes mencionados, es necesario exaltar la importancia de las habilidades comunicativas para todo estudiante de una carrera profesional pues, a través de ellas será posible transmitir el conocimiento generado en cada carrera de educación superior.

No obstante, en el Tsu en mecatrónica, los alumnos muestran poco interés por la materia de Expresión oral y escrita, manifestando que es una materia de relleno, por lo tanto, no le otorgan la atención que se merece. Es por ello que, en el ámbito de la educación, debe existir una constante retroalimentación entre el emisor (docente) y el receptor (alumno), permitiendo en muchas ocasiones el invertir los papeles, es decir, el docente toma el papel de receptor y el alumno de emisor, enriqueciendo aún más la educación en el aula.

En el salón de clase se debe desarrollar la *comunicación activa*, entendida como una comunicación interpersonal que no debe caer, por ningún motivo, en una comunicación pasiva, es decir, que el docente no debe tomar la palabra todo el tiempo estipulado para la clase, no debe convertirse en un monólogo, es necesario que exista la comunicación interpersonal (emisor ⇒ mensaje ⇒ receptor ⇒ retroalimentación), con el objetivo de poner en práctica las herramientas necesarias para fomentar las habilidades comunicativas en el estudiante.

Para ello deben intervenir diferentes factores que contribuyan al proceso comunicativo dentro del aula. Carlos González en su libro *Principios básicos de comunicación* exalta que la comunicación debe ser motivada dentro del aula, por lo que asegura que: “este efecto lo constituyen el conjunto de factores psicológicos que empujan inconscientemente al ser humano hacia un determinado género de reacciones o de objetivos prefijados, a través de la estimulación de sus deseos y capacidades” (González, 2005, p. 30).

En los grupos de Tsu en mecatrónica, se detectó que, cuando se les hablaba de forma emotiva y se trataban en clase temas de interés para los estudiantes, (revista científica, biografías de científicos) las participaciones incrementaban. Esto, fue pieza fundamental para que ellos consideraran que la materia de Expresión oral y escrita era muy importante para el desarrollo de su educación, y de su vida, fue así como reconocieron que esta materia fomentaba las habilidades comunicativas que les exigía el campo profesional y laboral.

Es esencial que el estudiante conozca las intenciones o funciones de la comunicación, es básico para su formación y empleo de las mismas (función referencial, función apelativa / connotativa, función fática, función metalingüística, función emotiva, función poética), las cuales ayuda a que los alumnos identifiquen qué, cómo, para qué y por qué será el uso de dichas funciones con la intención de expresar un mensaje, detectar las funciones comunicativas en su discurso (oral o escrito) e identificar el impacto que su mensaje tiene en el receptor. Es así como se puede identificar el propósito de la comunicación.

Los propósitos de la comunicación son esenciales para una comunicación asertiva, el logro de la misma deriva en las ideas que quiero transmitir, en el mensaje que deseo hacer llegar al receptor, por ello éstas deben llevar un orden lógico y deben ser expuestas de manera clara para lograr sus objetivos comunicativos en un contexto determinado.

Los principales propósitos de la comunicación son:

1. *Entretener*, buscando en el auditorio una respuesta de agrado, diversión, complacencia.
2. *Informar*, persiguiendo la clara comprensión de un asunto o de una idea o resolviendo una incertidumbre.
3. *Convencer*, se requiere influir sobre los oyentes para modificar o transformar sus opiniones.
4. *Persuadir*, se aspira a una respuesta de adhesión o acción (Enciclopedia práctica de la lengua, 1982, p.21)

Una vez que el alumno recibe, dentro de su educación / formación, los saberes esenciales de la materia de Expresión oral y escrita referentes a la comunicación, tipos de comunicación, funciones de la comunicación, así como, sus propósitos. Se encuentra listo para el siguiente paso. La redacción de textos que permitan la mejora de su expresión escrita, mismos que se trabajan mediante la exposición de un tema que sea de su interés, por lo tanto, proceden a la redacción de textos, artículos, resúmenes, síntesis, y sobre todo, comienzan a desarrollar la habilidad de realización de ensayos.

En este proceso, el alumno de Tsu en mecatrónica, por medio de la persuasión del docente puede lograr el desarrollo de destrezas lingüísticas que incluyen los ejercicios de proxemia, lenguaje corporal y contacto visual.

En primer lugar, la proxemia refiere al espacio existente entre el emisor-receptor; es la distancia que mantenemos entre nosotros y nuestro interlocutor, el lugar que ocupamos en un cortejo o alrededor de una mesa, etc. Es esencial el desenvolvimiento de los estudiantes, realizar una exposición donde aprenden a conducirse entre los oyentes (Guiraud, 2006).

En segundo lugar, según (Ray Birdwhistell, 1952), la kinésica es, en sentido estricto, el estudio de los movimientos, es un análisis de las mímicas, de los gestos y de las danzas. Los gestos y las mímicas, así como las entonaciones y variaciones de la voz son auxiliares del lenguaje.

Finalmente, para la docente de la asignatura de Expresión oral / escrita, es fundamental el contacto visual, el cual, a lo largo de experiencias, se puede determinar como una herramienta necesaria cuando se usa la comunicación oral, ya sea, una exposición, ponencia, conferencia, simposio y, primordialmente, en una entrevista de trabajo en aras de incorporar al estudiante en el campo laboral / profesional.

Así, el alumno obtiene las herramientas y destrezas indispensables para la exposición de sus ideas. Se trabaja colaborativamente en el ámbito de la proxemia, en el saber caminar en un auditorio frente a un público y, cuando está de pie, como debe ser el acomodo de sus pies y brazos.

Apoyado con la kinésica, se le da la orientación adecuada para el movimiento de su cuerpo, se hace énfasis en mantener siempre contacto visual con el auditorio; si el estudiante no se siente preparado en la totalidad para estar frente a un público, se le sugiere que observe hacia un punto en el centro del auditorio, ésta es una tarea que con la práctica se vuelve en una herramienta útil para la vida.

Posteriormente, se ejercita la destreza del buen uso de su voz. De modo que, va acompañada todo el tiempo de la respiración, es importante que el alumno, una vez que tenga el dominio de la proxemia y la kinésica, controle los nervios y evite reflejar su nerviosismo a través del uso de la voz. Por ello, la articulación debe ser adecuada para que el espectador comprenda el mensaje. “la lengua, los labios, los dientes, el maxilar, el paladar y el velo paladar actúan como agentes capaces de modificar el sonido producido por el mecanismo de la voz” (Fernández de la Torre, 1982, p.39). Algunas cualidades de la articulación son: Claridad, intensidad, flexibilidad, velocidad, pausas, ritmo, tono, énfasis. Conviene destacar que el énfasis es la herramienta principal para darle sentido a lo que se está diciendo, y así hacer llegar el mensaje deseado a nuestro público.

## **HERRAMIENTAS Y MATERIAL DE ALTO ALCANCE PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA**

### *Técnicas de comunicación oral*

- Lectura expresiva. Identificación y manejo de las funciones básicas de la comunicación.
- Declamación de un poema. Expresar e interpretar oralmente con entonación, énfasis y mímica ante un público.
- Descripción de diferentes elementos. Decir con el mayor número de sustantivos y adjetivos como es el objeto descrito.
- La entrevista. Mantener y obtener una comunicación interpersonal (emisor – mensaje -receptor), que permita conocer información del entrevistado.
- Debate. Expresar y argumentar nuevas ideas a través de la técnica de producción rápida y colectiva.
- Exposición oral / Realización de una conferencia. Desarrollar ideas de un tema y tener un propósito de comunicación establecido y finalmente presentarlo delante de un público.
- Filmarse en equipos desarrollando un noticiero. Analizar después de la grabación el uso del lenguaje oral y lenguaje kinésico.

Técnicas de comunicación escrita.

- Crear cuentos. Inventar, imaginar, redactar, describir, narrar. Haciendo uso de intenciones y propósitos de la comunicación.
- Crear poemas. Inventar, imaginar, redactar. Haciendo uso de intenciones y propósitos de la comunicación.
- Ensayos. Argumentar un tema, elegir que propósito de la comunicación se usará en el ensayo.
- Análisis de películas. Interpretar, analizar, reflexionar y describir la narración y lenguaje de una cinta cinematográfica.
- Redacción de géneros periodísticos. Reconocer e identificar los diferentes géneros periodísticos.

### **PRINCIPALES HALLAZGOS**

Los principales hallazgos de esta investigación fueron los siguientes: Al inicio del cuatrimestre se realizó un diagnóstico para conocer a grandes rasgos cómo es el nivel del estudiante con respecto a la materia de Expresión oral y escrita, donde se encontró que, los grupos de Tsu en mecatrónica tenían problemas con la comprensión de lecturas, al entregar sus trabajos se encontraba mala redacción, además, un alto número de faltas de ortografía, problemas de ilación, coherencia y cohesión. Así mismo, al realizar una presentación personal ante el grupo, se observó que el lenguaje empleado en su comunicación oral era escaso, existía una constante repetición de palabras y muletillas (vicios del lenguaje). El manejo de su voz no era claro, la forma de dirigirse a un público era inapropiada, es decir, oscilaban, colocaban un pie recargado a la pared y su vista la mantenía la mayor parte del tiempo hacia abajo.

En el desarrollo de la materia Expresión oral y escrita, primero se les dio a conocer a los estudiantes, el uso adecuado del lenguaje kinésico y de la proxemia. Se les proporcionaron propuestas de ejercicios a realizar y los estudiantes elegían primero las actividades donde consideraban ser más competentes. Se estableció que siempre, antes de comenzar cada actividad, existiría respeto y la retroalimentación grupal, así pues, se hizo hincapié que serviría de enriquecimiento en su actividad y su vida profesional.

En algunas ocasiones, la redacción del cuento y la presentación del mismo generaba estrés, vergüenza y temor ante los compañeros, de modo que, utilizábamos la escucha a espaldas, la cual consiste en realizar la lectura o interpretación oral de un texto, poema, cuento, ensayo, etc., pero esta la realiza el estudiante dando la espalda al grupo, o a la inversa, es decir, el grupo se coloca de espaldas al estudiante que va a participar.

Además, se observó que generaban interés temas relacionados con el área de los estudiantes, en consecuencia, se solicitaba a los alumnos eligieran de qué científico, inventor, o personaje referente a su área, sería su exposición, ensayo, incluso la declamación de un poema o pensamiento (ellos daban el énfasis, entonación, intención y propósito de la comunicación) al encontrar algún pensamiento de sus personajes elegidos.

Cuando los estudiantes exponían o realizaban una exposición de un tema elegido por ellos, se despertaba un interés y participación activa por parte del grupo.

Finalmente, para fortalecer esa participación se procedía a implementar un debate, por este motivo, en grupos se pedía una preparación y conocimiento previo de los puntos a tratar.

En el grupo se realizaban entrevistas que permitieran comprender lo que se conocía de un tema y completar la investigación para la presentación del debate.

El mayor avance logrado en los grupos que cursaron la materia de Expresión oral y escrita fueron:

- La mejora de la expresión escrita (ensayos, reportes, poemas, cuento, reflexiones).
- Reforzaron su expresión oral por medio de la kinésica, proxemia, modulación de voz, articulación, entonación.
- Comprendieron los propósitos y funciones de la comunicación.
- En el quinto cuatrimestre donde se desarrolla la asignatura de Expresión oral y escrita II, el 90 % de los estudiantes que hicieron entrevista en las empresas solicitadas, lograron su permanencia para el desarrollo de sus prácticas profesionales.

### **CONCLUSIÓN**

Después de cuatro meses de intervención con los grupos de Tsu en mecatrónica, se concluye lo siguiente:

1. La importancia de las habilidades comunicativas en la currícula universitaria es parte fundamental en la formación de los estudiantes, puesto que, una buena comunicación disminuye costos, acelera tiempos, y por ende, incrementa la calidad y eficiencia para alcanzar competencias que coadyuven a la inserción en el campo laboral / profesional de los egresados de ingeniería en mecatrónica.
2. El desarrollo de destrezas orales y escritas permiten al estudiante comprender la importancia de diferentes temas para saber cómo emplearlos, por medio de ejercicios que refuerzan su aprendizaje gramatical y verbal.
3. La comunicación asertiva es fundamental en los estudiantes, ya que, ayuda a que puedan llevar a cabo una comunicación eficaz y eficiente. Saber expresarse en un contexto determinado empleando adecuadamente sus conocimientos / saberes.
4. Los beneficios de la expresión oral y escrita. El usar estas herramientas puede ahorrar tiempo y recursos e incluso significar el éxito o fracaso de un proyecto. Igualmente, en el desarrollo personal y profesional de los futuros ingenieros fortalece su visión de comprender la importancia de saber investigar, escribir, redactar, expresar oralmente su conocimiento ante distintos públicos.
5. Los principales retos del Tsu en mecatrónica
  - El estudiante deje de prescindir que lo sabe o conoce todo, es decir, se podrá tener una ecuación, pero es indispensable por medio de la palabra explicar y transmitir el procedimiento que permita la comprensión.

- Tener un manejo adecuado de las tecnologías de información y comunicación, es decir, leer, comprender, para formar un criterio y no caer en el plagio (copiar y pegar lo que alguien más ya mencionó).
- Saber investigar y analizar.
- Comprender lo qué se hace y por qué se hace.
- Adquirir la habilidad de ser prácticos y que estén convencidos de lo que realizan.
- Sobre todo lograr comunicar los puntos anteriores.

## REFERENCIAS

- Alonso, C. (2005). *Principios básicos de comunicación*. México: Ed. Trillas.
- Ávila, R. (1977). *2 La lengua y los hablantes*. México: Editorial Trillas.
- Bower, G y Hilgard, E. (2011). *Teorías del aprendizaje*. México: 2ª. Ed. Trillas.
- Escudero, M. (1977). *La comunicación en la enseñanza*. México: Ed. Trillas.
- Fernández de la Torre, G (1982). *Enciclopedia práctica de la lengua*. México: Editorial Cumbre, S. A.
- Ferreiro, E. (2004) *Alfabetización. Teoría y práctica*. México: Siglo XXI.
- Galindo, L. (1998). *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*. Madrid, España: Pearson educación.
- García, C. (1986). *Biblioteca de recursos didácticos Alhambra: Expresión oral*. Madrid, España: Alhambra, S.A.
- García, S y Vanella, L. (1992). *Normas y valores en el salón de clase*. Madrid, España: Siglo XXI editores, S. A. de C. V.
- Guiraud, P. (2006). *La semiología*. México: Siglo XXI editores, S. A. de C. V.
- Mendel, S. (1991). *Técnicas efectivas de exposición: lenguaje y medios para presentaciones*. México: Ed. Trillas.
- Moles, A (1973). *La comunicación y la mass media. Proceso pedagógico*. Bélgica: Marabout Université. Gerard & Co.
- Ortuño, M. (2001). *Teoría práctica de la lingüística moderna*. México: 2ª. Ed. Trillas.
- Saucedo, Z. (2006). *Sor Juana Inés de la Cruz*. México: Editorial planeta Mexicana

## Filmografía

- O'farrill, C., Reyes, L. A., Fainchten. L. (productores) y Rubio O. (director). (2007) *¿Y tú, cuánto cuestas?* [Cinta cinematográfica]. Mex.: Kung fu Films.
- Sher, S., Shamberg, M., Devito, D. (productores) y LaGravenese, R. (director). (2007). *Escritores de la Libertad* [Cinta cinematográfica]. EU.: Paramount Home Entertainment.

# Identificación de Competencias para el Emprendimiento

María Carmen Lira Mejía<sup>1</sup>, Martha Soledad Landeros Guerra<sup>2</sup>, Marcos Urbina Ibarra<sup>3</sup>, Agustín Cordova Grimaldi<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [mcarmenlira@utng.edu.mx](mailto:mcarmenlira@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [marthalanderos@utng.edu.mx](mailto:marthalanderos@utng.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [marcosurbina@utng.edu.mx](mailto:marcosurbina@utng.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [agustincordova@utng.edu.mx](mailto:agustincordova@utng.edu.mx)

**Línea de investigación:** Emprendimiento

## Resumen

La presente investigación surge del ejercicio de la experiencia en proyectos de emprendimiento, específicamente el “Evento Emprende Tu Futuro y se un Águila en los Negocios” que se lleva a cabo por el cuerpo académico desarrollo de negocios de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato. A través del análisis de los resultados obtenidos, se identifican hallazgos que permiten la retroalimentación oportuna y pertinente a los programas de asignaturas del área económico administrativa, considerando las necesidades de desarrollo de conocimientos y habilidades relacionados con el emprendimiento, así mismo, al trabajo colegiado que se genera entre los docentes que imparten estas asignaturas y al trabajo multidisciplinario que se pueden forjar entre los alumnos y docentes.

*Palabras clave:* Conocimientos, Habilidades, Competencias, Emprendimiento

## Abstract

The present investigation arises from the exercise of experience in entrepreneurship projects, specifically the "Evento Emprende Tu Futuro y se un Águila en los Negocios" that is carried out by the business development academic body of the Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato. Through the analysis of the results obtained, findings are identified that allow timely and pertinent feedback to the subject programs of the economic-administrative area, considering the needs for the development of knowledge and skills related to entrepreneurship, likewise, to the collegiate work that It is generated among the teachers who teach these subjects and the multidisciplinary work that can be forged between students and teachers.

*Keywords:* Knowledge, Skills, Competences, Entrepreneurship

## INTRODUCCIÓN

El Desarrollo de las economías del mundo es un reto constante, se buscan nuevas estrategias de diversa índole, aquellas que apoyen en la transformación gradual e inevitable de la sociedad.

El emprendimiento ayuda en gran manera al progreso individual y social generado sin lugar a dudas por el esfuerzo importante de la persona, considerando su capacidad para alcanzar una meta previamente propuesta para iniciar y avanzar, es importante reflexionar que no basta con la idea, es necesario desarrollar ciertas capacidades que servirán para enfrentarse a las diversas dificultades que aparezcan a través del avance de la idea.

Es por demás importante mencionar el impacto que provoca el emprendimiento sobre todo en la sociedad tomando en cuenta los valores, entre los cuales se puede mencionar la transparencia, justicia, honestidad y solidaridad entre otros tantos; la aplicación de los mismos se reflejan en las prácticas sociales como la generación de empleo pagando los salarios e impuestos en tiempo y forma, tomando en cuenta la forma en que se refleja en el medio ambiente a través del uso de recursos para generar un bien o servicio, esto dirige el esfuerzo al impacto económico, parte fundamental en el emprendimiento permitiendo sostener las prácticas ambientales y sociales.

El emprendedor, para alcanzar la meta propuesta, debe apoyarse en el desarrollo de habilidades, conocimientos y actitudes, parte necesaria para el emprendedurismo. El presente documento muestra de manera concreta el resultado de la exposición de prototipos, carteles y proyectos de inversión en el evento “Expo emprende tu futuro y se un águila en los negocios 2021”, llevado a cabo en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, se encuentra aspectos desde el objeto de estudio hasta el análisis y explicación de los resultados obtenidos en la cual se identificaron hallazgos importantes en las competencias a adquirir por los estudiantes del área económico administrativo que les auxilie como emprendedores, para ello proponer variantes en los planes de estudio de las diversas asignaturas de los programas educativos que se imparten en el área académica.

## DESARROLLO

La Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato por medio del cuerpo académico Desarrollo de Negocios realizó el evento Expo emprende tu futuro y sé un águila en los negocios, en la misma, se expusieron proyectos de emprendimiento los cuales clasificaron en

tres categorías, la primera carteles, la segunda prototipos y la tercera proyectos de inversión. Al finalizar el evento, se observaron áreas de oportunidad; en primera instancia en el perfil de los estudiantes al observar su comportamiento en la exposición de su propuesta, además, en la información contenida en el formato establecido, por otro lado, la forma de impartir la asignatura, los docentes respectivos, y, finalmente en los programas académicos, que orientan a desarrollar en los estudiantes un perfil de emprendedor. Si consideramos lo mencionado relacionado con lo que indica la Real Academia española (2021) Emprender es acometer y comenzar una obra, negocio, un empeño, especialmente si encierra dificultad o peligro, sin embargo, para alcanzar ello, son necesarias competencias que auxilien al emprendedor a alcanzar la meta deseada.

La Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato está ubicada en el municipio de Dolores Hidalgo, C.I.N. donde 4,985 unidades económicas son mypes éstas representan 97.63% de total de las unidades económicas en el municipio, ahora es conveniente mencionar la esperanza de vida de las empresas en el municipio es de 7.6 años Peña Ahumada, N; Aguilar Rascón, y Posada Velázquez, R. (2017), con la investigación se espera actualizar los planes y programas del área económico administrativo en donde se le proporciones más habilidades y herramientas para que el alumno cuando emprenda tenga una vida más longeva que la que existe hoy en día.

Cualquiera pudiera ser un emprendedor, sin embargo, no cualquier pudiera tener éxito, para tener éxito, hay que reunir características son las personales, físicas, intelectuales, y generales; también debe de tener factores motivacionales. Alcaraz, Rodríguez Rafael (2011). Pilar Ortiz y Ana Millán Jiménez (2011) nos mencionan en su artículo de investigación que algunos autores opinan que los rasgos de los emprendedores se enfatizan en la responsabilidad y capacidad de asumir riesgos, la tendencia a presentar actitudes proclives a la innovación o a la actitud creativa.

El proceso que se realiza para la creación de una empresa puede llamarse proceso de emprendedor Messina, & María Rey (2018), esto es algo que ya se cuenta en los programas educativos ya que se ha al menos intentado, sembrar esa “espinita” en los alumnos, de los cuales, muchos de ellos participaron en la Expo emprende tu futuro y sé un águila en los negocios.

En un entorno económico altamente competitivo, la preparación que reciban los estudiantes no es solo debe de ser de un tema en una asignatura, sino “revolucionarlos” para adaptarse a las nuevas realidades, que sean capaces de evolucionar, para ello es imperativo que desarrollen habilidades y competencias multidisciplinarias, con ello la visión de emprender será interesante y atractivo.

Puede haber dos perspectivas diferentes la primera es desarrollar las habilidades y adquirir información de los emprendedores desde que son estudiantes y la segunda desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes en los alumnos para que en futuro no muy lejano sean emprendedores, aceptando el reto a enfrentarse a un mundo cada vez más cambiante.

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar las áreas de oportunidad que tienen los estudiantes en el desarrollo de conocimiento y habilidades en el emprendimiento, como resultado de la exposición de prototipos, carteles y proyectos de inversión en el evento Expo emprende tu futuro y se un águila en los negocios 2021.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer el perfil de los estudiantes del área económico administrativo a fin de identificar las competencias de emprendedurismo, necesarias para fortalecer su capacidad de desarrollo de un proyecto de acuerdo con las necesidades sociales y económicas.
- Conocer los conocimientos, habilidades y actitudes de docentes que imparten las asignaturas, para que apoyen a la generación de competencias en los estudiantes para el emprendedurismo.
- Identificar las áreas de oportunidad en los estudiantes para el desarrollo de habilidades, conocimientos y actitudes para un proyecto emprendedor.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Los sujetos de estudio fueron estudiantes participantes de los programas de asignatura correspondientes al área académica económica administrativa.

### **METODOLOGÍA**

Se llevó a cabo un estudio exploratorio utilizando la investigación cualitativa y cuantitativa, aplicando como instrumento un cuestionario a empresarios, docentes y personal administrativos de la UTNG (con experiencia en proyectos de emprendimiento).

### **FASES DEL DESARROLLO**

Para llevar a cabo la investigación, se realizó un cuestionario de forma electrónica y virtual al final del proceso de evaluación, ver figura 1.

**Figura 1**  
Evento y aplicación del instrumento



Posteriormente se realizó un análisis e interpretación de resultados.

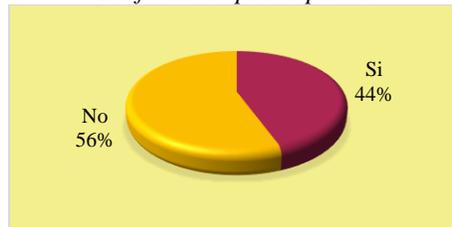
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Al realizar la presente investigación se pudieron identificar los siguientes hallazgos:

**a) Perfil de los participantes en la investigación**

El 58% no es empresario (personal docente y administrativo de la UTNG) y el 44% si lo es, como se puede observar en la figura 2.

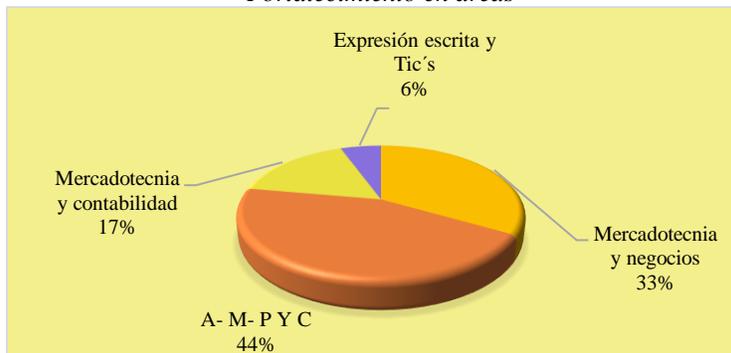
**Figura 2**  
Perfil de los participantes



**b) Áreas principales que requieren fortalecimiento**

El 44% considera que deben fortalecerse las áreas de administración, mercadotecnia, producción y contabilidad, el 33% mercadotecnia y negocios, el 17% mercadotecnia y contabilidad y el 6% expresión escrita y TIC, como se puede observar en la figura 3.

**Figura 3**  
Fortalecimiento en áreas



**c) Áreas de oportunidad en el desarrollo de conocimientos de un proyecto emprendedor.**

El conocimiento es la acción y efecto de conocer, es decir, de adquirir información valiosa para comprender la realidad por medio de la razón, el entendimiento y la inteligencia. Se refiere, pues, a lo que resulta de un proceso de aprendizaje (Significados, 2022).

Se puede hacer referencia al conocimiento en varios sentidos. En su sentido más general, la palabra conocimiento alude a la información acumulada sobre un determinado tema o asunto. En un sentido más específico, el conocimiento es definido como el conjunto de habilidades, destrezas, procesos mentales e información adquiridos por el individuo, cuya función es ayudarlo a interpretar la realidad, resolver problemas y dirigir su comportamiento (Significados, 2022).

El conocimiento se origina a través de la percepción sensorial, de donde llega al entendimiento, y de allí pasa al proceso racional de análisis y codificación de la información. El proceso de construcción del conocimiento es sumamente complejo y atiende a muchas variables (Significados, 2022).

Por lo tanto, tener conocimientos sobre el emprendimiento específicamente en la formación de negocios requiere de saberes relacionados con la estructura de una empresa en áreas de mercadotecnia, administración, aspectos técnicos y contable. Sin importar en qué rumbo se quiera incursionar, se debe contar con conocimientos básicos sobre cómo se maneja el mundo de los negocios. Como se puede observar en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Matriz de áreas de oportunidad en el desarrollo de conocimientos de un proyecto emprendedor*

<b>Administración</b>	<b>Mercadotecnia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del medio ambiente y social</li> <li>• Estructura de un proyecto</li> <li>• Liderazgo</li> <li>• Economía</li> <li>• Gestión y liderazgo</li> <li>• Aplicación de proyectos en situaciones prácticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de negocio</li> <li>• Marca</li> <li>• Creatividad</li> <li>• Innovación</li> <li>• Conocer su producto</li> <li>• Valor agregado</li> <li>• Cliente</li> <li>• Competidores</li> <li>• Ventas</li> <li>• Mapeo del proceso de productos o servicios</li> <li>• Identificación de necesidades</li> <li>• La estructura y fundamentación de proyectos emprendedores</li> <li>• Investigación de mercado</li> <li>• Análisis del mercado</li> </ul>
<b>Ingeniería del proyecto</b>	<b>Contabilidad</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retorno de inversión</li> <li>• Finanzas básicas</li> <li>• Administración financiera</li> </ul>
<b>Otras áreas de conocimientos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologías e información y comunicación</li> <li>- Habilidades suaves</li> <li>- Redacción y ortografía</li> <li>- Manejo de Excel y Word</li> <li>- Hablar en público</li> <li>- Comunicación escrita y tecnología</li> <li>- Hablar en público, comunicación escrita y tecnología</li> </ul>	

**d) Áreas de oportunidad en el desarrollo de habilidades de un proyecto emprendedor.**

Según la Real Academia Española, se entiende la habilidad como la capacidad de alguien para desempeñar de manera correcta y con facilidad una tarea o actividad determinada. De esta manera, se trata de una forma de aptitud específica para una actividad puntual, sea de índole física, mental o social (Conceptos, 2022).

El término habilidad proviene del latín *habilis*, que inicialmente significó “aquello que se puede tener”, y fue empleado en la designación de algunas de las especies del género *Homo* de nuestro pasado evolutivo: *Homo habilis*, el hombre “hábil” que aprendió a emplear herramientas de piedra para hacerse su vida más fácil. Así, se les llama hábiles a las personas que poseen facilidades para desempeñarse en un área específica (Conceptos, 2022).

Comúnmente, las habilidades se entienden como talentos innatos, naturales, pero la verdad es que también pueden ser aprendidos o perfeccionados: una persona puede nacer con un talento propio para cierto deporte, o puede adquirir dicha habilidad con la práctica y la ejercitación constantes. En principio, entonces, la habilidad implica de algún modo el talento en potencia (Conceptos, 2022).

Por ello el desarrollo de habilidades en un proyecto emprendedor, el emprendimiento supone trabajar la responsabilidad, el compromiso, el esfuerzo, la dedicación, la perseverancia y el espíritu de trabajo. Desde la óptica de las cualidades personales, el espíritu emprendedor supone desarrollar la autoconfianza y la motivación para emprender algo, ver tabla 2.

**Tabla 2**  
Matriz de áreas de oportunidad en el desarrollo de habilidades de un proyecto emprendedor

Administración	Mercadotecnia
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicación</li> <li>Responsabilidad</li> <li>Liderazgo y objetivos</li> <li>Motivar a los que te rodean</li> <li>Resolución de problemas</li> <li>Visionario</li> <li>Manejo de la frustración, es indispensable (inteligencia emocional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasión, entusiasmo y resiliencia (espíritu emprendedor)</li> <li>Creatividad e innovación</li> <li>Iniciativa</li> <li>Emprendedurismo</li> <li>Convencimiento y generación de ventas</li> <li>Gestión de negocios</li> <li>Conocimiento de su negocio</li> <li>Negociación y convencimiento (seguridad en el proyecto que están vendiendo)</li> <li>Análisis de los contextos de mercado</li> </ul>
Ingeniería del proyecto	Contabilidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguridad en el manejo de números financieros.</li> </ul>
Otras áreas de conocimiento	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciativa</li> <li>Relaciones interpersonales</li> <li>Paciencia</li> <li>Persistencia</li> <li>Ser competente</li> <li>Confianza y creer en el mismo</li> <li>Profesionalidad</li> <li>Inteligencia</li> <li>Proactividad</li> </ul>	

**e) Áreas de oportunidad por disciplina en el desarrollo de competencias de emprendedoras.**

La habilidad del emprendimiento es la capacidad de identificar y aprovechar oportunidades y planificar y controlar los procesos creativos que tienen un valor cultural, social y económico. Requiere un conocimiento de contextos y oportunidades, enfoques para planificar y gestión, principios éticos y autoconciencia. Incluye las habilidades de creatividad (imaginación, reflexión crítica, resolución de problemas), comunicación, movilización de recursos (humanos y materiales) y lidiar con la incertidumbre, la ambigüedad y el riesgo (Gateway, 2022).

Una mentalidad emprendedora incluye las actitudes de autoeficacia, motivación y perseverancia y valorar las ideas de otros (Gateway, 2022).

Para que la educación emprendedora sea eficaz en el desarrollo de las competencias de los alumnos, la capacidad de los centros educativos de crear entornos de aprendizaje de apoyo y estimulantes es tan importante como las habilidades personales y la motivación de los educadores (Gateway, 2022).

La educación emprendedora no puede darse sin tener en cuenta el mundo exterior del centro educativo. Puede requerir trabajar de manera conjunta con organizaciones externas para facilitar el aprendizaje de diferentes formas (Gateway, 2022). Ver tabla 3.

**Tabla 3**

**Matriz de áreas de oportunidad por disciplina en el desarrollo de competencias de emprendedoras.**

Mercadotecnia							Conocimientos
C	S	M	Habilidad	C	S	M	
CEE	CEE	CEE	Negociación y convencimiento (seguridad en el proyecto que están vendiendo)	CMD	CM	CMD	Modelos de negocio
CEE	CEE	CEE	Pasión, entusiasmo y resiliencia (espíritu emprendedor)	CM	CM	CM	Marca
CEE	CMD	CM	Creatividad e innovación	CEE	CM	CM	Creatividad e innovación
CEE	CMD	CM	Iniciativa	CM	CM	CM	Conocer su producto
CEE	CMD	CEE	Emprendedurismo	CM	CM	CM	Valor agregado
CM	CEE	CM	Convencimiento y generación de ventas	CM	CM	CM	Cliente
CMD	CM	CIM	Gestión de negocios	CM	CM	CM	Competidores

CM	CM	CEE	Conocimiento de su negocio	CM	CM	CM	Ventas
CIM	CM	CM	Análisis de los contextos de mercado	CM	CM	CM	Mapeo del proceso de productos o servicios
				CM	CM	CM	Identificación de necesidades
				CEE	CM	CEE	La estructura y fundamentación de proyectos emprendedores
				CIM	CM	CIM	Investigación de mercado
				CIM	CM	CIM	Análisis del mercado

C: María Carmen Lira Mejía  
S: Martha Soledad Landeros Guerra  
M: Marcos Urbina Ibarra

CEE	Competencias en el área de espíritu emprendedor
CM	Competencias en el área del mercado
CMD	Competencias del área de modelo de negocios
CIM	Competencia en el área de investigación de mercados

Administración							
C	S	M	Habilidad	C	S	M	Conocimientos
CIO	CIO	CIO	Improvisación	CA	CIO	CIO	Capacidad de motivación de personal
CA	CIO	CIO	Transmitir y contagiar pasión	CIO	CR	CIO	Inteligencia emocional
CIO	CIO	CIO	Lectura de comprensión	CR	CR	CR	Administración del tiempo
CR	CR	CIO	Hábitos de estudio e investigación	CA	CA	CA	Delegación de autoridad y responsabilidad
CR	CR	CR	Practicar el liderazgo	CIO	CIO	CIO	Elaboración de objetivos
CR	CR	CA	Confianza en sí mismo	CIO	CR	CA	Automotivación
CIO	CIO	CA	Escucha activa	CR	CR	CIO	Elaboración de programas de trabajo
CIO	CIO	CIO	Metas personales	CR	CR	CR	Presupuestos a corto y largo plazo, finanzas y economía
CIO	CIO	CA	Autoridad moral, ética y sustentable	CR	CR	CIO	Elaboración de indicadores y estándares
CIO	CIO	CIO	Receptivo a la crítica, resistencia a fracasar	CR	CR	CIO	Legislación impositiva (LFT, IVA, ISR, etc.)
CA	CR	CA	Apasionado por el proyecto	CA	CA	CA	Gestión de nómina
CR	CR	CR	Identificar oportunidades del mercado	CR	CA	CA	Sistema de contratación
CIO	CIO	CIO	Visión personal	CA	CA	CA	Análisis del entorno
CIO	CIO	CIO	Emplear la inteligencia emocional	CA	CA	CA	Análisis de riesgo económico y ambiental
CA	CA	CA	Trabajar en equipo	CR	CR	CA	Creación de un networking

C: María Carmen Lira Mejía  
S: Martha Soledad Landeros Guerra  
M: Marcos Urbina Ibarra

CIO	Competencias en el área de ideas y oportunidades
CR	Competencias en el área de recursos (humanos, materiales, económicos)
CA	Competencias del área de pasar a la acción

Financiero							
C	S	M	Habilidad	C	S	M	Conocimientos
CAA	CAA	CAA	Organizado	CAF	CAF	CAF	Matemáticas Financieras
CAA	CAA	CAA	Gestionar tiempos	CAF	CAF	CAF	Determinar tendencias
CAF	CAA	CAA	Gestionar recursos	CAF	CAF	CAF	Establecimiento de estrategias de inversión

CAF	CAA	CAF	Analítico	CAF	CAF	CAF	Interpretación de Estados Financieros
CAA	CAA	CAA	Comunicativo	CAF	CAF	CAF	Aplicación de Razones Financieras
CAF	CAA	CAF	Pensamiento estratégico	CAF	CAF	CAF	Identificar necesidades de Financiamiento
CAA	CAA	CAA	Administrado	CAA	CAF	CAA	Control Administrativo
CAA	CAA	CAA	Líder				

C: María Carmen Lira Mejía  
S: Martha Soledad Landeros Guerra  
M: Marcos Urbina Ibarra

CAA	Competencias en el área de administración
CAF	Competencias en el área de finanzas

### Descripción de competencias identificadas

Al considerar que las competencias se definen como la atribución social asignada a quien pone en acción, en distintos contextos, los componentes cognoscitivos, actitudinales y procedimentales que conforman un saber profesional para actuar eficazmente en una situación determinada (Ancha, 2019). Se identificaron las siguientes:

#### a) Área de Mercadotecnia

El marketing empresarial, busca satisfacer al cliente con el mejor producto o servicio posible y se adapta a lo que el consumidor quiere buscando una ganancia económica para la empresa (Global, 2022), para ello es importante se logren determinadas competencias, ver tabla 4.

**Tabla 4**  
*Competencias en el área de Mercadotecnia*

No.	Competencias Específicas	
1	CIM	Realizar investigaciones de mercado oportunas para identificar el perfil y necesidades de los clientes, las características de sus competidores y las características del sector en el mercado, que le generen conocimientos asertivos del negocio. Y con ello, identificar, diseñar y elaborar productos y servicios con valor agregado y marcas que generen confianza y convencimiento en los clientes, contribuyendo así con la generación de ventas.
2	CEE	Desarrollar un espíritu emprendedor que le promueva la pasión, el entusiasmo, la resiliencia, seguridad, iniciativa, creatividad e innovación en el emprendedurismo. Permitiéndole desarrollar y fundamentar proyectos, en los que pueda convencer y obtener negociaciones con socios o aliados estratégicos de forma eficiente.
3	CM	Realizar un análisis del contexto en el mercado que le permitan conocer las características de la oferta, demanda, competencia y tendencias en el consumo de bienes y servicios.
4	CMD	Identificar el diseño de modelos de negocio oportunos, para planificar y gestionar eficientemente el negocio.

#### b) Área de Administración

La administración estratégica, es el proceso mediante el cual las empresas generan una evaluación interna para determinar cuáles son los objetivos a corto plazo, mediano plazo y largo plazo, además de establecer las estrategias para la obtención de recursos para lograr dichos objetivos, además de diseñar las estrategias de producción para lograr cumplir las metas pactadas para el desarrollo de la empresa. El ser emprendedor, es aquella persona que en un punto de su vida, asume el riesgo de iniciar por sí mismo un negocio o una empresa, la idea que rodea esta palabra, (emprendedor) es la que decide realizar un tarea difícil a partir de una idea para crecimiento empresarial, esta idea a su vez, habla de aquella persona que sabe cómo aprovechar e invertir los recursos con los que cuenta para dar ejecución a una idea (IV Congreso Virtual Internacional Desarrollo Económico, s.f.).

La administración estratégica y el emprendedor, van de la mano a medida que la persona emprendedora, pone en claro las ideas de negocios que tiene, inicia a ponerla en ejecución, utilizando la administración estratégica para diseñar el modelo de la organización que le beneficia para montar la empresa de dicha idea de negocio, además de establecer los objetivos que tendría como persona para lograr llevar a cabo montar una empresa con una idea clara y concisa que desde el comienzo tenga claramente estipulada su idea de negocio, con plan desarrollado para la obtención de los recursos, ya sean económicos o de personal para el funcionamiento de la empresa y los objetivos a corto plazo, mediano plazo y largo plazo para regular o llevar de forma viable el crecimiento de la empresa (IV Congreso Virtual Internacional Desarrollo Económico, s.f.). Por lo tanto, es necesario que se desarrolle competencias señaladas en la tabla no. 5.

**Tabla 5**  
*Competencias en el área de Administración*

No.	Competencias Específicas	
1	CIO	Demostrar su competencia en el área de administración al generar ideas y oportunidades de negocios (proponer, desarrollar).
2	CR	Demostrará su competencia en el área de administración al gestionar los recursos de una idea de inversión (decidir, gestionar).
3	CA	Demostrará su competencia en el área de administración al pasar a la acción (resolver, alcanzar metas).

**c) Área de Contaduría**

Emprender y tener un negocio propio puede ser una de las mayores satisfacciones, pero, también una gran responsabilidad, sobre todo el en tema de la contabilidad para emprendedores. Llevar una contabilidad administrada y ordenada te ayudará a tener una buena salud financiera y a tomar decisiones estratégicas clave (Infoautónomos, 2021).

Llevar una buena contabilidad como emprendedor, autónomo, es más que presentar solamente las declaraciones fiscales o pagar los impuestos correspondientes. Por lo que se debe de llevar un registro de los ingresos y egresos, que le permitirá estimar el valor de los activos y pasivos de tu proyecto, determinar los costos de la actividad económica y el nivel de la rentabilidad de tu negocio. Además es necesario evaluar los riesgos financieros y de qué manera se van a compensarlos. Así mismo al considerar su importancia es necesario desarrollar competencias que permitan seguridad en la empresa (Infoautónomos, 2021), ver tabla 6.

**Tabla 6**  
*Competencias en el área de Contabilidad*

No.	Competencias Específicas	
1	CAA	Desarrollar su competencia en la administración de recursos y control administrativo.
2	CAF	Desarrollar su competencia en el área financiera, para gestionar recursos, identificar momentos de inversión.

A través de un análisis de los datos obtenidos, se pudieron identificar hallazgos que permitirán la retroalimentación oportuna y pertinente a los programas de asignaturas del área económico administrativa, considerando las áreas de oportunidad que hay en el desarrollo de conocimientos y habilidades relacionados con el emprendimiento, así mismo al trabajo colegiado que se genera entre los docentes que imparten estas asignaturas y al trabajo multidisciplinario que se puede generar entre los alumnos.

**CONCLUSIÓN**

La información representada en el documento pudiera ser el parteaguas para generar diversas estrategias que apoyen al desarrollo de nuevas opciones de enseñanza-aprendizaje y que en un futuro cercano, haya estudiantes egresados de los diversos programas educativos que oferta la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato con proyectos emprendedores que impacten social y económicamente al menos a la zona de influencia de la institución académica.

Al identificar el perfil de los estudiantes de los diversos programas educativos, de los docentes que imparten las diversas asignaturas relacionadas con el emprendedurismo y además de la necesidad de fortalecer los programas de las asignaturas relacionadas con el tema en cuestión, representa sin duda un gran avance en el desarrollo de proyectos que, a través de jóvenes entusiastas, sin duda alcanzarán sueños que en muchas ocasiones no se han logrado.

Sin duda emprender es una oportunidad que pocas personas se atreven, pudiera ser por el desconocimiento, por la falta de oportunidades, por el temor al fracaso, por falta de apoyo entre otros. Sin embargo, es tiempo de atreverse y enfrentar a ese mundo que espera gente que le proporcione “vida” social y económica respetando, por supuesto la naturaleza y sus beneficios.

**BIBLIOGRAFÍA**

Alcaráz Rodríguez, R. (2011). *El emprendedor del éxito*. México: McGrawHill. Recuperado el 16 de diciembre de 2022, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48916109/Comprension\\_lectora\\_Curso\\_emprendedorismo\\_e\\_inversion\\_1-libre.pdf?1474144953=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl\\_Emprendedor\\_de\\_exito.pdf&Expires=1671207597&Signature=PH8S41wf71kvHMmc0Xow225](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48916109/Comprension_lectora_Curso_emprendedorismo_e_inversion_1-libre.pdf?1474144953=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl_Emprendedor_de_exito.pdf&Expires=1671207597&Signature=PH8S41wf71kvHMmc0Xow225)

Ancha, D. d. (agosto de 2019). *Sugerencias para redactar competencias y resultados de aprendizaje*. Obtenido de <https://www.upla.cl/innovacioncurricular/wp-content/uploads/2019/08/ORIENTACIONES-PARA-REDACTAR-COMPETENCIAS-Y-RESULTADOS-DE-APRENDIZAJE-Gu%C3%ADa-de-apoyo-1.pdf>

Asociacion de Academias de la lengua española. (2021). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/emprender>

Conceptos. (2022 de diciembre de 2022). *Habilidad*. Obtenido de <https://concepto.de/habilidad-2/>

Gateway, S. E. (16 de diciembre de 2022). *Competencias emprendedoras*. Obtenido de [https://www.schooleducationgateway.eu/es/pub/theme\\_pages/entrepreneurship.htm#:~:text=La%20habilidad%20del%20emp rendimiento%20es,gesti%C3%B3n%2C%20principios%20C3%A9ticos%20y%20autoconciencia](https://www.schooleducationgateway.eu/es/pub/theme_pages/entrepreneurship.htm#:~:text=La%20habilidad%20del%20emp rendimiento%20es,gesti%C3%B3n%2C%20principios%20C3%A9ticos%20y%20autoconciencia).

- Global, G. (2022 de diciembre de 2022). *Marketing Empresarial*. Obtenido de <https://edu.gcfglobal.org/es/emprendimiento/marketing-empresarial/1/>
- Infoautónomos. (30 de julio de 2021). *Consejos para llevar la contabilidad para emprendedores*. Obtenido de <https://www.infoautonomos.mx/blog/consejos-contabilidad-para-emprendedores/>
- IV Congreso Virtual Internacional Desarrollo Económico, S. y. (s.f.). *La Administración Estratégica y el Emprendimiento*. Obtenido de <https://www.eumed.net/actas/19/desarrollo-empresarial/46-administracion-estrategica-y-el-emprendedor.pdf>
- Landeros Guerra, M. S., Urbina Ibarra, M., & San Elías Conejo, C. M. (2017). Factores que determinan el cierre de la micro y pequeña empresa, un análisis comparativo entre empresas activas e inactivas. Caso Dolores Hidalgo, C.I.N. , Guanajuato. En N. B. Peña Ahumada, O. C. Aguilar Rascó, & R. Posada Velázquez, *Factores que determinan el cierre de la micro y pequeña empresa* (págs. 205-216). México: Pearson.
- Messina, M., González, S., Mari, J., Castro, R., Rivas, A., Pena, J., & Rey, M. (2018). Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de [file:///D:/Descarga/Manual-dida%CC%81ctico-Emprededurismo-Messina\(1\).pdf](file:///D:/Descarga/Manual-dida%CC%81ctico-Emprededurismo-Messina(1).pdf)
- Ortiz García, P., & Millán Jiménez, A. (01 de junio de 2011). Recuperado el 15 de diciembre de 2022, de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/44517/4695-17147-1-PB.pdf?sequence=1>
- Significados. (22 de diciembre de 2022). *Conocimientos*. Obtenido de <https://www.significados.com/conocimiento/>

# Estudio exploratorio sobre uso, interés y conocimientos que tienen los estudiantes de TIC sobre el proceso de pruebas en aplicaciones móviles, caso UTNG

Juana Andrea Godoy Barrera<sup>1</sup>, José de Jesús Eduardo Barrientos Avalos<sup>2</sup>, Anastacio Rodríguez García<sup>3</sup>,  
Maricela Méndez Mendoza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesora de tiempo completo, e-mail: [jagodoy@utng.edu.mx](mailto:jagodoy@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [jjbarrientos@utng.edu.mx](mailto:jjbarrientos@utng.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [anastaciородriguez@utng.edu.mx](mailto:anastaciородriguez@utng.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesora de tiempo completo, e-mail: [maricelamendez@utng.edu.mx](mailto:maricelamendez@utng.edu.mx)

## Línea de investigación: Gestión de proyectos innovadores de tecnologías móviles

### Resumen

Con este estudio se analiza la situación del proceso de pruebas en aplicaciones móviles en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, en el área de Tecnologías de Información; utilizando la metodología científica para investigaciones cuantitativas, se inició con la inquietud de conocer con mayor detalle el manejo de proceso de pruebas al interior de los proyectos académicos de desarrollo móvil, empleando una encuesta de opinión que se efectuó en una muestra que se determinó de acuerdo a la población total del área de T.S.U. Sistemas Informáticos e Ingeniería Tecnologías de la información, considerando el 95% nivel de confianza y 10 % margen de error.

Las implicaciones resultantes de no efectuar pruebas en las aplicaciones móviles, pueden llegar a ser adversas en términos de calidad y uso, desde errores en la codificación, rendimiento e incluso aspectos de usabilidad que afectan la experiencia del usuario final.

Este tipo de aplicaciones se caracterizan por realizar funcionalidades específicas y ejecutarse en dispositivos móviles. Son diseñadas para cumplir objetivos diversos que puede ser desde pedagogías, institucionales, de negocios, recreativas, por mencionar algunas de una amplia variedad.

Las respuestas obtenidas indican la percepción general de los estudiantes y especifican el interés por una formación profesional de pruebas e incluso se detectó la necesidad de adecuar el plan y programa de estudio de ingeniería integrando la temática de pruebas buscando la transversalidad, para cubrir esta área del desarrollo de software.

*Palabras clave: calidad, proceso de pruebas, pruebas aplicaciones móviles, pruebas automatizadas..*

### Abstract

This study analyzes the situation of the testing process in mobile applications at the Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, in the area of Information Technology; Using the scientific methodology for quantitative research, it began with the concern of knowing in greater detail, the management of the testing process within academic mobile development projects, using an opinion survey that was carried out in a sample that was extended according to the total population of the T.S.U. Computer Systems and Information Technology Engineering, considering a 95% confidence level and a 10% margin of error. The conclusions resulting from not testing mobile applications, can be adverse in terms of quality and use, from coding errors, performance, and even usability aspects that affect the end-user experience. These types of applications are characterized by performing specific functionalities and running on mobile devices. They are useful to meet various objectives that can be from pedagogies, institutional, business, and recreational, to mention a few of a wide variety. The answers obtained indicate the general perception of the students and specify the interest in professional training of tests, even the need to adapt the engineering study plan and the program is detected, integrating the theme of tests looking for transversally, to cover this area of software development.

*Keywords: quality, mobile testing processes, application testing, automated testing.*

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se inicia con la búsqueda de conocer aspectos relevantes en el ámbito de pruebas de software para aplicaciones móviles, en el área Tecnologías de la Información de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, donde se ofertan entre otras carreras la de T.S.U. en Sistemas Informáticos y la Ingeniería en Tecnologías de la Información, se puede indicar que las pruebas de software, como una práctica imprescindible en el desarrollo del mismo, incluso como una manifestación de la calidad, como lo establece la norma ISO 9000: 2015 “La calidad de los productos y servicios incluye no solo su función y desempeño provistos, sino

también su valor percibido y el beneficio para el cliente” (ISO, 2015).

Es importante indicar que al verificar el cumplimiento se utilizan diferentes tipos de pruebas, en este caso se abordará la importancia del proceso de pruebas como eje transversal en el ciclo de vida del desarrollo de las aplicaciones móviles.

El trabajo de efectuar pruebas consiste básicamente en comprobar la funcionalidad completa y exacta conforme a lo establecido en la solicitud formal del software como puede ser los requisitos funcionales, no funcionales, historias de usuario, contrato u alguna otra forma de documentación que limite el alcance y la estructura del mismo.

En todos los equipos de trabajo para el desarrollo de software e incluso en aplicaciones móviles es preciso que exista un área de pruebas que acompañe todo el ciclo y que este se encuentre conformado por probadores (testers) poseedores de habilidades para detectar errores en etapas tempranas, para que el o los desarrolladores puedan corregirlos como lo menciona Ramos (2020): “Es indispensable la visión de una persona ajena a la programación, para garantizar que el funcionamiento sea el correcto y detectar posibles errores a tiempo”.

Este estudio busca entre otros aspectos reforzar los conocimientos del proceso de pruebas que se imparten en la UTNG. Existe una materia de pruebas de software en el nivel educativo de la carrera T.S.U. en Tecnologías de la Información área Desarrollo de Software Multiplataforma, lo que se pretende es reforzar buenas prácticas en los docentes de T.I. Como primera instancia, para mejorar el proceso y el enfoque del desarrollo basado en pruebas, sin dejar de lado la parte conceptual de las pruebas de software.

## **DESARROLLO**

En esta sección, es importante describir el objetivo general y los objetivos específicos, el objeto de estudio, la metodología o metodologías, las fases del desarrollo de acuerdo a la metodología seleccionada, reactivos y equipos utilizados. También están incluidos los Resultados y Discusión, en el cual puede venir separado o en una sección según convenga a los autores. Se necesita colocar cada tema a desarrollar en un subtítulo.

### **OBJETIVO GENERAL**

Explorar en el entorno de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, el contexto del proceso de pruebas de software y pruebas en aplicaciones móviles, para determinar la pertinencia de una nueva materia optativa en el nivel de Ingeniería.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Indagar si se identifica o no el proceso de pruebas en aplicaciones móviles en la UTNG.
2. Observar si se identifica o no el proceso de pruebas automatizadas en aplicaciones móviles en la UTNG.
3. Analizar si hay o no diferencias entre el nivel T.S.U. e Ingeniería en la UTNG respecto al uso de pruebas en aplicaciones móviles.
4. Indagar si se realizan o no pruebas en aplicaciones móviles en los proyectos académicos de ambos niveles educativos de la UTNG.
5. Indagar si se encuentra un interés en el desarrollo profesional de pruebas en los alumnos de tecnologías de la información (T.S.U. e Ingeniería de la UTNG).
6. Indagar si identifican o no algunas herramientas para realizar pruebas automatizadas en aplicaciones móviles en la UTNG.
7. Observar si los alumnos de la UTNG de los dos niveles académicos conocen las funciones que realizan los testers en la industria de software.
8. Determinar si los alumnos de la UTNG conocen o no los principales roles en el proceso de software en la industria de desarrollo de software (tester, analista, líder, gerente en el área de pruebas de software).

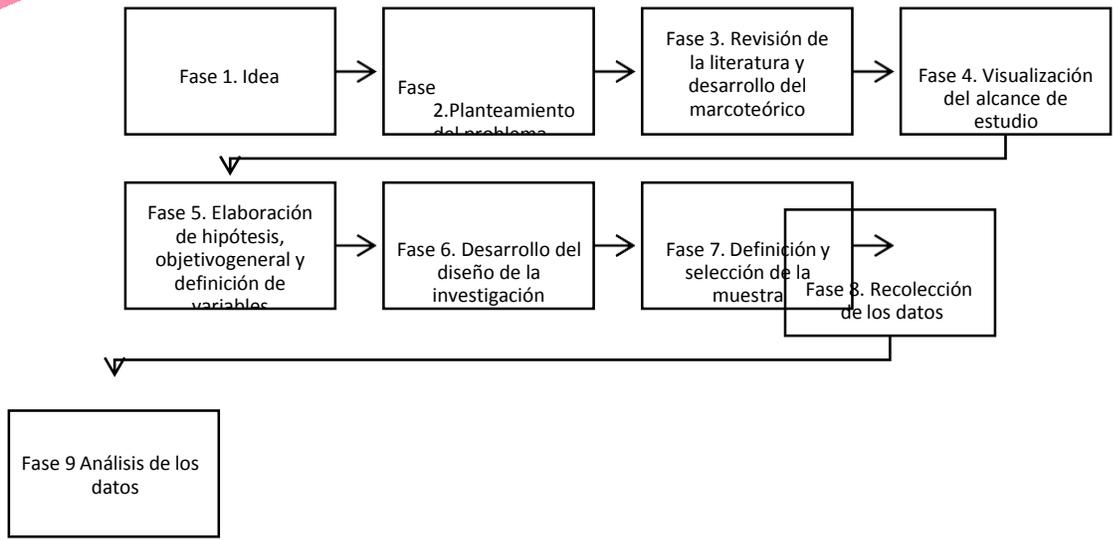
### **OBJETO DE ESTUDIO**

Es conveniente realizar esta investigación para conocer los intereses reales de los alumnos de tecnologías de la información en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato en formarse como profesionistas en el área de pruebas, así como determinar la necesidad de tener materias relacionadas en el área de tecnologías para promover la competencia profesional de pruebas de software.

### **METODOLOGÍA**

Se empleó para esta investigación de tipo cuantitativo el método científico que propone Sampieri (2014) que radica en las siguientes fases detalladas a continuación:

Figura 1  
Metodología empleada en Estudio exploratorio sobre uso, interés y conocimientos



Nota: Muestra todas las fases de la metodología implementada.

**FASES DEL DESARROLLO**

**Fase 1 Idea**

Surge el interés de obtener datos estadísticos del proceso de pruebas de aplicaciones móviles en los dos niveles educativos que se ofertan en la UTNG.

**Fase 2 Planteamiento del problema**

En esta etapa se determinaron los objetivos de la investigación, ya que se consideró conveniente realizar esta investigación para conocer los intereses reales de los estudiantes de tecnologías de la información en formarse como profesionistas en el área de pruebas, así como determinar la necesidad de tener materias relacionadas en el área de tecnologías para promover la competencia profesional de pruebas de software.

En otra instancia la industria de desarrollo de software de influencia, comprendida por la zona centro del país donde los exalumnos tienen mayor probabilidad de emplearse, ha manifestado la necesidad de que los estudiantes egresados de la UTNG tengan conocimientos básicos, intermedios y avanzados de pruebas de software en las siguientes tecnologías de desarrollo: web, móvil y de escritorio.

A continuación, se especifican las preguntas de la investigación. Preguntas de la investigación

¿Se identifica el proceso de pruebas en aplicaciones en la UTNG?

¿Se identifica a que se refiere el proceso de pruebas en aplicaciones móviles en la UTNG (ambos niveles educativos)?

¿Existe alguna diferencia entre el nivel T.S.U. e Ingeniería con respecto al uso de pruebas automatizadas en aplicaciones móviles?

¿Se realizan pruebas en aplicaciones móviles en los proyectos académicos en los dos niveles académicos?

¿Los alumnos de la UTNG (ambos niveles educativos) están interesados en ser testers en la industria de desarrollo de software?

¿Los alumnos de la UTNG (ambos niveles educativos) conocen las herramientas utilizadas para realizar pruebas automatizadas en aplicaciones móviles?

¿Los alumnos de la UTNG (ambos niveles educativos) conocen las funciones que realiza un tester en la industria de desarrollo de software?

¿Los alumnos de la UTNG (ambos niveles educativos) conocen los principales roles en el proceso de software en la industria de desarrollo de software (tester, analista, líder, gerente en el área de pruebas de software)?

**Fase 3 Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico**

Para sintetizar los principales conceptos se realizaron investigaciones en diversas fuentes de información para documentar el siguiente marco teórico:

En primer concepto se puede definir como lo describe Carrillo, la prueba de software implica pues, la aplicación de técnicas y herramientas apropiadas en el marco de un proceso bien definido, determinado por el tipo de proyectos de desarrollo de software que se abordan. (León Carrillo, 2020) se considera que van a depender de aspectos en toda la fase de ciclo de desarrollo, ya que se utilizarán diversas técnicas de pruebas las denominadas de caja blanca, caja negra, los tipos de pruebas se pueden clasificar en: pruebas unitarias, de aceptación, integración, regresión, mientras las no funcionales son: pruebas de carga, estrés, escalabilidad, portabilidad y se pueden

efectuar con diversas alternativas de herramientas de software como Selenium, Appium, etc.

El proceso de pruebas de software para la ISTQB (International Software Testing Qualifications Board) organización que es considerada como referente en términos de pruebas de software, que diseñan y determinan un esquema de evaluación, certificación internacional para los profesionales del área de pruebas de software, con presencia en más de 70 países, determina este proceso de pruebas de software es el conjunto de actividades interrelacionadas que comprenden planificación de pruebas, monitoreo y control de pruebas, análisis de pruebas, diseño de pruebas, implementación de pruebas, ejecución de pruebas y finalización de pruebas. (Glossary.istqb.org, 2020).

Además, para medir la calidad existen un conjunto de características conocidas como atributos de la calidad en los datos como son: exactitud, completitud, consistencia, credibilidad, actualidad también los datos que se generan dentro del sistema y son implícitos deberán cumplir con los siguientes atributos: accesibilidad, conformidad, confidencialidad, eficiencia, precisión, trazabilidad, comprensibilidad, además de cumplir con la disponibilidad, portabilidad y recuperabilidad. (Calidad et al., 2020).

A lo que se refiere la calidad en el uso se determina con los siguientes criterios: eficacia, eficiencia, satisfacción, ausencia de riesgo y cobertura del contexto. Con estos criterios se consideren al evaluar el software y en específico las aplicaciones móviles (Calidad et al., 2020).

#### Fase 4 Visualización del alcance de estudio

En esta sección se analizó la posibilidad de efectuar esta investigación, se contó con el tiempo necesario, los recursos económicos fueron mínimos solo se requirió material para la generación del instrumento utilizado en la recolección de los datos, y se utilizó el software Microsoft Excel 2019 para el análisis de los datos e interpretación.

También se contó con el apoyo para el acceso para realizar el estudio con los grupos de tecnologías de la información de la institución educativa para efectuar la recolección de datos de los dos niveles educativos (T.S.U. e Ingeniería).

La presente investigación es considerada exploratoria, ya que no se ha realizado un estudio similar para conocer dicha información que hasta el momento era inexplorada.

#### Fase 5 Elaboración de hipótesis y definición de variables

Como la investigación es exploratoria no se requiere diseñar una hipótesis.

Las variables que se identifican y determinantes en esta investigación son independientes: Variable a1: Identificación del término pruebas de software del grupo de Ingeniería.

Variable a2: Identificación del término pruebas de software del grupo de T.S.U. Variable b1: Identificación del proceso de pruebas de software, grupo de Ingeniería. Variable b2: Identificación del proceso de pruebas de software, grupo de T.S.U.

Variable c1 Identificación del término de pruebas de software automatizadas en aplicaciones móviles en el nivel educativo de ingeniería.

Variable c2: Identificación del término de pruebas de software automatizadas en aplicaciones móviles en el nivel educativo de T.S.U.

#### Variables dependientes

Variable d1: Medir el uso de pruebas de software en los proyectos académicos en grupo de Ingeniería. Variable d2: Medir el uso de pruebas de software en los proyectos académicos en grupo de T.S.U. Variable e1: Medir el uso de pruebas de software en aplicaciones móviles en grupo de Ingeniería.

Variable e2: Medir el uso de pruebas de software en aplicaciones móviles en grupo de T.S.U.

Variable f1: Medir el nivel de identificación de herramientas de pruebas automatizadas para aplicaciones móviles en grupo de Ingeniería.

Variable f2: Medir el nivel de identificación de herramientas de pruebas automatizadas para aplicaciones móviles en grupo de T.S.U.

Variable g1: Medir el interés de desarrollarse profesionalmente como tester en la industria de desarrollo de software en grupo de Ingeniería.

Variable g2: Medir el interés de desarrollarse profesionalmente como tester en la industria de desarrollo de software en grupo de T.S.U.

Variable h1: Identificación del rol de tester en la industria de desarrollo de software en nivel ingeniería. Variable h2:

Identificación del rol de tester en la industria de desarrollo de software en nivel T.S.U.

Variable i1: Identificar si se conoce o no las actividades que realiza el equipo de pruebas (tester, analista de pruebas, líder de pruebas, gerente de pruebas) en el grupo de ingeniería.

Variable i2: Identificar si se conoce o no las actividades que realiza el equipo de pruebas (tester, analista de pruebas, líder de pruebas, gerente de pruebas) en el grupo de T.S.U.

#### Fase 6 Desarrollo del diseño de la investigación

El diseño de esta investigación fue transeccional exploratorio, ya que solo se contaba con suposiciones iniciales, por eso se consideró indagar con mayor precisión y lograr resultados que permitan continuar con la intención de generar la nueva materia de pruebas de software y en el contenido temático proponer las pruebas de software en aplicaciones móviles, web, pruebas de software automatizadas para las tecnologías antes mencionadas.

#### Fase 7 Definición y selección de la muestra

La muestra se seleccionó sobre la población de alumnos que pertenecen al área de tecnologías de la información, se efectuó un filtro por considerar que las carreras de desarrollo de software multiplataforma e Ingeniería en Tecnologías de la Información, tienen más aproximación al proceso de pruebas de software.

El total de la población de la carrera de Ingeniería es de 103 estudiantes en las dos modalidades escolarizada (26) y semiescolarizada (77), clasificados por cuatrimestre de octavo 72 y de décimo cuatrimestre son 31 estudiantes. La muestra para este nivel educativo ingeniería se determinó el tamaño de la muestra de 50 un nivel de confianza del 95% y con un margen de error de 10%. La carrera de desarrollo de software multiplataforma cuenta con 136 alumnos y alumnas, 85 son de segundo cuatrimestre y 51 de cuarto cuatrimestre para este nivel académico la muestra corresponde fue de 51 con el 95% de nivel de confianza y 11% de margen de error.

#### Fase 8 Recolección de los datos

Se diseñó una encuesta de opinión, con trece preguntas, las primeras tres para identificación del nivel de estudio, alumnos de la institución, edad, además 9 preguntas exploratorias con respuesta de rango (nada, muy poco, algo, bastante, mucho), el muestreo se realizó al azar, en total se encuestaron a 51 alumnos de ingeniería.

#### Fase 9 Análisis de los datos

El resultado de las encuestas se registró y gráfico en el programa Microsoft Excel 2019, se analizaron los datos para mostrarlos en los resultados que a continuación se describen.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La información resultante de las encuestas de opinión se logró concretar estos datos el 50% de los alumnos de Ingeniería indicaron que solo conocen “algo” del término de pruebas, el 24% consideran que conocen “bastante”, el 20% informa que conoce muy poco y el 6% determina que saben mucho, pues algunos de estos alumnos en la modalidad flexible se desempeñan como testes o en áreas de calidad del software.

En las gráficas de identificación del proceso de pruebas, se encontró lo siguiente: 50% conocen algo, el 32% muy poco, el 6% nada, el 2% mucho y el 10% bastante, esto es con los alumnos de Ingeniería, probablemente los alumnos de este nivel que no conocen nada, su T.S.U. lo realizaron en Redes y Telecomunicaciones o Multimedia y Comercio Electrónico, los alumnos de T.S.U. el 44% conocen algo, el 15% muy poco, 10% nada, el 8% mucho y el 23% bastante, se considera señalar que estos alumnos ya cursaron la materia de pruebas.

Los informes de sí conocen el término de pruebas automatizadas, se mostró lo consiguiente: el 42% identifica muy poco, el 40% algo, el 14% nada y el 4% bastante en lo referente a la Ingeniería, en T.S.U. el 42% conoce algo, el 19% muy poco, otro 19% nada, el 16% bastante y un 4% indica que mucho.

En referencia si realizan la buena práctica de efectuar pruebas en sus proyectos académicos encontramos en Ingeniería lo siguiente: 40% manifiesta que ha realizado algo, el 20% no las realiza, otro 20% ha realizado muy pocas pruebas y el último 20% indica que bastante, estos resultados pueden determinar que los alumnos trabajan en proyectos y solo algunos cumplen el rol de testers. En lo que se indaga en el nivel de T.S.U. el 37% ha realizado pruebas en sus proyectos académicos, un 24% ha realizado algo, otro 24% lo ha aplicado bastante y un 15% muy poco, aquí se observa la pertinencia del nuevo plan y programa de estudio que contiene a la nueva materia de pruebas.

Si se realizan pruebas en aplicaciones móviles se consultó lo que se detalla a continuación: el 34% prueba muy poco sus aplicaciones, el 28% nada, el 26% algo y el 12% bastante estos resultados son de la ingeniería. En el T.S.U. el 31% prueba algo sus aplicaciones, el 29% muy poco, el 27% nada, un 11% bastante, y el 2% indica que prueba mucho las aplicaciones móviles.

En lo concerniente a si conocen herramientas para la automatización de pruebas se concluye lo siguiente: el 42% muy poco, el 28% algo, el 22% nada, el 2% mucho, el 6% bastante fue lo relacionado con la ingeniería, de T.S.U. el 31% conoce algo, el 25% muy poco, el 23% nada, el 2% mucho, el 19% bastante.

El interés por parte del alumnado, para desarrollarse como tester se exteriorizó de la siguiente manera: el 38% indica algo, el 30% demostraron bastante, el 18% mucho, un 8% muy poco y un 6% nada, esto en lo que se refiere a la ingeniería. En T.S.U. el 36% indica algo, 27% bastante, otro 27% mucho, un 8% muy poco y un 2% no tiene ningún interés.

La información relacionada con los indicadores de las funciones que realizan los de pruebas en la industria de desarrollo de software se encontró que el 48% indican que conoce algo, el 22% bastante, el 20% muy poco, 6% nada y 4% mucho, ya que los alumnos de ingeniería ya una está en las empresas, con los jóvenes de T.S.U. el 35% bastante, un 34% algo, 11% mucho, 10% muy poco y otro 10% nada.

El último sondeo se refiere a la identificación de los roles o también conocidos como puestos en el área de pruebas (tester, analista de pruebas, líder de pruebas, gerente de pruebas) lo que se encontró con los de ingeniería 56% algo, 20% bastante, 14% mucho, 8% muy poco y 2% nada; en T.S.U. EL 44% indicó que conoce algo, el 34% bastante, 10% mucho, otro 10% muy poco y 2% nada.

### **CONCLUSIÓN**

También se observó que las pruebas como una buena práctica en el desarrollo de los proyectos académicos aún no tiene un impacto significativo, se desconocen los motivos, situación que invita a realizar otra investigación en este ámbito, tal vez y solo como conjetura los planes y programas de estudio son cortos y en las materias no alcanza el tiempo para profundizar en las pruebas de software.

Lo siguiente es continuar con la propuesta de la materia de Pruebas de Software con el enfoque de móvil y la automatización de la

misma, la intención es que se optativa, en el nivel ingeniería ya que en la nueva carrera de desarrollo de software multiplataforma que se oferta en esta Institución Educativa ya se cuenta con una materia de pruebas, solo que se observa con contenidos básicos, además es importante ubicar la trazabilidad en algunas otras materias para reforzar la competencia de pruebas de software en todo el trayecto de la carrera de Ingeniería en Desarrollo de Software Multiplataforma.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Ramos Martínez, V. (2020). Testing: La importancia de la calidad del software y el impacto en nuestra vida diaria. | CECoaching. [online] Cecoaching.com.mx. Available at: <http://www.cecoaching.com.mx/testing-la-importancia-de-la-calidad-del-software-y-el-impacto-en-nuestra-vida-diaria/> [Accessed 4 Feb. 2020].

Glossary.istqb.org. (2020). ISTQB Glossary. [online] Available at: <https://glossary.istqb.org/en/search/> [Accessed 4 Feb. 2020].

Pineda, E., Alvarado, E., & Canales, F. (1986). Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud [Ebook] (1st ed.). OPS. Retrieved 15 February 2020, from.

Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.

León Carrillo, L. (2020). Fundamentos de la Prueba de Software: conceptos, justificación y alcance. SG Buzz. Retrieved 21 February 2020, from <https://sg.com.mx/revista/4/fundamentos-prueba-software-conceptos-justificacion-y-alcance>.

Calidad, I., Olucaro Dashboard 1.0, n., Prometeus IDS Core 1.0, n., & Cibersad y SIXA de Enxenio, n. (2020). NORMAS ISO 25000. Iso25000.com. Retrieved 26 February 2020, from <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>.

# Usabilidad de Aplicaciones Móviles Desarrolladas por Alumnos de la UTNG

José de Jesús Eduardo Barrientos Avalos<sup>1</sup>, Anastacio Rodríguez García<sup>2</sup>  
Maricela Méndez Mendoza<sup>3</sup>, Juana Andrea Godoy Barrera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [jibarrientos@utng.edu.mx](mailto:jibarrientos@utng.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [anastaciorodriguez@utng.edu.mx](mailto:anastaciorodriguez@utng.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [maricelamendez@utng.edu.mx](mailto:maricelamendez@utng.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: [jagodoy@utng.edu.mx](mailto:jagodoy@utng.edu.mx)

**Línea de investigación: Desarrollo de Aplicaciones Móviles**

## Resumen

En esta investigación el objeto de estudio es la usabilidad en dispositivos móviles, en aplicaciones móviles desarrolladas por alumnos de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato (UTNG), particularmente por alumnos de decimo cuatrimestre de Ingeniería en Desarrollo y Gestión de Software. Para esta tarea se utiliza un estudio exploratorio pre-experimental, utilizando un cuestionario de usabilidad adaptado a las aplicaciones móviles y que permite medir el grado de satisfacción de los usuarios con la aplicación, algo que es de vital importancia en cualquier tipo de aplicación siendo el resultado de todo un proceso de desarrollo, este último enmarcado en SCRUM una metodología de desarrollo ágil, que a la fecha es muy utilizada en el ámbito de desarrollo de software y que bien entendida es una herramienta de apoyo muy útil para el desarrollo móvil. En este estudio se aplican encuestas a los usuarios para poder hacer un análisis que oriente a encontrar nuevas temáticas de investigación y poder identificar áreas de mejora en el proceso de desarrollo.

*Palabras clave: app, aplicaciones móviles, estudio exploratorio, pre-experimental, scrum, usabilidad.*

## Abstract

In this research, the object of study is the usability in mobile devices, in mobile applications developed by students of the Technological University of North Guanajuato (UTNG), particularly by students of the tenth semester of Engineering in Software Development and Management. For this task, a pre-experimental exploratory study is used, using a usability questionnaire adapted to mobile applications and that allows measuring the degree of user satisfaction with the application, something that is of vital importance in any type of application, being the result of an entire development process, the latter framed in SCRUM, an agile development methodology, which to date is widely used in the field of software development and which, when properly understood, is a very useful support tool for mobile development. In this study, user surveys are applied in order to carry out an analysis that guides the finding of new research topics and to identify areas for improvement in the development process.

*Keywords: app, exploratory study, experimental, mobile apps, scrum, usability*

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones móviles es una tarea indispensable por el hecho de que prácticamente al 2022 de 130.9 millones de mexicanos 96.87 son usuarios de internet, es decir el 74% los mexicanos de entre 16 y 64 años navegan en internet, de los cuales el 95.1% de esos usuarios utilizan internet a través de un dispositivo móvil, datos obtenidos de DataReportal (2022), lo que hace innegable la necesidad de poner especial atención en la calidad de las aplicaciones orientadas a dispositivos móviles. Uno de los aspectos más evidente al que se enfrenta el desarrollador y uno de los más importante es la usabilidad, entendiendo como: “la facilidad con la que un usuario puede usar una aplicación de software” (Enríquez, 2013). El desarrollador suele invertir horas de trabajo y esfuerzo en ciertas funcionalidades, en la implementación del diseño de acuerdo a lo que el usuario desea, pero al tener el trabajo terminado no siempre los resultados son los esperados, tanto por el desarrollador como por el usuario.

Recientemente se empezó a considerar la usabilidad en un contexto móvil. Este trabajo se expone un estudio exploratorio pre-experimental, mediante la aplicación de un instrumento que permitan medir la usabilidad, tomando en consideración a los usuarios de una aplicación de salud, desarrollada por alumnos de decimo cuatrimestre de la Ingeniería en Desarrollo y Gestión de Software de la Universidad Tecnológica de Norte de Guanajuato (UTNG). Al finalizar la investigación se plantean los resultados obtenidos y nuevas preguntas de investigación.

## DESARROLLO

A continuación, se presentan los objetivos de la información, orientada al objeto de estudio, la usabilidad como elemento focal en todo momento, aun que es necesario especificar algunos tópicos que se van relacionando a lo largo de la investigación, como son: la metodología de investigación científica utilizada, las fases para poderse llevar a cabo la investigación, los resultados obtenidos y la discusión a la que se da lugar.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general de la presente investigación es: Determinar el grado de satisfacción de los usuarios de aplicaciones móviles desarrolladas por alumnos de la UTNG, para obtener estrategias adecuadas para el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles. Para poder alcanzar este objetivo se plantean también los siguientes objetivos específicos.

- Definir un marco de trabajo ágil para el desarrollo de aplicaciones móviles,
- Aplicar un instrumento que pueda medir el grado de satisfacción de los usuarios de las aplicaciones desarrolladas por los alumnos,
- Analizar los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento para poder plantear estrategias que busquen mejoras en el proceso de desarrollo móvil.

## OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio se centra en el grado de satisfacción de los usuarios de aplicaciones móviles, es decir la usabilidad en aplicaciones móviles desarrolladas por alumnos de décimo cuatrimestre de la Ingeniería en Desarrollo y Gestión de Software de la Universidad Tecnológica de Norte de Guanajuato (UTNG).

## METODOLOGÍA

Al proponer una metodología de investigación es necesario definir un tipo de investigación, en base al conocimiento que se tiene del objeto de estudio y la perspectiva que la investigación debe tomar, considerando que el objeto de estudio directamente en los alumnos de la UTNG no ha sido estudiado a profundidad, buscando un **estudio exploratorio** con un diseño **pre-experimental**, que permita proporcionar información **cuantitativa** que oriente a temas de interés específico, que puedan servir para mejorar en el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles orientando precisamente a la usabilidad de las aplicaciones móviles, identificando también posibles problemáticas en el proceso (Hernández, 2018).

Según Campbell (1982), en la investigación pre experimental se trata de hacer una primera aproximación al fenómeno que se quiere estudiar con el fin de determinar el tipo de estudio que se necesita llevar a cabo. Solo se estipula una variable, pero sin manipularla. Son tres tipos los diseños que pueden utilizarse en este caso: diseño de investigación de una instancia; diseño de investigación de un grupo y, por último, comparación de dos grupos estáticos.

La metodología consiste en una investigación cuantitativa, en fuentes de investigación primaria utilizando una técnica de encuesta piloto, que posteriormente analizada, se utiliza un diseño pre-experimental, post-prueba con un solo grupo (G X O), atendiendo a que se busca un primer acercamiento al objeto de estudio en un contexto real (Campbell & Stanley, 1982).

Las fases para la realización de la investigación con las siguiente:

- *Recopilación documental*
- *Desarrollo de aplicación móvil*
- *Definición de encuesta*
- *Recopilación de datos*

### Recopilación documental

En esta fase de proceder a una búsqueda bibliográfica, por un lado, desde la perspectiva de la investigación, por otro lado, desde la perspectiva del desarrollo y por último desde la perspectiva desde la temática del proyecto de desarrollo que para este trabajo se tomó como base una aplicación que ayude e invite a los usuarios a mejorar la salud a treves de la información y diversas funcionalidades que ofrece la aplicación.

Una de las fuentes que ha servido como un buen precedente, es la investigación realizada por el equipo de Anabel de la Rosa (2020), en donde se aplica un estudio detallado a una aplicación para entrenamiento, es destacable como conclusión, la necesidad de emplear aplicaciones que promuevan una cultura de prevención, viéndose reflejada en la interrelación del trinomio que hay entre el usuario, la tecnología (aplicación móvil) y la salud Mental (Mena, Ostos, Félix & González, 2018), algo que es necesario siempre considerar al momento de pensar en construir una aplicación móvil, provocar un efecto positivo en el usuario, que le ayude a mejorar en algún aspecto de su vida, es por ello el hecho de orientar el desarrollo en aplicaciones móviles en pro de la salud de los mismos usuarios de aplicaciones móviles.

Lorena Morales (2018) expone una realidad preocupante en México, en donde se ha incrementado el riesgo de mortalidad, debido a una epidemia originada por el estilo de vida actual, malos hábitos dietéticos y escasa o nula actividad física; por lo que es necesario buscar alternativas para prevenir los problemas relacionados con la obesidad y las enfermedades degenerativas que de ello emanan y de manera muy lamentable están minando la calidad de vida de los mexicanos.

### Desarrollo de la aplicación

Se procedió a establecer los principales roles de acuerdo al marco de Scrum, que a la fecha es un esquema de trabajo que probado realmente ágil, divide las características del producto a realizar en lotes, para ir configurando el producto de software por etapas, hasta llegar al objetivo planteado y sobre todo adaptarse a las necesidades que exige la aplicación (Rodríguez, 2015). y definir las herramientas para dar seguimiento al desarrollo de proyecto, como un tablero electrónico compartido, que permite configurar diversas tarjetas, en donde entre otros elementos se especifican las historias de usuaria, que son pieza clave en el seguimiento del desarrollo, se definen fechas de revisión para retroalimentación con los usuarios. Kuz (2017) afirma, que Scrum es un marco que permite el desarrollo y mantenimiento de productos complejos, reduciendo el riesgo durante la realización de un proyecto trabajando de manera colaborativa.

Debido a su capacidad para potenciar la autoorganización y cooperación. En esta fase también es necesario definir la tecnología de desarrollo en tal caso la especificación principal, es que sea una tecnología que permita construir una aplicación móvil que pueda instalarse en dispositivos con sistema operativo Android. La tecnología empleada para el desarrollo de la aplicación móvil Flutter, es una herramienta de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma creado por Google. Es de código abierto y permite construir aplicaciones tanto para Android como para iOS. Su versión 1.0 fue lanzada al mundo el 4 de diciembre de 2018, por lo que es una tecnología muy nueva. A pesar de su corta edad, se trata de una tecnología muy madura debido a que es utilizada en Google para crear sus herramientas internas (Vázquez, 2019).

Dentro de la organización de equipos de trabajo, se procedió a definir seis equipos de trabajo de seis a cinco integrantes, en donde se especificaron un mínimo de quince historias de usuario repartidos en tres Sprint o avances los cuales tenían un periodo de tiempo de tres semanas, en donde los equipos de desarrollo son autodirigidos y realizan su propia versión de la Aplicación de salud, como se puede ver en la *figura 1* una muestra de las pantallas de las aplicaciones desarrolladas.

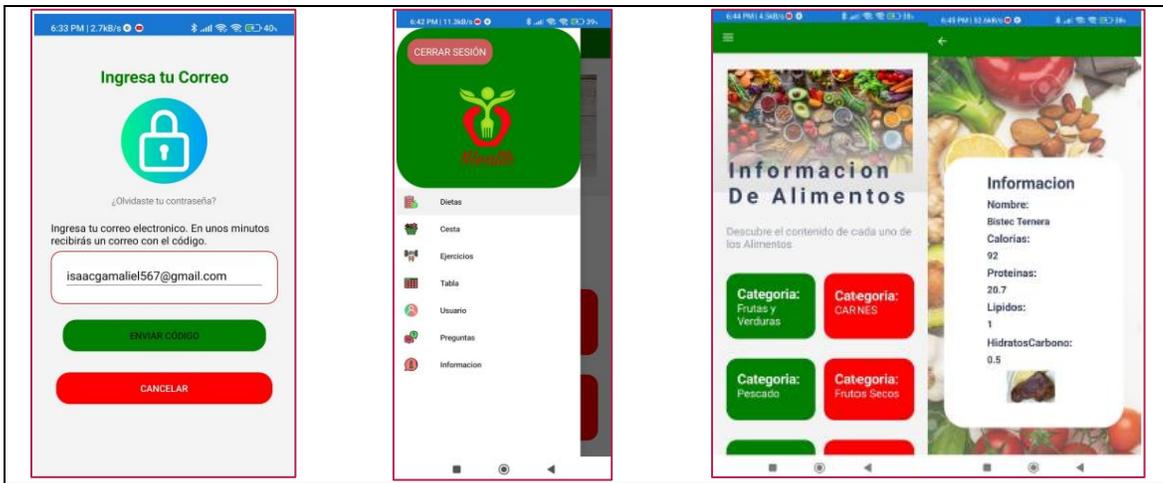


Figura 1. Muestra de pantallas de la aplicación de salud Health (desarrolladas por alumnos UTNG)

### Definición de encuesta

Para poder indagar y cuantificar la usabilidad es necesario apoyarse de un instrumento que sirva para medir la usabilidad definida como es el Cuestionario de usabilidad del sistema informático (Computer System Usability Questionnaire, CSUQ) (Lewis, 1995) adaptado a la población mexicana por Hedlefs (2015); mide las opiniones de los participantes con escala Likert de 1 a 7 puntos, donde 1 es “Totalmente en desacuerdo” a 7 “Totalmente de acuerdo” quedado de la siguiente manera:

#### Cuestionario

1. En general, estoy satisfecho o satisfecha con lo fácil que es utilizar esta App
2. Fue simple de usar esta App
3. Soy capaz de completar mis tareas rápidamente utilizando esta App
4. Me siento cómodo o cómoda utilizando esta App
5. Fue fácil aprender a utilizar esta App
6. Creo que me volví experto o experta rápidamente utilizando esta App
7. La App muestra mensajes de error que me dicen claramente cómo resolver los problemas
8. Cada vez que cometo un error utilizando la app, lo resuelvo fácil y rápidamente
9. La información como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación que provee esta App es clara
10. Es fácil encontrar en la App la información que necesito
11. La información que proporciona la App fue efectiva ayudándome a completar las tareas
12. La organización de la información de la información de la App fue clara
13. La interfaz de la App fue placentera
14. Me gustó utilizar la App
15. La App tuvo todas las herramientas que esperaba que tuviera
16. En general, Estuve satisfecho o satisfecha con la App

### Recopilación de datos

Para poder recopilar los datos es cuestionario se aplicó a un total de 106 usuarios de la aplicación, quienes se les pidió que utilizaran la aplicación durante una semana, para posteriormente solicitarles que contestar el cuestionario anterior mediante un formulario en Google, para poder concentrar la información, ver *figura 2*.

**Usabilidad en Aplicaciones Móviles**

Después de haber utilizado la aplicación por un mínimo de 7 días, agradecemos mucho su colaboración y apoyo con las recomendaciones pertinentes para mejorar la App correspondiente.

[jjbarrientos@utng.edu.mx](mailto:jjbarrientos@utng.edu.mx) (no compartidos)  
Cambiar de cuenta

\*Obligatorio

Nombre completo: \*

Tu respuesta

Lugar de Residencia: \*

Tu respuesta

Figura 2. Cuestionario en formulario de Google

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación consisten de un total de 106 encuesta realizadas, en un total de 44.3% mujeres de un 55.7% hombres, a los cuales se les realizaron 16 preguntas, de las cuales los resultados de las más significativas son: *En general, estoy satisfecho o satisfecha con lo fácil que es utilizar esta App*, obteniendo un resultado promedio de 6.27 con una desviación estándar 1.003; en donde el 50.9% esta completamente de acuerdo con la satisfacción indicada con el siete, el mayor número en la escala Likert, seguido en el 29.2% seleccionando el 6 como se muestra en la figura 3.

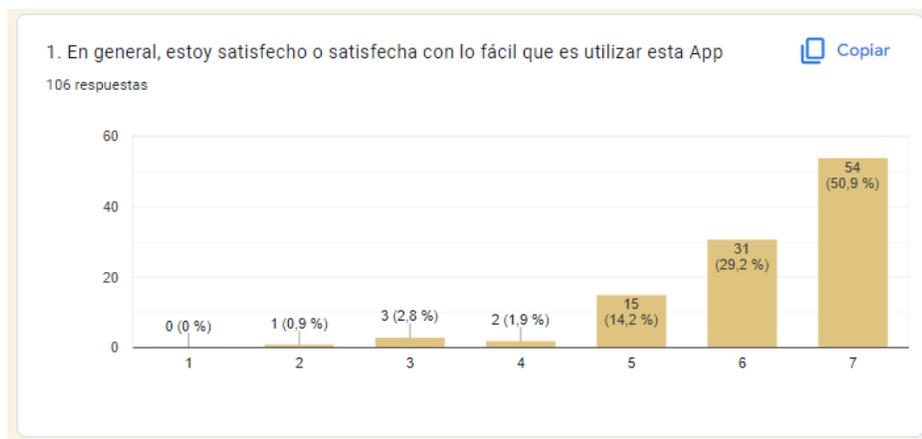


Figura 3. Resultado correspondiente a la pregunta 1 (Generada por formulario Google)

En lo que respecta a la siguiente pregunta: *Fue fácil aprender a utilizar esta App*, se obtuvo un promedio de 6.10 con una desviación estándar del 0.98, con el 54.7% “Totalmente de acuerdo” y con el 27.4% están casi totalmente de acuerdo, los resultados se muestran en la figura 4.

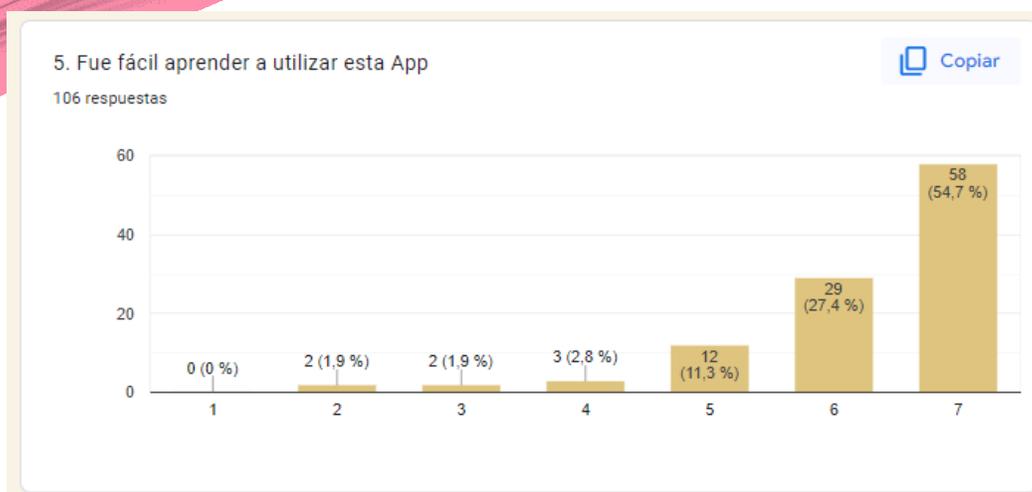


Figura 4. Resultado correspondiente a la pregunta 5 (Generada por formulario Google)

En lo que respecta a todas las demás preguntas se ha observado un comportamiento muy similar, dando por conclusión que al menos las aplicaciones desarrolladas tienen un nivel aceptable de usabilidad, algo que se atribuye al proceso de desarrollo ágil que permite realizar avances de la aplicación y una adaptación de acuerdo a las observaciones hechas de los usuarios, pero aun así es necesario mencionar que esta es una investigación limitada al tiempo y algunas variables, las cuales en otra investigación se pueden enriquecer para hacer más productiva la investigación, pero sobre todo queda la inquietud de hacer pruebas de la aplicación móvil en otro Sistema Operativo dado que la aplicación está desarrollada con una tecnología que ofrece la posibilidad de adaptar esta aplicación tanto para Android, como para iOS el sistema operativo instalado en los iPhone.

### CONCLUSIÓN

Como se puede observar los resultados y haciendo un análisis se puede observar que hay un significativo nivel de aceptación de los usuarios, en base a este punto es necesario considerar ahora qué prácticas son las que originaron este nivel de satisfacción, y por otro lado considerar variables que permitan hacer comparativas, puesto que para el usuario solo analizó una aplicación para tener un punto de exigencia más alto y hasta cierto punto un nivel de competencia. Es importante destacar que como se ha definido en la metodología de acuerdo al tipo de investigación, en este caso un estudio exploratorio que provee de datos cuantitativos, que orientan a elementos más específicos de desarrollo y que sugieren una nueva investigación un nuevo camino a seguir para poder relacionar y describir en base a una propuesta más amplia de investigación, tarea que debe ser planteada cuidadosamente, siempre con el afán de mejorar y de descubrir cosas nuevas que sirvan para comprender y mejorar el conocimiento.

### BIBLIOGRAFÍA

- Campbell, D. & Stanley, J. (1982). Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- DataReportal. (2022). datareportal.com. Obtenido de Data Reportal: <https://datareportal.com/reports/digital-2022-mexico?rq=mexico>
- de la Rosa Gómez, A., Díaz, G. A. M., & Castillo, S. X. M. (2020). Usabilidad y satisfacción de una aplicación móvil para el entrenamiento de competencias clínicas. *Hamut'ay*, 7(1), 48-59.
- García, L. I. M., & Ledezma, J. C. R. (2018). La obesidad, un verdadero problema de salud pública persistente en México. *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, 3(8), 643-654.
- Pelton, Robert P. (2010), *Action Research for Teacher Candidates. Using classroom data to enhance instruction*, Plymouth, Rowman and Littlefield Education.
- Mena, L., Félix, V., Ochoa, A. Ostos, R., González, E., Aspuru, J., Velarde, P. & Maestre, G. (2018). Mobile Personal Health Monitoring for Automated Classification of Electrocardiogram Signals in Elderly. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2018/9128054>
- Ramos, Pablo (2017), "Surveying the Differences between Academic and Practitioner Researchers in Music Education in Spain", *Revista Crónica*, núm. 2, pp. 107-118.
- Rodríguez, C., & Dorado, R. (2015). ¿Por qué implementar Scrum?. *Revista Ontare*, 3(1), 125-144.
- Enriquez, J. G. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes científicos técnicos-UNPA*, 5(2), 25-47.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hedlefs, A. M. (2015). Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos CSUQ. *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 4(8).
- Lewis, J. R. (1995). IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7(1), 57-78. <https://doi.org/10.1080/10447319509526110>

Vázquez Rodríguez, V. (2019). Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma con Flutter.

#### **REFERENCIAS**

Abreu, O., Naranjo, M. E., Rhea, B. S., & Gallegos, M. C. (2016). Modelo Didáctico para la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas de la Universidad Técnica del Norte en Ecuador. *Formación universitaria*, 9(4), 03-10.

Botella Nicolás, A. M., & Ramos Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141.

# Optimización de Troquel Progresivo Mediante Herramientas CAE/FEA

Doctor Alfredo Gutierrez Garcia

Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/ [alfredo.gutierrez@utng.edu.mx](mailto:alfredo.gutierrez@utng.edu.mx)

## Resumen

En la actualidad los procesos de manufactura están cambiando rápidamente con la inserción de la industria 4.0 en la fabricación y, sobre todo en la industria de la producción tanto en masa como a baja escala e inclusive en la forma de fabricación artesanal también., esto ha llevado a desarrollar nuevos requerimientos por parte de todas las partes interesadas con lo que ahora se requiere de productos mejores y que estos cumplan con las especificaciones, reglamentos o estándares nacionales e internacionales., en este sentido, la adopción y utilización de tecnologías CAD<sup>1</sup>/CAM<sup>2</sup> y sobre todo CAE<sup>3</sup> han jugado un papel preponderante en lograr que esto se lleve a cabo de forma correcta y, para hacernos una idea de lo importante que es esto en la actualidad, una reseña. “en el campeonato mundial de la fórmula 1, la más importante competencia internacional de automovilismo tiene dentro de sus estatutos para el año 2022 que las pruebas físicas de rendimiento en pista quedan prohibidas, esto quiere decir que todos los competidores se ven forzados a realizar la evaluación de sus automóviles de forma digital mediante la simulación FEA<sup>4</sup> y CFD<sup>5</sup> antes de salir a la competencia” y claramente ejemplos como este nos hacen hincapié en realizar siempre lo mismo en los procesos de manufactura, afín de acortar el periodo de salida de un nuevo producto, el ahorro en prototipos y aumentar la curva de aprendizaje de forma exponencial, es por ello que basado en estos argumentos se realiza el presente estudio para detectar la forma y tipo de material idóneo para ahorrar en materia prima, pero que a su vez, esto siga cumpliendo con los estándares de una matriz de un troquel progresivo de la empresa MABE.

*Palabras clave: ingeniería industrial, métodos de investigación, producción industrial, simulación.*

## Abstract

At present, manufacturing processes are changing rapidly with the insertion of industry 4.0 in manufacturing and, especially in the mass and small-scale production industry and even in the form of artisanal manufacturing as well, this has led to the development of new requirements by all interested parties with what is now required of better products and that these comply with the specifications, regulations or national and international standards, in this sense, the adoption and use of CAD/CAM technologies and above all CAE have played a leading role in ensuring that this is carried out correctly and, to give us an idea of how important this is today, a review. "In the Formula 1 world championship, the most important international motorsport competition has within its statutes for the year 2022 that physical performance tests on the track are prohibited, this means that all competitors are forced to perform the evaluation of their cars digitally through FEA and CFD simulation before going out to the competition" and clearly examples like this emphasize that we always do the same in manufacturing processes, in order to shorten the delivery period of a new product, savings in prototypes and increase the learning curve exponentially, which is why, based on these arguments, the present study is carried out to detect the ideal shape and type of material to save on raw material, but which in turn, this continue to meet the standards of a MABE progressive single die die.

*Keywords: industrial engineering, research methods, industrial production, simulation.*

---

<sup>1</sup> Diseño asistido por computadora

<sup>2</sup> Fabricación asistida por ordenador

<sup>3</sup> Ingeniería asistida por ordenador

<sup>4</sup> Análisis de elementos finitos

<sup>5</sup> Dinámica de fluidos computacional

## INTRODUCCIÓN

El caso de estudio se llevó para mejorar uno de los principales factores que influyeron a producción no cumpliera con sus objetivos trazados, el cual era cerrar el OEE<sup>6</sup> con un promedio de 95% anual.

Analizando el problema y observando los indicadores que afectaron a que no se cumpliera, uno de los principales factores fue el área de taller de herramientas el cual nos indica que cuando trabajaba el troquel 295D3672 en prensa de 132 veces que trabajo en el año se dañó 62 ocasiones, teniendo un 53% de producción y 47% de falla de troquel.

Esto nos generaba tiempo muerto, mano de obra, y gastos en refacciones, por tal motivo se optó por rediseñar la matriz de figura de corte e implementar un inserto, para ya no tener que bajar el troquel y mandarlo a taller para su corrección, esto nos ayudará a mejorar el tiempo muerto, de la misma manera nos ayudará mejorar la mano de obra, pues dejaríamos de hacer actividades extras, y con este inserto también nos ayudará al ahorro de material AISI 1045 Acero estirado en frío, porque antes se tenía que fabricar toda la matriz y con esta mejora del inserto, con 1 matriz del acero fabricamos 3 insertos. Ahorrando 67% de material.

De esta manera ahorramos en:

- Se ahorró material, acero para fabricar la matriz.
- Mejoramos el tiempo muerto por parte de taller para cambio de refacción, ya que por su tamaño y peso es más accesible y se puede cambiar en prensa.
- Ahorramos en mano de obra, ya que anteriormente se necesitaban 4 matriceros para hacer el cambio de refacción desde que se tenía que bajar el troquel y actualmente con 2 es más que suficientes.
- Mejoramos el OEE de producción, actualmente se observa que va en aumento.
- Mejoramos la producción e inventarios de este material.

## DESARROLLO

En la siguiente investigación se busca obtener un análisis, para determinar los puntos clave que se deben de aplicar para mejorar el sistema de operación al momento de hacer el cambio, determinar el punto principal para atacar el problema, y nuestras principales áreas de oportunidad.

Será un cambio ingeniería, a la matriz. Recortando esa parte en específico donde se rompe la matriz y se diseñará un inserto, reduciendo el tamaño para no tener que bajar el troquel y cambiarlo ahí mismo en prensa, esto ayudará a que el OEE pueda mejorar.

Anteriormente se tenía que fabricar toda la matriz de corte, cada que se dañaba esto generaba más costo para la empresa ya que el acero que se tenía que comprar para fabricar las refacciones en CNC, tenía que ser más grande, por tal motivo genero un gasto considerable para la compañía las 62 veces que se dañó la matriz. Se puede dañar la matriz por diferentes factores como:

- El tipo de material
- Ajuste de la prensa
- Desgaste de matriz
- Mala operación del operador

Factores por el cual se tiene que bajar el troquel.

- El peso de la refacción (32 kilos)
- La correcta ergonomía al momento de hacer la actividad.

## OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

La matriz de corte especial se rompe muy seguido y se pierde el tiempo muerto en producción, se invierte más en mano de obra por parte de taller y se gasta más por desperdicio de material. En el año pasado, se tuvo muchos problemas con una refacción de un troquel, porque al momento de troquelar en prensa, se tronaba la matriz de corte especial, esto nos lleva a invertir en tiempo, porque se tiene que bajar el troquel y llevarlo a taller de herramientas, para cambiarle la refacción y después mandar plano y requerimiento a CNC para su fabricación. Tan solo en el año pasado se tuvo que cambiar la matriz 62 veces, de las 132 veces que trabajó el troquel. Por lo que el objetivo es diseñar un inserto que pueda ser utilizado en la matriz y que este represente un 10% máximo del material total de la placa, pero que, a su vez, este pueda ser fabricado, instalado y que no influya de forma negativa en el funcionamiento mecánico de la placa, así como identificar el tipo de material idóneo para fabricar dicho inserto., utilizando software de diseño CAD y simulación FEA estáticas aplicando una fuerza al troquel, además de identificar en número de repetibilidad soportado antes de validar el caso de estudio y proceder a realizar el prototipo.

## OBJETO DE ESTUDIO

Se desea reducir el cambio de matriz de corte especial a unas 15 veces de cambio durante el año. Además de aumentar en la reducción de mano de obra. Por otra parte, también se desea que el cambio se pueda hacer en la misma prensa y evitar que se baje el troquel. (Matriz de corte especial más pequeña). Y con ello se pretende realizar una reducción significativa de tiempos muertos que genera este defecto., Se desea que se fabriquen 3 piezas de matriz especial con un bloque de acero, ya que anteriormente solo salía una matriz de

---

<sup>6</sup> Efectividad total del Equipo

corte especial. Con lo que se busca una reducción de material y que esto sea más económico de producir en comparación con la configuración actual.

### **METODOLOGÍA**

Para el caso de estudio se realizó una investigación metodológica en cuanto a tecnología se refiere, comenzando con la utilización de la técnica de Quality Function Deployment QFD por sus acrónimos en inglés que forma parte de una de las técnicas para la innovación, a su vez, esta forma parte principalmente de las herramientas de la metodología de Lean Seis Sigma, enfocada a la mejora de la calidad, con lo que se busca encontrar el factor más importante y raíz del problema enfocando los recursos a optimizar de base y contundentemente el problema de la empresa.

Con estos resultados se identificarán las variables para pasar a un modelo CAD utilizando el software de SolidWorks para diseñar el inserto y una vez realizado los análisis de desviación, líneas de cebrá y curvatura se procederá a realizar los estudios pertinentes de simulación de elementos finitos.

### **FASES DEL DESARROLLO**

Para realizar la metodología de QFD se tomaron en cuenta diversos factores, siendo estos dentro de los Que's el que el inserto deberá de ser absolutamente rígido, pero liviano al mismo tiempo, que este sea lo más pequeño posible y sobre todo, que represente un ahorro significativo para que su aplicabilidad sea viable, a su vez, se limitará por el tipo de material que pueden surtir tres de los proveedores de la empresa ya que con esos cuenta actualmente y no es viable realizar licitaciones nuevas para atraer nuevos en la organización, en este sentido, se deberá de optar por el que proporcione la mejor durabilidad, mejor precio y adaptabilidad restringiéndose estrictamente al que cumpla con estos criterios y de la misma forma, el proveedor resultante deberá de contar con acero comprobado. Por su parte la influencia de diversos departamentos de la empresa serán los que formarán al equipo multidisciplinario de la empresa como son:

- Herramientas y matriceros los cuales se encargarán de hacer los cambios e implementación de mejoras de los troqueles.
- Ingeniería del producto del área de CNC, los cuales apoyarán a validar el diseño que sea el mejor para el cambio de ingeniería en el troquel.
- Manufactura, actualización de planos, en el sistema de la empresa que quedará correctamente justificado.
- CNC fabricará las piezas con las características especificadas, de material y dimensiones requeridas, en la documentación.
- Calidad se encargará de validar las condiciones del producto y que no afecten al proceso final con alguna anomalía.
- Producción trabajará la pieza y el troquel con las especificaciones de la prensa y el troquel para que este ayude en darle más durabilidad a la refacción.
- Mantenimiento se encargará de asegurar de que no presentará, mal paralelismo o alguna otra anomalía que pudieran afectar en la refacción que se implementó nueva.



posible riesgo, por eso se buscará la manera de buscar otro tipo de acero para mejorar la rigidez.

- Como cuarto y último enfoque, será el tamaño, pues lo importante es que se rompan lo menos posible. Mientras que sea factible con el peso para que se pueda cambiar en presa.

Una vez teniendo el análisis que arrojó el sistema QFD podemos diseñar nuestras piezas, con los enfoques específicos que dio para tener un rendimiento más óptimo y con las características críticas necesarias, por lo cual se realizará el modelado CAD para ver sus dimensiones y una vista más cerca a lo que se busca con el caso de estudio., los resultados del modelado se muestran en la figura 2 y 3.

Figura 2. Modelado 3D de la placa base.

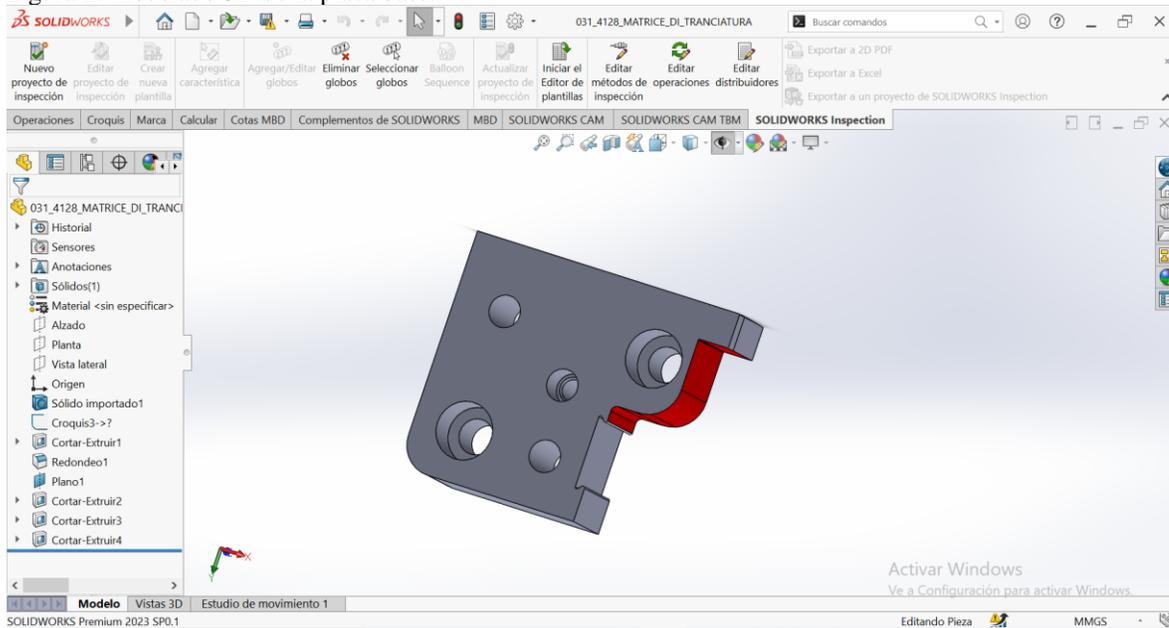


Figura 2 Fuente elaboración Propia

Figura 3. Modelado 3D del inserto.

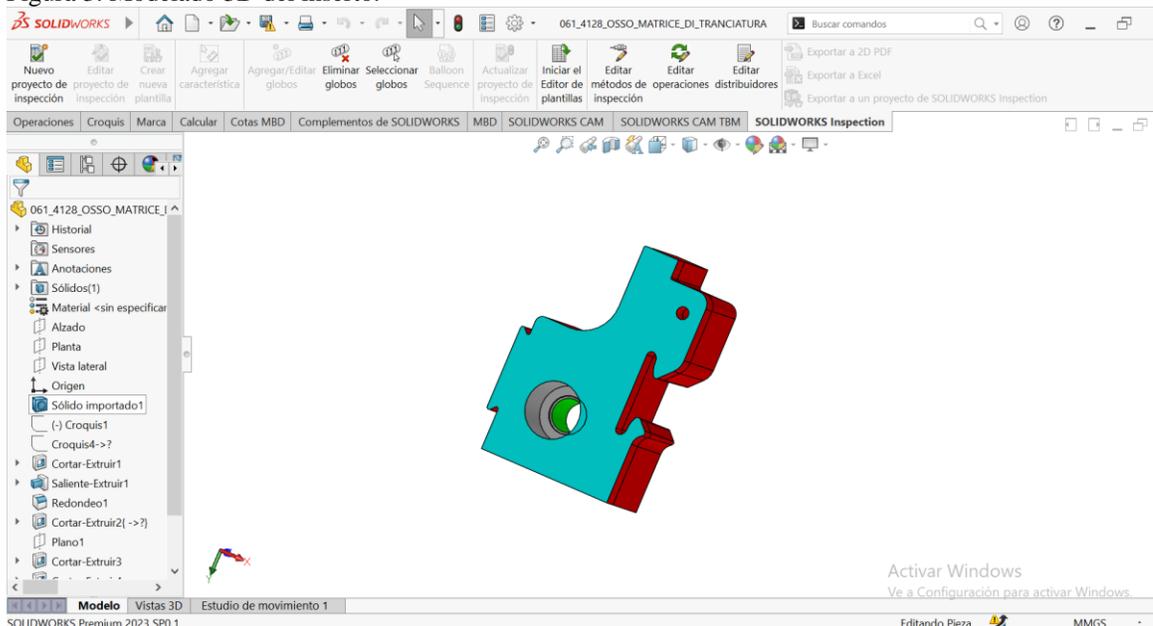


Figura 3 Fuente Elaboración Propia

Posteriormente, se procede a realizar los estudios de simulación de elementos finitos, FEA, de tipo estático para lo cual se utilizarán los siguientes criterios:

- Una interacción global entre los dos componentes con unión rígida, pero mallados de forma independiente a fin de conservar

los y calcular la mayor cantidad de nodos posibles para un estudio eficaz.

- Por su parte, cada uno de los hole's (agujeros) tanto del inserto como de la matriz, serán las sujeciones fijas que hacen referencia a los tornillos importados que se utilizan cuando la matriz está montada en el troquel.
- Además, se aplicará una fuerza externa en la cara superior de la matriz e inserto, la cual es de 4000 kilogramos de fuerza en ambos elementos que es la fuerza de corte que utiliza el troquel.
- También se utilizará un mallado basado en curvaturas con una resolución estándar de 5.4043mm y una tolerancia de 0.2702 mm para los triángulos y tetraedros.
- Una repetibilidad de 300 ciclos

Estos datos serán utilizados para realizar las tres simulaciones basado en los tres tipos de acero que se cuenta de los tres proveedores diferentes con los que cuenta la empresa, por lo cual se realizará un estudio para cada tipo de material, los resultados se muestran en las figuras 4, 5 y 6.

Material "AISI 1010 Barra de acero laminada en caliente" se encuentra el nuevo inserto y placa, por lo cual la opción de hacer este recorte de matriz no es la mejor manera de optimizar en material (acero) de ahorro y optimización de tiempo de cambio cada que se dañe ya que supera los límites elásticos del material y la tensión que se ha utilizado para realizar los cálculos es la tención de VonMises, pues esta mide la energía de distorsión en un material aplicado en un producto para fines mecánicos.

Figura 4 simulación con material AISI 1010 Barra de acero laminada en caliente

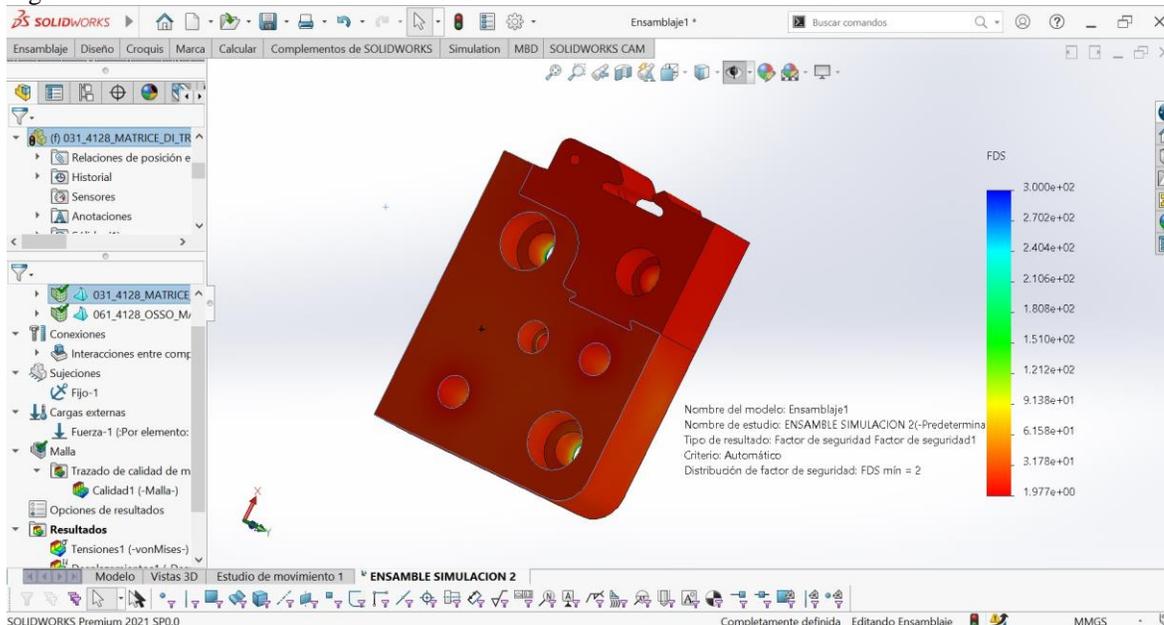


Figura 4 Fuente Elaboración Propia

Material "AISI 1020 Acero laminado en frío" se encuentra el nuevo inserto y placa, por lo cual la opción de hacer este recorte de matriz tampoco es la mejor manera de optimizar en material (acero) de ahorro y optimización de tiempo de cambio cada que se dañe ya que supera los límites elásticos del material y la tensión que se ha utilizado para realizar los cálculos es la tención de VonMises, pues esta mide la energía de distorsión en un material aplicado en un producto para fines mecánicos.

Figura 5 Material "AISI 1020 Acero laminado en frío"

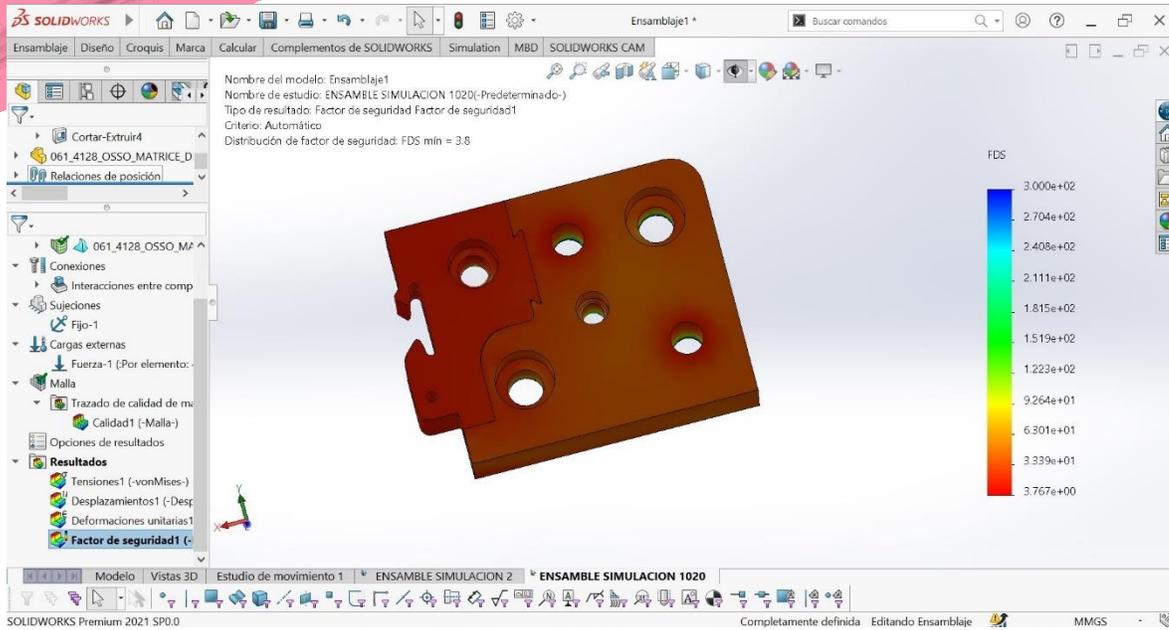


Figura 5 Fuente Elaboración Propia

Material "AISI 1045 Acero estirado en frío" finalmente se realizó el tercer estudio con lo que se muestra que la opción de hacer este recorte de matriz es la mejor manera de optimizar en material (acero) de ahorro y optimización de tiempo de cambio cada que se dañe.

Figura 6 Material "AISI 1045 Acero estirado en frío"

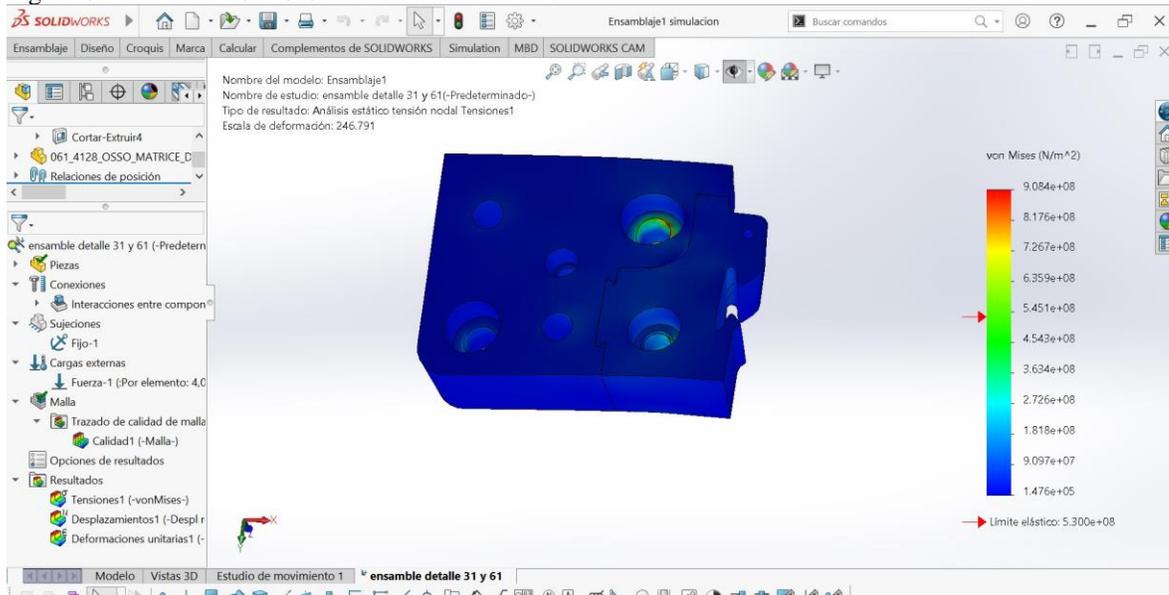


Figura 6 Fuente Elaboración Propia

Para concluir con la mejora en el troquel, se realizarán los planos de fabricación del inserto, los cuales son necesarios para mandar al área de CNC, ya que ellos serán los encargados de fabricar según las especificaciones antes mostradas, el recorte de la placa base y el inserto correspondiente, además de tomar en consideración el maquinado de varios insertos en una misma placa base realizando el ajuste correspondiente para ver la localización y acomodo optimizado para obtener la mayor cantidad de insertos posibles de una sola placa base, los planos de fabricación se muestran en las figuras 7, 8 y en la 9 se muestra el inserto terminado.

Figura 7 plano de fabricación 1

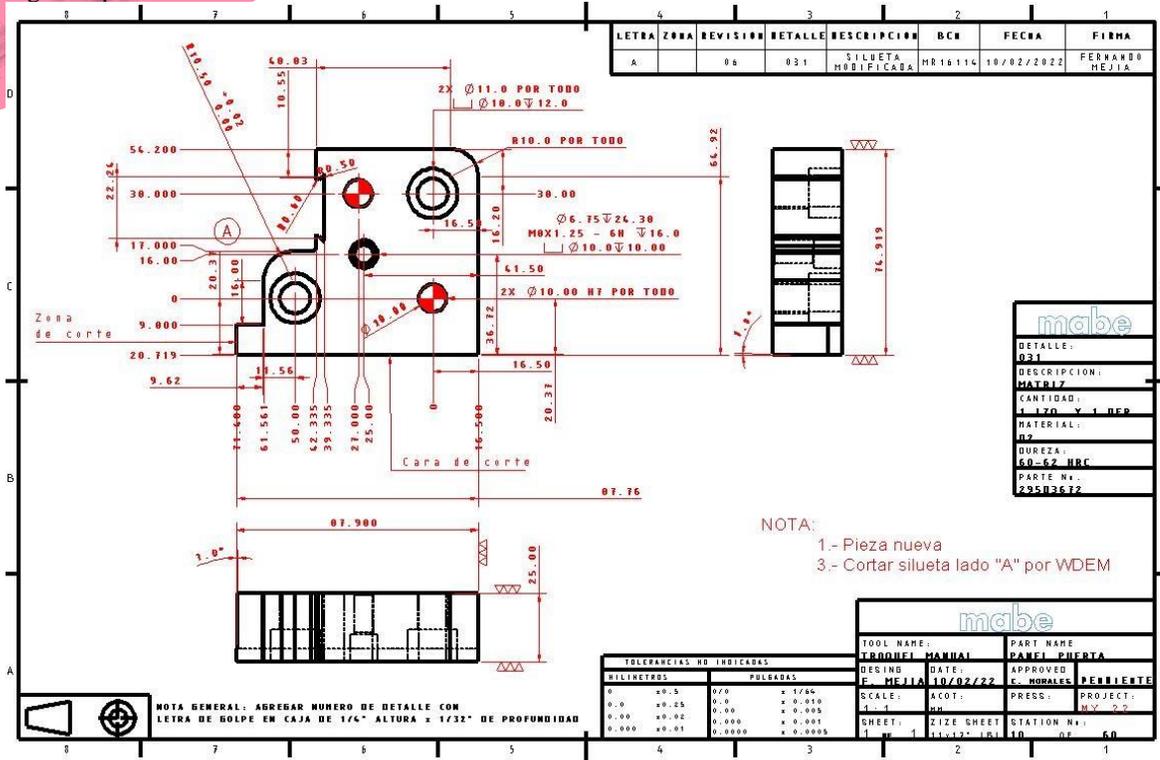


Figura 7 Fuente Elaboración Propia

Figura 8 plano de fabricación 2.

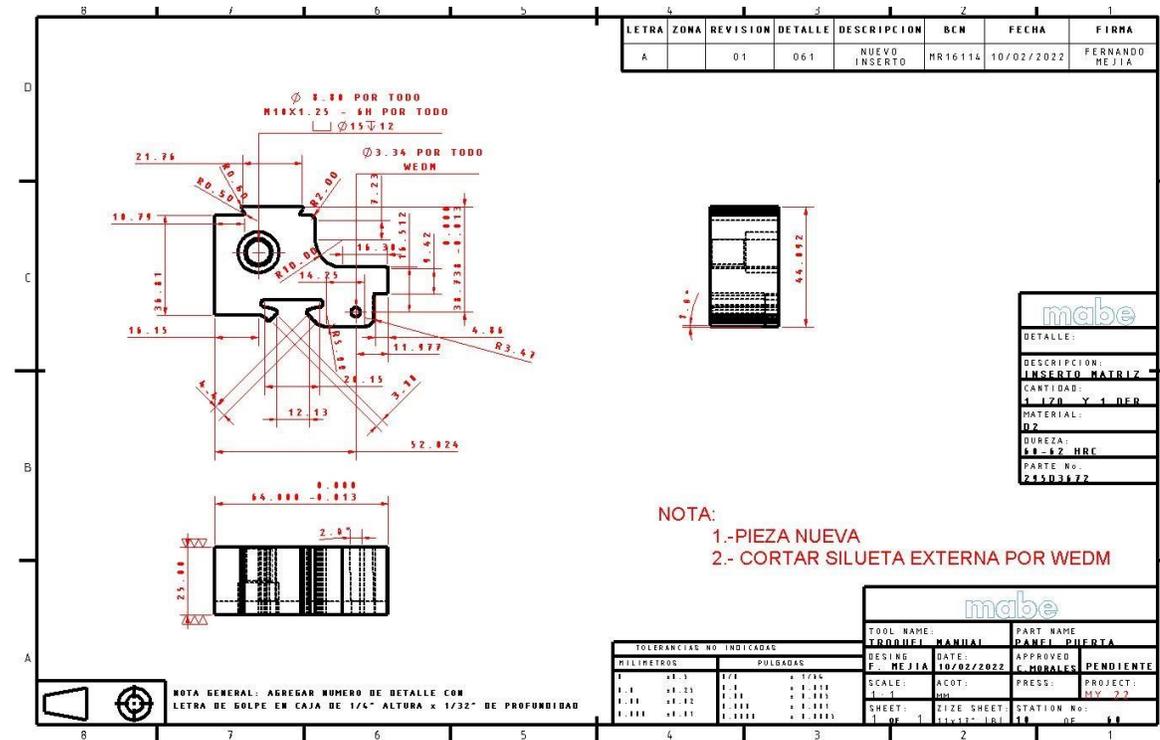


Figura 8 Fuente Elaboración Propia

Figura 9 imagen de la pieza fabricada en el área de CNC.

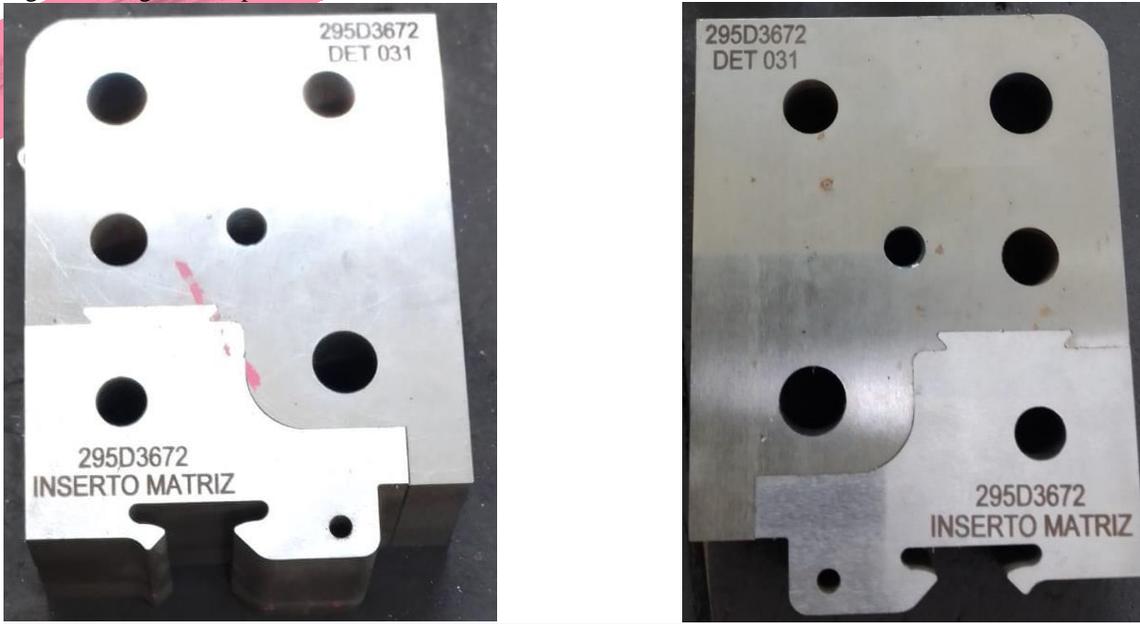


Figura 9 Fuente Área CNC Empresa MABE

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el siguiente estudio de simulación donde se le aplicaron 4,000 kilogramos fuerza a nuestro ensamble y las características de restricciones mencionadas anteriormente, ya que es la que especifica entre prensa y troquel al momento de hacer el troquelado según los estándares de la empresa, se detectaron varias cosas que son importantes a tener en cuenta, las dos principales fueron que donde se va generar mayor esfuerzo es donde se colocaran los 2 tornillos fijadores del inserto, con lo cual se determina que estos dos tornillos se tendrán que ir cambiando cada corrida para ayudar en la rigidez de la pieza y la segunda es que, es posible realizar la optimización y el nuevo rediseño de manufactura de manera eficiente con lo que se cuenta actualmente en la empresa, por lo cual, esto solo representa un cambio de ingeniería y ajustes mínimos en los departamentos antes mencionados convirtiéndose en una de las opciones de mejora en la empresa en el último año.

### CONCLUSIÓN

El caso de estudio se llevó a cabo con la finalidad de mejorar uno de los principales factores que influyeron a producción no cumpliera con sus objetivos trazados, el cual era cerrar el OEE con un promedio de 95% anual en la empresa MABE., sin embargo, existían dos factores que serían las restricciones para llevar a cabo la implementación del caso de estudio, estos son:

- **RIESGOS.** De no llevarse a cabo el procedimiento cómo se indica, el inserto nuevo en la matriz de corte especial seguirá dañándose constantemente y aunque hubo ahorro de material y tiempo de cambio, el riesgo de que se cambie más seguido estará latente si no se atiende el procedimiento que se implementó.
- **LIMITACIONES.** Existen tres principalmente, la resistencia al cambio por parte de los matriceros y los procesistas, el cambio de personal a otras áreas y la ruptura constante de punzones.

Por lo que se tiene que toman en cuenta, llevar a cabo la medición rigurosa de que la implementación realizada y simulada en SolidWorks, es eficiente a través del tiempo durante al menos seis meses a fin de realizar la trazabilidad y verificar que existan las mejoras pronosticadas por el cambio de ingeniería y, si lo es, que seguramente será ya que los datos así lo indican, seguir el segundo semestre realizándolo y al terminar, realizar una segunda fase de análisis a fin de realizar una optimización más dentro de lo posible y volver a repetir todos los procedimientos mostrados y documentados en el presente caso de estudio.

### BIBLIOGRAFÍA

- Beer, F. P. (2010). Mecánica de Materiales. Mc Graw Hill.
- Dassault Systemes. (2010). SolidWorks simulations Student guide. Obtenido de [https://www.solidworks.es/sw/images/content/Training/SolidWorks\\_Simulation\\_Student\\_Guide\\_ESP.pdf](https://www.solidworks.es/sw/images/content/Training/SolidWorks_Simulation_Student_Guide_ESP.pdf)
- González, S. G. (2019). El Gran Libro de SolidWorks. Marcombo.

# Estrategia de formación transversal: acompañamiento tutorial y abordaje de las ODS

Martha Soledad Landeros Guerra, María del Carmen Lira Mejía

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [marthalanderos@utng.edu.mx](mailto:marthalanderos@utng.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: [mcarmenlira@utng.edu.mx](mailto:mcarmenlira@utng.edu.mx)

**Línea de investigación:** Educación

## Resumen

Las acciones que se desarrollan para abatir la reprobación, el abandono en las aulas y por consiguiente la deficiencia terminal, son una creciente preocupación de profesores, directivos e instituciones, las acciones se definen como Estrategias que impulsen a los alumnos a continuar con su preparación.

En el presente trabajo se presenta un plan estratégico con el diagnóstico interno en aulas y tutores, investigación externa de Reglamentos a nivel federal y estatal, lineamientos propios de las universidades tecnológicas y politécnicas, en lo particular del sistema de gestión de calidad de la Universidad Tecnológica el Norte de Guanajuato (UTNG), en lo particular los tutores debe implementar para el acompañamiento en la tutoría, el resultado de este diagnóstico muestra la Estrategia de un plan de Acción Tutorial para el área económico administrativo con tácticas que apoyan a que los alumnos se integren de forma adecuada al ambiente universitario e integren a su formación saberes que refuerzan las asignaturas, principalmente los Objetivos de desarrollo Sostenible de la ONU (ODS) desde el aula.

*Palabras clave:* Estrategia, Formación, Integración, ODS, Tutoría.

## Abstract

The actions that are developed to reduce the failure, the abandonment in the classrooms and consequently the terminal deficiency, are a growing concern of teachers, managers and institutions, the actions are defined as Strategies that encourage students to continue with their preparation. In the present work a strategic plan is presented with the internal diagnosis in classrooms and tutors, external investigation of Regulations at federal and state level, guidelines of the technological and polytechnic universities, in particular of the quality management system of the Technological University. the North of Guanajuato (UTNG), in particular the tutors must implement for the accompaniment in the tutoring, the result of this diagnosis shows the Strategy of a Tutorial Action Plan for the economic-administrative area with tactics that support the students to become integrate adequately into the university environment and integrate knowledge that reinforces the subjects into their training, mainly the UN Sustainable Development Goals (SDGs) from the classroom.

*Keywords:* Strategy, Training, Integration, SDGs, Mentoring.

## INTRODUCCIÓN

A nivel federal los Estados Unidos Mexicanos presentaron un abandono escolar a nivel media superior de 11.6 y superior de 8.8, de los ciclos escolares de 2021/2022, en el Estado de Guanajuato los resultados son de 15.5 media superior y en nivel superior de 14.6 arriba de los puntos porcentuales a nivel nacional nacionales, (INEGI, 2022).

La educación es un derecho humano y garantía declarado en el artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) establece el derecho de las personas a la educación en la que se incluye la superior, asentada en respeto absoluto de la dignidad de las personas, desarrollar armónicamente las facultades del ser humano, promover la honestidad, los valores y la mejora continua del proceso de enseñanza aprendizaje (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2022). En la fracción II de este artículo instituye los criterios que orientan la educación en el apéndice i expone que la educación se dará de excelencia, orientada a mejorar de forma integral y constante a la promoción del desarrollo del pensamiento crítico entre los estudiantes, así como fortalecer los lazos entre escuela y comunidad.

La Ley General de educación superior del estado de Guanajuato en título primero “Del derecho a la educación superior”, Capítulo I “Disposiciones generales su artículo” 3º, otorga como un derecho la educación superior para el apoyo al desarrollo integral de las personas, así mismo en el art. 7º. Fracciones I, III, IX menciona el desarrollo de una perspectiva diversa y global, de capacidades y habilidades profesionales para resolver problemas, de habilidades socioemocionales (Ley General de Educación Superior, 2021).

Sobre la tutoría ANUIES como gremio de las principales instituciones de educación superior del país, contribuye al logro de la mejora continua de las funciones de sus asociadas, la prestación de servicios de calidad y la concertación de políticas públicas que fomentan la integración, ampliación e innovación del sistema de educación superior para propiciar el desarrollo social y humano de México, propone como estrategia para el alcance de los objetivos de la educación en el nivel superior la redefinición la tutoría académica como una alternativa para tratar prevenir los índices de reprobación y rezago escolar, disminuir las tasas de abandono de los estudios y mejorar la

eficiencia terminal elaboraron una propuesta de programa de tutoría para el apoyo de los alumnos, a que culminen sus estudios en el plazo previsto y logre los objetivos de formación establecidos en los planes y programas de estudio. (Romo López, 2005)

Las Naciones Unidas en 2015 hizo una convocatoria universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 las personas del mundo tengan bienestar y paz, planearon los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como una herramienta de planificación y seguimiento para los países en el Objetivo 4 se constituye “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje” durante toda la vida para todos con las aspiración de facilitar la integración de los estudiantes a las escuelas para evitar el abandono escolar, en el ámbito de educación superior la meta es que para el 2030 se asegure el acceso por igual de todos los hombres y mujeres a una formación técnica, profesional de calidad; la meta de desarrollo sostenible adquirida con conocimientos teóricos y prácticos por todos los estudiantes.

El Modelo Educativo basado en competencias de las UTs está orientado al aprendizaje como un proceso a lo largo de la vida, enfocado al análisis, interpretación y buen uso de la información (70% práctica y 30% teoría), establece el objetivo de tutoría como homologar las funciones, procesos y lineamientos de operación de las personas involucradas en la acción tutorial y, de esta manera, La ejecución de un Programa Institucional de Tutoría llevará acciones que favorezcan la permanencia y eficiencia terminal de los estudiantes.

Un programa de tutoría tiene como propósito estar orientado a la atención de problemas de tipo económico, laboral, familiar, de salud, deficientes habilidades para el aprendizaje y pocos o defectuosos hábitos de estudio (Fresan et al., 2000)

La Dirección General de Universidades Tecnológicas y politécnicas la tutoría es considerada como un medio del que disponen universidades, estudiantes y docentes para a mejorar la calidad educativa (DGUTyP, 2021), La universidad tecnológica del Norte de Guanajuato implementa un programa de tutorías donde el alumno se adapte al sistema universitario y el docente guíe al alumno en esta etapa de la mano del Modelo Nacional de Tutorías (MNT).

## **DESARROLLO**

El programa de Tutoría del área económica administrativa se orienta a brindar atención a los estudiantes durante su proceso de integración y formación universitaria, así como evitar la deserción con atención oportuna a la reprobación y frustración de los alumnos, así mismo el profesor enriquece su práctica de la docencia.

Se desarrolla trabajo colaborativo con los departamentos de servicios, psicopedagógico y física, nutriólogo, médico, Biblioteca y otros que el tutor considera necesarios con la finalidad es realizar un trabajo colaborativo y apoyar en base a las necesidades grupales, se tomen decisiones y se adapte el estudiante al medio universitario, se atenúe la reprobación y deserción escolar.

La tutoría ha llegado a ser tan importante para el sistema educativo en general y para la UTNG y para el área económico administrativa dado que hoy en día se le considera “tanto un requisito, como un criterio de calidad educativa que es estimado para evaluar el funcionamiento institucional” (Lara García, 2009:20) y “algunos de los indicadores que tienen más ponderación en las guías de autoevaluación de los organismos acreditadores, como CACECA que pertenecen directamente al programa de tutoría” (Guzmán y Arias, 2011 p.39)

por ejemplo, los siguientes:

- a) la existencia de un programa formal y estructurado de tutorías;
- b) número de profesores que atienden como tutores o asesores a los estudiantes;
- c) las constancias tanto de alumnos asignados en tutoría a cada profesor, como del seguimiento de la atención tutorial.
- d) El fomento a la creatividad, el espíritu emprendedor, la curiosidad y la capacidad de anticipación a los problemas o de su solución a través de la tutoría.
- e) el contar con un programa de tutorías que incluya, entre otros aspectos, el proporcionarles a los estudiantes conocimientos, habilidades y motivación para apoyarlos en su trayectoria escolar (apoyo a los ODS) (OCDE) y que muestre resultados.

## **OBJETIVO GENERAL**

Brindar atención a los estudiantes durante su proceso de integración y formación universitaria, evitar la deserción con atención oportuna a la reprobación y frustración de los alumnos, así mismo en el profesor enriquecer su práctica de la docencia, con un programa de tutoría cuatrimestral.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Orientar a la atención de problemas de tipo económico, laboral, familiar, de salud, deficientes habilidades para el aprendizaje y pocos o defectuosos hábitos de estudio.
- ◆ Brindar atención a los estudiantes durante su proceso de integración y formación universitaria.
- ◆ Contar con un programa de tutorías que incluya, entre otros aspectos, el proporcionarles a los estudiantes conocimientos, habilidades y motivación para apoyarlos en su trayectoria escolar.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

Alumnado formado en grupos o de forma individual los estudiantes son observados en su desempeño, integración de aprendizajes y en la adaptación al medio universitario.

Los Tutores de forma personalizada brinda atención a los alumnos con sesiones planeadas de acuerdo a un diagnóstico preliminar realizado.

La Coordinación del área observa el desarrollo de la planeación propuesta por el tutor.

El estudio de caso se observa en grupos para corroborar las necesidades de los alumnos, la atención que se brinda desde los tutores y la coordinación.

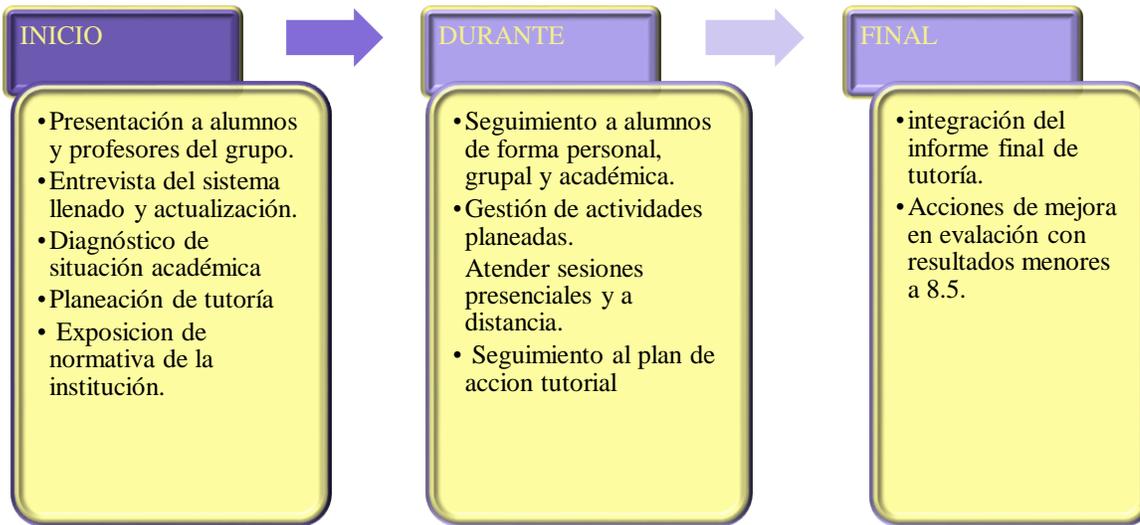


**Nota: Registro de Tutor como atención grupal.**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El Documento del Sistema de Gestión de la Calidad de la UTNG, en la instrucción de trabajo (IT-SAC-11) correspondiente al procedimiento no. 4 (P-0SC-04) supervisado por las direcciones de área académica y Desarrollo académico, obedece el objetivo de la tutoría, para dar atención a la comunidad estudiantil durante la formación, acompañar para favorecer la permanencia en la institución. Comprende doce actividades para el desarrollo de la tutoría desde el inicio del cuatrimestre y hasta finalizar, por los diversos responsables de esta actividad se ejemplifica en la figura 3 Proceso de desarrollo de la tutoría.

**Figura 3**  
*Proceso de Desarrollo de la Tutoría.*



**Nota. Elaboración propia, 2022**

**ACCIONES FAVORECIDAS**

Actividades propuestas a realizar para el logro de objetivos y metas del área económico administrativo, impartir en modalidad de pláticas, charlas, conferencias, talleres de forma sincrónica y/o asincrónica, señalas de acuerdo al color en la tabla de actividades.

■	Actividades que se pueden desarrollar a forma de platica, charla o conferencias para lograr aprendizajes para la vida en los alumnos.
■	Actividades que se pueden desarrollar a forma de taller en aula para lograr habilidades del tema en los alumnos
■	Taller o actividad fuera del aula que motiven al alumno a implementar la actividad en su vida profesional y/o personal

Formación de nivel TSU y Licenciatura las actividades que se proponen como prioritarias se enfocan en lo siguiente:

Actividades que se proponen como prioritarias			
	actividad	facilitador / depto. De apoyo	objetivo
1	Presentación tutor con alumnado y profesores.	Tutores y tutoras-grupo(s) tutorado (s)	Conocer a los alumnos y profesores del grupo, establecer un medio de comunicación para su seguimiento en la primera semana del cuatrimestre.
2	Actualización del diagnostico	Tutores y tutoras	Asegurar que el alumnado tenga información actualizada en la entrevista de SIGA e identificar su situación académica en la segunda semana del cuatrimestre.
3	Herramientas para alcanzar metas	Tutores y tutoras	Motivar al alumnado a fijar objetivos, estudiar y mejorar académicamente, contribuir con acciones para el aprovechamiento escolar durante el cuatrimestre.

4	Normatividad institucional	Tutores y tutoras	Informar el reglamento general de estudios, al dar lectura y conocer aspectos como la evaluación, asesoría y el modelo educativo, durante el cuatrimestre.
5	ODS 17 objetivos para transformar nuestro mundo	Tutores y tutoras	Proporcionar al alumnado conocimientos de apoyo a los ODS en su trayectoria escolar.
6	ODS 17 objetivos para transformar nuestro mundo	Tutores y tutoras	Proporcionar al alumnado habilidades y motivación de apoyo a los ODS en su proceso formativo.
7	Formato APA 7ª. ed.	Biblioteca	Proveer al alumnado conocimientos, en el estilo APA en la elaboración de sus trabajos académicos durante su proceso formativo.
8	Herramientas Buscadores académicos Zotero, la herramienta para organizar la información en internet. Formato APA 7a edición avanzado.	Biblioteca	Desarrollar en el grupo tutorado, habilidades en la aplicación del estilo APA en la elaboración de sus trabajos académicos durante su proceso formativo.
9	Taller de acuerdo a diagnóstico	Psicopedagógico	Atender al grupo a partir del diagnóstico grupal a las necesidades identificadas con taller o charla en sesiones en el cuatrimestre.
10	Seguimiento a alumnos revisión de desempeño académico	Tutores y tutoras	Dar seguimiento al desempeño académico, (calificaciones, asistencias, cumplimiento escolar), canalizar alumnos a diversos departamentos de apoyo (psicopedagógico, médico, nutrición, biblioteca, serv. escolares) para contribuir a la retención escolar durante el cuatrimestre.
11	Cercanía con los alumnos Entender las necesidades del cuatrimestre.	Tutores y tutoras	Generar un clima de confianza al mostrar disposición para la atención, charlas directas con el alumnado durante el cuatrimestre.
12	Apoyos a estudiantes como becas externas, apoyos internos	Tutores y tutoras / servicios escolares.	Informar sobre los diversos apoyos complementarios que acompañan al alumnado en su proceso formativo, con charlas presenciales o virtuales, durante su formación.
13	Alimentación universitaria	Nutrición	Ayudar en el autocuidado de la alimentación y la adopción de estilos de vida saludables de los alumnos con charlas o talleres durante su formación educativa.
14	Salud universitaria	Serv. Médicos	Indicar los diversos servicios que ofrece el área médica con pláticas que favorezcan el desarrollo de una cultura de autocuidado de la salud.
15	Gestión de la Tutoría	Tutores y tutoras - grupo	Documentar el sistema con información de los tutorados, actividades desarrolladas, evaluaciones o los solicitados por las diversas áreas durante el cuatrimestre.

## CONCLUSIÓN GESTIÓN

Implementar las acciones para el plan de tutoría cuatrimestral requiere contar con los insumos para planear con pertinencia a las necesidades identificadas en el diagnóstico del grupo, apoyado con la entrevista inicial, en el apartado del sistema interno de Gestión de la UTNG (SIGA), El tutor realiza el análisis de la entrevista para identificar problemas de salud física, vulnerabilidad de académica, económicos o personales y las observaciones personales observadas en lo individual con los alumnos, con esta información y la interacción con el grupo se planean las actividades a desarrollar en cada una de las 15 sesiones y 45 horas del cuatrimestre, la sección de acciones favorecidas se proponen varias actividades mismas que están vinculadas a la instrucción de trabajo (IT- SAC-11), la metodología de evaluación y los diversos indicadores que presenta el área económico administrativa.

El departamento psicopedagógico realiza el diagnóstico correspondiente e informa del taller, charla o intervención que tendrá con el grupo durante el cuatrimestre La intervención se incluye dentro de la planeación, los grupos escolarizados cuentan con el apoyo.

Grupos semiescolarizado y licenciatura por el horario que presentan no tiene hora frente a grupo, taller, charla o intervención por parte del departamento psicopedagógico; el seguimiento del grupo por el tutor y el departamento psicopedagógico se realiza a distancia, debido a esto la recomendación de que el docente asignado a la actividad de tutor se docente que tenga clase frente al mismo grupo.

El plan de acción tutorial, tomando en consideración lo anterior se elabora con las acciones pertinentes para las 15 sesiones del cuatrimestre.

La y el tutor en SIGA, envía a revisión el plan de acción tutorial que es validado por la coordinación de tutoría, durante el cuatrimestre cada uno alimenta con evidencias el plan de acción tutorial, para finalizar se presenta el total de evidencias, la coordinación de tutoría, valida las actividades y concluye el plan para dar continuidad al informe final, actividad que concluye la actividad de tutoría en el cuatrimestre.

## EVALUACIÓN

metodología de evaluación de tutoría académica.

En el documento de metodología para la evaluación de la tutoría de forma institucional lo expresa como u proceso dinámico, continuó y sistémico, que se enfoca para el buen funcionamiento de las actividades llevadas a cabo como respuesta a objetivos definidos en un plan.

La actividad de tutoría se hace desde la visión de las partes interesadas a través de tres instrumentos.

- Evaluación del alumnado tutorado
- Autoevaluación del tutor
- Evaluación del coordinador de tutoría.

### Figura 4

#### Modelo de evaluación de tutoría



**Nota: Elaboración propia, 2022**

Cada uno de los instrumentos cuenta con diez formulaciones con una escala que va desde “totalmente de acuerdo” hasta el “totalmente en desacuerdo”, el objetivo está determinado por el rol que tiene en la tutoría, como tutorado, tutor o coordinador de tutoría, el alumno muestra la satisfacción que le dio el tutor, el tutor hace un autorreflexión de su trabajo de tutoría y el coord. de tutoría evalúa la función administrativa.

El resultado general es resultado de la ponderación de cada uno de los instrumentos, la evaluación del tutor tiene un valor de 50%, la auto evaluación el 20% y la evaluación del coordinador vale 30%.

La aplicación se realiza durante el cuatrimestre que se cursa en la 7ª semana por el tutorado en la antepenúltima de forma simultanea la auto evaluación y la coordinación.

Los resultados son analizados por desarrollo académico, calcula el resultado general y difunde a tutores, coordinación académica y direcciones de área, el resultado obtenido debe ser superior a 8.6 de no ser así se considera como no aceptable con un valor 8.5; la acción de control que se implementa es la elaboración de un “plan de mejora” por parte del tutor que desarrollo académico dará seguimiento y

verifica el cumplimiento, a si de manera anual desarrollo académico identifica tutores (as) con recurrencia en evaluación menor a 8.5 y solicita que se dé un exhorto al tutor por parte de la Dirección académica correspondiente y validado por Secretaría académica, el documento de concentrado evaluaciones se archivará en el expediente.

#### **REFERENCIAS**

- ANUIES. Anui.es.mx. (2022). Recuperado el 11 de agosto de 2022, de <http://www.anui.es.mx/anui.es/acerca-de-la-anui.es/mision-y-objetivos-estrategicos>.
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2022). Ciudad de México, CDMX.
- Cámara de Diputados del H. Congreso De La Unión. Ley General de Educación Superior (2021). Ciudad De México
- Desarrollo Académico, (2014). Programa Institucional de Tutoría, Dolores Hidalgo, C.I.N. Guanajuato, UTNG.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). Censo Económico. <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=9171df60-8e9e-4417-932e-9b80593216ee>
- Dirección General de Universidades Tecnológicas y politécnicas. (2021). Modelo Nacional de Tutorías Subsistema de Universidades Politécnicas . Ciudad de México. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.upp.edu.mx/normatividad/files/interna/modelos/Modelo\\_Nacional\\_de\\_Tutorias\\_UUPP.pdf](https://www.upp.edu.mx/normatividad/files/interna/modelos/Modelo_Nacional_de_Tutorias_UUPP.pdf)
- Romo López, A. (2005). La incorporación de los programas de tutoría en las instituciones de educación superior (p. 7). ANUIES.

# Estudio comparativo para la selección del acero y tratamiento térmico en herramientas de golpe-punzones

Efraín Lugo Cornejo<sup>1</sup>, Lázaro López Cisneros<sup>2</sup>, Ma. Guadalupe Guerrero Porras<sup>3</sup>, Belem Meza Arteaga<sup>4</sup>, Adolfo Ángel Gámez Sánchez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>TECNM Campus Ciudad Valles/[efrain.lugo@tecvalles.mx](mailto:efrain.lugo@tecvalles.mx)

<sup>2</sup>TECNM Campus Ciudad Valles/[lazaro.lopez@tecvalles.mx](mailto:lazaro.lopez@tecvalles.mx)

<sup>3</sup>TECNM Campus Ciudad Valles/[guadalupe.guerrero@tecvalles.mx](mailto:guadalupe.guerrero@tecvalles.mx)

<sup>4</sup>TECNM Campus Ciudad Valles/[belem.meza@tecvalles.mx](mailto:belem.meza@tecvalles.mx)

<sup>5</sup>TECNM Campus Ciudad Valles/[21690240@tecvalles.mx](mailto:21690240@tecvalles.mx)

## Línea de investigación: Manufactura aplicada a procesos industriales

### Resumen

La industria metal mecánica es una de las ramas de la economía con mayor auge, así como una de las más sensibles a los cambios globales, nacionales y locales. Por estas situaciones, la empresa JRO S. A. de C.V., solicitó el estudio comparativo de diferentes tipos de aceros, tratamientos térmicos y costos para los punzones que son fabricados en la planta en función de sus propiedades mecánicas y cambios estructurales y decidir el mejor en cuanto a sus características de resistencia y tenacidad. Las herramientas fueron elaboradas en los talleres de la compañía, con los aceros 8620, D2 y S7.

Y en el laboratorio de metrología del TECNAM Campus Ciudad Valles, se tomaron las durezas antes y después de las reticulaciones, se hicieron los tratamientos térmicos necesarios para el estudio, donde se comprobó el aumento de dureza de los mismos y se presentaron los resultados a la dirección de la empresa.

## Línea de investigación: Manufactura aplicada a procesos industriales

*Palabras clave: Caja de cementación, dureza, punzones, tratamientos térmicos*

### Abstract

The metalworking industry is one of the most booming branches of the economy, as well as one of the most sensitive to global, national and local changes. Due to these situations, the company JRO S. A. de C.V., requested a comparative study of different types of steels, heat treatments and costs for the punches that are manufactured in the plant based on their mechanical properties and structural changes and decide the best in terms of its strength and toughness characteristics. The tools were made in the company's workshops, with 8620, D2 and S7 steels.

And in the metrology laboratory of the TECNAM Campus Ciudad Valles, the hardnesses were taken before and after the reticulations, the thermal treatments necessary for the study were carried out, where the increase in hardness of the same was verified and the results were presented based on of the cost benefit to the management of the company.

Keywords: Cement box, hardness, heat treatments, punches

## INTRODUCCIÓN

El sector metalmecánico en el país y a nivel mundial, es muy importante, ya que produce gran cantidad de productos, los cuales son insumos y componentes que aporta el 26% del PIB en la manufactura en México.

A raíz de los últimos acontecimientos sociales, económicos como la inflación globalizada y sanitarias, como la pandemia de COVID, bélicos, como la guerra de Ucrania y los cambios climáticos, es necesario optimizar los recursos materiales, financieros y humanos.

El propósito del estudio comparativo fue decidir sobre el acero que contribuya con las características de resistencia, tenacidad y economía en punzones utilizados en la punzonadora portátil y en la fija. El principal problema para la empresa son los altos costos de equipos y herramientas que la obligan a fabricar sus propias herramientas, es ahí donde surge el interés de realizar el estudio para la selección de los aceros y tratamientos térmicos útiles en la transformación de los mismos.

De acuerdo a Kalpakjian “el tratamiento térmico es el conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento de un metal sólido o aleación, de manera que se obtengan las condiciones o propiedades deseadas”, el éxito del tratamiento térmico implica evitar problemas de agrietamiento, la distorsión y la falta de uniformidad en las propiedades, a través de, y entre, las piezas tratadas térmicamente. La velocidad de enfriamiento durante el templado puede no ser uniforme, especialmente en formas complejas que tienen diferentes secciones transversales y espesores, lo que produce severos gradientes por temperatura en la pieza”. (2014, p. 111)

En base al estudio realizado por Lugo Cornejo, “la microestructura de las herramientas manuales en el desempeño de las actividades operativas”, hubo la oportunidad de analizar y concluir que “la importancia de considerar los aceros adecuados para la fabricación de herramientas de golpe comúnmente llamados punzones. Dicho análisis permitió considerar los punzones para la perforadora manual y

fija que tiene la empresa y que facilita los trabajos en los armados estructurales de grandes dimensiones que se manufacturan en las instalaciones de la empresa o en el domicilio de los diferentes clientes a los que dan servicio”. (2021, p.1-12)

“Es muy importante la selección de muestras o probetas metalográficas, para que su interpretación sea de valor, las probetas deben ser representativos del material que se estudia. La intención o propósito del análisis metalográfico generalmente dictará la ubicación de las probetas a estudiar. ASTM, 2007”.

Groover menciona que “el uso de los diferentes tratamientos térmicos es muy importante, uno de ellos es la prueba de Jominy del extremo enfriado por inmersión, la cual involucra el calentamiento de un espécimen estándar de diámetro de 1x4 plg, dentro de un rango de la austenita y después la inmersión de uno de sus extremos en agua fría mientras se sostiene en posición invertida”. (2017, p.652)

## **DESARROLLO**

### **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**OBJETIVO GENERAL:** demostrar cual es el acero más adecuado y que posea las características de resistencia, tenacidad y economía, para elaborar los punzones a utilizarse en la punzonadora portátil y en la fija, mediante el estudio comparativo de los aceros 8620, D2 y S7 y con la aplicación de los tratamientos térmicos de temple, cementado y revenido.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** diseñar y elaborar el prototipo de la caja de cementación en acero al Ni-Cr y fabricar los punzones de golpe con aceros 8620, D2 y S7, realizar los procesos de tratamientos térmicos de temple, cementado y revenido en los aceros mencionados, así mismo realizar ensayos de dureza a las piezas fabricadas en estado ferrítico y reticuladas para determinar el acero más adecuado para la fabricación de productos requeridos por el cliente.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio es realizar una comparación mediante investigación experimental, de los aceros 8620, D2 y S7, para seleccionar el acero y el tratamiento térmico en las herramientas de golpe-punzones que son fabricados en la planta JRO, S.A. de C. V. en Ciudad Valles, S.L.P. ya que una investigación previa permitió el análisis de los punzones para la perforadora manual y fija que tiene la empresa y que facilita los trabajos en los armados estructurales que se fabrican en la empresa o en el domicilio de los diferentes clientes a los que dan servicio.

### **METODOLOGÍA**

Para esta investigación se realizó la búsqueda documental primeramente, donde se fundamenta con diversos autores el tipo de tratamientos térmicos, medición de dureza y elaboración de la caja de cementación, asimismo se realizó investigación de campo, para detectar las problemáticas que están teniendo en las herramientas que utilizan para los diversos trabajos en la planta o fuera de ella, finalmente se llevó a cabo la investigación experimental, donde se inició con el diseño y fabricación del prototipo de la caja de cementación en acero al Ni-Cr, por los procesos de trazo, corte, doblado y formado con la dobladora mecánica y se unió por el proceso de soldadura con gas inerte y electrodo no consumible de Tungsteno (TIG). Posteriormente se procedió a la fabricación de los punzones de golpe con aceros 8620, D2 y S7, mediante el proceso de desprendimiento de viruta. Se realizaron los procesos de tratamientos térmicos de temple, cementado y revenido en los aceros adecuados para dichos procesos isotérmicos, se realizaron los ensayos de dureza a piezas fabricadas en estado ferrítico y reticuladas y posteriormente se determinó el comparativo de aceros para la fabricación de piezas, se consideraron, además, los costos de aceros.

Los punzones se fabricaron con aceros para herramientas y para partes de máquinas, utilizando los procesos de corte y maquinado, especialmente a través del corte de viruta con torno.

Los procesos de cambio estructural fueron temple para los aceros S7 y D2 a la temperatura de austenización, revenido por debajo de la temperatura eutectoide y el cementado para el acero 8620, se llevó a cabo con el prototipo de la caja de cementación a temperatura de austenización. El enfriamiento de las piezas se realizó a través de los siguientes medios: agua, aceite, agua con salmuera y agua con hidróxido de calcio.

### **FASES DEL DESARROLLO**

Se llevaron a cabo las siguientes etapas en el desarrollo del proyecto.

1.- Prototipo caja se cementación.

**Figura 1 Diseño y fabricación de la caja de cementación**



Las dimensiones del prototipo de la caja de cementación se calcularon en función de la cavidad del horno -mufla- en un volumen de 87 X 92 X 92 mm, en lámina al Ni-Cr calibre 20 serie 316, se consideró la parte superior como tapa o acceso de material carburante y piezas de trabajo. Figura 1

La manufactura del prototipo de caja de cementación se realizó en los talleres de la empresa bajo los procesos de corte, doblado y soldadura con gas inerte a la lámina de acero inoxidable 316 antes descrito.

## 2.- Preparación del fundente.

**Figura 2 Preparación del fundente para el proceso de cementación**



La preparación del fundente, figura 2 que se utilizó en el proceso de cementación se realizó en función del espacio de la caja de cementación por las razones expuestas en el punto anterior. Se utilizó carbón mineral triturado, pasado por las cribas 50 y 250 para reducir el tamaño de la partícula.

## 3.-Fabricación de punzones.

**Figura 3 Fabricación de punzones**



La fabricación de punzones, figura 3, se realizó en función de las especificaciones propias del equipo utilizado en planta y bajo los procesos de maquinado correspondiente como torneado, careado y desbastado de material.

## 4.- Preparación de superficies para medición de dureza.

Una vez fabricados los punzones, se preparó la superficie según la forma de cada punzón, figura 4, en este se realizó localizando un espacio determinado según la posición y base que se tenga para utilizar en durómetro Rockwell.

**Figura 4 Preparación de superficies en punzones fabricados en taller para la lectura de durezas.**

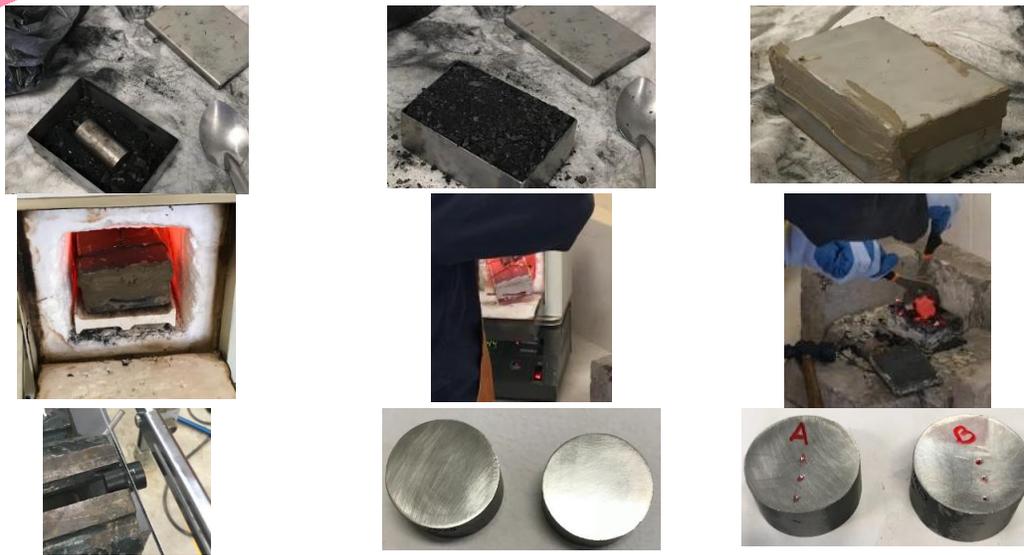


Una vez localizada el área se pulió con lijas para metal con tamaño de grano número 36, 80, 180, 220, 400, 600 y 1200 respectivamente. La superficie quedó libre de óxido y suciedad. Una secuencia de preparación manual tradicional consiste en una serie de pasos de esmerilado y pulido de acuerdo a la norma ASTM E3-11, 2017.

## 5.- Procesos de tratamientos térmicos.

5.1.- Preparación de probeta con acero al bajo carbón 8620 para medir la dureza interna y externa en el proceso de cementado. Una vez realizado el proceso de cementación en probeta, se demostró la dureza del cambio estructural interno y externo, con el mismo lote de material y en las mismas condiciones de procesamiento que se les dio a los punzones del mismo acero (8620) esto con la finalidad de no dañar los punzones ya que la probeta se cortó por la mitad, se preparó la superficie de cada lado y se realizó la medición de dureza del acero 8620 en durómetro Rockwell. figura 5.

**Figura 5 Preparación de probeta para el proceso de cementación y lectura de dureza interior.**



#### 5.2.- Cementado de punzones con acero 8620.

Para el proceso de cementado se utilizó el prototipo de caja de cementación al Ni-Cr, Figura 6, diseñada y fabricada en talleres de la planta con las especificaciones relacionadas en función del tamaño del horno del laboratorio de Metrología.

**Figura 6 Proceso de Cementación en punzones fabricados en acero 8620**



Los punzones utilizados para el proceso de cementado fueron aquellos fabricados con acero 8620. Estas piezas se colocaron en el prototipo de la caja de cementación, una vez colocadas las piezas se cubrieron con el carbón vegetal como mínimo entre 20 a 30 mm a la totalidad de las piezas fabricadas.

Una vez cubierta la pieza con el carburante se selló con mortero térmico y se sujetó la tapa al cuerpo de la caja con alambre recocido calibre 16.

Se calentó el horno a 950°C, se ingresó la caja y se dejó por 12 horas continuas.

Pasado el tiempo se retiró la caja del horno, con la ayuda del equipo de seguridad, se abrió la tapa, se extrajeron los punzones y se sumergieron en el medio de enfriamiento agua.

### 5.3.- Proceso de Temple.

Por especificaciones técnicas, el proceso de temple, figura 7 se realizó a los punzones fabricados con los aceros S7 y D2. Las piezas se introdujeron al horno cuando se llegó a la temperatura de austenización por una hora cada pieza. Pasado el tiempo, se reestructuró a través de los diferentes medios de enfriamiento como agua, aceite, agua con salmuera y agua con Hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

**Figura 7 Proceso de temple para los punzones fabricados con acero S7 y D2**



### 5.4.- Revenido

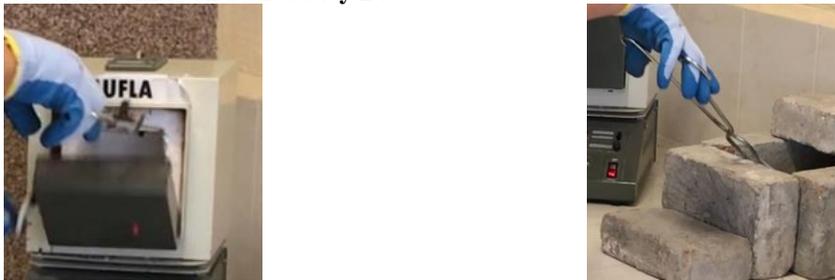
El revenido se les hizo a los punzones fabricados con los aceros S7 y D2 bajo el siguiente procedimiento.

Una vez que las piezas pasan por el proceso de templado, con los diferentes medios de enfriamiento, inmediatamente se realizó el proceso de revenido en dos etapas.

En la primera, se preparó el horno a una temperatura de  $250^{\circ}\text{C}$ , se introdujo la pieza al horno y se mantuvo durante una hora por pulgada cuadrada, una vez pasado el tiempo se retiró del horno y se enfrió a temperatura ambiente, de manera individual.

Para el segundo momento, se preparó el horno a  $540^{\circ}\text{C}$ , se introdujeron las piezas al horno bajo las mismas condiciones anteriores y se enfriaron a temperatura ambiente, así también para los diferentes punzones en aceros S7 y D2. Figura 8

**Figura 8 Proceso de revenido en aceros S7 y D7.**



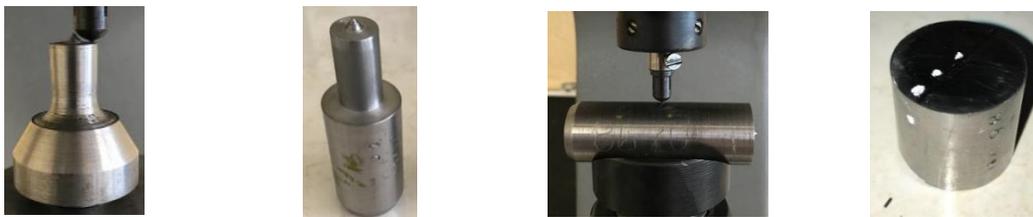
### 6.- Análisis de dureza en piezas. Figura 9

Se inició calibrando el equipo durómetro Rockwell con los aceros de prueba de control provistas por el proveedor.

Para realizar el análisis de dureza de los punzones se utilizó la escala B y C, se instaló en el equipo el indentador correspondiente y carga de 100 y 150 kilos según los aceros en estado ferrítico y reticulados, así como las bases adecuadas según la forma de cada pieza.

Se tomaron las durezas de probeta y punzones antes de los tratamientos térmicos y después del templado, revenidos y cementados correspondientes.

**Figura 9 Lectura de dureza en punzones fabricados en acero S7, D2, 8620 así como a la probeta de cementación**





## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los diferentes tratamientos térmicos son los siguientes en la tabla 1  
Para los punzones fabricados con acero S7 se presentan los siguientes resultados:

**Tabla 1. Registro del proceso de cambio estructural en los punzones fabricados con acero S7**

Punzones		Dureza	Temperatura de austenización		Medios de enfriamiento	Dureza	1er Revenido			2o Revenido		
NO.	Dimensiones	RB	H. Entrada	H. Salida		Temple	T. 250°C			T. 540°C		
							RC	H. Entrada	H. Salida	Dureza	RC	H. Entrada
1	7/16	79.5	12:00	13:00	Agua	67.5	11:00	12:00	54	14:10	15:10	46
2	9/16	85.5	13:08	14:08	Aceite	60.5	12:10	13:10	49	15:15	16:15	43
3	11/16	84.5	14:23	15:23	Salmuera	65.5	13:18	14:18	58	16:20	17:20	51
4	13/16	87.5	15:35	16:35	CaOH2	63	14:30	15:30	61	17:27	18:27	50.5

La tabla 2 presenta los resultados de las durezas de los punzones fabricados con el mismo lote del acero S7. Estas durezas se presentan en los punzones en estado natural con las diferentes dimensiones proporcionadas por la empresa, también se presenta los procesos isotérmicos y medios de enfriamiento por los que fueron tratados dichos herramientas, el tiempo y temperatura y su dureza después del cambio estructural.

Las herramientas de golpe fabricadas con acero D2 presentaron los siguientes resultados.

**Tabla 2 Registro del proceso de cambio estructural en los punzones fabricados con acero D2**

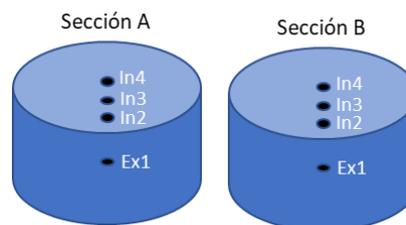
Punzones		Dureza acero natural	Temperatura de austenización		Medios de enfriamiento	Dureza	1er Revenido			2o Revenido		
NO.	Pulgadas	RB	H. Entrada	H. Salida		Temple	T. 250°C			T. 540°C		
							RC	H. Entrada	H. Salida	Dureza	RC	H. Entrada
1	9/16	95	10:00	12:00	Agua	53.5	16:32	18:32	49	19:32	21:32	46
2	5/8	98	12:23	14:23	Aceite	47	16:32	18:32	45	19:32	21:32	44

Los datos anteriores son los resultados de los punzones que se fabricaron con los aceros D2 todos del mismo lote de material. Se observa los medios de enfriamiento las dimensiones de cada punzón, el tiempo y temperatura durante el proceso, así como el resultado de durezas después del tratamiento térmico.

Para los resultados de los herramientas manufacturados con el acero 8620 se analizó una probeta del mismo material ensayada bajo el proceso de cementado, tomando lecturas de dureza exterior e interior del material que como se comentó en el procedimiento fue con la finalidad de no dañar los punzones fabricados con este material y los resultados son los siguientes.

**Tabla 3.- Promedio de durezas en probeta de acero 8620 cementada que representa según la figura la parte externa e interna después de la cementación**

Áreas lectura	Puntos de prueba en probeta 8620				Promedio
	Acero natural	Acero cementado		Promedio	
		Seccion A	Seccion B		
	RB	RC			
Exterior 1 (Ex1)	99	44	45	44	
Interior 2 (In2)	98	34	31	33	
Interior 3 (In3)	98	31	33	32	
Interior 4 (In4)	98	33	32	32	
Promedio	98			32	



La tabla 3 representa las áreas de la probeta cementada del acero natural y después de cementar en sus secciones A y B. Así como los promedios de las durezas en sus secciones exteriores e interiores para demostrar la dureza al recubrir de carbón el acero en el prototipo de la caja de cementación. La pieza fue cementada y cortada por la mitad, así como pulida y recabadas sus lecturas de dureza.

Una vez demostrada la transformación reticular en el exterior de la probeta cementada se realizó el proceso de cementación en los punzones fabricados acero 8620 es decir se ingresaron los punzones en estado natural al prototipo de la caja de cementación fabricado en la empresa, se agregó el fundente y se llevó a una temperatura de austenización después de las horas dentro del horno se extrajeron y se enfriaron en agua y estos son los resultados.

**Tabla 4 Registro del proceso de cambio estructural en los punzones fabricados con acero 8620**

Punzones		Dureza	Cementado Temp. austenización		Medios de enfriamiento	Dureza
NO.	Dimensiones		RB	H. Entrada		H. Salida
1	3/4	94	20:24	10:12	Agua	RC
2	1"	97	19:37	09:45	Agua	48
						45

La tabla 4 describe los punzones fabricados con acero 8620 en las medidas correspondientes, su dureza en estado natural el tiempo del proceso y el medio de enfriamiento al que fueron sometidos, así como su dureza después del cambio estructural a través del proceso de carburación.

La tabla 5 representa los diferentes aceros utilizados en la fabricación de punzones su costo por unidad de kilo y el costo por tramo según la cantidad de kilos, en dólares y su conversión a pesos mexicanos.

**Tabla 5 Costo aproximados de los aceros S7, D2 y 8620 por kilo y tramo**

Acero	Dls/Kg	Tramo/kg	Dls/tramo	Pesos/tramo
8620	3.00	25	75.00	1527.75
D2	7.15	26	185.90	3786.78
S7	8.10	35	283.50	5774.90

La tabla 6 permite observar los aceros S7, D2 y 8620 utilizados en la fabricación de punzones, la resistencia de la dureza RC en kg / cm<sup>2</sup>, después de su reticulación y el costo por cada tramo del mismo.

**Tabla 6 Dureza de aceros y su costo por tramo**

Acero	S7	D2	8620
RC	48	45	47
KG/Cm <sup>2</sup>	16660	14840	14840
	tramo/kilo		
costos	5774.90	3786.78	1527.75

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

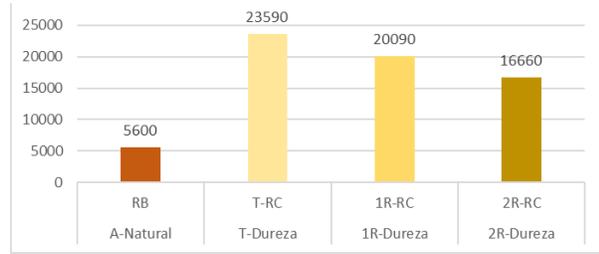
### RESULTADOS

La tabla 7 representa los promedios de los punzones fabricados con acero S7 con la dureza en RB en estado natural, así como la dureza de las herramientas reticuladas en libra-pulgada cuadrada (psi) y en kilogramos fuerza sobre centímetro cuadrado. La gráfica 1 demuestra el aumento de dureza promedio de 5600 kg/cm<sup>2</sup> a la dureza promedio después del temple y alivio de esfuerzos de 16,660 kilogramos fuerza sobre cada centímetro cuadrado.

**Tabla 7 Promedio de durezas en herramientas fabricados con aceros S7**

Medios de enfriamiento	Punzones		Acero Natural			
			Temple		1 Rev	
	NO.	Dimensiones	A-Natural	T-Dureza	1R-Dureza	2R-Dureza
Agua	1	7/16	80	68	54	46
Aceite	2	9/16	86	61	49	43
Salmuera	3	11/16	85	66	58	51
CaOH2	4	13/16	88	63	61	51
Promedio			84	64	56	48
Psi			Resistencia			
			80000	337000	287000	238000
KG/Cm2			5600	23590	20090	16660

**Gráfica 1 Resistencia de punzones fabricados con acero S7 (kg/cm<sup>2</sup>)**

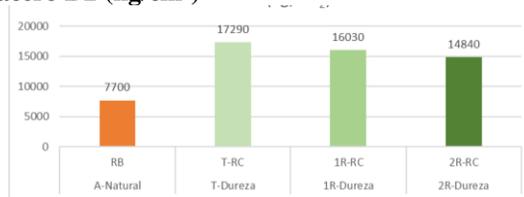


La tabla 8 indica los promedios de los punzones fabricados con acero D2 con la dureza en estado natural, así como la dureza de las herramientas reticuladas (RC) en psi y en su respectiva conversión a kgf/cm<sup>2</sup>. Mientras los datos graficados en la gráfica 2 demuestra el aumento de dureza promedio de 7700 kg/cm<sup>2</sup> antes del temple a la dureza promedio después del proceso isotérmico y alivio de esfuerzos de 14,840 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 8 Promedio de durezas en herramientas fabricados con aceros D2**

Medios de enfriamiento	Punzones		Acero Natural			
			Temple		1 Rev	
	NO.	Dimensiones	A-Natural	T-Dureza	1R-Dureza	2R-Dureza
Agua	1	9/16	95	54	49	46
Aceite	2	5/8	98	47	45	44
Promedio			97	50	47	45
Psi			Resistencia			
			110000	247000	229000	212000
KG/Cm2			7700	17290	16030	14840

**Gráfica 2 Resistencia de punzones fabricados con acero D2 (kg/cm<sup>2</sup>)**

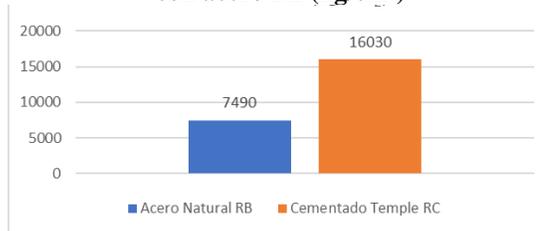


En la tabla 9 se observa el medio de enfriamiento que se usó en el proceso de cementación de los punzones fabricados con el acero 8620, así como las durezas sin reticular en estado natural y la dureza después del proceso de cementación en libras por pulgada con su respectiva conversión. En la gráfica 3 se observa el promedio del incremento de dureza de 7,490 a 16,030 kilos-fuerza por cada centímetro cuadrado.

**Tabla 9 Promedio de durezas en herramientas fabricados con aceros 8620**

Medios de enfriamiento	Punzones		Acero Natural RB	Cementado Temple RC
	NO.	Dimensiones		
Agua	1	3/4	94	48
Agua	2	1"	97	45
Promedio			96	47
Psi			Resistencia	
			107000	229000
KG/Cm2			7490	16030

**Gráfica 3 Resistencia de punzones fabricados con acero D2 (kg/cm<sup>2</sup>)**

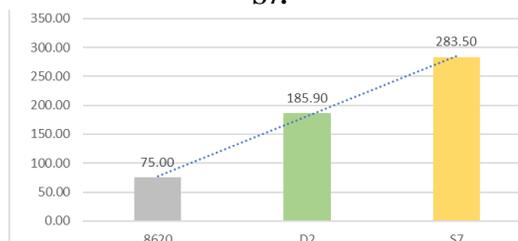


La tabla 10 representa los aceros y el costo por tramo, mientras que en la gráfica 4 se puede observar el incremento del costo según el tipo de material. Es decir, el acero 8620 representa el 26% del costo del S7 y el 40% respecto al acero D2.

**Tabla 10.- Costo de aceros por tramo**

Acero	Dls/tramo
8620	75.00
D2	185.90
S7	283.50

**Gráfica 4 Costo aproximado de acero 8620, D2 y S7.**

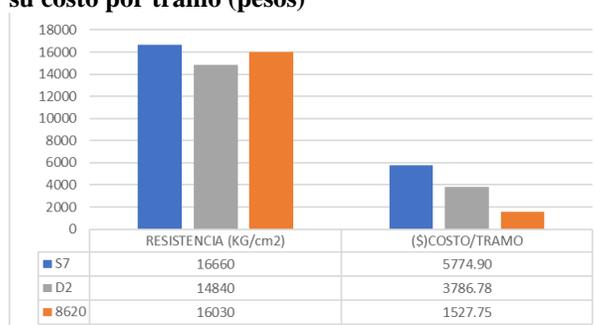


La tabla 11 relaciona el costo por tramo de los aceros y la dureza de cada uno de ellos ya reticulados. Mientras que la gráfica 5 ayuda a comparar la dureza y el costo de cada acero con los que se fabricaron los diferentes punzones. Se observa que las durezas de los tres aceros se acercan, pero el acero 8620 tiene un costo menor del 74% que el acero S7 y un 60% menor al acero D2.

**Tabla 11 Dureza de punzones reticulados de los aceros S7, D2 y 8620 y su costo por tramo (pesos)**

	PROMEDIO DUREZA		COSTO/TRAMO (APROX.)
	RC	Resistencia KG/Cm <sup>2</sup>	
S7	48	16660	5774.90
D2	45	14840	3786.78
8620	47	16030	1527.75

**Gráfica 5.- Comparativo de resistencia de punzones reestructurados fabricados con aceros S7, D2 y 8620 y su costo por tramo (pesos)**



## DISCUSIÓN

Análisis de varianza para probar la igualdad de la dureza RC de los aceros S7, D2 y 8620.

En este estudio se compararon la resistencia y tenacidad de los tres tipos de aceros para la fabricación de punzones, después de recibir los tratamientos térmicos, se demostró que los promedios de dureza RC son iguales, aunque de diferente costo debido a las propiedades y características de los aceros. Para demostrar dicha afirmación, se aplicó el método estadístico de ANOVA en el cual se usó una muestra única de la dureza de los 3 materiales, además de tener más de 2 medias muestrales, el estadístico de prueba que se usó para probar la hipótesis de que las durezas de los tres tipos de aceros son iguales es F de Fisher. De los registros de datos anteriores, la siguiente tabla 12 muestra un resumen de los promedios de dureza RC de los tres tipos de aceros que fueron enfriados en diferentes medios:

**Tabla 12 Promedios de dureza RC**

TIPOS DE ACERO	DUREZA RC				PROMEDIO
S7	43	46	51	51	48
D2	46	44			45
8620	48	45			47

Para el análisis de varianza se establecen como hipótesis:

Ho: El promedio de dureza de los tratamientos son iguales

Ha: No todos los promedios de tratamientos son iguales

La siguiente tabla 13, muestra los resultados del análisis de varianza para el diseño experimental de la dureza de los tres tipos de acero.

**Tabla 13 Análisis de varianza para el diseño experimental de la dureza de los tres tipos de acero**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios (C.M)	F	P	F <sub>crítica</sub> 0.05(2,5)
Tratamientos	2	SC <sub>trat.</sub> =10.25	5.13	0.48	0.64	5.79
error	5	SCE=53.25	10.7			
total	7	SC <sub>Total</sub> =63.5				

De esta tabla 13, se establece como regla de decisión los siguientes enunciados:

Si  $F$  calculada  $< F_{crítica}$  se acepta la Hipótesis nula ( $H_0$ )

Si  $F$  calculada  $> F_{crítica}$  se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la afirmación de que no todos los promedios de dureza son iguales.

En la tabla anterior, también se compara el valor de  $F$  con el valor crítico de  $F$  de tablas estadísticas considerando un nivel de significancia de 0.05 con 2 y 5 grados de libertad respectivamente.

Se observa que  $F$  calculada es menor que  $F$  crítica, es decir, se compara que 0.48 es menor que 5.79. De este modo se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye que las durezas medias de los tres tipos de acero son aproximadamente iguales, con un nivel de significación del 5%, siendo el tipo de acero 8620 de menor costo.

### CONCLUSIÓN

Después de analizar los resultados obtenidos de los aceros con los que se fabricaron los punzones se llega a las siguientes conclusiones:

1. Al realizar el tratamiento térmico de temple con los medios de enfriamiento agua, aceite, agua con salmuera y agua con  $CaOH_2$  y el alivio de tensiones a los punzones fabricados con el acero S7 se comprobó el aumento de dureza después de la reticulación de los mismos.
2. Los punzones fabricados con los aceros D2 reticulados al temple y enfriados en agua y aceite y recocidos para aliviar tensiones se demostró el aumento de dureza en cada herramienta.
3. Las herramientas de golpe manufacturadas en la empresa con el acero 8620 a los cuales se les realizó el tratamiento térmico de cementado al temple y enfriados con agua y después de comprobar con probeta de cementación la penetración de dureza se demostró el cambio estructural en la superficie de los punzones.
4. Los punzones fabricados con el acero 8620 al bajo carbón y de menor costo, después del tratamiento térmico de cementación, se acercó a las durezas de los aceros S7 y D2 reticulados al temple conservando la tenacidad de los mismo.
5. Los punzones fabricados con los aceros S7, D2 y 8620 cumplieron, después de las pruebas manuales y en maquina con la resistencia esperada.
6. Los datos estadístico inferenciales demostraron que el acero 8620 cumple con las características de dureza y tenacidad que los aceros S7 y D2 y es más económico.

Y para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

- 1.- Poner en operación continua los punzones fabricados con los aceros S7, D2 y 8620 en los diferentes equipos en planta y con los diferentes materiales de perforación.
- 2.- Evaluar cualitativamente el desgaste de los punzones para considerar el costo beneficio en función de la dureza obtenida.
- 3.- Utilizar equipos de tratamiento térmico industriales para realizar los diferentes procesos útiles para la transformación reticular.
- 4.- Utilizar un equipo de medición con mejor desempeño y características propias para piezas de dimensiones industriales.
- 5.- Realizar un análisis el ensayo Jominy para comprobar la penetración de dureza en el proceso de cementado.
- 6.- Realizar un prototipo de sujeción con el fin de que al momento de realizar el tratamiento térmico permita ir endureciendo la punta del punzón hasta la terminación del mismo.
- 7.- Realizar un análisis de las microestructuras formadas al utilizar diferentes medios de enfriamiento.

### BIBLIOGRAFÍA

- Askeland, D. (2017). Ciencia e ingeniería de los materiales. México: Cengage Learning.
- ASTM. (3 de Noviembre de 2022). <https://tajhizkala.ir/doc>. Obtenido de <https://tajhizkala.ir/doc/ASTM/E3-11.pdf>
- Callister, W. D. (1995 ). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Barcelona : Reverté.
- Degarmo, P. (1994). Materiales y procesos de fabricación . Barcelona : Reverte.
- Groover, M. P. (2007). Fundamentos de manufactura moderna : materiales, procesos y sistemas. México: Mc Graw Hill.
- Güemes Gordo, N. (2012). Ciencia de los materiales para ingeniería. España: Pearson.
- Kalpakjian, S. (2014). Manufactura: ingeniería y tecnología. México: Pearson .
- Lugo Cornejo, E. (2021). Medición de la dureza de aceros en herramientas manuales de uso industrial. Tectzapic, 19-30.
- Miravete, A. (2000). Materiales compuestos. España: Miravete.
- Morrall, F. M. (1982). Metalurgia general tomo 1. España: Reverte.
- Newell, J. (2011). Ciencia de los materiales : aplicaciones en ingeniería. México: Alfaomega.
- Orlicky, J. (2011). Materials requirements planning : the new way of life in production and inventory management. New York: Mc Graw Hill.
- Pero Sanz Elorz, J. A. (1988). Materiales metálicos : solidificación, diagramas, transformaciones. España: Dossat.
- Pero-Sanz Elorz, J. A. (1988). Materiales para ingeniería : fundiciones ferreas. España: Dossat.

# Estudio comparativo de empleadores y egresados de una institución de educación superior del noroeste de México

Yonatan López-Santos<sup>1</sup>, Ismael Mendoza-Muñoz<sup>2</sup>, Samantha Eugenia Cruz-Sotelo<sup>2</sup>, Roxana Michelle Rodríguez-Loo<sup>2</sup>, Moisés Jesús Castro-Toscano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería Mexicali / [yonatan.lopez71@uabc.edu.mx](mailto:yonatan.lopez71@uabc.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Baja California, , Facultad de Ingeniería Mexicali / [ismael.mendoza@uabc.edu.mx](mailto:ismael.mendoza@uabc.edu.mx)  
, [samantha.cruz@uabc.edu.mx](mailto:samantha.cruz@uabc.edu.mx), [michelle.rodriguez40@uabc.edu.mx](mailto:michelle.rodriguez40@uabc.edu.mx), [moises.castro@uabc.edu.mx](mailto:moises.castro@uabc.edu.mx)

**Línea de investigación: Educación superior; análisis estadístico descriptivo; estudios de egresados y empleadores**

## Resumen

Actualmente los estudios sobre las Instituciones de Educación Superior (IES) y el mercado laboral son fundamentales para garantizar la pertinencia educativa de sus Programas Educativos (PE). Por lo mismo el seguimiento y los estudios enfocados a empleadores y egresados son una herramienta que apoya los procesos de evaluación para la mejora continua. Sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan solo a la opinión de los egresados, dejando a un lado las opiniones de los empleadores, por lo que el presente estudio tiene como objetivo comparar los principales indicadores de logro de los objetivos institucionales y curriculares de los once PE de una IES a partir de la percepción que tienen los empleadores y los egresados para comprender la aceptación de los egresados en el mercado laboral. En este estudio se tuvieron que realizar dos muestreos junto con sus respectivas recolecciones de datos, tanto para los empleadores como para los egresados. Al realizar la comparación de los Objetivos Educativos entre los empleadores y egresados, se encontró que ambas percepciones no coinciden en ninguno de los once programas. Estas diferencias suceden de manera similar en la comparación de los conocimientos y capacidades requeridas contra el desenvolvimiento del egresado. Estos hallazgos llevan a destacar la importancia de estos estudios y la retroalimentación que proporcionan a las IES para la mejora continua. Lo anterior lleva a plantear futuras investigaciones para comprender estas diferencias considerando ambas perspectivas.

*Palabras clave: Seguimiento a egresados, estudios comparativos, estudios a empleadores*

## Abstract

Currently, studies on Higher Education Institutions (HEIs) and the labor market are essential to guarantee the educational relevance of their Educational Programs (PE). For this reason, monitoring and studies focused on employers and graduates are a tool that supports evaluation processes for continuous improvement. However, most of the studies focus only on the graduate opinions, leaving aside the employer opinions, so the present study aims to compare the main achievement indicators of the institutional and curricular objectives of the eleven PE of an HEI from the perception that employers and graduates have to understand the graduates acceptance in the labor market. In this study, two samplings had to be carried out together with their respective data collections, both for employers and graduates. When comparing the Educational Objectives between employees and graduates, it was found that both perceptions do not coincide in any of the eleven programs. These differences occur in a similar way in the comparison of the required knowledge and skills against the graduate performance. These findings lead to highlight the importance of these studies and the feedback they provide to HEIs for continuous improvement. This leads to consider future research to understand these differences considering both perspectives.

*Keywords: Follow-up of graduates, comparative studies, employer studies*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las Instituciones de Educación Superior (IES), se han enfocado notablemente en el aseguramiento de la calidad educativa. La relación entre las IES y el mercado laboral es fundamental para garantizar la pertinencia educativa de sus Programas Educativos (PE), por lo mismo el seguimiento y los estudios enfocados a egresados son una herramienta que apoya los procesos de evaluación para que las IES obtengan oportunidades de mejora, es tal su importancia que cada vez más instituciones se suman a realizarlos, sin embargo, aún existen limitaciones en cuanto a la comprensión de su trascendencia (García, Treviño y Banda, 2019). Incluso como lo señala García et al. (2019) la mayoría de los estudios se enfocan solo a la opinión de los egresados, dejando a un lado las opiniones de los empleadores, por lo que hasta cierto punto solo se tiene una sola perspectiva.

Uno de los retos más importantes para las IES es la inserción rápida de los egresados en el mercado laboral, no obstante, esto depende de varios factores como la titulación, elementos académicos, elementos curriculares y habilidades personales (Pérez y Pinto, 2020). Lo anterior, aunado a la pandemia del COVID ha hecho para las instituciones que esto se vuelva un reto aun mayor, ya que para los estudiantes, profesionistas y trabajadores en general, esto llevo a contemplar nuevas formas de estudio y de hacer el trabajo, descubriendo un mundo de nuevas oportunidades (Nahum, Domínguez y García, 2021) por lo que es necesario identificar las

características y requerimientos de la oferta laboral de sus egresados también desde el punto de vista de los empleadores, pues fortalece a la construcción de indicadores que las habilitan en la identificación de fortalezas y oportunidades en la mejora de su oferta educativa.

Por todo lo anterior, esta investigación es realizada en una IES en la que se considera tanto a empleadores como a egresados, siendo desarrollada por medio de dos dimensiones y cuatro subdimensiones.

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar los principales indicadores de logro de los objetivos institucionales y curriculares de los once PE de una IES a partir de la percepción que tienen los empleadores y los egresados para comprender la aceptación de los egresados en el mercado laboral.

Los objetivos específicos son:

- Analizar los datos generales de los empleadores y sus organizaciones, así como los datos generales de los egresados por medio de encuestas independientes para comprender su situación básica.
- Analizar el porcentaje de logro de los Objetivos Educativos (OE) y su cumplimiento, valorados por los empleadores y egresados de manera independiente, para posteriormente usar un método comparativo y retroalimentar la mejora continua de la IES.
- Analizar los conocimientos y capacidades requeridas desde la perspectiva del empleador contra el desenvolvimiento del Egresado, por medio de un método comparativo para retroalimentar la mejora continua de la IES.

### OBJETO DE ESTUDIO

El estudio se enfocó en una Institución de Educación Superior Pública del noroeste de México. Para realizar el análisis comparativo se consideraron dos poblaciones: la primera población es la de empleadores, mientras la segunda es de egresados. Por ende, en este estudio se tuvieron que realizar dos muestreos, junto con sus respectivas recolecciones de datos, tanto para los empleadores como para los egresados.

En la primera población enfocada a los empleadores se consideró una base de datos que posee la IES. La población de empleadores fue de 91 miembros, para el cálculo del tamaño de la muestra, se consideró a Anderson et al., (2019) usando un nivel de confianza del 95% con un margen de error del 5%, dando como resultado una cantidad mínima, no obstante, se tuvo la participación total de todos los miembros. La difusión del instrumento se realizó a empleadores de los egresados que mantienen una estrecha relación con los PE como son: prácticas profesionales, proyectos de vinculación, proyectos de investigación, programas de educación continua, conferencias profesiográficas, etc.

En la segunda población enfocada a egresados, se consideró una cantidad de 1,732 egresados matriculada en once PE del periodo 2017-1 al 2019-2 de la misma IES. De dicha población se obtuvo una muestra significativa probabilísticamente de acuerdo con Levin y Rubin (2010) con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, dando como resultado una participación mínima de 315 egresados. No obstante, hay que destacar que la participación de egresados fue mayor a la muestra, llegando a un total de 376 egresados participantes.

### METODOLOGÍA

El presente estudio contempla una investigación de tipo cuantitativa de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014). Mientras, para la realización del análisis comparativo se consideran los métodos publicados por Sartori y Morlino (1994) así como por Pérez-Liñán (2007), con la finalidad de comparar los principales indicadores provenientes de los empleadores con los de egresados de una Institución de Educación Superior Pública del noroeste de México.

En este estudio se realizaron dos muestreos independientes para cada población, haciéndose asimismo la recolección de datos tanto para los empleadores como para los egresados. Es así como el estudio está formado por dos dimensiones, y cuatro subdimensiones (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Dimensiones y subdimensiones del cuestionario.*

Dimensiones	Subdimensiones
1. Datos generales	1.1 Datos generales del empleador y su organización 1.2 Datos generales del egresado
2. Comparación del desempeño del egresado	2.1 Comparación de los Objetivos Educativos de los empleadores y egresados. 2.2. Comparación de los conocimientos y capacidades requeridas vs el desenvolvimiento del Egresado

Fuente: Elaboración propia.

La primera dimensión se enfoca a los “Datos generales”, dividiéndose en la subdimensión de “Datos generales del empleador y su organización” y “Datos generales del egresado”. La segunda dimensión se nombra “Comparación del desempeño del egresado”, la cual busca conocer la percepción sobre conocimientos y capacidades requeridas por empleador, así como el desenvolvimiento del egresado o empleado en su trabajo, esta sección se mide en base a Objetivos Educativos (OE) por cada PE, así como sus conocimientos y capacidades requeridos a partir de la percepción que tienen los empleadores y los egresados.

Ambos cuestionarios cuentan en su mayoría con reactivos de opción múltiple, considerando escalas de Likert. La aplicación de los instrumentos fue realizada en línea en la última semana de mayo del 2022, considerando un tiempo de respuesta de dos meses.

## FASES DEL DESARROLLO

### Datos generales del empleador y su organización

Los empleadores participantes en el presente estudio pertenecen a empresas u organizaciones del sector privado en un 76.92%, mientras los provenientes al sector público se encuentran en un 23.08%. En lo referente a la rama económica al que pertenecen las empresas u organizaciones se obtuvieron 16 actividades, destacando la presencia de las actividades relacionadas a la industria aeroespacial, construcción, educación, industria eléctrica y energética, entre otras (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Rama económica de las empresas u organizaciones.*

Rama económica de la empresa u organización	Porcentaje
Agrícola-Ganadero, Silvícola, etc.	1.10%
Construcción	8.79%
Dependencias Gubernamentales o Públicas	6.59%
Educación	7.69%
Energético	6.59%
Industria Aeroespacial	15.38%
Industrial Alimentaria	1.10%
Industria Automotriz	5.49%
Industria Eléctrica	6.59%
Industria Electrónica	2.20%
Industria Médica	3.30%
Industrial del Software	5.49%
Logística	0.00%
Servicios en General	3.30%
Tecnología	4.40%
Otro (especificar)	21.98%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al tamaño de las empresas u organizaciones donde los empleadores se encuentran laborando, se obtuvo que el 54.95% pertenece a empresas grandes (más de 250 empleados), el 9.89% pertenece a empresas medianas (51 a 250 empleados), mientras que el 26.37% y el 8.79% se ubica en pequeñas empresas y micro empresas, respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Tamaño de las empresas u organizaciones.*

Tamaño	Porcentaje
Micro (1 a 10 empleados)	8.79%
Pequeña (11 a 50 empleados)	26.37%
Mediana (51 a 250 empleados)	9.89%
Grande (más de 250 empleados)	54.95%

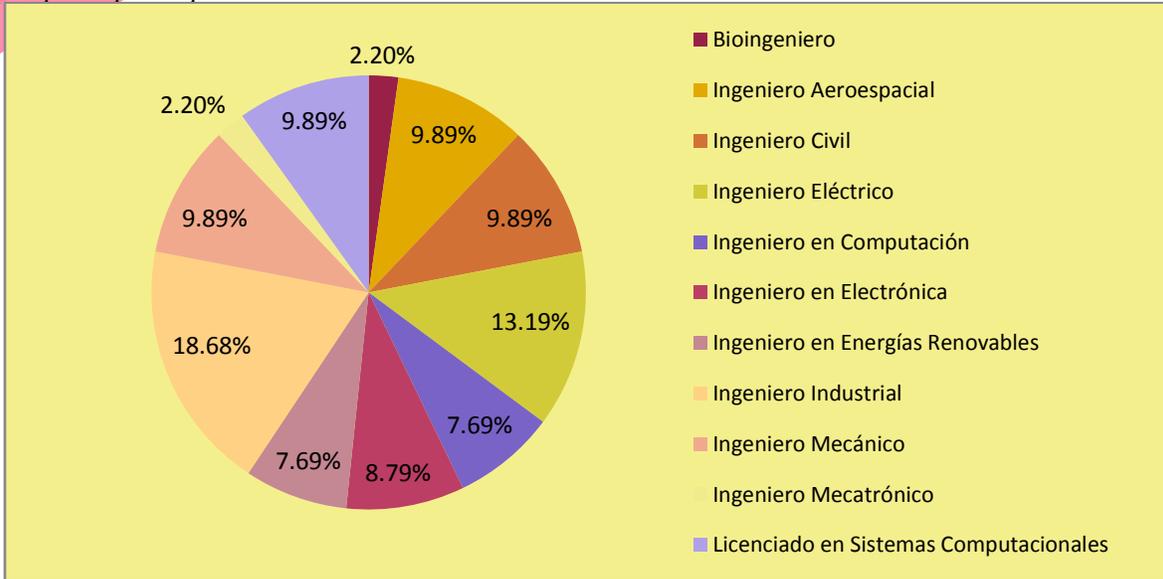
Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de las empresas u organizaciones donde laboran los participantes del presente estudio; el 86.81% se encuentran instaladas en el Estado de Baja California, un 8.79% se localizan en otra entidad del país, mientras que un 4.40% se encuentran en el extranjero.

Por otra parte, los empleadores indicaron que los empleados que forman parte de su empresa u organización son de las siguientes 11 licenciaturas ofertadas en la IES (Figura 1). Destacando en mayor medida el Ingeniero Industrial (18.68%), Ingeniero Eléctrico (13.19%), Ingeniero Aeroespacial (9.89%) e Ingeniero Mecánico (9.89%). Mientras en menor medida están el Bioingeniero (2.20%) e Ingeniero Mecatrónico (2.20%).

**Figura 1.**

*Distribución de participantes por PE de la IES.*



Fuente: Elaboración propia.

**Datos generales del egresado**

Los datos obtenidos de los egresados provienen de un total de 376 participantes de las cohortes generacionales del 2017-1 al 2019-2. Los porcentajes por cohorte generacional son: 10.64% son del 2017-1, 11.70% son del 2017-2, 13.56% son del 2018-1, 14.89% son del 2019-1 y 26.86% son del 2019-2.

La mayoría de los participantes son del PE de Ingeniero Industrial, mientras que el grupo con menor presencia es del PE de Licenciado en Sistemas Computacionales (Tabla 4), identificándose con el género masculino el 69.33%, con el femenino el 29.87%, y el 0.80% se auto perciben con otro.

**Tabla 4.**

*Distribución de participantes por PE.*

Programa Educativo	%
Bioingeniero	8.24%
Ingeniero Aeroespacial	13.30%
Ingeniero Civil	10.64%
Ingeniero Eléctrico	9.04%
Ingeniero en Computación	11.44%
Ingeniero en Electrónica	6.65%
Ingeniero en Energías Renovables	6.38%
Ingeniero Industrial	13.56%
Ingeniero Mecánico	8.78%
Ingeniero Mecatrónico	6.91%
Licenciado en Sistemas Computacionales	5.05%

Fuente: Elaboración propia.

El 88.50% de los egresados radican actualmente en el Estado de Baja California, en otro Estado del país solo se encuentra el 4.01% mientras un 7.49% de los Egresados radica en el extranjero.

**Comparación de los Objetivos Educativos de los empleadores y egresados**

En la Tabla 5, se puede apreciar como varían los indicadores referentes al “% de logro de OE” tanto de empleadores como de egresados, según las circunstancias de cada PE. El “% de logro de OE”, es el resultado de dividir el total de indicadores aprobados entre el total de indicadores implementados, multiplicado por cien.

**Tabla 5.**

Resumen del logro de los OE por PE valorado por los Empleadores y Egresados.

Programa Educativo	N° de indicadores implementados	%de logro de OE (Empleadores)	% de logro de OE (Egresados)
Bioingeniero	14	100%	92.85%
Ingeniero Aeroespacial	13	84.61%	30.76%
Ingeniero Civil	14	85.71%	100%
Ingeniero Eléctrico	14	64.28%	85.71%
Ingeniero en Computación	8	100%	75%
Ingeniero en Electrónica	20	80%	75%
Ingeniero en Energías Renovables	13	100%	61.53%
Ingeniero Industrial	16	81.25%	75%
Ingeniero Mecánico	13	92.30%	69.23%
Ingeniero Mecatrónico	16	93.75%	31.25%
Licenciado en Sistemas Computacionales	11	81.81%	81.81%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede apreciar que todos los PE referente a empleadores cumplen el “% de logro de OE”, ya que están por encima del 60%. Sin embargo, en el “% de logro de OE” referente a egresados, existen nueve PE que tienen un cumplimiento mayor al 60%, entre los que destaca el PE de Ingeniero Civil con el 100%. A continuación, se realizarán las comparaciones por PE con mayor énfasis, considerando la perspectiva de los empleadores como de los egresados.

#### Bioingeniero

El programa de Bioingeniero, de 14 reactivos implementados en la encuesta, se obtuvieron todos los reactivos aprobados por parte de los empleadores, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 100%. Mientras por parte de los egresados se obtuvo 13 reactivos aprobados, lo cual genera el 92.85% de logro de OE. Esto significa que tanto los empleadores como los egresados están satisfechos y coinciden en varios aspectos de manera positiva. El único indicador que requiere de mayor atención en el que no coinciden los empleadores con los egresados es en “Aplicar modelos de fenómenos físicos o químicos asociados a procesos”.

#### Ingeniero Aeroespacial

En el programa de Ingeniero Aeroespacial, ocurre una discrepancia, ya que los empleadores perciben el logro de los OE de manera positiva con un 84.61%, mientras los egresados creen que el logro de los OE es de 30.76%. Es decir, por parte de los empleadores se obtuvo 11 reactivos aprobados de un total de 13 reactivos, mientras por parte de los egresados se obtuvo 4 reactivos aprobados del mismo total (13 reactivos), lo cual se aleja de la meta del 60% por PE.

Esto envía un mensaje por parte de los egresados, en el que se asume que sus expectativas son más altas comparadas con lo que espera el mercado laboral por parte de los empleadores, ya que estos últimos hasta cierto punto están conformes con el conocimiento y habilidades que tienen los egresados. Por lo tanto los reactivos no aprobados más destables por los egresados se encuentra: Desarrollar y analizar proyectos para atender necesidades del sector aeroespacial a través de la implementación de métodos científico; Optimizar proyectos para atender necesidades del sector aeroespacial, a través de la implementación de métodos científicos; Identificar áreas de oportunidad para el desarrollo de sistemas o componentes aeroespaciales; entre otros relevantes.

#### Ingeniero Civil

En el programa de Ingeniero Civil, de 14 reactivos implementados en la encuesta, se obtuvo 12 reactivos aprobados por parte de los empleadores, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 85.71%, mientras por parte de los egresados se obtuvo el 100% de los reactivos.

Los indicadores no aprobatorios por parte de los empleadores fueron “Utiliza TIC y/o software especializado y actualizado como herramienta de trabajo para el desarrollo de proyectos”, así como “Utiliza tecnologías TIC como herramienta de trabajo para el desarrollo de proyectos.” Por su parte entre los indicadores aprobatorios destacan el “Participa en el desarrollo de proyectos competitivos con ética profesional.” y “Gestiona o administra obras de infraestructura o servicios, atendiendo necesidades sociales o económicas en cualquier ámbito territorial”, entre otros relevantes.

#### Ingeniero Eléctrico

En el programa de Ingeniero Eléctrico la cantidad total de reactivos implementados fue de 14 unidades, obteniéndose 9 reactivos aprobados por parte de los empleadores, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 64.28%. Mientras, por parte de los egresados se obtuvo 12 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 85.71%. Al obtenerse ambos indicadores arriba del 60%, se puede señalar que este programa alcanza la meta.

Por lo tanto los indicadores no aprobatorios en los que deben enfocarse los PE principalmente son: “Conocer la normatividad nacional ambiental relacionada con las instalaciones eléctricas”, “Aplicar la normatividad nacional ambiental relacionada con las instalaciones eléctricas”, “Asistir actualmente a cursos sobre relaciones humanas y trato con el personal o con el público”, “Aplicar la normatividad vigente de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social” y “Asistir actualmente a cursos de actualización profesionales relacionados con el área eléctrica”.

#### Ingeniero en Computación

El PE de Ingeniero en Computación, cuenta con 8 reactivos totales. Por parte de los empleadores se obtuvieron todos los reactivos aprobados, lo cual genera un 100% de logro de OE. Mientras por parte de los egresados se obtuvieron 6 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 75%. Esto indica que también se alcanza la meta del 60% para ambos casos. No obstante, se debe realizar una mejora para que la percepción de los egresados cambie respecto a los siguientes indicadores: “Se actualiza en la disciplina realizando cursos de capacitación, seminarios, certificaciones, cursos de idiomas o diplomados, estudios de posgrado y/o desarrollo tecnológico, en promedio uno por año” y “Realiza reportes y/o exposiciones de los avances de sus proyectos”.

#### Ingeniero en Electrónica

El programa de Ingeniero en Electrónica, se aplicaron 20 reactivos totales. Los resultados provenientes de los empleadores fueron 16 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 80%. Mientras los resultados por parte de los egresados fueron de 15 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 75%.

Por lo tanto, los indicadores en los que el PE debería enfocarse para su respetiva mejora por parte del empleador son en “Construir sistemas electrónicos que presentan soluciones en ingeniería”, “Aplicar normatividad ambiental vigente en los procesos de ingeniería”, “Cursar posgrados a fines a su carrera” y “Supervisar un equipo de trabajo”. Asimismo, los indicadores en los que se encuentran puntos de mejora por parte del egresado son: “Aplicar normatividad ambiental vigente en los procesos de ingeniería”, “Cursar estudios de posgrado”, “El posgrado cursado es afín a su carrera”, “Capacitación en habilidades de gestión y/o administrativas (Administración de Proyectos, Green Belt o Black Belt, Proyecciones Financieras para justificar proyectos, etc.)” y en “Supervisar un equipo de trabajo”.

#### Ingeniería en Energías Renovables

En el PE de Ingeniería en Energías Renovables, se consideraron 13 reactivos totales. Por parte de los empleadores se obtuvieron 13 reactivos aprobados, lo cual genera un 100% de logro de OE. Mientras por parte de los egresados, se obtuvieron 8 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 61.53%. Esto significa que se alcanza la meta para ambos casos del 60%, sin embargo, también se observa que la percepción de los egresados es más negativa comparada con la de los empleadores. Por lo anterior, es necesario que el PE mejore en los siguientes aspectos: Los reactivos no aprobados coinciden en “Analizar sistemas de generación, ahorro y uso eficiente de energía, orientados al desarrollo sustentable”, “Diseñar sistemas de generación, ahorro y uso eficiente de energía, orientados al desarrollo sustentable”, “Optimizar sistemas de generación, ahorro y uso eficiente de energía, orientados al desarrollo sustentable”, entre otros.

#### Ingeniero Industrial

En el programa de Ingeniero Industrial, se implementó un total de 16 reactivos. Por parte de los empleadores se obtuvieron 13 reactivos aprobados, lo cual representa un porcentaje de logro de OE del 81.25%. Mientras, por parte de los egresados se obtuvo 12 reactivos aprobados, representando un porcentaje de logro de OE del 75%.

Los principales puntos de mejora en este PE referentes a los empleadores se encontró en “Diseñar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable”, “Administrar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable” y “Optimizar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable”. Y por parte de los egresados, los retos principales de mejora están en “Diseñar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable”, “Administrar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable” y “Optimizar procesos, productos o servicios innovadores orientados al desarrollo sustentable”.

#### Ingeniero Mecánico

El programa de Ingeniero Mecánico contiene un total de 13 reactivos implementados, tanto desde la perspectiva del empleador como del egresado se alcanza la meta, la cual es arriba del 60%. Los resultados arrojaron 12 reactivos aprobados por parte de los empleadores, lo que resulta en un porcentaje de logro de OE del 92.30%. Mientras, en lo referente a los egresados se obtuvieron 9 reactivos aprobados, lo cual genera un porcentaje de logro de OE del 69.23%. Como se puede notar en este caso se tiene una percepción más baja por parte de los egresados, por lo mismo se tendría que mejorar en los siguientes indicadores “Analizar sistemas mecánicos, térmicos, hidráulicos o neumáticos innovadores orientados al desarrollo sustentable”, “Diseñar sistemas mecánicos, térmicos, hidráulicos o neumáticos innovadores orientados al desarrollo sustentable”, y “Optimizar sistemas mecánicos, térmicos, hidráulicos o neumáticos innovadores orientados al desarrollo sustentable”.

#### Ingeniero en Mecatrónica

El PE de Ingeniero en Mecatrónica contiene 16 reactivos en total. En lo referente a los empleadores se obtuvieron 15 reactivos aprobados, reflejando un porcentaje de logro de OE del 93.75%, siendo el único reactivo no aprobado la “Realización de estudios de posgrado”. Sin embargo, en este PE existe un gran contraste con lo referente a los resultados de egresados, obteniéndose 5 reactivos aprobados, lo que resulta en un 31.25% de logro de OE, existiendo oportunidades de mejora en “Desarrollar al menos una de las etapas en proyectos de diseño e integración de sistemas mecatrónicos”, “Administrar proyectos mecatrónicos para para el logro de objetivos planteados de

forma eficiente y eficaz”, “Optimizar sistemas mecatrónicos mediante la implementación de tecnologías emergentes” y “Implementar sistemas de automatización de procesos para la estandarización de calidad de productos y/o servicios”.

Por lo anterior se puede señalar que la percepción por parte de los empleadores es bastante buena hacia los empleados provenientes de la presente IES, sin embargo, la manera cómo se perciben los mismos egresados no lo es.

Licenciado en Sistemas Computacionales.

Por último, en el PE de Licenciado en Sistemas Computacionales (LSC) se contemplaron 11 reactivos en total. Los resultados hallados tanto en empleadores como en egresados fueron 9 reactivos aprobados, lo cual significa un 81.81% de logro de OE. Las oportunidades de mejora en lo referente a empleadores se encontraron en los siguientes indicadores: “Implementar el diseño arquitectónico para generar los componentes y software” y “Administrar áreas de tecnologías de información para optimizar los recursos de las organizaciones”. Mientras en los egresados fueron en indicadores como: “Evalúan los procesos y los productos de software para asegurar la calidad de los productos de software” e “Gestionan infraestructuras de cómputo aplicando normas y estándares nacionales e internacionales”.

Como se puede observar en este PE se rebasa la meta del 60%, y aunque en ambos casos se tiene un 81.81% los reactivos no aprobados son diferentes entre la percepción de los empleadores y egresados.

**Comparación de los conocimientos y capacidades requeridas contra el desenvolvimiento del egresado**

En esta sección se realizaron dos preguntas en los once PE, dirigidas a empleadores y a egresados. Las respuestas cambiaban de acuerdo con cada PE, pero se mantenían las mismas respuestas tanto para los empleadores como para los egresados con la finalidad de compararlas.

La pregunta dirigida a los empleadores en cada PE fue la siguiente:

- De los siguientes conocimientos y capacidades que se muestran, marque las más importantes que debe poseer su empleado de acuerdo al PE estudiado.

La pregunta dirigida a los egresados en cada PE fue la siguiente:

- ¿En qué área te desenvuelves profesionalmente?

A continuación (Tabla 6), se señalan las tres principales áreas para comparar los conocimientos y capacidades requeridas por parte de los empleadores contra el desenvolvimiento del egresado de cada uno de los once PE.

**Tabla 6.**

*Conocimientos y capacidades requeridas por el empleador vs el desenvolvimiento del egresado.*

Programa Educativo	Primera	Segunda	Tercera
Bioingeniero (Empleadores)	Aseguramiento de la calidad	Procesamiento de señales e imágenes biológicas	Biotecnología ambiental, salud ambiental y/o biorremediación
Bioingeniero (Egresados)	Procesos de manufactura	Aseguramiento de la calidad	Biología molecular y/o genética
Ingeniero Aeroespacial (Empleadores)	Análisis de estructuras	Materiales	Manufactura aeroespacial
Ingeniero Aeroespacial (Egresados)	Manufactura aeroespacial	Diseño de estructuras	Análisis de estructuras
Ingeniero Civil (Empleadores)	Construcción	Estructuras	Planeación
Ingeniero Civil (Egresados)	Construcción	Estructuras	Hidráulica
Ingeniero Eléctrico (Empleadores)	Control de sistemas de potencia	Prueba a equipo eléctrico	Sistemas de protecciones
Ingeniero Eléctrico (Egresados)	Diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones eléctricas	Sistemas de protecciones	Calidad y ahorro de energía
Ingeniero en Computación (Empleadores)	Desarrollo de software	Redes de computadoras y seguridad	Desarrollo de aplicaciones móviles
Ingeniero en Computación (Egresados)	Desarrollo de software	Desarrollo de aplicaciones móviles	Redes de computadoras y seguridad
Ingeniero en Electrónica	Automatización	Sistemas digitales y	Manufactura

(Empleadores)			desarrollo de software	
Ingeniero en Electrónica (Egresados)	Automatización		Manufactura	Control
Ingeniero en Energías Renovables (Empleadores)	Administrar, gestionar los recursos y formular estudios de planificación energética para establecer y aplicar planes y programas de ahorro y uso eficiente de la energía.		Diagnóstico y evaluación de los recursos energéticos existentes para su aprovechamiento y optimización	Seleccionar e implementar tecnologías y procesos acordes a la disponibilidad del recurso energético
Ingeniero en Energías Renovables (Egresados)	Administrar, gestionar los recursos y formular estudios de planificación energética para establecer y aplicar planes y programas de ahorro y uso eficiente de la energía.		Seleccionar e implementar tecnologías y procesos acordes a la disponibilidad del recurso energético.	Evaluar el impacto ambiental en la generación y uso de energéticos mediante el empleo de herramientas, equipos e instrumentos y aplicando metodologías acordes.
Ingeniero Industrial (Empleadores)	Manufactura		Factores humanos (seguridad y salud laboral)	Producción
Ingeniero Industrial (Egresados)	Calidad		Manufactura	Producción
Ingeniero Mecánico (Empleadores)	Diseño mecánico y CAE		Análisis y evaluación de proyectos	Procesos y propiedades de los materiales
Ingeniero Mecánico (Egresados)	Diseño mecánico y CAE		Análisis y evaluación de proyectos	Procesos y sistemas de manufactura
Ingeniero Mecatrónico (Empleadores)	Automatización		Diseño de circuitos analógicos y digitales	Robótica
Ingeniero Mecatrónico (Egresados)	Sistemas de manufactura		Ingeniería de calidad y/o producción	Integración de sistemas mecatrónicos
Licenciado en Sistemas Computacionales (Empleadores)	Programación de software		Diseño de base de datos	Administración proyectos
Licenciado en Sistemas Computacionales (Egresados)	Programación de software		Soporte técnico	Administración de la infraestructura tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

Estas tres áreas implican la mayor demanda de trabajo especializado por cada PE. Como puede observarse el único PE en donde existe coincidencia entre la percepción de los empleadores contra la de los egresados es en Ingeniería en Computación. No obstante, el orden de prioridad es diferente, ya que para los empleadores primero se encuentra el “Desarrollo de software”, en segundo lugar “Redes de computadoras y seguridad”, y en tercer lugar “Desarrollo de aplicaciones móviles”; y por su parte para los egresados en primer lugar se encuentra el “Desarrollo de software”, en segundo lugar “Desarrollo de aplicaciones móviles”, y en tercer lugar “Redes de computadoras y seguridad”.

Sin embargo, lo que más llama la atención es que en el resto de los PE no existe una coincidencia entre la percepción de los empleadores con la de los egresados sin importar el orden. Esto lleva a suponer que en muchas ocasiones no se sabe con certeza por parte de las empresas u organizaciones el perfil de empleado buscado, ya que los egresados se desenvuelven en diferentes áreas a las

requeridas. Esto último incluso podría llevar a realizar estudios con mayor profundidad para comprender ambas percepciones y así retroalimentar a la IES.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que todos los PE valorados por los empleadores cumplen el porcentaje de logro de OE, mientras el porcentaje de logro de OE referentes a egresados, solo cumplen nueve PE; existiendo diferencias significativas porcentuales entre la perspectiva del empleador contra la del egresado en diez PE, siendo la excepción el PE de Licenciado en Sistemas Computacionales en el que se obtuvo el 81.81% en ambos casos.

Por su parte en la comparación de los conocimientos y capacidades requeridas por los empleadores versus el desenvolvimiento del egresado, solamente coinciden ambas perspectivas en el PE del Ingeniero en Computación.

Lo anterior hace señalar que falta una mayor vinculación entre las empresas u organizaciones con las universidades. Esa necesidad también la señalan Cabrera, López y Portillo, (2016) en otras IES, y además agregan que en opinión de los empleadores es importante aportar una mejor visión a los egresados en tres momentos: antes de realizar los estudios universitarios, durante la realización de los estudios y otras que implican mejoras en la formación continua y en la evaluación posgradual.

Comúnmente la manera como se identifican las características y requerimientos del perfil de los egresados es por medio del seguimiento de egresados, lo cual tiene la finalidad de perfeccionar y rediseñar los planes y programas de estudio, así como la planeación académica, para que incida en la calidad formativa del egresado (García, Treviño y Banda, 2019). Sin embargo, al realizar el presente estudio comparativo se puede señalar que es vital que se realicen paralelamente estudios a empleadores, para que posteriormente se haga una comparación, y así se pueda obtener una mejor retroalimentación, permitiendo comprender las necesidades del mercado laboral relacionadas con cada PE.

## CONCLUSIÓN

En este estudio se puede señalar que la mayor cantidad de egresados está en empresas de las ramas económicas orientadas a la industria aeroespacial, construcción, educación, industria eléctrica y energética. Mientras en las ramas económicas orientadas a la industria agrícola-ganadero-silvícola, alimentaria y logística la presencia de los egresados de la presente IES es muy escasa, lo cual se puede convertir en un área de oportunidad.

Como se observó, al realizar la comparación de los Objetivos Educativos realizada por los empleadores, así como por los egresados, se encontró que en ambas percepciones solo coinciden en diez PE. Estas diferencias suceden de manera similar en la comparación de los conocimientos y capacidades requeridas por los empleadores contra el desenvolvimiento del egresado, a excepción de un solo PE. Estos hallazgos llevan a destacar lo imprescindible de los estudios de empleadores y egresados, y aún más la comparación entre ellos, ya que proporcionan a las IES una retroalimentación más amplia y con mayor profundidad para la mejora continua en lo referente a las características de las organizaciones que contratan a los egresados, así como los conocimientos, capacidades, características, etc., relevantes que debe poseer un egresado en su perfil laboral.

Todo lo anterior lleva a reflexionar y a plantear futuras investigaciones sobre la existencia de los vacíos teóricos y prácticos para comprender las percepciones que tienen los empleadores contra las que tienen los egresados respecto a las necesidades del mercado laboral, teniendo como finalidad mejorar la inserción de los egresados en el campo laboral, y asimismo fortalecer el servicio hacia los egresados y futuros egresados, brindando mejores oportunidades que les permitan ser más competitivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D., Sweeney, J., y Williams, T. (2019). Estadística para negocios y economía. Cengage Learning.
- Cabrera, N., López, M. y Portillo, M. (2016). Las competencias de los graduados y su evaluación desde la perspectiva de los empleadores. *Estudios Pedagógicos XLII*. (3), 69-87
- García, C., Treviño, A. y Banda, F. (2019) Caracterización del seguimiento de egresados universitarios. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 7 (1).
- García, D. A., Sepúlveda, J. A., Arboleda, G. I., Restrepo, S., Garcés, L. F. y Moreano, K. V. (2019). Estudios de graduados en educación superior: análisis relacional y comparado desde el ámbito internacional. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (57), 117-136. doi: <https://doi.org/10.35575/rvucn.n57a9>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw Hill.
- Levin, R. y Rubin, D. (2010). Estadística para administración y economía. México: Pearson educación.
- Pérez, O. A., y Pinto, R. (2020). Determinantes de la inserción laboral en egresados universitarios en México. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.732>
- Pérez-Liñán, A. (2007). El Método Comparativo: Fundamentos y Desarrollos Recientes. Pittsburgh. Universidad de Pittsburgh. Recuperado de <http://www.pitt.edu/~asp27/USAL/2007.Fundamentos.pdf>
- Nahum, P., Domínguez, M. P. y García, L. M. (2021). Competencias Profesionales requeridas por los empleadores a partir del confinamiento. *Revista gestión de las personas y tecnología*, (42), 80-98.
- Sartori, G. y Morlino, L. (1994). La Comparación en las Ciencias Sociales. Madrid: Alianza Editorial.

# Correlación Digital de Imágenes y Pruebas Mecánicas Aplicadas en la Manufactura Aditiva

M. en I.M.E. Mitchell Ángel Gómez Ortega<sup>1</sup>, Dr. Omar Barragán Pérez<sup>2</sup>, Ing. Daniel Misael Flores Arcos<sup>3</sup>, Alexis Barush Franco Nieves<sup>4</sup>, Giovanni Stefano Hernández Pestaña<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [mitchell.go@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:mitchell.go@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>2</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx) <sup>3</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [daniel.fa@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:daniel.fa@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>4</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [183113260@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:183113260@cuautitlan.tecnm.mx)

<sup>5</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: [183113101@cuautitlan.tecnm.mx](mailto:183113101@cuautitlan.tecnm.mx)

**Línea de investigación: Instrumentación Ingeniería Mecatrónica y visión artificial.**

## Resumen

En este trabajo se ha desarrollado el método de Correlación Digital de Imágenes (DIC) por sus siglas en inglés, siendo una técnica óptica no invasiva para la medición, análisis de deformaciones y desplazamientos los cuales sufre el material ante pruebas mecánicas, dando como resultado el comportamiento y las que propiedades que poseen. Para dichas pruebas fueron utilizadas probetas de ensayo ante la norma DIN50125 elaboradas de acero 1018 y Acido Poli Láctico Plus (PLA+), aplicando el uso de manufactura aditiva para la creación de las últimas.

El propósito es desarrollar un sistema DIC accesible para una mejor obtención de resultados ante pruebas mecánicas en esfuerzos y deformaciones de modo óptico sin ser invasivo, con mayor exactitud y de campo completo aplicado en condiciones reales y mejor controladas.

Dentro del desarrollo de este trabajo se ha demostrado gran utilidad de la técnica DIC mediante pruebas mecánicas, además de lo accesible que es el uso de la manufactura aditiva de tal manera que las aplicaciones de estos sistemas son bastante óptimas en el desarrollo y aplicación en proyectos.

El desarrollo del trabajo fue con una base metodológica y experimental tomando en cuenta el siguiente procedimiento para la obtención de resultados:

1. Impresión de probetas en 3D
2. Pruebas de tensión en probetas de PLA+ y acero 1018
3. Implementación de la técnica DIC en software computacional.
4. Resultados y discusión
5. Conclusión

*Palabras clave: Correlación Digital de Imágenes (DIC), Manufactura Aditiva, Comportamiento, Propiedades, Esfuerzos y Deformaciones.*

## Abstract

In this work, the Digital Image Correlation (DIC) method has been developed, for its acronym in English, being a non-invasive optical technique for the measurement and analysis of deformations and displacements which the material undergoes before mechanical tests, resulting in the behavior and properties they own. For these tests, test specimens were used according to the DIN50125 standard made of 1018 steel and Poly Lactic Acid Plus (PLA+), applying the use of additive manufacturing for the creation of the latter.

The purpose is to develop an accessible DIC system to better obtain results in mechanical tests on stresses and strains in an optical way without noninvasive, with greater accuracy and full field applied in real and better controlled conditions.

Within the development of this work, the DIC technique has been shown to be very useful through mechanical tests, in addition to how accessible the use of additive manufacturing is, in such a way that the applications of these systems are quite optimal in the development and application in projects. .

The development of the work was with a methodological and experimental basis taking into account the following procedure to obtain results:

1. 3D printing of specimens
2. Tension tests on PLA+ and 1018 steel specimens
3. Implementation of the DIC technique in computer software
4. Results and discussion
5. Conclusion

*Keywords: Digital Image Correlation (DIC), Additive Manufacturing, Behavior, Properties, Stresses and Deformations.*

## INTRODUCCIÓN

Estudiando el comportamiento de materiales mediante pruebas mecánicas y vinculando técnicas ópticas de campo completo, dichas técnicas aún se encuentran en crecimiento, siendo bastante útil ya que evitan la destrucción de materiales al no entrar en contacto con los elementos que se someten ensayos mecánicos, permitiendo adquirir información para el conocimiento de las propiedades mecánicas del elemento o su comportamiento. Actualmente, estas técnicas están siendo estudiadas y en la mayoría de los casos están diseñadas para situaciones particulares, limitando al usuario en términos de resoluciones y capacidades de cómputo. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se busca desarrollar técnicas que optimicen el análisis y procesamiento de datos. En estos días, las cámaras digitales y los medios informáticos continúan en evolución, esto hace que día a día estas técnicas tengan cada vez más aplicaciones reales con mejores resultados.

DIC detecta, analiza y procesa los desplazamientos y deformaciones generadas en los materiales. Se aplica una técnica de moteado ideal sobre la superficie del material estudiado normalmente blancas sobre fondo oscuro, llamado patrón speckle. Esta técnica tiene como característica que es totalmente aleatorio y posee contraste entre las manchas y el fondo. [1]

La implementación de DIC requiere realizar captura de imágenes digitales durante el ensayo de una probeta desde su estado inicial (*considerado como el de referencia*) hasta su estado final (*deformado*). Para lograr resultados óptimos es necesario tratar con pintura negra sobre la superficie, y posteriormente se genera un moteado aleatorio de color blanco con la finalidad de generar el máximo contraste posible. Las probetas se dividen en subconjuntos virtuales, denominados facetas (*subsets*), y mediante la aplicación de algoritmos de correlación, se busca una región o faceta de la imagen de referencia en la imagen deformada, determinando el vector de desplazamientos en cada conjunto de facetas procesadas.

DIC ha sido empleada en los últimos años para el análisis de diversos problemas en el campo de la mecánica experimental. Como proponen Pan et al. [2], esta técnica presenta varias ventajas respecto a otros métodos ópticos interferométricos para la medición de desplazamientos y deformaciones:

- El montaje es sencillo, una cámara digital, y los elementos mecánicos para fijarla. Las probetas se preparan de forma que pueda ser aplicada la técnica, en algunas ocasiones, la propia textura del material permite la aplicación de la técnica óptica directamente. [3]
- Evitar sombras por la parte trasera de donde es ejecutada la prueba para evitar ruido o perturbaciones en el análisis.
- La luz necesaria para la realización de los ensayos puede ser luz natural, es posible utilizar fuentes de luz externas para mejorar la calidad de las imágenes.
- Tener un buen nivel de enfoque por la parte de la cámara en las probetas para una mejor captación de fotogramas por segundo.
- El algoritmo no tiene altos requerimientos computacionales, pero el tiempo de ejecución y análisis de las imágenes puede ser variable dependiendo las características de hardware del sistema de cómputo.
- La obtención de resultados debe ser representada de forma gráfica que pueda visualizar los desplazamientos en el material.

## DESARROLLO

Analizando los sistemas DIC como lo es Ncorr [4] y GOM Correlate [5], las versiones demo que proporcionan, brindan soluciones genéricas a la detección de deformaciones y esfuerzos con resoluciones de imagen bajas, que tienen que ser post procesadas por el usuario antes de dichos análisis, lo cual tiene una consecuencia grave debido a que si no se procesan correctamente generan resultados no deseados y poco relacionados con las deformaciones reales a los materiales a analizar, aunado que la consulta de dichas documentaciones a los programas antes mencionados requieren una inversión alta en tiempo para su uso correcto, y depende directamente de la experiencia del usuario y generando altos tiempos de procesamiento.

Por lo tanto, se propone utilizar DIC donde se establecen pruebas de tensión a materiales isotrópicos y poliméricos (PLA+), de los cuales se obtienen propiedades mecánicas importantes con mayor exactitud que los métodos convencionales.

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de correlación digital de imágenes mediante MATLAB, para la detección de esfuerzos y deformaciones en materiales isotrópicos y polímeros, a través de ensayos no destructivos enfocados a la caracterización de materiales correspondientes a la manufactura aditiva.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Programar un sistema DIC mediante MATLAB para análisis de esfuerzos y deformaciones.
- Realizar un diseño e impresión mediante SolidWorks.
- Caracterización de un modelo a base de polímero.
- Implementación DIC en pruebas mecánicas.
- Facilitar el uso de DIC mediante un software.
- Realizar pruebas DIC en polímeros y materiales isotrópicos.
- Medir la deformación y esfuerzo por píxel.
- Procesar imágenes en alta resolución.

## OBJETO DE ESTUDIO

El propósito del presente trabajo es desarrollar un sistema DIC accesible para una mejor obtención de resultados ante pruebas mecánicas en esfuerzos y deformaciones de modo óptico sin ser invasivo, con mayor exactitud y de campo completo aplicado en condiciones reales y mejor controladas.

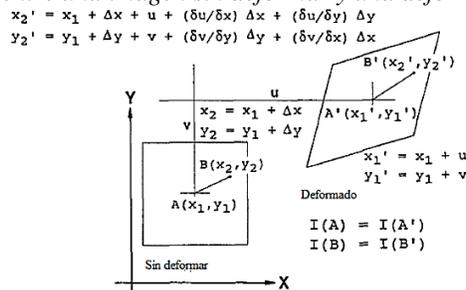
## METODOLOGÍA

La metodología está basada en el uso y aplicación de DIC, este término, se refiere a la clase de método de no contacto que adquiere imágenes de un objeto, las cuales se adquieren de forma digital y se realiza un análisis para extraer la forma completa de un objeto y medición de deformaciones. DIC se ha realizado con muchos tipos de patrones basados en objetos, incluyendo líneas, cuadrículas, puntos y matrices aleatorias. Uno de los enfoques más utilizados son los patrones aleatorios y compara subregiones a través de la imagen para obtener un campo completo de medidas. [6]

El sistema reconoce un patrón de intensidad de luz de un área pequeña en la imagen sin deformar, para posteriormente encontrar la misma área dentro de la imagen deformada [7]. El patrón de intensidad de luz es obtenido directamente usando una cámara digital donde la intensidad de luz procesada de cada píxel es digitalizada con ayuda de una computadora. Por lo regular se utiliza 256 en escala de grises para digitalizar la intensidad de luz en la imagen blanco y negro, debido a la naturaleza física de la cámara, los patrones de intensidad son inicialmente discretos, por lo tanto, se utiliza una interpolación bilineal para construir patrones de intensidad continuos.

**Figura 1**

Relación de la geometría e intensidad de luz entre una imagen sin deformar y una deformada.



Nota. Tomada de la tesis “Sistema de detección de deformaciones por medio de interferometría digital de moteado laser” (p.38) por M en C. O. B. Pérez 2019

Si la deformación es pequeña, se puede asumir que es homogénea en un segmento pequeño del objeto como se muestra en la Figura 1, por lo tanto, las coordenadas del punto  $A, B, A', B'$  y su relación se puede expresar tal cual se presentó en [8]. En la Figura 1,  $A(x_1, y_1)$  y  $B(x_2, y_2)$  son dos puntos antes de la deformación y después de la deformación respectivamente, los dos puntos se mueven a nueva ubicación  $A'(x_1', y_1')$  y  $B'(x_2', y_2')$  respectivamente.

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 + u, & x_2' &= x_2 + \Delta x \\ y_1' &= y_1 + v, & y_2' &= y_1 + \Delta y \end{aligned}$$

Donde  $u$  y  $v$  son los desplazamientos en el punto  $A$  en la dirección  $X$  y  $Y$ , respectivamente. En una deformación pequeña:

$$\epsilon_x = \frac{\delta u}{\delta x}, \quad \epsilon_y = \frac{\delta v}{\delta y}, \quad \gamma_{xy} = \gamma_{yx} = \frac{\delta v}{\delta x} + \frac{\delta u}{\delta y}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\delta u}{\delta x} && \text{Es la deformación en X.} \\ \epsilon_y &&& \text{Es la deformación en Y.} \\ \gamma_{xy} &&& \text{Es la deformación de corte.} \end{aligned}$$

Cuando la iluminación del espécimen es estable y la cámara de produce una lectura estable, se asume que la intensidad de luz de un punto no cambiara con la deformación.

Luego, la intensidad de luz de un punto  $A$  en la Figura 1 es la misma en la nueva ubicación  $A'$ ;  $I(A) = I(A')$  y similarmente,  $I(B) = I(B')$ , donde el valor de la función  $I$  es la intensidad de un punto.

Comparando el patrón de intensidad alrededor de los puntos  $A$  y  $A'$ ,  $A'$  puede encontrarse, y los patrones pueden obtenerse variando  $B$  y  $B'$  alrededor de  $A$  y  $A'$ , respectivamente. Cuando  $I(B)$  e  $I(B')$  son seleccionados en el mismo orden, pueden ser representados como vectores en la  $n$  dimensión.

Luego,  $I(B)$  e  $I(B')$  son

$$\begin{aligned} I(B) &= [I(B_1, B_2, \dots, I(B_n))] \\ I(B') &= [I(B_1', B_2', \dots, I(B_n'))] \end{aligned}$$

Con el fin de que los dos vectores sean idénticos

Y

$$|I(B)| = |I(B')|$$

$$\cos \alpha = \frac{(I(B) \cdot I(B'))}{(|I(B)|) * (|I(B')|)} = 1$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo entre los dos vectores.

Con la relación geométrica y el patrón de intensidad, una computadora es programada para reconocer el punto antes de la deformación. Después, la computadora es programada para encontrar el mismo punto en la imagen deformada por la serie del patrón de intensidad entre comparación, antes y después de la deformación hasta encontrar la mejor marca del patrón donde el  $\cos \alpha$  es 1 o cercano a 1.

$$u, \frac{\delta_u}{\delta_x}, \frac{\delta_u}{\delta_y}, \frac{\delta_v}{\delta_y} \text{ y } \frac{\delta_u}{\delta_y'}$$

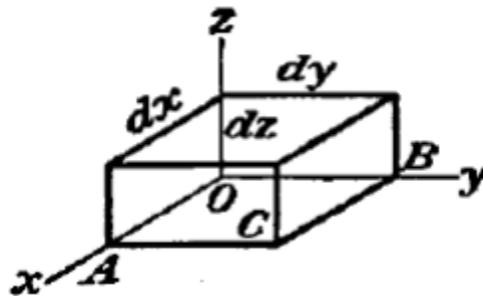
La intensidad de luz entre los píxeles se calcula usando una interpolación bilineal, con la finalidad de hacer un patrón de intensidad único. Esta técnica de patrón digital de reconocimiento por computadora permite calcular el desplazamiento de cualquier punto en la imagen. [9] y [10]

Considerando la parte de desplazamiento y deformación unitaria de un elemento infinitesimal para un cuerpo sólido con dimensiones  $dx$ ,  $dy$  y  $dz$  como se muestra en la Figura 2. Se encuentra sometido a una fuerza y por consiguiente se deforma donde los puntos que lo conforman sufren desplazamientos en todas direcciones.

Suponiendo que  $u$ ,  $v$ , y  $w$  los cuales son componentes de desplazamiento del punto  $O$ . El desplazamiento de un punto adyacente  $A$  sobre el eje  $x$  en la dirección  $x$  es, aplicando la Fórmula (9):

**Figura 2**

*Volumen infinitesimal de un cuerpo sólido*



Nota. Tomada de la tesis “Sistema de detección de deformaciones por medio de interferometría digital de moteado laser” (p.41) por M en C. O. B. Pérez 2019

$$u' = u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$$

Dentro de la misma parte de desplazamiento y deformación, las fuerzas internas que actúan sobre áreas infinitesimales de un corte son magnitudes y direcciones variables de naturaleza vectorial y mantienen en equilibrio las fuerzas aplicadas externamente. En general tales fuerzas varían de punto a punto y están inclinadas con respecto al plano de la sección. Es conveniente resolver estas intensidades paralela y perpendicularmente a la sección investigada. La componente paralela a la sección se divide adicionalmente en componentes a lo largo de los ejes  $y$  y  $z$ . Las componentes de la intensidad de la fuerza por unidad de área se les llama esfuerzo ya que son ciertas solo en un punto la definición matemática es [11].

$$\tau_{xx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P_x}{\Delta A} \quad \tau_{xy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P_y}{\Delta A} \quad \text{y} \quad \tau_{xz} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P_z}{\Delta A}$$

## FASES DEL DESARROLLO

### IMPRESIÓN DE PROBETAS EN 3D

Para la elaboración de las probetas de ensayo se consideró con base a distintos polímeros más comerciales dentro de ellos se encuentra el ABS, PETG, y PLA donde en pruebas IZOD, el PLA+ siendo una variante es más resistente. La norma estandarizada requerida de la maquina universal de pruebas es la DIN-50125 y consta de las características como se muestra en la Figura 3.

#### Figura 3

Características de las probetas de ensayos mediante DIN-50125



- Probetas según DIN 50125, B10x50
- Accesorio para elemento tensor WP 310.06
- Accesorio para WP 310 Ensayo de materiales, 50kN
- Diámetro de probeta: 10mm
- Longitud de ensayo: 50mm
- Longitud total de las probetas: 90mm
- Rosca: M16

Nota. Tomada de la página “Gunt Hamburg” <https://www.gunt.de/es/productos/probetas-de-traccion-b10x50-juego-de-10-st/020.31011/wp310-11/glct-1:pa-150:pr-1586> (2022)

Con las características de la probeta se elaboró un diseño en 3D de la pieza como se muestra en la Figura 4.

#### Figura 4

Diseño en 3D de la probeta

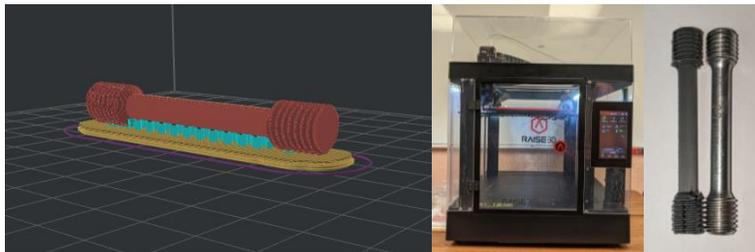


Nota. Diseño propio en 3D con programa CAD para posterior impresión de la pieza en filamento (PLA+)

Con el diseño terminado se exportó a un formato “. stl” al programa IdeaMaker para ajustar el relleno, soportes, así como la calidad para posteriormente manufacturarla como se muestra en la Figura 5.

#### Figura 5

Impresión a través del programa IdeaMaker, impresora raise 3D pro-2 series, así como la probeta de PLA+ comparada con una de acero 1018



Nota. Capturas e imágenes propias las cuales representan el orden en el programa de impresión, así como el tipo de impresora utilizada y la probeta impresa comparada con una de acero.

### PRUEBAS DE TENSIÓN EN PROBETAS DE PLA+ Y ACERO 1018

Para implementación de DIC en las pruebas de tensión es necesario tener previamente un sistema montado (cámara, iluminación, etc.) junto a la máquina de pruebas universales, como se muestra en la Figura 6.

### Figura 6

*Sistema ideal para análisis DIC 2D.*



Nota. Imagen de elaboración propia y representa como se acomoda una cámara frente a la probeta con una iluminación considerada evitando ruido en la toma de fotogramas.

Una vez montado el sistema se debe contar con las probetas previamente aplicadas con la técnica de moteado, donde su patrón de esta técnica es aleatorio como se muestra en la Figura 7.

### Figura 7

*Técnica de moteado en probetas, donde el color base es negro con motas blancas.*



Nota. Imagen de elaboración propia mostrando como la cámara visualiza a la probeta con su técnica de moteado ideal .

Con el sistema listo y las probetas moteadas se ejecutan las pruebas de tensión. Los datos más importantes para DIC es obtener la deformación y que esta pueda ser capturada por la cámara para un buen post procesado, por ello, no es necesario llegar a la ruptura sino hasta su deformación elástica, para poder medir propiedades mecánicas importantes. La Figura 8 permite la visualización del antes y después de la ruptura de la probeta.

### Figura 8

*Probetas antes y después del ensayo.*



Nota. Imagen de elaboración propia las cuales muestran la comparativa de el punto de ruptura respecto a la carga máxima que soporta el material.

Al finalizar el ensayo y obtenidas las imágenes capturadas, la máquina de tensión procesa de igual manera datos (*desplazamiento, tiempo, % elongación y carga*) que nos permiten visualizar datos de forma gráfica los cuales posteriormente permitirán comparar resultados con la técnica DIC.

### IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DIC EN SOFTWARE COMPUTACIONAL

El sistema DIC es desarrollado considerando las características de un software matemático que busca ser accesible. Lo que permite el sistema DIC es encontrar desplazamientos que se generan desde una imagen de referencia a todo el conjunto de imágenes (imágenes deformadas), realizando una iteración que permite conocer la correlación.

Para la obtención de las imágenes se realiza una grabación durante el ensayo. A partir del vídeo obtenido se programa un script, el cual

permite la transformación del vídeo a fotogramas por segundo, lo que arroja el número de imágenes dependiendo de la duración del vídeo y los fotogramas que permite la cámara. En las pruebas, el vídeo tiene una duración exacta de 1 min con 19 segundos, por lo cual el número de imágenes analizadas es de 4740 con un tamaño de 1920x1080 pixeles. Dentro del software matemático estos pixeles se transforman a matrices con un tamaño inverso. El primer paso que se realiza es generar una región de interés (ROI) de forma manual, como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9**  
ROI de la probeta.



Nota. Imagen de elaboración propia la cual muestra la ROI.

Con la ROI seleccionada se continúa a realizar la correlación. El criterio que se utiliza es una correlación cruzada normalizada ya que son de las más robustas ante situaciones de ruido de prueba e insensibles ante cualquier situación de iluminación, con lo que se vuelven los mejores criterios a implementar en todo momento. [10]

$$C_{NCC} = \sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M \frac{f(x_i, y_j)g(x'_i, y'_j)}{f'g'}$$

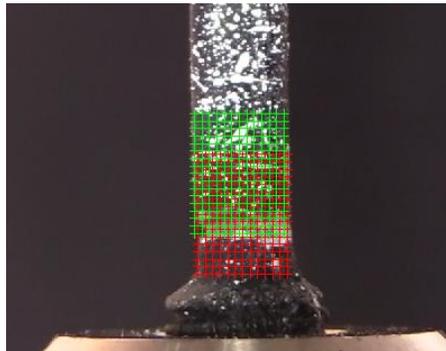
Donde:

$$f' = \sqrt{\sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M [f(x_i, y_j)]^2}, \quad g' = \sqrt{\sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M [g(x'_i, y'_j)]^2}$$

De forma gráfica se puede visualizar una vez completada la correlación, permitiendo observar el comportamiento de la ROI, generando así los vectores de movimiento de cada subset.

**Figura 10**

Subsets de la probeta desplazados en PLA+.



Nota. Imagen de elaboración propia la cual los subsets y los desplazamientos que genera.

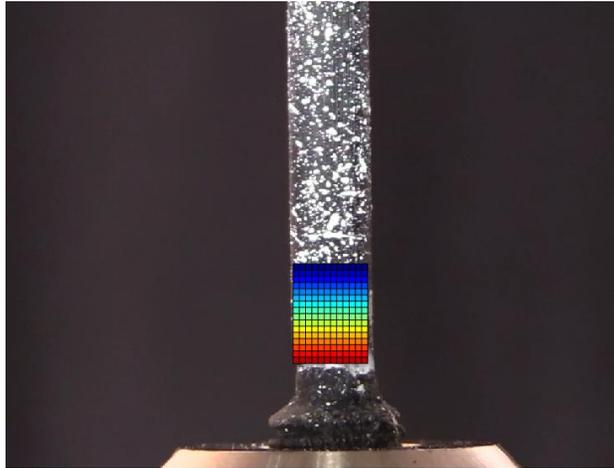
Considerando la Figura 10, al momento de realizar el procesamiento de correlación en material PLA + se puede observar la región en rojo considerada como la posición original y la región verde es la desplazada, en este caso, el último fotograma de la secuencia es el punto de ruptura, sin embargo, al momento de seguir la secuencia correcta se puede observar y obtener los desplazamientos  $u$  y  $v$  con relación a las posiciones iniciales  $x$ ,  $y$ .

Dicha información adquirida es procesada para obtener las deformaciones de forma visual en cada fotograma de la secuencia del ensayo

mecánico tal cual se muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Deformación de probeta en forma de mapa de calor PLA+.*



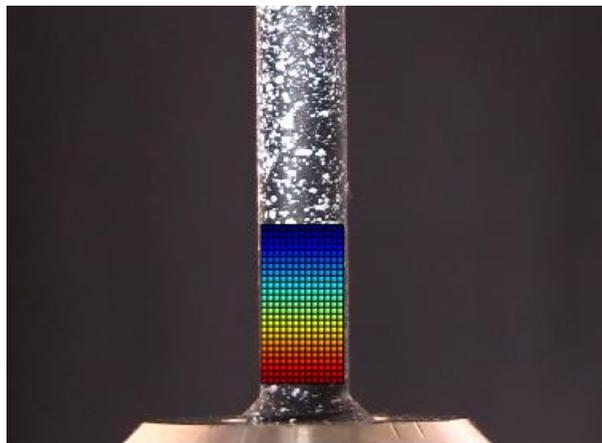
Nota. Imagen de elaboración propia muestra la deformación de probeta en forma de mapa de calor PLA+.

El proceso fue repetido con la probeta de Acero 1018 obteniendo resultados de una mayor área de acuerdo con la selección de usuario al momento de procesar los datos inicialmente. Obteniendo la Figura 12.

De forma inmediata se puede observar que la mayor parte del esfuerzo se presenta en la parte inferior de la probeta, donde se somete a la sujeción fija obteniendo una coloración de acuerdo a la deformación presentado aunado a la geometría planta captada por la cámara de video.

**Figura 12**

*Deformación de probeta en forma de mapa de calor Acero 1018*



Nota. Imagen de elaboración propia muestra la deformación de probeta en forma de mapa de calor Acero1018.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Una vez analizando los resultados de la máquina de ensayo universal para las pruebas de tensión, se generó la curva de esfuerzo deformación. Sin embargo, el problema principal es que la deformación de píxel real es ligeramente diferente a la captada por la cámara, es decir: un par de píxeles arriba o abajo. El problema radica que para obtener la deformación real es necesario calcular el desplazamiento de los píxeles mediante el método de Newton Raphson [14] para la resolución de ecuaciones no lineales y utilizar el método de la interpolación bicubica [15], con estos datos es posible replicar la curva de esfuerzo deformación de equipos de medición y realizar la comparación real contra la adquirida mediante el algoritmo DIC.

## TRABAJO FUTURO

Una vez completando la fase de correlación se busca vincular la técnica DIC empleada mediante un sistema de Deep Learning para generar una red exclusiva para la detección de esfuerzos y deformaciones ocupando imágenes en alta resolución como lo puede ser Full HD y 4K con cantidad mayor de fotogramas por segundo.

## AGRADECIMIENTOS

### CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo del presente trabajo, se creó un novedoso algoritmo para la correlación digital de imágenes enfocado a los ensayos no destructivos, realizando la comparación con Ncorr [4] y GOM Correlate [5] que son sistemas privativos y que trabajan con resoluciones de imágenes pequeñas incluyendo todo el post procesado que ocasiona una pérdida importante en los resultados, para ello se requiere una gran inversión en tiempo para poder obtener los resultados deseados. Por lo que, de acuerdo con las necesidades de la industria 4.0 se requieren trabajar con sistemas de alta resolución y de forma rápida que reduzcan costos con relación a los ensayos no destructivos para conocer las propiedades mecánicas de los materiales.

Este sistema fue desarrollado con la interfaz de Matlab y el toolbox de procesamiento digital de imágenes, la programación fue optimizada para trabajar con los datos crudos, es decir, tal cual los procesa la cámara.

Se obtuvieron resultados deseados en el seguimiento de la correlación digital de imágenes, en tiempos de procesamiento bajos. El sistema desarrollado es factible, así como intuitivo y fácil de utilizar.

Respecto a la velocidad de procesamiento, se puede decir que el procedimiento de cálculo puede ser mejorado en gran medida utilizando métodos que pueden mejorar la eficiencia, como el cálculo en paralelo cuando existe GPU dentro de la computadora.

### REFERENCIAS

- [1] López Alba, R., López García, R., Dorado, R. & A Diaz, F. (2012, noviembre). Aplicación de correlación digital de imágenes para el análisis de problemas de contacto. *XIX Congreso nacional de ingeniería mecánica*. <http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/11-09.pdf>
- [2] Pan, B., Qian, K., Xie, H. & Asundi, A. (2009). Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review. *Measurement Science and Technology*, 20(6), 062001. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/20/6/062001>
- [3] Barragán Pérez, M. en C. O. (2019). *sistema de detección de deformaciones por medio de interferometría digital de moteado laser* [tesis de doctorado]. escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica unidad profesional Adolfo López mateos.
- [4] Blaber, J., Adair, B. & Antoniou, A. (2015). *Ncorr: Open-Source 2D Digital Image Correlation Matlab Software*. *Experimental Mechanics*, 55(6), 1105-1122. <https://doi.org/10.1007/s11340-015-0009-1>
- [5] GOM mbH. (2015). *GOM Correlate Professional: V8 SR1 Manual Basic* (8.a ed., Vol. 1). <https://www.globus.co.il/wp-content/uploads/2022/01/Operating-Instructions-gom-correlate-prof-basic-v8.pdf>
- [6] Schreier, H., Orteu, J. J. & Sutton, M. A. (2009). *Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements*. *University of South Carolina [Columbia] & ICA - Institut Clément Ader*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78747-3>
- [7] Yuh J., C. & Sutton, M. A. (1988). Measurement of strains in a paper tensile specimen using computer vision and digital image correlation. Part 2: Tensile specimen test. (1988). *TAPPI JOURNAL*, VOL 71NRO, 173-175. [https://catalogo.latu.org.uy/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=24311](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=24311)
- [8] Timoshenko, S. & Goodier, J. N. (1951). *Theory of elasticity* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- [9] Choi, D., Thorne, J. L. & Hanna, R. B. (1991). *Image analysis to measure strain in wood and paper: Vol. 25,251-261* (2.ª ed.). Wood Sci. Technol.
- [10] Farfán-Cabrera, L. I., Pascual-Francisco, J. B., Barragán-Pérez, O., Gallardo-Hernández, E. A., & Susarrey-Huerta, O. (2017). Determination of creep compliance, recovery and Poisson's ratio of elastomers by means of digital image correlation (DIC). *Polymer Testing*, 59, 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2017.02.010>
- [11] Popov Egor, P. (2001). *Mecánica de Sólidos* (3.ª ed.). Editorial Pearson Educación, México.
- [12] castañeda balderas, r. (2016). *Determinación del mapa de deformaciones en probetas planas mediante el método de correlación digital de imágenes* [maestro en sistemas computacionales]. Instituto Tecnológico de Chihuahua II.
- [13] Cuevas, E. (2017). *Tratamiento de imagenes con matlab* (1.ª ed.). Alfaomega grupo editor.
- [14] Facultad de Ingeniería - U.N.M.d.P. (2020). *Metodo de Newton para sistemas de ecuaciones* [Conjunto de datos]. <http://www3.fi.mdp.edu.ar/metodos/apuntes/newtonsisistemas.pdf>
- [15] Valdés Ochoa, M. Ángel, & Valdés Vázquez, e. (2017). *Optimización del algoritmo demosaicing para la adquisición de una imagen a través de un sensor óptico*. *Jóvenes en la ciencia*, 2(1), 1340-1343. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1263>

# Instrumento de Medición de Posición, Velocidad y Función de Transferencia de un Motor de CD

José Antonio Cárdenas Valderrama<sup>1</sup>, José Luis Manzo Reyes<sup>2</sup>, Juan Vargas Ferrer<sup>3</sup>, Iván Reyes León<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Xicoteppec de Juárez, e-mail: [jose.cardenas@utxicoteppec.edu.mx](mailto:jose.cardenas@utxicoteppec.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Xicoteppec de Juárez, e-mail: [joseluis.manzo@utxicoteppec.edu.mx](mailto:joseluis.manzo@utxicoteppec.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Xicoteppec de Juárez, e-mail: [juan.vargas@utxicoteppec.edu.mx](mailto:juan.vargas@utxicoteppec.edu.mx)

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica de Xicoteppec de Juárez, e-mail: [ivan.reyes.leon@utxicoteppec.edu.mx](mailto:ivan.reyes.leon@utxicoteppec.edu.mx)

## Línea de investigación: Mecatrónica

### Resumen

Este trabajo muestra el diseño y construcción de un dispositivo electrónico que mide la posición angular y la velocidad angular de un motor de corriente continua a través de un sistema digital con etapas de acoplamiento de voltaje de tal manera que permite la operación y control del motor a través de circuitos electrónicos. El diseño del sistema digital se centra en un microcontrolador que proporciona la posición angular y la velocidad instantánea inmediatamente por medio de dos canales de un sensor encoder de tipo incremental, esto se consigue mediante la gestión de interrupciones externas e interrupciones del módulo CCP en modo Captura del microcontrolador. Además, este dispositivo de medición es capaz de caracterizar el comportamiento electromecánico del motor mediante la obtención de su función de transferencia de segundo orden aproximada y un conjunto de valores posibles para la incertidumbre paramétrica asociada al comportamiento eléctrico del motor.

*Palabras clave: Instrumento, Medición, Motor de CD, Programación, Sistema Digital*

### Abstract

This paper shows the design and construction of an electronic device that measures the angular position and angular speed of a direct current motor through a digital system with voltage coupling stages such that it allows the operation and control of the motor through electronic circuits. The design of the digital system is centered on a microcontroller that provides the angular position and the instantaneous speed immediately by means of two channels of an incremental type encoder sensor, this is caused by the management of external interruptions and interruptions of the CCP module in mode Capture of the microcontroller. In addition, this measurement device is capable of characterizing the electromechanical behavior of the motor by obtaining its approximate second-order transfer function and a set of possible values for the parametric uncertainty associated with the electrical behavior of the motor.

*Keywords: DC Motor, Digital System, Instrument, Measurement, Programming*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los servomecanismos se encuentran en todos los campos de aplicación industrial, así como en dispositivos electrónicos, equipos y herramientas de uso cotidiano desde los dispositivos electrónicos personales como, celulares, computadoras, hasta electrodomésticos presentes en la gran mayoría de hogares. Estos servomecanismos están conformados por motores, controladores e instrumentos de medición de la posición y velocidad de los motores. La comunidad científica, académica y de desarrollo de tecnologías han hecho notables esfuerzos por aportar instrumentos de medición para el motor tales como tacómetros analógicos y digitales con gran precisión y exactitud en la entrega de las variables de velocidad y posición angular [1,2,3 y 7], tal es el caso de un diseño de un tacómetro digital presentado por (Guerrero Moreno 2006) [5] en donde calcula la velocidad del motor en RPM mediante la utilización de un módulo de Timer en modo Contador para la señal del encoder, sin embargo el tiempo de muestreo es generado por una rutina de pausa. El problema en esta estrategia es que las velocidades son calculadas de forma indirecta al contar un número de pulsos del sensor por determinado tiempo en lugar de obtener la velocidad instantánea a partir del tiempo transcurrido entre pulso y pulso. Además, al utilizar esta estrategia, se presenta un efecto de oscilación en el estado estacionario de la velocidad del motor puesto captura diferente número de pulsos del sensor durante el tiempo de muestreo. Por otra parte, también se presentan situaciones en las que el motor no cuenta con un sensor encoder y se requiere medir alguna variable sin la intervención de un instrumento de medición invasivo, ante estas problemáticas se resuelven con procesamiento de imágenes mediante una cámara y un sistema digital de gama alta o mediante equipo de cómputo [6,8], tal es el caso de (Ferreira F. J. y Lopes F. J. 2016) [4] que proporcionan una forma de obtener la lectura de la velocidad del motor mediante procesamiento de imágenes al utilizar una cámara web para motores sin encoder pero que se encuentra limitado para su implementación en sistemas retroalimentados por su gran tiempo en el procesamiento de imágenes. En este artículo se presentan técnicas para la obtención de lecturas de posición angular y velocidad de manera instantáneas basadas en rutinas de interrupción del

microcontrolador, tales que, al presentarse inmediatamente un pulso, cargan el valor requerido que previamente se ha calculado mediante operaciones aritméticas simples y enviarlo directamente a un puerto de salida. Además, se ha implementado un convertidor digital a analógico de tipo R2R con el fin de tener una conversión inmediata puesto que no requiere de un reloj externo que le marque los tiempos de conversión. Para poder trabajar con circuitos electrónicos, se ha incorporado una etapa de acoplamiento eléctrico mediante amplificadores operacionales con el fin de tener voltajes positivos y negativos de las variables tales que indiquen la dirección del giro y sea muy sencillo su utilización a la hora de realizar sistemas de control realimentados.

## DESARROLLO

### OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y Construir un instrumento de medición de la posición y velocidad angular y obtener una función de transferencia aproximada de un motor de corriente directa.

- Diseñar y construir la etapa de acoplamiento electrónico para obtener la lectura analógica de la posición y velocidad angular.
- Realizar la programación para la medición de la posición y velocidad angular a partir de la señales del sensor encoder.
- Realizar el bloque de la programación donde se obtenga la función de transferencia aproximada.
- Realizar pruebas de funcionamiento y depuración de errores.

### OBJETO DE ESTUDIO

Ofrecer un instrumento de medición que obtenga las señales de posición y velocidad angular de manera instantánea, tales que ayuden a realizar sistemas de control con realimentación más confiable. Además, otorgar la posibilidad de controlar motores tales que no cuenten con su hoja de datos técnica gracias a su visualización de su función de transferencia.

### METODOLOGÍA

Para describir el desarrollo de este trabajo, se ha planteado una metodología cualitativa que se enfoca en la descripción matemática de los motores de corriente directa por medio de su función de transferencia. También se propone un conjunto de funciones de transferencia posibles debido a la presencia de una incertidumbre paramétrica en el motor. Además se describe la construcción eléctrica y programación del instrumento de medición propuesto.

### FASES DEL DESARROLLO

La función de transferencia de un motor de corriente directa cuya entrada es una fuente de voltaje  $v(t)$  y la salida es la velocidad angular  $\omega(t)$  es la siguiente,

$$G(s) = \frac{\frac{K_t}{JL}}{s^2 + \frac{BL + RJ}{JL}s + \frac{BR + K_e K_t}{JL}} \quad (1)$$

En donde  $J$  es el momento de inercia,  $B$  es el coeficiente de fricción viscosa,  $K_e$  es la constante de fuerza electromotriz,  $K_t$  es la constante de torque,  $R$  es la resistencia y  $L$  es la inductancia.

La ecuación (1) muestra que el motor cuenta con dos comportamientos relacionados con la velocidad angular y la intensidad de corriente, por lo tanto, se pueden describir mediante dos polos que relacionen estas variables como sigue,

$$G(s) = \frac{K}{(s + p_m)(s + p_e)} \quad (2)$$

En donde  $K$  es la ganancia,  $p_m$  es el polo asociado al comportamiento mecánico y  $p_e$  está asociado al comportamiento eléctrico.

Debido a que la dinámica del polo mecánico es mucho más lenta que la dinámica del polo eléctrico, el polo mecánico es el polo dominante del sistema, con lo cual la función de transferencia se puede aproximar a una de primer orden de la forma,

$$G(s) = \frac{\bar{K}}{s + p_m} \quad (3)$$

La respuesta de salida de (1) ante una entrada escalón unitario con amplitud  $A$  está dada por,

$$\omega(t) = \frac{A\bar{K}}{p_m}(1 - e^{-p_m t}) \quad (4)$$

La salida en estado estacionario y el tiempo que transcurre en llegar al estado estacionario  $t_{ss}$  se describen por las siguientes ecuaciones,

$$\omega_{ss} = \frac{A\bar{K}}{p_m} \quad (5)$$

$$t_{ss} = \frac{5}{p_m} \quad (6)$$

Con base en lo experimental se ha observado que el polo eléctrico es de 100 a 500 veces el valor del polo mecánico, por lo tanto, la incertidumbre paramétrica del valor del polo eléctrico pertenece al siguiente conjunto,

$$Q = \{100p_m, 500p_m\} \quad (7)$$

El conjunto de funciones de transferencia asociadas a esta incertidumbre es,

$$\frac{p_e}{s + p_e} = \left\{ \frac{100p_m}{s + 100p_m}, \frac{500p_m}{s + 500p_m} \right\} \quad (8)$$

Por lo tanto, la función de transferencia del motor estaría dentro del conjunto,

$$\left\{ \frac{100p_m\bar{K}}{(s + p_m)(s + 100p_m)}, \frac{500p_m\bar{K}}{(s + p_m)(s + 500p_m)} \right\} \quad (9)$$

### Programación del sistema digital

La señal de salida del sensor encoder es una señal cuadrada con valores de 0 a 5 volts equivalentes a 0 y 1 lógico respectivamente. El desarrollo de este instrumento de medición se basa en la detección de flancos de subida, los cuales muestran el conteo de grado por grado referente a la posición angular del motor. Mediante la programación de un microcontrolador PIC18F4550 que cuenta con un oscilador externo de 4MHz se configuran interrupciones externas para que el módulo CCP detecte flancos de subida; por lo cual, al pin direccionado a dicho módulo le llegan los pulsos que el encoder genera por cualquiera de los dos canales con los que trabaja, teniendo en cuenta que estos hacen referencia al sentido del giro del motor.

Cuando se presenta la interrupción con un flanco de subida generado por el encoder, dentro de la programación se ejecuta un contador  $\theta$  que proporciona la posición del motor. Cuando el motor gira hacia un lado, el contador se incrementa, cuando gira al lado contrario el contador se decrementa debido a que por cada pulso detectado es un grado recorrido. Después se calcula el valor en radianes que se envía como voltaje de salida tal como sigue,

$$v_{out} = \frac{\pi}{180}\theta \quad (10)$$

Por otro lado, en el código del programa se habilita un temporizador que cuenta el tiempo  $T$  entre cada flanco detectado para obtener el cálculo de la velocidad angular. Cuando el motor gira hacia un lado la velocidad es positiva y cuando el motor gira hacia el lado contrario la velocidad es negativa.

$$v_{out} = \frac{\pi}{180T} \quad (11)$$

Este instrumento de medición tiene la opción de elegir la velocidad o posición mediante el uso de un selector mecánico tipo dos polos un tiro conectado a un pin de entrada del puerto A del microcontrolador. Debido a que las interrupciones podrían ocurrir al mismo tiempo, las conexiones del selector al puerto A del microcontrolador definen qué interrupción se habilita y cuál se deshabilita.

Para proporcionar una señal de medición analógica, se ha elegido un convertidor digital a analógico DAC de tipo R2R por ser el convertidor más rápido y fácil de operar. Este convertidor se ha conectado al puerto D que tiene configurado sus pines como salida. Como el puerto D tiene 8 bits que generan combinaciones del 0 al 255 y el voltaje de salida se desea en un rango de -15 a +15 volts, la regla de correspondencia es,

$$PD_{out} = \frac{255}{30}v_{out} + \frac{255}{2} \quad (12)$$

En una sección del código del programa se utiliza un módulo CCP más, que proporciona una señal de salida PWM para fijar un voltaje promedio hacia un puente H el cual proporciona la potencia al motor, esto a fin de sintetizar una señal escalón unitario de amplitud  $A$ . Finalmente se almacenan los valores de la velocidad angular justo después de enviar la señal de escalón unitario mediante la señal PWM al puente H, esto con el fin de calcular el tiempo transcurrido hasta que la velocidad angular llegue al estado transitorio. Para indicar la llegada al estado estacionario se tiene que cumplir que,

$$\omega(k) = \omega(k - 1) \quad (13)$$

El valor del tiempo en estado estacionario se obtiene con,

$$t_{ss} = \sum T(k) \quad (14)$$

La función de transferencia se construye a partir de (5), (6), (13) y (14). Para representar este procedimiento en un código del programa, basta con crear un contador para el eje del tiempo  $k$ , así como un contador que realice la suma de la multiplicación del tiempo de muestreo con el instante  $k$  para obtener el tiempo transcurrido. La Figura 1 muestra el código de programación del microcontrolador, siendo éste un PIC18F4550.

**Figura 1**  
Código del Programa

```

instrumento_mejorado.c 18F4550.h
1 #include <18F4550.h>
2 #device ADC=10
3 #fuses NOWDT, NOPUT, NOMCLR, XT
4 #use delay(clock=4000000)
5 #include <lcd.c>
6
7 float u, wss, tss, a, b, w;
8 signed int32 vel, velocidad_anterior1, velocidad_anterior2, velocidad_anterior3
9 int8 velocidad, v_pwm;
10 int8 k, kmenos1, kmenos2, kmenos3, kmenos4;
11 int1 i, j, v;
12 int16 lectura;
13 #INT_TIMER1
14 void desborde()
15 {
16     vel=512;
17     velocidad = MAKES(vel,0);
18     OUTPUT_B(velocidad);
19     velocidad = MAKES(vel,1);
20     OUTPUT_E(velocidad);
21 }
22 #INT_CCP2
23 void fianco()
24 {
25     w = 18598.665/CCP_2 + 512;
26     vel = w;
27     velocidad = MAKES(vel,0);
28     OUTPUT_B(velocidad);
29     velocidad = MAKES(vel,1);
30     OUTPUT_E(velocidad);
31     if(i==1 || j==1)
32     {
33         k = k + 1;
34     }
35     if((i == 1) && (vel == velocidad_anterior1) && (vel == velocidad_anterior2)
36     {
37         lod_gotoxy(1,1);
38         wss = (vel - 512)*30.0/1023.0;
39         printf(lcd_putc, "w=%f", wss);
40         tss = kmenos2*0.1;
41         printf(lcd_putc, "t=%f", tss);
42         a=5.0/tss;
43         b=a*wss/(v_pwm*12.0/255.0);
44         lod_gotoxy(1,2);
45         printf(lcd_putc, "a=%f", a);
46         printf(lcd_putc, "b=%f", b);
47         i=0;
48         delay_ms(500);
49         SET_PWM1_DUTY(0);
50         k=0;
51     }
52     if(j==1)
53     {
54         lod_gotoxy(1,1);
55         wss = (vel - 512)*30.0/1023.0;
56         printf(lcd_putc, "w = %f", w);
57     }
58     velocidad_anterior4 = velocidad_anterior3;
59     velocidad_anterior3 = velocidad_anterior2;
60     velocidad_anterior2 = velocidad_anterior1;
61     velocidad_anterior1 = vel;
62     kmenos4 = kmenos3;
63     kmenos3 = kmenos2;
64     kmenos2 = kmenos1;
65     kmenos1 = k;
66     SET_TIMER1(0);
67 }
68 void main()
69 {
70     i=0;
71     j=0;
72     v=0;
73     k=0;
74     lcd_init();
75     SET_TRIS_A(0xFF);
76     SET_TRIS_B(0x00);
77     SET_TRIS_C(0x03);
78     SET_TRIS_E(0x00);
79     SET_TIMER1(0);
80     SET_TIMER2(0);
81     u=1;
82     GRADO=0;
83
84     GRADO=0;
85     GRADO_ANTERIOR=0;
86     OUTPUT_B(0);
87     OUTPUT_E(2);
88     v_pwm = 85;
89     SET_PWM1_DUTY(0);
90     SETUP_ADC_PORTS(AN0);
91     SETUP_ADC_CLOCK_DIV_4;
92     SET_ADC_CHANNEL(0);
93     SETUP_TIMER_2(TI_DIV_BY_1,250,1);
94     SETUP_TIMER_1(TI_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
95     SETUP_CCP1(CCP_CAPTURE_DIV_4);
96     SETUP_CCP2(CCP_CAPTURE_DIV_4);
97     ENABLE_INTERRUPTS(INT_CCP2);
98     ENABLE_INTERRUPTS(INT_TIMER1);
99     ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL);
100     while(TRUE)
101     {
102         if(INPUT(PIN_A2))
103         {
104             lod_gotoxy(1,1);
105             printf(lcd_putc, " ");
106             lod_gotoxy(1,2);
107             printf(lcd_putc, " ");
108             lod_gotoxy(1,1);
109             printf(lcd_putc, "Calculando . . .");
110             SET_TIMER1(0);
111             SET_PWM1_DUTY(v_pwm);
112             i=1;
113             k=0;
114         }
115     }
116
117     if (INPUT(PIN_A1) && k<5)
118     {
119         lod_gotoxy(1,1);
120         printf(lcd_putc, " ");
121         lod_gotoxy(1,2);
122         printf(lcd_putc, " ");
123         SET_TIMER1(0);
124         SET_PWM1_DUTY(v_pwm);
125         j=1;
126         k=0;
127         delay_ms(200);
128     }
129     if (INPUT(PIN_A1) && k<5)
130     {
131         SET_PWM1_DUTY(0);
132         j=0;
133         k=0;
134         delay_ms(200);
135     }
136     if (INPUT(PIN_A3))
137     {
138         v=v;
139         lod_gotoxy(1,1);
140         printf(lcd_putc, " ");
141         lod_gotoxy(1,2);
142         printf(lcd_putc, " ");
143         lod_gotoxy(1,1);
144         printf(lcd_putc, " ");
145         lod_gotoxy(1,2);
146         printf(lcd_putc, "Voltage");
147         lod_gotoxy(1,1);
148         printf(lcd_putc, "Voltage");
149         lod_gotoxy(1,2);
150         printf(lcd_putc, "%f Volts", v_pwm*12.0/255.0);
151         if(!v)
152         {
153             lod_gotoxy(8,1);
154             printf(lcd_putc, " FIJADO");
155         }
156         delay_ms(300);
157     }
158     if(v)
159     {
160         lectura = READ_ADC();
161         v_pwm = lectura/4;
162         lod_gotoxy(1,2);
163         printf(lcd_putc, "%f Volts", v_pwm*12.0/255.0);
164         i=1;
165         k=0;
166     }
167 }
168
169     delay_ms(200);
170     if (INPUT(PIN_A3))
171     {
172         v=v;
173         lod_gotoxy(1,1);
174         printf(lcd_putc, " ");
175         lod_gotoxy(1,2);
176         printf(lcd_putc, " ");
177         lod_gotoxy(1,1);
178         printf(lcd_putc, " ");
179         lod_gotoxy(1,2);
180         printf(lcd_putc, " ");
181         lod_gotoxy(1,1);
182         printf(lcd_putc, "Voltage");
183         lod_gotoxy(1,2);
184         printf(lcd_putc, "%f Volts", v_pwm*12.0/255.0);
185         if(!v)
186         {
187             lod_gotoxy(8,1);
188             printf(lcd_putc, " FIJADO");
189         }
190         delay_ms(300);
191     }
192     if(v)
193     {
194         lectura = READ_ADC();
195         v_pwm = lectura/4;
196         lod_gotoxy(1,2);
197         printf(lcd_putc, "%f Volts", v_pwm*12.0/255.0);
198         i=1;
199         k=0;
200     }
201 }

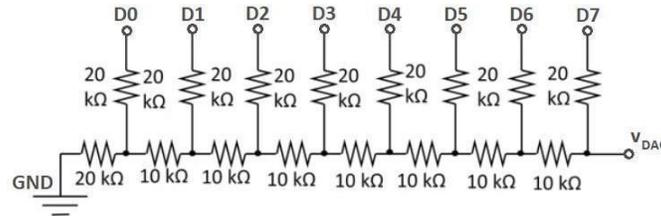
```

Nota. Programación del código del programa para el microcontrolador PIC18F4550.

### Circuito Eléctrico del Instrumento

El circuito correspondiente al DAC de tipo R2R del instrumento de medición se muestra en la Figura 2. El convertidor tiene 8 bits de resolución y proporciona voltajes  $v_{DAC}$  de 0 a 5 volts, este voltaje de salida se dirige a la entrada de un amplificador operacional en configuración seguimiento de voltaje para el acoplamiento de impedancias.

**Figura 2**  
Convertidor Digital-Analógico



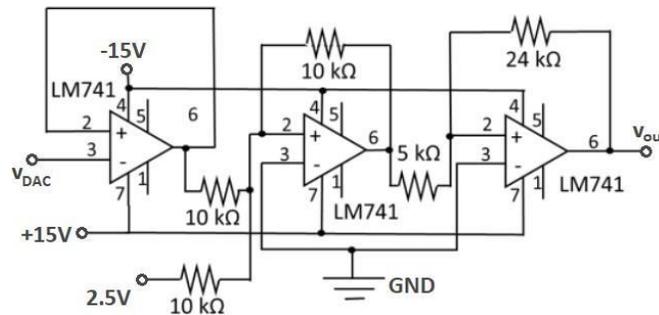
Nota. Circuito electrónico del convertidor digital-analógico de tipo R2R.

La etapa de acoplamiento eléctrico hace un mapeo de los voltajes de 0 y 5 volts a -15 y +15 volts mediante una regla de correspondencia descrita por,

$$v_{out} = 6(v_{DAC} - 2.5) \quad (15)$$

El equivalente en un circuito electrónico construido con amplificadores operacionales que sintetiza (13) se muestra en la Figura 3. Se debe tener en consideración que los voltajes de saturación son  $\pm 15$  volts, lo que conlleva una posición y velocidad angular máxima de  $\pm 15$  rad y  $\pm 15$  rad/seg respectivamente.

**Figura 3**  
Circuito de Acoplamiento de Voltajes



Nota. Circuito electrónico de acoplamiento de voltajes construido con amplificadores LM741.

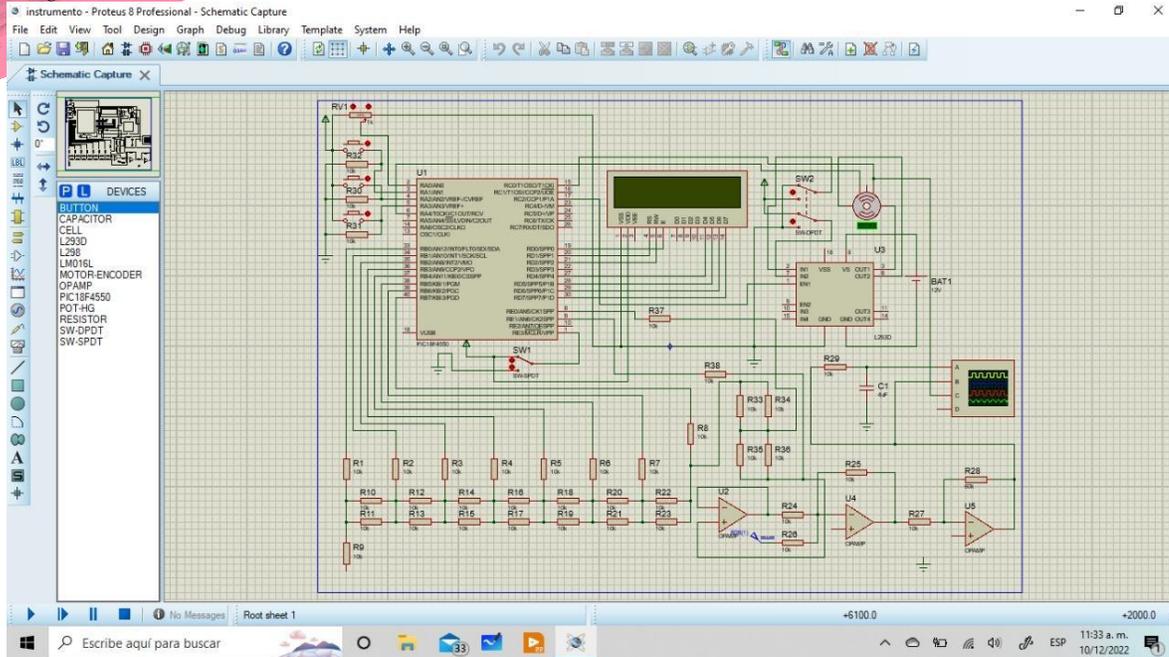
Para tener un rango de valores más amplio de posiciones y velocidades angulares, es necesario realizar un escalamiento en el código del programa. Asimismo, para que la posición y velocidad angular presenten otras unidades distintas a rad y rad/seg, basta con realizar las equivalencias en el código del programa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para corroborar el diseño electrónico y la programación, primero se realizó una simulación en el software Proteus con la finalidad de depurar el programa ante cualquier error. La Figura 4 y la Figura 5 muestran el funcionamiento del instrumento simulado. Además, el instrumento de medición se probó con un motor con encoder reciclado del cual no se tiene la hoja de datos técnicos con el instrumento maquinado en una placa la cual se muestra en la Figura 6.

Figura 4

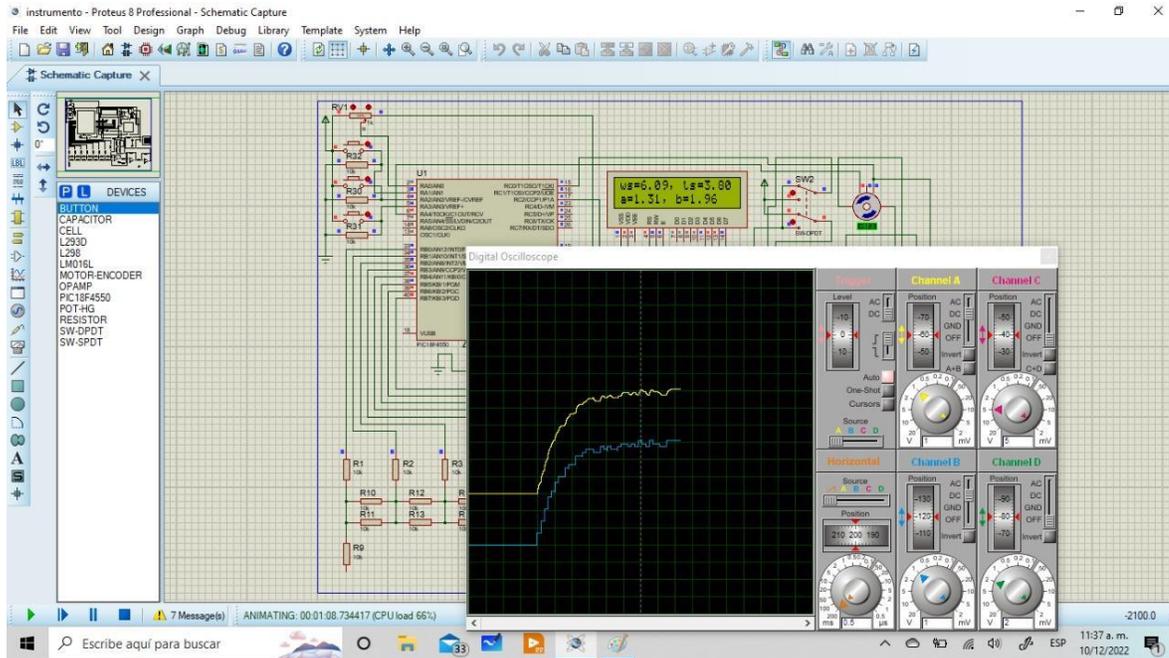
Diagrama Electrónico Simulado del Instrumento



Nota. Diagrama electrónico simulado del instrumento para la depuración de errores.

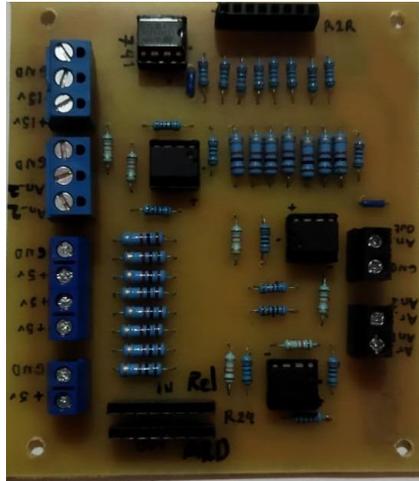
Figura 5

Simulación del Instrumento



Nota. Simulación del instrumento en donde se muestra el resultado en la gráfica y la pantalla LCD

**Figura 6**  
Placa Fabricada del Instrumento



Nota. Fabricación de la placa del Instrumento requerida para realizar pruebas de funcionamiento.

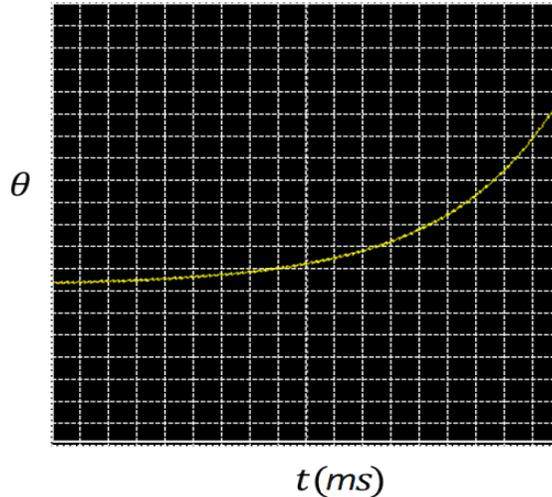
Las gráficas obtenidas de la posición y velocidad angular ante una entrada escalón de amplitud 5 volts se muestran en la Figura 7 y la Figura 8. Las escalas de la gráfica son 1 volt y 1ms por cuadro. Del mismo modo el instrumento determina que la función de transferencia de primer orden aproximada es,

$$G = \frac{529.412}{s + 294.12} \quad (16)$$

Y su conjunto de funciones de transferencia de segundo orden propuesto en (9), que representaría el comportamiento del motor se describe como sigue,

$$\left\{ \frac{15571065.7}{(s + 294.12)(s + 29412)}, \frac{77855328.7}{(s + 294.12)(s + 147060)} \right\} \quad (17)$$

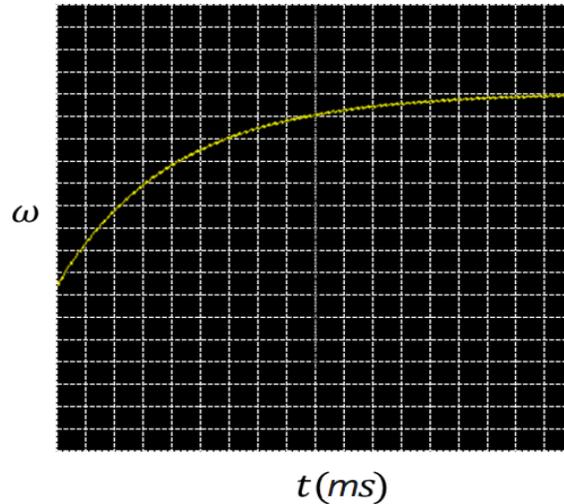
**Figura 7**  
Medición de la Posición Angular



Nota. Gráfica de la medición de la posición angular de un motor con encoder ante una entrada escalón de amplitud 5 volts.

## Figura 8

### Medición de la Velocidad Angular



Nota. Gráfica de la medición de la velocidad angular de un motor con encoder ante una entrada escalón.

Estos resultados han sido tomados de un osciloscopio virtual por medio de la adquisición de señales mediante una tarjeta DAQ de la marca National Instruments.

Por lo tanto, los resultados de este artículo demuestran el buen funcionamiento de un instrumento de medición práctico y que fácilmente puede implementarse en un sistema de control. Una de las ventajas que presenta este instrumento es la respuesta instantánea al cálculo de la velocidad y posición angular, comparado con los trabajos mencionados en la sección de Introducción. Las funciones de transferencia que proporciona el instrumento resultan ser muy útiles a la hora de diseñar controladores, asimismo, el conjunto de funciones de transferencia propuestos es de gran ayuda en el diseño de sistemas de control robusto. Finalmente, este instrumento está dirigido hacia la reutilización de motores de corriente directa que han sido recuperados de algún dispositivo electromecánico dañado del cual no se tenga alguna hoja de datos técnicos.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1]Awatar, S., & Craig, K. C. (2000, September). Magnetic Coupling Between DC Tachometer and Motor and Its Effect on Motion Control. In 7th Mechatronics Forum International Conference, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.
- [2]Barrios, M. L. R., Montero, F. E. H., Mancilla, J. C. G., & Marín, E. P. (2019). Tacho-less automatic rotational speed estimation (TARSE) for a mechanical system with gear pair under non-stationary conditions. *Measurement*, 145, 480-494.
- [3]Da-ying, L. I. (2011). Design and implementation for tachometer circuit of motor based on FPGA. *Machinery Design & Manufacture*, 12.
- [4]Ferreira, F. J., & Lopes, F. J. (2016, September). Webcam-based tachometer for in-field induction motor load estimation. In 2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM) (pp. 2380- 2388). IEEE.
- [5]Guerrero Moreno, D. M. (2006). Prototipo de tacómetro digital para el laboratorio de microprocesadores (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2006). <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2546>.
- [6]Lin, C. C., & Yang, F. L. (2018). A new image processing algorithm for three-dimensional angular velocity measurement and its application in a granular avalanche. *Advanced Powder Technology*, 29(3), 506-517.
- [7]Tunggal, T. P., Kirana, L. A., Arfianto, A. Z., Helmy, E. T., & Waseel, F. (2020). The design of tachometer contact and non-contact using microcontroller. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(3), 65-69.
- [8]Warr, S., Jacques, G. T., & Huntley, J. M. (1994). Tracking the translational and rotational motion of granular particles: use of high-speed photography and image processing. *Powder Technology*, 81(1), 41-56

