



www.reaxion.utleon.edu.mx

Nueva técnica de programación de robots

Estrategias para la instalación de una planta productora de filete de pez armado

Análisis comparativo de cinco configuraciones geométricas de juntas soldadas en filetes sometidas a tensión

Diseño, desarrollo y construcción de un simulador de transporte federal de pasajeros

REAXXION 6 - 3
Ciencia y tecnología universitaria

En el marco de la décima octava edición (Año 6, número 3), con beneplácito comunicamos que la revista Reacción ya forma parte de Periódica (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias). Esto se agrega a la participación que ya tenemos en Latindex, Google Académico y Actualidad Iberoamericana. Todo esto se traduce en una mayor presencia e impacto de los autores y autoras que han publicado en Reacción. ¡Enhorabuena!

Por lo que se refiere a este número, se exploran nuevas perspectivas en los campos de la programación de robots, la construcción de un simulador de transporte, la instalación de una planta procesadora de filete de pez armado y un análisis matemático que aporta conocimientos que mejorarán la soldadura.

En cuanto al primer tema, observamos que hoy los elementos autómatas son una realidad en nuestro entorno, especialmente en los ámbitos industriales. Para manipularlos, generalmente se recurre a un teclado alfanumérico y una pantalla; ante ello, en el artículo **Nueva técnica de programación de robots**, se propone y se demuestra una alternativa que conjunta un sensor óptico tridimensional, los movimientos de la palma de la mano y la realidad virtual, como procedimiento para introducir el código que da las instrucciones al controlador, que son ejecutadas por los servomotores. De esta manera, el o la usuario/a del robot puede darle instrucciones mediante la digitalización de los movimientos de la mano.

Por lo que se refiere a tipos de transporte, indudablemente el terrestre es el que hace posible que personas y mercancías lleguen a todas partes; en este orden de ideas, los autores y autoras del artículo **Diseño, desarrollo y construcción de un simulador de transporte federal de pasajeros** aportan elementos fundamentales para la capacitación de operadores/as de autobuses. Este modelo tiene las ventajas de ser seguro y económico, al imitar condiciones de carretera y tráfico, donde el conductor o conductora puede ejercitar sus reacciones ante diferentes eventos, y obtener así el entrenamiento que redundará en una mayor seguridad tanto para los pasajeros/as como para quienes circulan por las carreteras, de forma tal que contribuye a la reducción de los índices de siniestralidad. En el simulador, los/las operarios/as recibirán capacitación con menor riesgo y a menor costo.

En el eje de las Ciencias Sociales y la Economía, y en relación directa con temas ecológicos, el artículo **Estrategias para la instalación de una planta productora de filete de pez armado**, presenta una alternativa de negocio que, además de contribuir al desarrollo de fuentes de empleo en Tabasco, constituye un importante aporte nutricional y gastronómico, al tiempo que ayuda al control del también conocido como pez diablo (*Pterygoplichthys spp.*), una especie invasora presente en varios ecosistemas. Los autores y autoras abordaron el tema desde varias perspectivas: **administrativa** (definición de la misión, visión, valores, objetivos y análisis FODA de la sociedad cooperativa creada para la planta de procesamiento); **sondeo de mercado y producción** (mercado, procesos); **financiera** (definición de variables clave, tales como el monto de inversión requerido, el punto de equilibrio, el Valor Actual Neto –VAN– y la Tasa Interna de Retorno –TIR–); **innovación** (realización y prueba de prototipos de filete relleno, empanizado, nuggets).

Por otra parte, en el eje de Físico matemáticas y Ciencias de la Tierra, los autores del artículo **Análisis comparativo de cinco configuraciones geométricas de juntas soldadas en filetes sometidas a tensión**, mediante un análisis de modelos matemáticos (determinados por fórmulas algebraicas), definen las tablas mediante las cuales, al conocer la carga que soportará una estructura, es posible identificar el espesor de las placas y el tipo de electrodos necesarios para unirlos. Esta información es valiosísima para los técnicos soldadores, especialmente al considerar que este ha sido un tema poco explorado.

Tenemos la seguridad de que los artículos publicados en este número contribuyen a expandir las fronteras del conocimiento científico y tecnológico, y seguramente serán un peldaño que impulsará nuevas investigaciones y ulteriores desarrollos.

Atentamente
Comité Editorial
Revista Reacción

ÍNDICE

Nueva técnica de programación de robots

o ▶ **PAG.4**

Estrategias para la instalación de una planta productora de filete de pez armado

o ▶ **PAG.12**

Análisis comparativo de cinco configuraciones geométricas de juntas soldadas en filetes sometidas a tensión

o ▶ **PAG.20**

Diseño, desarrollo y construcción de un simulador de transporte federal de pasajeros

o ▶ **PAG.32**

Comité Editorial

Liliana González Arredondo
Directora editorial

Daniel Israel Rodríguez Gante
Integrador Web

Jorge Israel Sánchez Rábago
Diseño Gráfico

Laura Margarita Aguilar Cervantes
Correctora Editorial

Ma. Guadalupe Serrano Torres
Representante de Área Económico Administrativo

J. Guadalupe Santos Gómez
Representante de Área Ingenierías

Adriana López Barberena
Representante de Área Económico Administrativo

Ricardo Miguel Sánchez Durán
Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación

Roberto Gutiérrez Guerra
Representante de Sustentabilidad para el Desarrollo

Jessica Sandoval Palomares
Representante de Investigación



Nueva técnica de programación de robots

Creating a new robot programming technique



Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila

Edgar Ovidio Barrón Ramos,
Claudia Elena Seguy Fernández,

Miriam Zulema González Medrano,
Rosendo De Luna Álvarez

Resumen

En la actualidad el método más utilizado para la manipulación de robots en el área industrial es el Teach Pendant, dispositivo que actúa como un controlador que está constituido por un teclado alfanumérico de función, y una pantalla de edición.

Como alternativa se propone la implementación de un sensor óptico tridimensional, el cual crea un espacio de realidad virtual para la adquisición de datos de los movimientos de la palma de una mano, transformándolos a un conjunto de posiciones absolutas, a través de una interfaz desarrollada en LabVIEW, enviados a los servomotores para su ejecución por el autómatas. Como resultado se obtiene un tipo de programación interactiva con capacidad de adaptarse a mecanismos con "n" grados de libertad; sin embargo, su precisión está condicionada por el rango de sensibilidad (0.7 mm) del Leap Motion y los componentes de los actuadores.

Palabras Clave: interfaz, adaptar, robot, control.

Abstract

The Teach Pendant is currently the most used method for handling robots in the industrial area, this device acts as a controller that consists of an alphanumeric function keyboard and an editing screen.

An alternative is proposed, the implementation of a three-dimensional optical sensor is, which creates a virtual reality space with the acquisition of data from the movements of the palm of a hand, transforming the data into a set of absolute positions, through an interface developed in LabVIEW that is sent to servomotors for execution by the automaton. As a result, we obtain a type of interactive programming with the ability to adapt to mechanisms with “n” degrees of freedom; however, its accuracy is determined by the sensitivity range (0.7 mm) of the Leap Motion and the components of the actuators.

Keywords: interface, adapt, robot, control.

Introducción

Desde su aparición, los robots han sido implementados para la mejora continua de diversos procesos, y su adquisición ha tenido un incremento exponencial¹ por parte de grandes corporaciones, que cada vez son más “dependientes” de ellos.

Como resultado de su alta demanda, se ha enfatizado en su innovación, productividad y eficiencia, dejando rezagada y con mejoras mínimas la manera en la que interactúan con el usuario y el cómo son programados. Actualmente, y de forma general, existen cinco métodos de programación²:

- Manual
- Modo *teach pendant*
- Modo guiado
- Computadora servidor
- Modo *off-line*

Dentro de estos, el modo guiado es cada vez menos utilizado debido a que conlleva el trabajo de mover en forma manual al robot a la posición deseada. El método *off-line*, relativamente moderno, es poco utilizado; éste se apoya en el uso de sistemas CAD. Hoy el 90 % de los robots se emplean con un Teach Pendant⁴ que es la generación de un código por medio de botones de función, el cual indica al robot los ejes que debe modificar en tiempo real.

Esta propuesta es considerada como una variación del modo guiado, ya que se lleva al robot al lugar deseado, por medio del movimiento de la mano en coacción con el sensor óptico, el cual elimina la carga física que implicaba realizar los movimientos del autómatas de forma manual y una vez ahí se guarda la posición que se utilizará posteriormente en el código.

En los últimos 20 años⁵ han existido modelos que emplean la visión artificial en la generación del código de programación; no obstante, esta se limitaba a la adquisición de información de las partes⁵ (inspección, identificación, localización, orientación y monitoreo de seguridad) y su empleo exclusivo para la toma de decisiones en lógicas diseñadas. El enfoque moderno de la tecnología visual busca tener una posición jerárquica mayor en el control de equipos y no solo como herramienta de apoyo.

El sensor Leap Motion⁶ cuenta con dos cámaras y tres leds infrarrojos, lo que le permite tener un rango de operación adecuado para captar en todo momento la posición de la palma de una mano, que posteriormente será traducida a código utilizable. Con una interfaz apoyada en LabVIEW, se convierten y envían las señales resultantes al controlador, que finalmente manipula los servomotores sobre la base de las posiciones retroalimentadas por los *encoders*.

Objetivo

Aplicar un modelo interactivo que permita al usuario de robots omitir la escritura de un código de programación, a través de la digitalización de los movimientos de la mano.



Planteamiento del problema

El Teach Pendant es utilizado para realizar las tareas relacionadas a procesos repetitivos; ha permanecido sin mejoras en su metodología³, contrario a los cambios que ha sufrido la industria, en la cual es cada vez más común encontrar procesos que deben ser modificados rápida y en algunas ocasiones constantemente. Aunado a esto, existen múltiples casos en donde la secuencia de movimientos debe (además de ajustarse al sistema productivo) adecuarse a las necesidades del/la operador/a involucrado/a. Para este nuevo panorama es imperativo contar con una forma de programar que permita hacer cambios de manera simple y que no requiera empleados/as altamente especializados, evitando así gastos innecesarios. Como respuesta a la situación anterior, se implementó este tipo de tecnología, que logra innovar la forma de manipulación de autómatas programables.

Método de trabajo

En este apartado se aborda en detalle el principio de funcionamiento de cada una de las partes que lo integran, así como sus requerimientos:

Sensor Leap Motion

Leap Motion es un dispositivo que implementa tecnología infrarroja con el fin de ubicar, capturar, digitalizar y procesar los movimientos de la(s) mano(s). Su diseño está constituido por dos cámaras CCD (dispositivo de carga acoplada) y tres emisores infrarrojos, con un alto grado de precisión en la variación de las posiciones espaciales.

Requerimientos del sistema

- Windows 7+ o Mac OS X 10.7+
- Procesador AMD Phenom II o Intel Core i3/i5/i7
- 2 GB RAM
- Puerto USB 3.0 (2.0 compatible)

Especificaciones técnicas

- Dimensiones: Largo: 78.74 mm, Ancho: 30.48 mm, Alto: 12.7 mm
- Peso: 45.35 gr.
- Precisión: ± 0.009906 mm
- Estándar de conexión: 1 puerto USB 3.0
- Rendimiento: 200 fps

Brazo robótico

Como prototipo (Fig. 1) se utiliza el Kit para Arduino de la empresa Sunfounder, el cual cuenta con cuatro grados de libertad, cada uno controlado por un servomotor (5 VDC, 30 mA). Para controlar los servomotores es necesario utilizar la placa de expansión, la cual facilita las conexiones y además se alimenta con una fuente externa. La placa de desarrollo Arduino modelo Uno fue utilizada, dada la facilidad de librerías desarrolladas para su uso dentro del entorno de LabVIEW.

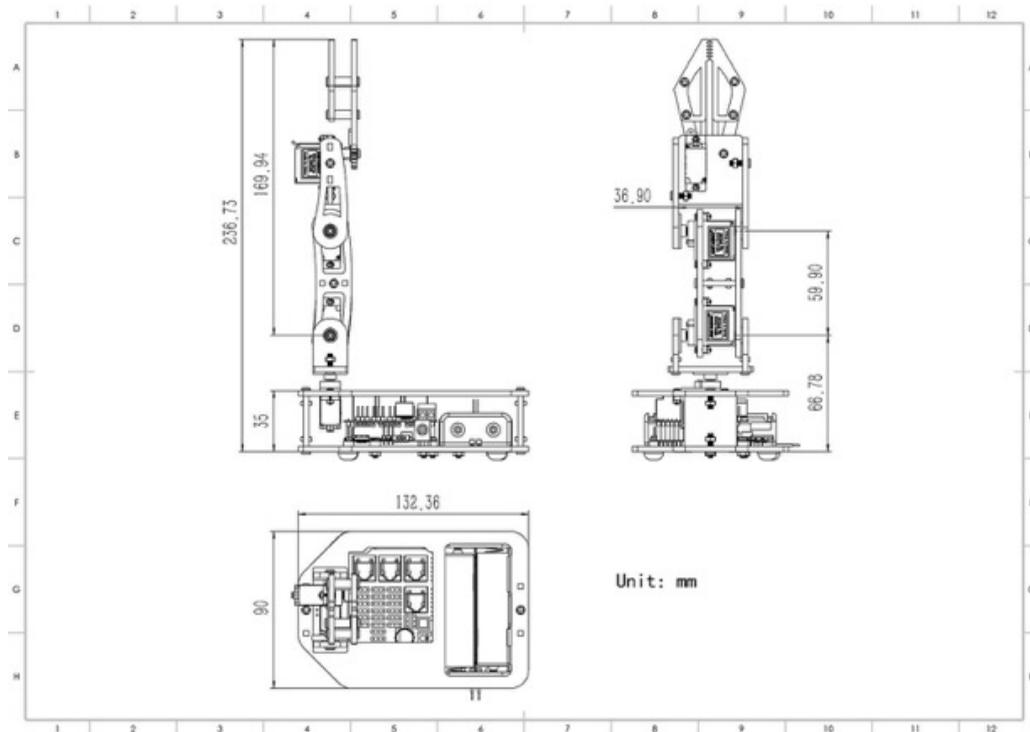


Figura 1. Dimensiones de prototipo utilizado. (Fuente: <https://www.robotshop.com/ca/en/robotic-arm-kit-4-axis-arduino.html>)

LabVIEW

Es un software que ofrece un enfoque de programación gráfica mediante herramientas útiles para la obtención, análisis y procesamiento de datos.

Requerimientos del equipo de cómputo

Se muestran a continuación:

Tabla 1. Requerimientos del equipo de cómputo

Windows	Entorno de usuario	Entorno para desarrollador
Procesador	Pentium 4M/Celeron 866 MHz (o equivalente) o posterior (32-bit) Pentium 4 G1 (o equivalente) o posterior (64-bit)	Pentium 4 M (o equivalente) o posterior (32-bit) Pentium 4 G1 (o equivalente) o posterior (64-bit)
Memoria RAM	256 MB	1 GB
Resolución de la pantalla	1024 x 768 pixeles	1024 x 768 pixeles
Sistema Operativo	Windows 10/8.1/8/7 SP1 (32 y 64 bit) Windows Server 2012 R2 (64-bit) Windows Server 2008 R2 SP1 (64-bit)	Windows 10/8.1/8/7 SP1 (32 y 64 bit) Windows Server 2012 R2 (64-bit) Windows Server 2008 R2 SP1 (64-bit)
Espacio del disco	620 MB	5 GB (Incluye los driver de dispositivo por parte de National Instruments)



Programación

La interfaz de control desarrollada en el software de LabVIEW 2015, requiere el uso de librerías (LabVIEW Interface for Arduino, Leap Motion MakerHub) para establecer una comunicación entre el dispositivo de entrada (Leap Motion) y la placa de control para los servomotores (Arduino Uno).

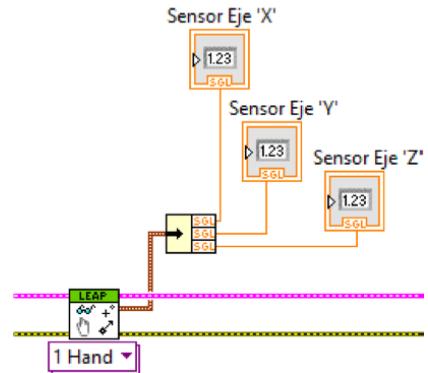


Figura 2. Adquisición de datos

Primeramente, se obtienen los valores proporcionados por el sensor al posicionar la mano sobre este, por lo que arroja los datos de tres ejes disponibles: Eje 'X', Eje 'Y', Eje 'Z' (Fig. 2) y se almacenan en variables para su posterior procesamiento, lo cual accionara a cada servomotor correspondiente.

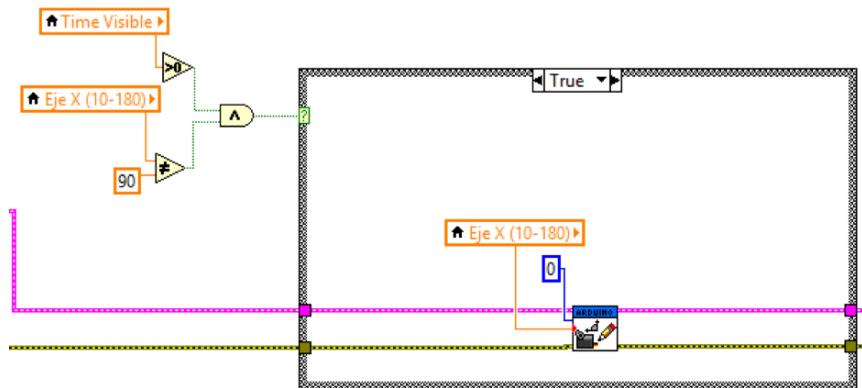


Figura 3. Control de servomotor

Una vez ajustada la señal de entrada, es posible mandar ese dato a la placa de control para que accione al servomotor correspondiente. Para ello se implementa la estructura que se muestra en la Figura 3. En este caso es para el eje 'X', para los demás ejes y el gripper sería una configuración equivalente.

El diagrama de la Figura 4 nos ayuda a configurar el número de servomotores a utilizar; en él se configura cada servomotor, es decir, se le asigna un número de identificación (parte superior), y se le asignan los números que representan las terminales a las cuales van conectados en la placa de control (parte inferior).

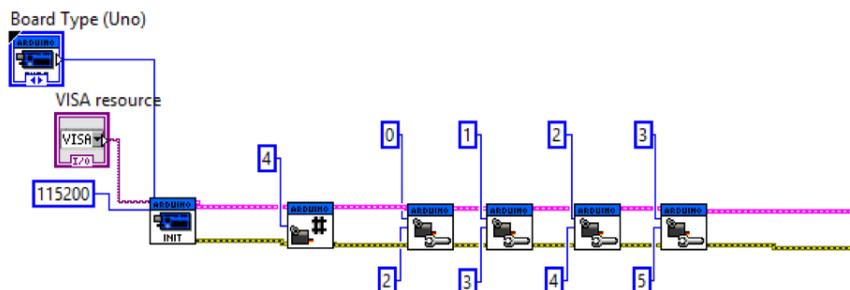


Figura 4. Configuración básica para servomotores

Se utilizan tres de los cuatro servomotores para controlar tres ejes (X, Y, Z). Su rango de operación es de 10 a 170 grados, por lo que se debe re-escalar (Fig. 5) el valor proveniente de cada eje para proporcionar la señal adecuada a los actuadores. Con este fin se desarrolló la siguiente estructura.

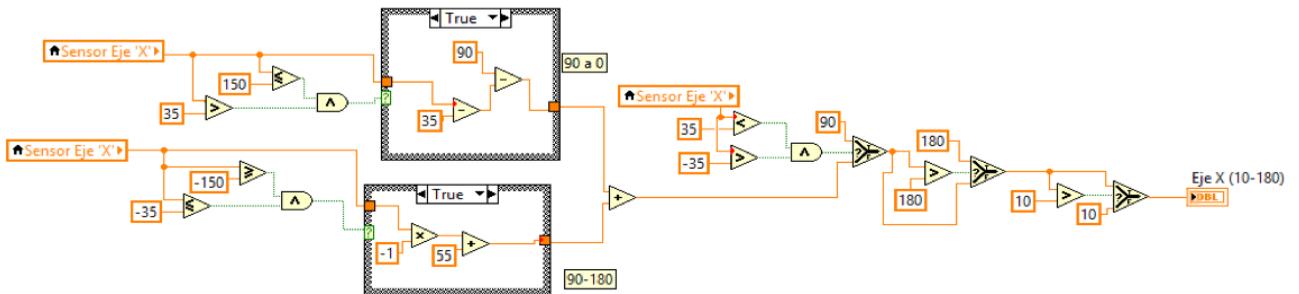


Figura 5. Ajuste de la señal

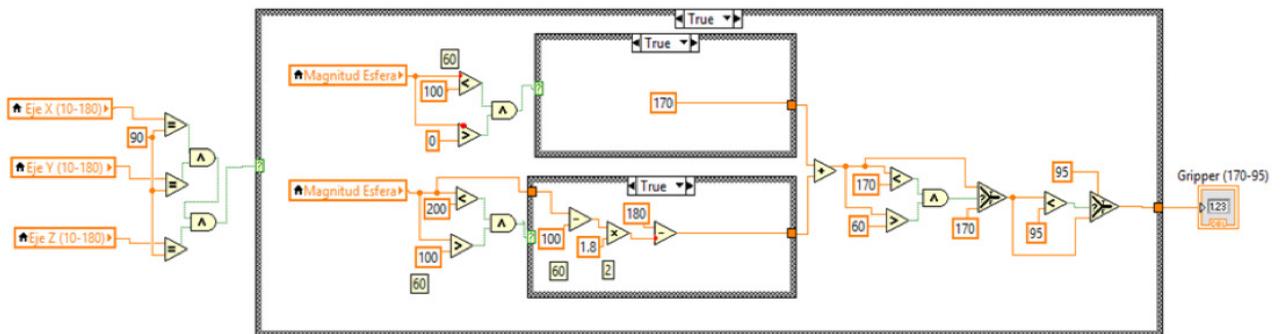


Figura 6. Estructura del rango de operación del gripper

En la Figura 6 se aprecia el acondicionamiento del valor proveniente del sensor, el cual es necesario para accionar el gripper. De la misma forma que en el caso anterior, se tiene que definir el rango de operación para el servomotor, en este caso, por su diseño mecánico, tiene un rango de operación de 75 grados (170-95), lo que representa que el gripper está cerrado a 170 grados y totalmente abierto a 95 grados.

Una vez obtenidos los datos provenientes del sensor, se procede a su almacenamiento, guardando así cada una de las posiciones que posteriormente el brazo robótico ejecutará automáticamente. Para ello se hace uso de la función "Array" y sus componentes para poder construir un arreglo de datos, en la que cada una de sus posiciones guardará los ángulos para cada servomotor.

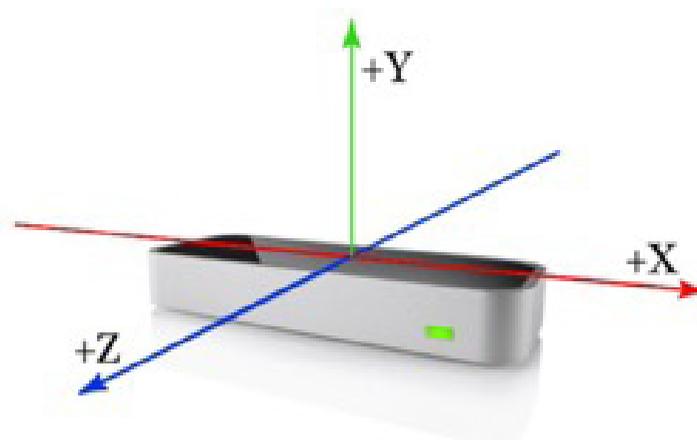


Figura 7. Ejes definidos de Leap Motion (Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-api/>)



Para mover el brazo robótico en el eje deseado, solo es necesario colocar la mano sobre el sensor e ir posicionándola de acuerdo al eje que se requiera (Fig. 7).

Para controlar el servomotor que abrirá o cerrará el *gripper*, es necesario que con la mano se muestre el gesto adecuado, el cual es como si se estuviese formando una esfera con la apertura y cierre del puño de la mano (Fig. 8).

Gripper abierto



Gripper cerrado



Figura 8. Control del *gripper*

Una vez que se almacenan los datos en los arreglos, se puede ejecutar el modo 'Play' (Fig. 9) y el brazo robótico reproducirá la secuencia previamente guardada. Adicionalmente, se puede monitorear, desde el panel frontal, la posición de cada servomotor.



Figura 9. Visualización del modo Play, Resultados

Se logró desarrollar un software mediante LabVIEW que puede manejar los datos obtenidos por el LeapMotion sin agregar retrasos perceptibles. Su interfaz cuenta con las siguientes funciones:

1. Limpieza de datos almacenados.
2. Guardado de posición actual.
3. Retorno a home.
4. Control manual mediante panel frontal.
5. Control mediante LeapMotion.
6. Indicadores de valores actuales de la posición de la mano.
7. Modo play.
8. Indicadores de la posición de los servomotores controlados.

Dichas funciones son básicas para crear un proceso en un entorno industrial. Además, es capaz de guardar 40 posiciones y repetir el recorrido entre los puntos guardados de manera automática mediante el modo “play” implementado. Es adaptable al tipo de robot con que se cuente y su capacidad de almacenamiento es expandible.

Todo lo mencionado hace prescindible el uso de un Teach Pendant para controlar un robot, resultando más sencillo y rápido el programar una tarea en la maquinaria, así como también su aprendizaje y capacitación para una persona que sea nueva en este ámbito, todo ello siempre y cuando se cumpla con los requisitos de LeapMotion y LabVIEW.

Conclusiones

El desarrollo de esta interfaz de control representa un gran avance en la manera de programar autómatas, ya que ofrece al usuario o usuaria un método más amigable de poder manipular brazos robóticos, además de que el/la operador/a se familiariza rápidamente con el robot y puede desarrollar un proceso productivo de manera rápida y sencilla.

Empero, este sistema puede considerarse incompleto o en proceso de mejora, ya que aún requiere complementarse con algún otro concepto interactivo que facilite la creación de lógicas de toma de decisión, sustituyendo las variables locales por las variables globales (ya que en las pruebas se utilizan las variables locales), con lo cual se podrían sustituir de manera total las dificultades al programar y el Teach Pendant.

Referencias

1. INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. *Global industrial robot sales doubled over the past five years*. [Artículo en línea: World Robotics – Industrial Robot Report 2018 published]. [Fecha de consulta: 31 de enero de 2019]. Disponible en: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years>
2. KERAMAS, James G. *Robot Technology Fundamentals*. 1a ed. New York: Delmar Publishers, 1999. ISBN: 0827382367 British Automation & Robot Association. *Robot Programming Methods*. [Artículo en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 22 de enero de 2019]. Disponible en <https://www.ppma.co.uk/bara/automation-explained/robots/robot-programming-methods.html>
3. QIAN, Kun; NIU, Jie y YANG, Hong. Developing a Gesture Based Remote Human-Robot Interaction System Using Kinect. *International Journal of Smart Home* [en línea]. Vol. 7, No. 4, julio 2013. [Fecha de consulta: 23 de enero de 2019]. Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/62d4/a156a8bdd052374b9b08d058452a1afec24.pdf?_ga=2.11140276.1857734261.1548289971-1899880718.1548289971
5. MORLEY, Emma C. y SYAN, Chanan S. Teach pendants: how are they for you? *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application* [en línea]. Vol. 22, No. 4, pp.18-22. Junio 1995. [Fecha de consulta: 23 de enero de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1108/01439919510098416>
6. WEICHERT, Frank; BACHMANN, Daniel; BARTHOLOMÄUS, Rudak y FISSELER, Denis. *Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller*. *Revista de la MDPI* [en línea]. 14 de mayo de 2013. [Fecha de consulta: 22 de enero 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3690061/> ISSN: 1424-8220

Fecha de recepción
12/03/2019

Fecha de aceptación
10/05/2019

Fecha de publicación
31/05/2019



Estrategias para la instalación de una planta productora de filete de pez armado

Strategies for the installation of the pez armado fillet production plant



Universidad Tecnológica del Usumacinta
 Martín Gerardo Martínez Valdés,
 Juan Francisco Chávez Dehesa,

Manuela de Jesús Cambranes Chi,
 María del Rosario Gutiérrez Maldonado

Resumen

Se presenta el caso de la “Comunidad Arroyo Polo 2da. Sección Municipio de Centla”, empresa recién creada que utiliza al pez armado (*Pterygoplichthys spp.*) como materia prima para generar un producto nuevo que impacte en el gusto de la población. El objetivo del presente trabajo fue generar estrategias para la extracción y comercialización de filete del pez armado, este contribuye a proporcionar nutrición complementaria por su alto contenido de proteína y omega3, e impacta en la utilización de especies invasoras en sistemas de agua dulce, para apoyar el crecimiento de especies nativas. Se desarrollaron aspectos administrativos, propuestas técnicas de producción, estudio financiero y agenda de innovación. Se considera la utilización, captura y aprovechamiento de 12.0 t mensuales, para extraer 1.80 t de filete, cumpliendo BPM (Buenas Prácticas de Manejo) para su obtención. La venta está dirigida a la ciudad de Frontera y Villahermosa, en el estado de Tabasco. En su primera etapa, el proyecto tiene un RBC de 1.94, TIR de 78.72 y VAN positiva; las inversiones se recuperan en un lapso de cinco años; en el aspecto social, se integran 10 socios, esto impacta en la generación de mano de obra directa con un negocio viable, rentable y sustentable, con productos innovadores.

Palabras clave: ecología, estrategias, innovación, pez, procesamiento.

Abstract

The creation of companies, allows to involve people, institutions, resources and innovative ideas to respond to consumer demands and sustainability, the case of the “Arroyo Polo Community 2nd. Section Municipality of Centla “newly created company uses the armed fish (*Pterygoplichthys* spp.), The objective of this work was to generate strategies for the extraction and commercialization of fillet of the armed fish that contributes to provide complementary nutrition due to its high protein content and omega3, and impacts on the use of invasive species in freshwater systems, to support the growth of native species; administrative aspects were developed, technical production proposals, financial study, and innovation agenda; the utilization, capture and use, of 12.0 ton is considered. monthly, to extract 1.80 ton. of fillet, complying BPM to obtain it, its sale is directed to the city of Frontera and Villahermosa Tabasco, in its first stage, the project has a RBC of 1.94, TIR of 78.72 and positive VAN, the investments are recovered in a period of five years, in the social aspect, 10 partners are integrated, which impacts on the generation of direct labor with a viable, profitable and sustainable business with innovation products.

Keywords: Ecology, strategies, innovation, fish, processing.

Introducción

En el mundo, el pez armado (*Pterygoplichthys* spp.) presenta impacto ecológico, económico y social relevante: se ha detectado en los cinco continentes y en veintidós países, con siete especies o híbridos que se han introducido; América es uno de los que ha sufrido la mayor afectación¹. En México se reporta su aparición en 1995, en el sur del país su presencia se hace notar en 2002 y se realiza su primera clasificación taxonómica en 2007, con la aparición de seis de las siete especies descritas a nivel mundial.

El pez armado (*Pterygoplichthys* spp.) presenta como único depredador al ser humano², aunque Ríos (2015)³ reporta que el cormorán oliváceo (*Phalacrocorax brasilianus*) lo utiliza como parte de su dieta alimenticia, y en 2016 Wakida y Toro⁴ informaron que el robalo prieto (*Centropomus poeyi*) es también depredador de la especie.

Su utilización, en términos generales, es diversa y se transforma en distintos productos, esto al considerar su alto contenido de proteína y dos tipos de ácidos grasos omega 3 poliinsaturados, así como alto contenido de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico⁵. El aspecto nutritivo contribuye a que diferentes instituciones fomenten su captura, uso y transformación para su aprovechamiento⁶, sobre todo por existir las condiciones biológicas para su reproducción y desarrollo⁷, lo que impacta en la población de especies nativas derivado del consumo de huevecillos de forma involuntaria. Amezcua (2014)⁸ comenta que la aparición del pez coincide con una disminución considerable en las capturas y abundancia de tilapia en la zona lagunar de Sinaloa, que se generaliza (esto opinan pescadores en algunas regiones del país), por lo que presenta impactos ambientales y socioeconómicos. Esto promueve expectativas de innovación social en el campo, con propuestas desde alimento para ganado, biofertilizante en la agricultura, harina para diversos usos con buenos resultados^{9,10}, además de ensilados¹¹. Por otra parte, se están desarrollando estudios de enzimas digestivas con la finalidad de obtener conocimiento básico para utilizarse en el ramo de la tecnología de enzimas¹² y para consumo humano en diferentes preparaciones tradicionales¹³.

En este contexto, con apoyo del Comisión Natural de Áreas Protegidas (CONANP) y el Colegio Intercultural de las Américas A.C., se implementó la instalación de una microempresa, que responda tanto a la problemática de los pescadores como a la situación particular (en materia de sustentabilidad) de los pantanos de Centla. El caso es en la comunidad Arroyo Polo 2da. Sección, municipio de Centla, con la asociación “La prosperidad de los pantanos de Centla”, que cuenta con 10 productores, quienes utilizan al pez armado (*Pterygoplichthys* spp.) para la extracción y selección de filete, que es comercializado a nivel local, para consumo del público en general y regional en restaurantes de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en presentaciones de un kilogramo, con la característica de estar empacado al alto vacío y desarrollado bajo Buenas Prácticas de Manejo (BPM).

Marco teórico

El origen de esta empresa se remonta al año 2015, cuando surgió la idea de procesar filetes y se decidió aprovechar un proyecto de la CONANP dirigido a productos innovadores y aprovechamiento sustentable de especies, que contribuyen a una alimentación de calidad. Al ser emprendedores, surge la idea de establecer un prototipo alimentario (filetes), para la utilización de carne de pescado producida en forma tradicional, que podría ser producto alterno como una magnífica opción de negocio, debido a la aceptación en pruebas organolépticas realizadas con familiares y público en general. Se optó por la generación de una empresa que permitiera visualizar esquemas de trabajo colaborativo con equipo e inversiones conjuntas, que atendiera a las necesidades de trabajo de los pescadores, sobre todo al considerar producción por volumen, lo que implicaría generar empleos.



En México la pesca ribereña o artesanal se considera como el eslabón vulnerable de la cadena pesquera nacional, regional y local, debido a que son grupos dotados de escasa tecnología y capital, no se enfocan en una especie determinada, capturan lo que exista y se demande. En este caso, el aprovechamiento de los recursos de la pesca representa la principal fuente de ingresos económicos para diversas comunidades, y forma parte de su identidad cultural en las aguas interiores de Tabasco. La diversidad de peces de importancia económica es notoria, pues se captura sábalo, robalo prieto, robalo blanco, pejelagarto, diversas especies de mojarra nativas (tenguayaca, castarrica, pinta, colorada, entre otras) e introducidas (mojarra tilapia y carpa herbívora); en el caso del pez armado o pez diablo, como especie invasora, se han desarrollado acciones conjuntas para fomentar su consumo.

En México, el consumo per cápita de pescado y marisco en 2016, se estima en 12.7 kilogramos¹⁵; en 2017 se logró la generación de 1.8 millones de toneladas de productos pesqueros y acuícolas¹⁶; y una exportación de pescados, crustáceos y moluscos con valor de 870,296,000 dólares y una importación de 639,394,000 dólares (cifras acumuladas de noviembre 2016 a noviembre 2017), lo que hace una balanza comercial positiva en este rubro¹⁷. Cabe señalar que también se requiere de esfuerzo adicional para cubrir la demanda interna, sobre todo por la situación comercial, al exportar filete de mojarra con valor de 14,900,000 dólares¹⁸, lo que hace atractivo el proyecto para los pescadores ribereños, ya que el pez armado tiene alternativas de cubrir mercados específicos, sobre todo en filete.

La carne del pez armado posee una excelente calidad: sus propiedades nutricionales, medidas en términos de ácidos grasos, la hacen un recurso valorado. A través de innovadoras técnicas, como la extracción enzimática neutra, usando el pescado completo, se obtuvieron rendimientos de obtención de aceite del 2.1%, con 40 % de grasas saturadas, 44 % de monoinsaturadas, 17 % de poliinsaturadas, 13.2 % de omega 3, 3 % de DHA y 2.5 % de EPA¹⁹, lo que hace que sus componentes aporten elementos de nutrición a los consumidores, tiene un porcentaje de carne de alrededor del 20 % de su peso, sin embargo, la calidad biológica de su carne es excelente: presenta 85 % de proteína en base seca y una digestibilidad cercana al 98 %²⁰.

Estos datos generan oportunidades de negocio, al requerir de elementos básicos que permiten integrar fases técnicas, de mercado, financieras y de administración, aplicadas directamente a desarrollar los factores de la producción, que promuevan estrategias directas hacia la empresa. Se consideró como oportunidad de negocio y generación de capital humano. En un ambiente globalizado²¹, el futuro de las empresas depende de su capacidad de respuesta e innovación, por lo que la propuesta representa una ventaja competitiva sustentable, para la transmisión de la cultura y filosofía ambiental, que desarrolle una economía dinámica utilizando los recursos de carácter local²² en forma óptima y efectiva. Las empresas requieren de procesos eficientes de conformación y seguimiento, con la finalidad de lograr su objeto social. Esto implica utilizar la planeación estratégica, que permite proyectar esquemas de desarrollo a mediano y largo plazo, además de fundamentar acciones que incrementen la competitividad frente al mercado nacional e internacional²³. Un ambiente dinámico de negocios, contribuye a aportar valor a sus consumidores, a través de una relación sólida, debido que en la actualidad los clientes son exigentes y el mercado global ofrece múltiples oportunidades a sus necesidades, por lo que es indispensable la inclusión de servicios o productos nuevos²⁴.

Objetivos

Proponer la aplicación de estrategias administrativas, técnicas, financieras y de mercado para el establecimiento de una planta productora de filete de pez armado (*Pterygoplichthys spp.*), con la finalidad de integrar al grupo de pescadores ribereños a esquemas microempresariales que detone en la utilización de mano de obra directa, impacte en la atención de consumidores y contribuya con la sustentabilidad en la zona de los pantanos de Centla.

Materiales y Métodos

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron talleres participativos para un total de 10 socios del grupo, a fin de integrar las dimensiones comunicativa, pedagógica, investigativa y creadora: se aplicaron cinco talleres que corresponden a sondeo de mercado, estudio técnico, estudio financiero, estudio organizacional, agenda de innovación e impacto ambiental. Los aspectos a considerar fueron la construcción de la identidad corporativa, que es un concepto que permite identificar y diferenciar las marcas o empresas frente a sus grupos de interés, con referencia a misión, visión, valores y objetivos a seguir, con el fin de desarrollar motivación en el capital humano²⁵; el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), para diagnosticar la situación interna y externa de la organización, y así obtener una perspectiva general de la estrategia a aplicar en la organización²⁶.

En las innovaciones desarrolladas y rendimientos de producto, se aplicaron Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la búsqueda de alimentos inocuos cuando son procesados y manipulados bajo condiciones sanitarias en establecimiento dedicados a la producción, almacenamiento y expendio de alimentos²⁷, así como la utilización de desechos para verificar el impacto ambiental. En el aspecto financiero se determinaron indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), que es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta²⁸, la tasa interna

de retorno (TIR) con flujos actualizados²⁹, la relación beneficio-costos (B/C), que consiste en dividir los beneficios actuales entre el valor actualizado de la inversión a una tasa de actualización o de descuento³⁰, indicadores básicos que contribuyen a manifestar la viabilidad y rentabilidad del negocio. Como aspecto final, se integraron los talleres para determinar la agenda de innovación mediante análisis de hechos.

Resultados y discusión

Estrategias administrativas

Sobre la base de los temas abordados en el taller organizacional, se realizó la construcción de la filosofía, con la misión y visión institucional como estrategia de reconocimiento de la empresa e identificarse como socios.

La misión de la “Prosperidad de los pantanos de Centla” consiste en ser “una sociedad cooperativa que maneja recursos con transparencia, productiva, que promueve el crecimiento regional y de apoyo social, logrando beneficios económicos para los socios y los proveedores pesqueros”. Asimismo, se definió como visión: la “Prosperidad de los pantanos de Centla” en 2025 es una sociedad cooperativa reconocida por su crecimiento empresarial, que oferta al mercado nacional e internacional productos pesqueros procesados de calidad superior, que contribuye al desarrollo sustentable de la región y calidad de vida de sus socios”. Lo valores institucionales se reflejan como: “responsabilidad, puntualidad, compromiso, decisión, comunicación, crear y crear, y tener fe”.

En cuanto a los objetivos institucionales son los de:

- Promover productos pesqueros sustentables.
- Lograr calidad de vida de los socios y proveedores.
- Aprovechar los recursos para beneficios de la población.
- Lograr productos que ayuden a una alimentación sana.
- Desarrollar una empresa productiva a nivel internacional.

Estos procesos colaboran a desarrollar un interés por la empresa y que el productor se interiorice en el reconocimiento de su trabajo presente y futuro.

En la construcción del análisis FODA se obtuvieron resultados relevantes, al ser desarrollado por los productores y visualizar su estatus, además de proyectar soluciones integrales (ver Tabla 1).

Tabla 1. Análisis FODA de la empresa “Prosperidad de los pantanos de Centla”

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Producción	Mercado local, regional y nacional	Crear en el proyecto	Costo de energía
Instalaciones	Apoyos federales y estatales	Comunicación	Competencia
Personal capacitado	Aceptación de producto por consumidores	Organización	Productos sustitutos
Equipos de proceso	Diversidad de opciones de consumo	Responsabilidad	Problemas sociales
Proveedores de materia prima		Ánimo personal	Permisos y concesiones
Actitud positiva		Falta de transporte	Pérdida de especies por sobreexplotación
Mercado		Compromiso	
Recursos financieros		Toma de decisiones	

Fuente: Elaboración propia (datos desarrollados en taller con productores).

En este sentido se determinan estrategias para cubrir las relaciones existentes en el análisis a corto plazo: a) Generar plan



de mercadotecnia específico; b) Establecer un plan de promoción y publicidad, incluyendo internet; c) Plan de capacitación para desarrollo de emprendedores y liderazgo; d) Convenios de proveedores y comercialización de productos y e) Realizar un reglamento interno.

A mediano plazo: a) Diversificar mercados; y b) Promover la innovación de productos, que incluye artesanías (carteras bolsas, entre otras), alimentación de ganado (harinas) y diversidad de productos (desde embutidos, marinados, hasta enlatados, entre otros).

A largo plazo: a) Institucionalizar la sustentabilidad del negocio (cuidado de especies); y b) Programas de producción y repoblamiento de especies nativas.

Estrategias de sondeo de mercado y producción

En estos momentos la empresa tiene la capacidad de generar 1,800 kg de filete al mes (considerando los requerimientos de aproximadamente 12,000 kg de materia prima en forma mensual, se estiman rendimientos de proceso del 15 % en promedio, sobre todo porque se trabajan peces de 25 a 30 cm de tamaño, óptimos para el filete que se desea a la venta en público y en restaurantes locales). Esta propuesta se consideró sobre la base del sondeo de mercado realizado forma personal por medio entrevistas a propietarios de restaurantes de platillos tradicionales en las ciudades de Frontera y Villahermosa, Tabasco.

Se determinó el diagrama de proceso conforme la aplicación del método BPM, realizando los registros de actividades como control y evitar productos contaminados que afecten la presentación y caducidad del filete, el cual se entrega en bolsas al alto vacío con porciones de 0.5 y 1.0 kilo, los cuales son congelados aplicando la NMX-FF-032-SCFI-2001³¹, en este caso los análisis microbiológicos están en desarrollo.

Para responder a las expectativas, se realizó el diagrama de proceso del filete, para trabajar de acuerdo con BPM; se presenta a nivel general en forma siguiente:

- Recepción de la materia prima: es una de las operaciones importantes en la elaboración de estos productos, ya que de la calidad de la materia prima depende la calidad del producto terminado, la carne deberá tener un pH de 5.6, limpio, sin golpes, el pez debe llegar vivo (debido a que tarda tres días en morir), libre de materiales extraños, limpio de lodo o tierra.
- Se lava y se desangra con un corte en la parte ventral del pez, se deposita en balde de agua fría.
- Se coloca en la mesa y se realizan cortes en el lomo del pez con una navaja o cuchillo; se realiza un corte longitudinal por la parte de unión de las espinas, al separar la piel exterior se expone el filete y se separa con cuchillo,
- Posteriormente, al sacar el filete, este se sumerge en agua con hielo para conservar su frescura.
- Se lleva a cabo el control de calidad.
- Se filetea conforme el estándar que tienen los productores y se deposita en bolsas para sellar al alto vacío.
- Se empaca con equipo al alto vacío al 93% aproximadamente, en un tiempo de sellado de 2 segundos, en bolsas de plástico de 6 x 8 pulgadas.
- Se culmina el proceso y se almacena en refrigeración o congelación para el traslado a los centros de consumo, en taras de plástico.

Estrategias financieras

Se delimitó la necesidad de inversiones totales por un monto de 594,300 pesos: el 84.14 % corresponde a inversiones fijas por 500,000 pesos en equipos de proceso y de transporte, el 15.86 % de capital de trabajo por 94,300 pesos, para adquisición de materia prima, que se constituye por la compra de 12,000 kg de pez armado. En este caso el pez es proporcionado por pescadores locales y socios. También se consideran los gastos de mano de obra directa de 10 socios en la planta de proceso, para la producción y comercialización de 1,800 kilos de filete. Se realizará la gestión de apoyo financiero con instituciones de fomento correspondiente al 100 %, aclarando que como aportación se tienen los activos con que cuenta en estos momentos la empresa, la producción actual y ventas por cobrar. Se considera aportación de CONANP, con la finalidad de que la carga financiera no se aplique con obligaciones crediticias o de otro tipo, esto hace que el proyecto por si solo presente viabilidad.

El proyecto genera expectativas de recuperar inversiones al comercializar 1,800 kg. de filete empacado al alto vacío, a un precio de 80.0 pesos/kilogramo (con ingresos mensuales de 144,000 pesos). En cuanto a los egresos, se tienen costos directos de producción por 30,000 pesos; gastos de administración por 17,500 pesos y gastos de venta de 26,900, esto da un total de 74,400 pesos (en total se estima que el costo de producción por kilogramos es de 41.33 pesos). De estos datos se obtiene una relación beneficio costo (RBC) de 1.94, lo que sugiere viabilidad en la actividad para la empresa.

El pago de la mano de obra es íntegro para los socios del proyecto. Se considera el caso de PE (Punto de Equilibrio) en 36,206.90 pesos de ventas mensuales para cubrir los gastos fijos de la empresa.



El cálculo de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) se aplicó como tasa de actualización de 33.57 % anual en base a créditos que se obtienen en microfinancieras de la región, y un monto de inversión de 594,300 pesos, obteniendo indicadores anuales como la VAN de 1'308,448.87 (que es positiva) y la TIR con factor actualizado de 78.72 %, lo que sugiere que es rentable el proyecto conforme a los parámetros establecidos y se recuperan las inversiones. Si bien las instituciones de fomento no cobran interés sobre los montos que proporcionan, el cálculo se realizó para verificar si se tiene la posibilidad de ser viable y rentable bajo condiciones crediticias, que en este caso hacen probable su ejecución.

Estrategias de innovación

En el desarrollo del proceso, se realizaron prototipos de filete relleno, filete empanizado, *nuggets*, a los cuales se aplicaron pruebas de degustación por parte de 10 personas, y salieron sobresalientes en un 90 %. Se aplicaron mejoras en sabor por condimentación y presentación, debido al alto vacío en sus empaques para conservación, existiendo problemas de escurrimientos de jugos de salmuera; en otros aspectos no existieron situaciones anormales.

Con base a las estrategias planteadas, se generó una agenda de innovación para considerar los procesos de atención hacia la diversidad de especies y generación de empresas sustentables en la región: la "Sociedad Cooperativa de Capital Variable, La Prosperidad de los Pantanos de Centla", conformada por mujeres y hombres con actividad de pesca ribereña, que buscan promover el desarrollo y crecimiento de la empresa con:

- a. Gestión de infraestructura, equipamiento y asistencia técnica por 500,000 pesos para 2018.
- b. Realización de convenios con pescadores ribereños para el abastecimiento de materia prima para 2018.
- c. Generación de marca registrada y código de barras para 2019.
- d. Realización de convenio con comercios para comercialización de producto para 2019.
- e. Impacto a nivel regional con productos fortalecidos en 2019.
- f. Generación de página web para comercialización 2019.
- g. Generación de innovaciones para nuevos productos 2019.
- h. Estudio de mercado para colocación de innovaciones a nivel regional 2019.
- i. Promover esquemas de colaboración con instituciones de fomento 2019.
- j. Búsqueda de comercialización en estados vecinos y prospectos nacionales 2020.
- k. Adquisición de terrenos propios para construcción 2021.
- l. Realización de inversiones de infraestructura propia 2022.
- m. Proyecto de consolidación de empresa 2024.
- n. Estrategias de mercados nacionales en base a crecimiento 2025.

Impacto ambiental

El objetivo del proyecto de filete de pez armado, es la utilización de su carne en forma sustentable. Al ser catalogado como especie invasora, y que afecta en gran medida a la población de peces nativos en las zonas donde se encuentra su hábitat, hace que todo elemento que ayude a bajar su población, pueda ser de impacto positivo. En este caso, al desarrollarse este proyecto de taller en los pantanos de Centla, en la comunidad de Arroyo Polo 2da, se espera por mes comercializar 1,800 kg de filete de pez armado, lo que hace que se capture un promedio de pez vivo de 12,000 kg por mes, con inversiones por compra de este producto de 30,000 pesos mensuales, que serían recursos extras para pescadores ribereños.

Bajo este parámetro se estimaría una utilización de pez armado en un año de 144,000.00 kg. solamente en un taller de esta magnitud, que si bien no se refleja en una gran incidencia en el aspecto de cantidad de individuos (no se tiene una estimación en México de la población de este pez en las aguas territoriales), pero promueve desarrollar un proceso de utilización para alimentación humana con alto valor nutritivo, que a mediano y largo plazo se contemple como una especie que se ocupe a nivel industrial en otros procesos como alimento balanceado para otras especies; en este sentido, con los desechos, se debe estudiar soluciones integrales en forma específica en la utilización del caparazón, sangre y tratamiento de agua.

Conclusiones

La investigación determina que es viable y rentable la apertura de una planta de pez armado, debido a que se cuenta con preferencias en los mercados que permiten la comercialización de filete a nivel local y regional, sobre todo para consumo en restaurantes.

Durante el estudio, se aplicaron estrategias de trabajo, se desarrolló la identidad corporativa de acuerdo con las opiniones





de los socios, lo que demuestra compromiso. Asimismo, derivado del análisis FODA, se definieron proyectos a corto, mediano y largo plazo, lo cual promueve planificar el negocio. En el aspecto técnico se logró establecer un proceso estandarizado, lo que origina optimizar recursos existentes y eficiencia. En el aspecto financiero se demostró la viabilidad y rentabilidad de la empresa con una RBC de 1.94, TIR de 78.72 y VAN positiva de 1'308,448.87 pesos, conforme a las ventas y gastos programados. En el aspecto social, se genera mano de obra directa e indirecta, lo que ayuda al empleo en la región. A nivel de impacto ambiental, no se afecta la flora o fauna de la región, por utilizarse una especie invasora. Otra área importante de innovación es la utilización de subproductos, como son los desechos del caparazón y sangre, que pueden servir como materia prima hacia otras áreas de producción.

Se presentaron tres prototipos de productos alternos al filete (empanizados), los cuales requieren de ajustes para su estandarización. Se generó una agenda de innovación con propuestas del 2018 al 2025, esto impacta en la formación del capital humano y en los objetivos de la empresa. Se requiere de seguimiento institucional en todos sus niveles, con la finalidad de que exista planeación, gestión, implementación, crecimiento y consolidación conforme el esfuerzo realizado por el grupo de productores.

Referencias

1. ORFINGER, Alexander Benjamin y DOUGLAS GOODDING, Daniel. The Global Invasion of the Suckermouth Armored Catfish Genus *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae): Annotated List of Species, Distributional Summary, and Assessment of Impacts. *Zoological Studies*, 2018, vol. 57, no 7. Disponible en <https://dx.doi.org/10.6620/ZS.2018.57-07>
2. RAMIREZ SUAREZ Juan Carlos. Bagres invasores ¿amenaza u oportunidad?. *INFOPESCA Internacional*, 2012, no 50, p. 25-28. Disponible en <http://www.infopesca.org/system/files/complemento/articulossel/50/N%C2%BA%2050%20Bagres%20invasores%20amenaza%20u%20oportunidad.pdf>
3. RÍOS MUÑOZ, César A. Depredación de pez diablo (*Loricariidae: Pterygoplichthys*) por el cormorán oliváceo (*Phalacrocorax brasilianus*) en Villahermosa, Tabasco, México. *Huitzil*, 2015, vol. 16, no 2, p. 62-65. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75639662003>
4. WAKIDA KUSUNOKI, Armando T.; TORO RAMÍREZ, Alejandra. El roboalo prieto (*Centropomus poeyi*), nuevo depredador del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*). *Hidrobiológica*, 2016, vol. 26, no 1, p. 147-149. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n1/0188-8897-hbio-26-01-00147.pdf>
5. LORENZO MÁRQUEZ, Habacuc; TORRES DOSAL, Arturo; BARBA MACÍAS, Everardo; ILIZALITURRI HERNÁNDEZ, César Arturo; MARTÍNEZ SALINAS, Rebeca Isabel; MORALES LÓPEZ, Juan José y SÁNCHEZ MORENO, Irene. Estimación de riesgo de exposición a metales pesados por consumo de plecos (*Pterygoplichthys spp.*) en infantes de comunidades ribereñas de los ríos Grijalva y Usumacinta, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2016, vol. 32, no 2, p. 153-164. DOI: <https://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.02.02>
6. AYALA PÉREZ, Luis Amado; PINEDA PERALTA, Alma Delia; ÁLVAREZ GUILLÉN, Hernán y AMADOR DEL ÁNGEL, Luis Enrique. El pez diablo (*Pterygoplichthys spp.*) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*, 2014, p. 313-336. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/EEIcasos%20de%20estudio.pdf>
7. MACÍAS BARBA Everardo; CANO SALGADO, Martha Patricia. Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. 2014. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/EEIcasos%20de%20estudio.pdf>
8. AMEZCUA, F. Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) por la especie invasora *Pterygoplichthys spp.*. *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. 2014, pp. 273-291. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/EEIcasos%20de%20estudio.pdf>
9. SALGADO CANO, Martha Patricia; GONZALEZ ALVAREZ, Carlos Alfonso; MACÍAS BARBA, Everardo; CERECEDO CIVERA, Roberto; BORES, GOYTORTUA, Ernesto. Evaluación de la harina de plecos (*Pterygoplichthys spp.*) como fuente de proteína en el crecimiento y supervivencia de tilapia nilótica (Linnaeus 1776). Capítulo 4, Tesis doctoral. ECOSUR, México 2011. pp. 149. Disponible en https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1658/1/100000050924_documento.pdf
10. MONARES GALLARDO, Isidro; CEJA TORRES, Luis Fernando; ESCALERA GALLARDO, Carlos; VÁZQUEZ GÁLVEZ, Gilberto y OCHOA ESTRADA, Salvador. Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembra de harina de pescado (*Plecostomus spp.*) en producción de calabacita. *Terra Latinoamericana*, 2012, vol. 30, no 2, p. 147-155. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324446006>
11. RAMOS REYES, Natividad de la Paz. Manual de elaboración de ensilado ácido de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*). ITSS, Fundación Produce Tabasco, México 2012. pp. 13. Disponible en <http://www.itss.edu.mx/wp-content/uploads/2012/08/manual-pez-diablo.pdf>
12. GÁLVEZ RONGEL, Álvaro; OCAÑO HIGUERA, Víctor Manuel; PACHECO AGUILAR, Ramón; CASTILLO YÁÑEZ, Francisco Javier; LUGO SÁNCHEZ, María Elena; VALDEZ HURTADO, Santiago y MÁRQUEZ RÍOS, Enrique. Efecto del almacenamiento sobre la estabilidad de proteasas de vísceras de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*). *Interciencia*, 2011, vol. 36, no 8. Disponible en <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/625-c-MARQUEZ-5.pdf>
13. HERNÁNDEZ, Lizbeth. Bagre amado, estigma gastronómico. *El financiero*. México 2017, 07 de junio. Disponible en <http://www.elfinanciero.com.mx/after-office/bagre-armado-estigma-gastronomico>
14. BARBA MACÍAS, Everardo y JUÁREZ FLORES, Juan. Las delicias de la pesca. *Ecofronteras*. México. 2017 vol. 21, núm. 60, pp. Disponible en <http://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/download/1715/1667/>
15. PROFECO Mariscos, del mar al paladar. *Revista del Consumidor*. No. 493, marzo, México, (2018). pp. 26-29. Disponible en https://issuu.com/profeco/docs/revista_del_consumidor_marzo_2018
16. SAGARPA – Delegación Estatal de Baja California Sur. *Alcanza producción pesquera y acuícola nacional las 1.8 millones de*



- toneladas*. Boletín Informativo, marzo. México. 2018. Disponible en <http://www.sagarpa.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2018/marzo/Documents/2018BS087.PDF>
17. INEGI. Balanza comercial de grupos de productos alimenticios seleccionados, México, 2018, martes 16 de enero. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisep/default.aspx?t=bcom01&s=est&c=24679>
 18. SAGARPA. Expectativas de producción, agropecuaria y pesquera. Boletín SAGARPA-SIAP. México 2017, 14 de diciembre. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/286261/Expectativas_diciembre.pdf
 19. MADRIGAL FONSECA, Jorge; LÓPEZ ANDRADE, Themis Sofía; SANTOS CONCHA, Sibila; AGUIRRE SOSA, Carlos. Caracterización del aceite de bagre armado o pez diablo (*Pterygoplichthys sp.*) obtenido con una extracción enzimática neutra. *Meeting Abstract. Latin American y Caribbean Aquaculture*. México 2017, november 7–10. Disponible en <https://www.was.org/meetings/ShowAbstract.aspx?id=52402>
 20. VELAZQUEZ, Ernesto; LÓPEZ VILA, Jesús Manuel; BERNY ROMERO, Emilio Ismael. El pez diablo: especie invasora en Chiapas. *Lacandonia*, 2017, vol. 7, no 1, p. 99-104. Disponible en <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/view/315>
 21. AHUMADA TELLO, Eduardo y PERUSQUIA VELASCO, Juan Manuel. Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Contaduría y administración*, 2016, vol. 61, no 1, p. 127-158. Disponible en <http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/view/769>
 22. MORA RIAPIRA, Edwin H.; VERA COLINA, Mary A. y MELGAREJO MOLINA, Zuray A. Planificación estratégica y niveles de competitividad de las Mipymes del sector comercio en Bogotá. *Estudios Gerenciales*, 2015, vol. 31, no 134, p. 79-87. Disponible en <https://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.08.001>
 23. CRUZ ESTRADA, Isaac. Aplicación de la mercadotecnia relacional en una empresa de venta de café de Baja California. *Región y sociedad*, 2018, vol. 30, no 71, p. 0-0. DOI: <https://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.71.a392>
 24. BRAVO GIL, Rafael; MATUTE VALLEJO, Jorge y PINA PÉREZ, José M. Gestión de la identidad corporativa: Evidencias en el sector bancario. *Revista de Ciencias Sociales*. 2016, vol. 22, no 2, p. 49-62. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/280/28049145005.pdf>
 25. PONCE TALANCÓN, Humberto. La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e investigación en psicología*, 2007, vol. 12, no 1. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/292/29212108/>
 26. RUIZ SPEARE, J. Octavio; HURTADO, Carlos. Estudio de planeación estratégica tipo FODA en el cuerpo médico del American British Cowdray Medical Center. *En Anales Médicos*. 2011. p. 173-183. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2011/bc114b.pdf>
 27. GARCÍA CÉSPEDES, Lorena Marlice; GARCÍA REYES, Ximena María; GONZÁLEZ ALBAVI, Lucas Khalil y CANESE KRIVOSHEIN, Jorge Humberto. Buenas Prácticas de Manufactura en comedores del Mercado Central de Abasto de Asunción, Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 2017, vol. 15, no 1. DOI: [http://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2017.015\(01\)42-047](http://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2017.015(01)42-047)
 28. METE, Marcos Roberto. Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 2014, vol. 7, no 7, p. 67-85. Disponible en http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf
 29. ACHING GUZMÁN, César. Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales. *e-libro*, Corp., 2006. Disponible en <http://cesaraching.blogdopot.com>
 30. CASTAÑER MARTÍNEZ, Juan A. Análisis de Costo Beneficio. Ejemplos de análisis sector privado. *Estudios Técnicos INC.*, 2014. pp. 21, Disponible en http://gis.jp.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf
 31. NMX-FF-032-SCFI-2001. *Productos de la pesca. Filete de pescado fresco refrigerado*. Especificaciones. (Cancela a la NMX-FF-032-1994-SCFI). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-032-2001.PDF>

Fecha de recepción
20/09/2018

Fecha de aceptación
07/03/2019

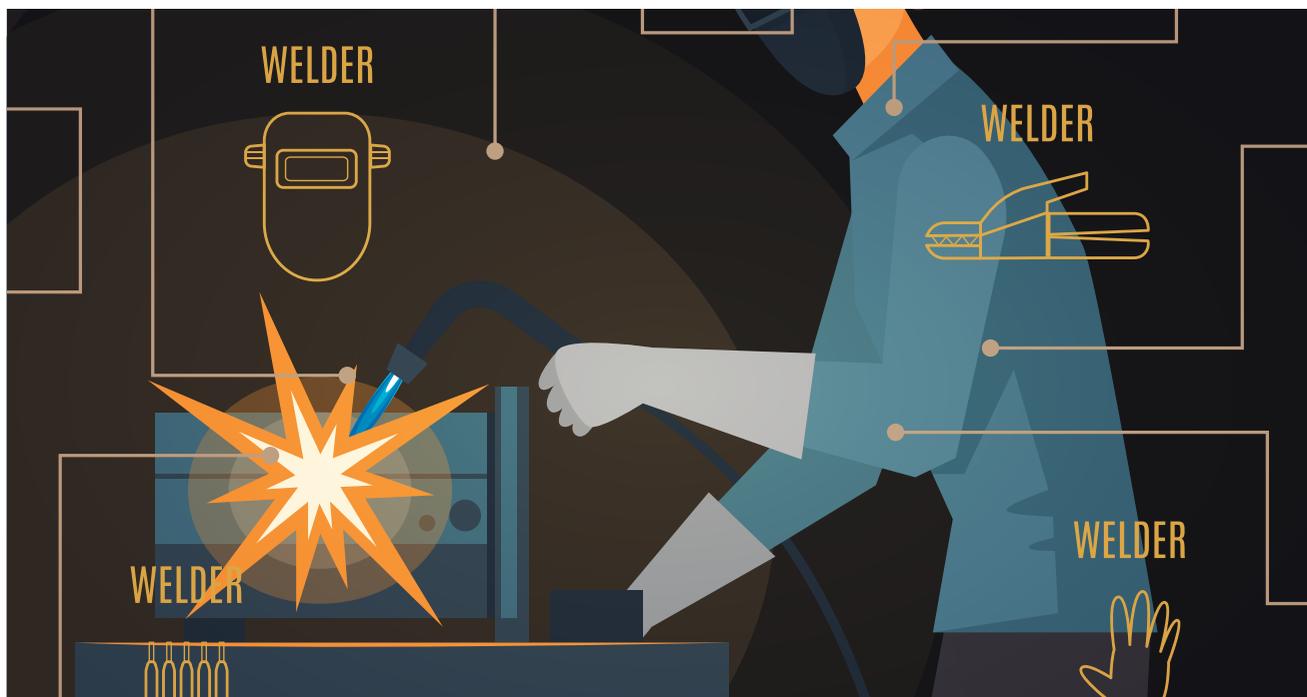
Fecha de publicación
31/05/2019





Análisis comparativo de cinco configuraciones geométricas de juntas soldadas en filetes sometidas a tensión.

Comparative analysis of five geometric configurations of soldered joints in fillets subjected to tension



**Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán / Instituto Tecnológico José Mario Molina
Pasquel y Henríquez Campus Tamazula**

Elías Sánchez Montaño,
Cesar Alejandro Cueto García,

Luis Gabriel González Vázquez,
Víctor Rafael Catzim Serra

Resume

Esta investigación aporta los resultados de los análisis matemáticos realizados a los cinco casos más comunes de soldadura de placas en filete. Los modelos matemáticos fueron determinados de forma algebraica, se consideró conocido el espesor de la solera y el tipo de electrodo, y a partir de estos datos se determinó la fuerza de fluencia y última de tracción para cada caso. Con los modelos matemáticos se elaboraron las tablas, con las cuales, si se conoce la carga que soportará una estructura, se puede seleccionar el espesor adecuado de la solera y el tipo de electrodo más conveniente a utilizar. La bondad de este trabajo radica en que esta información puede ser empleada con facilidad por los técnicos soldadores.

Palabras clave: soldadura, configuración geométrica, fuerza de fluencia, electrodo.

Abstract

This research provides the results of the mathematical analysis, made to the five most recurrent cases in plates welded in fillet. The mathematical models were deduced in an algebraic way, starting from the fact that the thickness

of the hearth, the type of electrode, is known and with these data it is sought to determine the creep force and ultimate tensile force, both for each particular arrangement. Mention that with the mathematical models were made tables in which; if you know the load that supports the element, you can select the appropriate thickness of the hearth and the most convenient type of electrode to use. The goodness of this work lies in the fact that this information can be used easily by the welding technicians.

Keywords: welding, geometric configuration, creep strength, electrode.

Introducción

De acuerdo con Rodríguez¹, el término *soldadura* lo podemos definir como “la unión mecánicamente resistente de dos o más piezas metálicas diferentes”. La información relacionada con la configuración geométrica empleada en juntas soldadas es insuficiente, por esa razón se ha buscado investigar este tema. Sin embargo, es complejo analizarlo por las diversas consideraciones que se dan entre la unión de las placas a soldar, como sería; la distribución del campo vectorial de esfuerzos generados dentro del cordón. Molera² menciona: “Desde antiguo se ha venido cumpliendo el aforismo que reza soldar es bueno, pero no soldar es mejor”.

Se seleccionaron cinco casos de estudio comunes, comparando la longitud de cordón, fuerza última de tracción y de fluencia al utilizar diferentes espesores de placas y de electrodos. La información que se generó se concentró en tablas de resultados. La nomenclatura utilizada en la soldadura con filetes transversales se ilustra en la Figura 1, donde F simboliza la fuerza aplicada, h el espesor de la solera y la sección ABCD representa la región transversal de la soldadura.

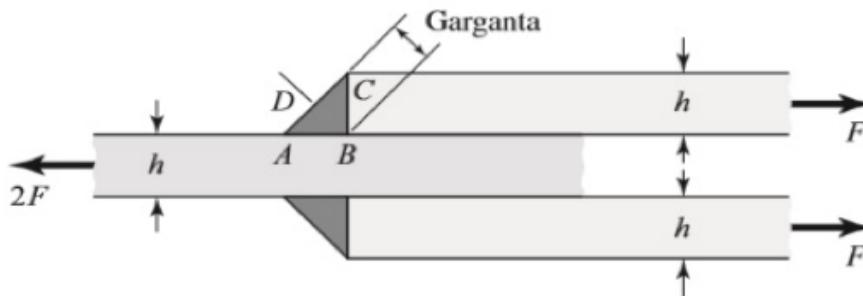


Figura 1. Soldadura con filetes transversales. Fuente de consulta: Boudynas y Nisbett⁶.

También se analizaron las gráficas de Norris³ (1945) y Salakian⁴ (1937), para tener una idea de cómo es la distribución del esfuerzo en la soldadura de filete (ver la Figura 2).

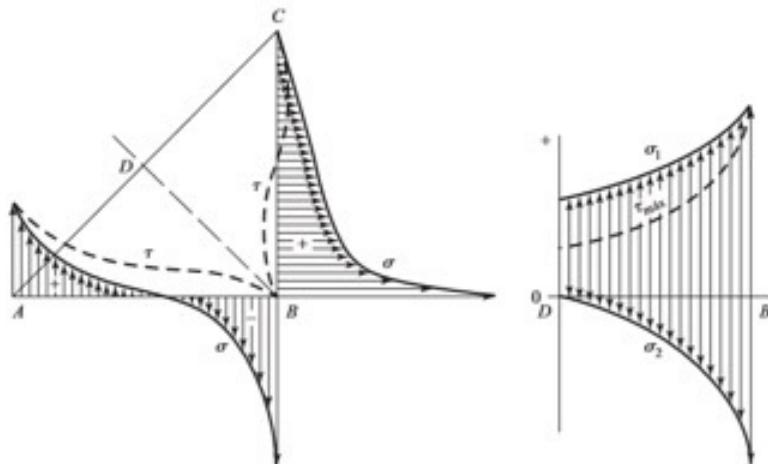


Figura 2. Gráficas de los resultados obtenidos por Norris (Izquierda) y Salakian (derecha), respecto a sus investigaciones. Fuente de consulta: Boudynas y Nisbett⁶



En la Figura 2 se observó que hay una concentración de esfuerzos en el punto B, en el que los esfuerzos componentes generados por el corte oblicuo D – B (Figura 1, en la sección de la garganta; normal y cortante) son graficados para el material de aporte (la soldadura). Esto nos llevó a realizar, como tercera actividad, deducir un modelo matemático sencillo que describiera el comportamiento del esfuerzo para cada caso.

Objetivo

Estudiar los cinco casos más recurrentes de soldadura en filete simétrica y tabular los resultados obtenidos del análisis teórico.

Planteamiento del problema

La configuración geométrica de un cuerpo sometido a fuerzas de cualquier tipo es determinante en lo que respecta a la funcionalidad para la cual fue diseñada. Como ejemplo, considere que, al colocar una barra de acero con sección transversal rectangular como viga, y colocarle una carga puntual y constante, la deflexión que esta sufra estará en función de la orientación que le demos (momento de inercia de la sección) a la propia sección transversal. Así pues: ¿qué sucede con la distribución geométrica de las juntas soldadas en filete?

El problema que se resolvió trata de la dispersión de información práctica referente al análisis teórico de geometrías de arreglos soldados sometidos a esfuerzos cortantes “internamente”, sin modificar las propiedades metalúrgicas de la soldadura ni del soporte, solo modificando aspectos geométricos y de orientación de la soldadura.

Método de trabajo

Se realizó una deducción de los modelos matemáticos para cada caso de forma algebraica, como se muestra a continuación:

Al hacer un corte oblicuo (Figura 4) al perfil del filete (Figura 1) $D - B$, en un caso teórico en el que tengamos dos ángulos de 45° , y denominamos a la garganta como t y los catetos del filete como h ; podemos usar la teoría de senos para encontrar t en función de h . Esto debido a que en campo no resulta muy práctico hacer la medición de la garganta, es mucho más sencillo hacer la medición de los catetos, entonces tenemos:

$$\frac{t}{\text{Sen}(45)} = \frac{h}{\text{Sen}(180 - 45 - 45)} ; t = \frac{h \text{ Sen}(45)}{\text{Sen}(180 - 45 - 45)} = 0.70710 h \quad (1)$$

Al hacer el corte de la sección, se generan automáticamente dos fuerzas: una normal a la sección de corte oblicuo y otra cortante, paralela a la misma sección. En la Figura 3 se ilustra el diagrama de cuerpo libre, que nos sirve para describir de manera visual las características vectoriales de las fuerzas que interactúan entre sí.

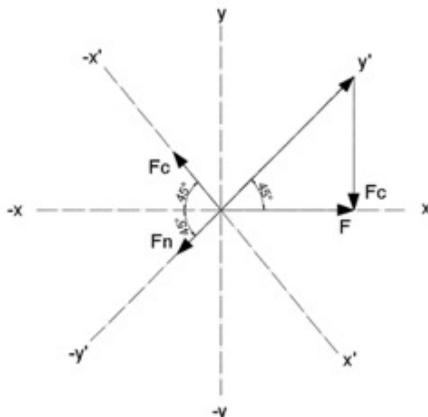


Figura 3. Diagrama de cuerpo libre, con traslación de ejes a x' y y' Fuente de consulta: autoría propia.

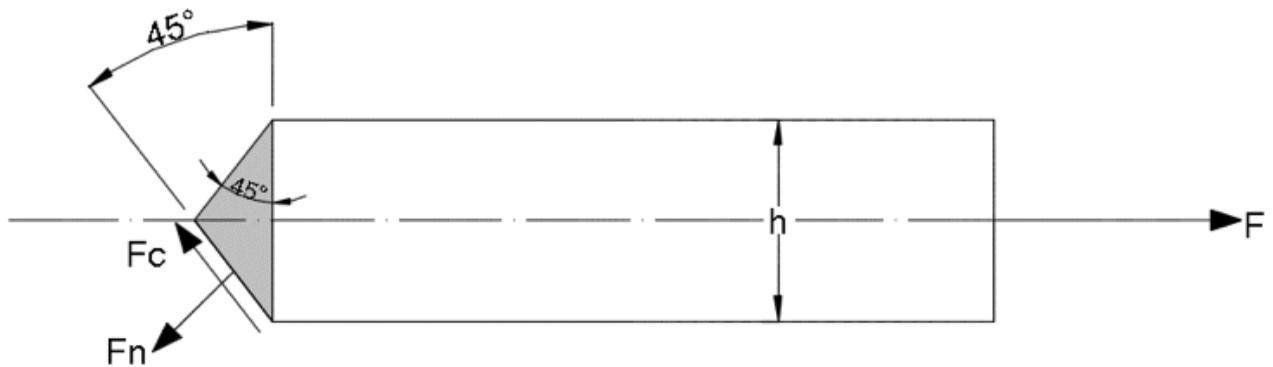


Figura 4. Corte oblicuo en la parte superior del arreglo soldado. Fuente de consulta: autoría propia.

Para determinar la magnitud de las fuerzas F_c y F_n , se define que el plano sobre el que trabajamos es el x' y el y' , esto con la finalidad de simplificar los cálculos.

$$\sum F_{y'} = 0 ; F \cos 45 - F_n = 0 \quad (2)$$

$$F_n = F \cos 45 \quad (3)$$

$$\sum F_{x'} = 0 ; F \sin 45 - F_c = 0 \quad (4)$$

$$F_c = F \sin 45 = 0 \quad (5)$$

Teniendo las ecuaciones (3), (5) y (1), y considerando que ambas fuerzas (normal y cortante) se aplican sobre el área de corte oblicuo; se determinaron los respectivos esfuerzos, obteniéndose que el esfuerzo normal es:

$$\sigma = \frac{0.7071F}{0.7071hl} = \frac{F}{hl} \quad (6)$$

Y el esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{0.7071F}{0.7071hl} = \frac{F}{hl} \quad (7)$$

A partir de las ecuaciones (6) y (7) se estableció un estado general de esfuerzos para el esfuerzo normal σ y el cortante oblicuo τ , como se observa en la Figura 5.

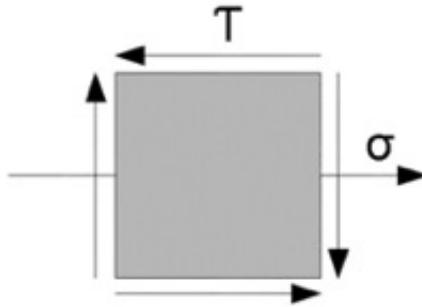


Figura 5. Representación del elemento diferencial sometido a esfuerzos. Fuente de consulta: autoría propia.

Se desarrolla el cálculo de los esfuerzos principales para esta transformación de esfuerzos⁵.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F}{2hl} + \sqrt{\left(\frac{F}{2hl}\right)^2 + \left(\frac{F}{hl}\right)^2} = 1.618 \frac{F}{hl} \quad (8)$$

$$\sigma_{min} = \frac{F}{2hl} - \sqrt{\left(\frac{F}{2hl}\right)^2 + \left(\frac{F}{hl}\right)^2} = -0.618 \frac{F}{hl} \quad (9)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \sqrt{\left(\frac{F}{2hl}\right)^2 + \left(\frac{F}{hl}\right)^2} = 1.118 \frac{F}{hl} \quad (10)$$

Los ángulos a los que se encuentran los esfuerzos principales antes calculados, mediante las ecuaciones⁵ apropiadas:

$$\tan 2\theta_s = -\frac{F \cos 45}{2F \sin 45} = -\frac{1}{2} \quad (11)$$

$$2\theta_s = -\arctg\left(\frac{1}{2}\right); \theta_s = \frac{-\arctg\left(\frac{1}{2}\right)}{2} = -13.28^\circ \quad (12)$$

El ángulo θ_s representa la posición en la cual el esfuerzo principal de cortante máximo se encuentra.

$$\tan 2\theta_p = \frac{2F \sin 45}{F \cos 45} = 2 \quad (13)$$

$$\theta_p = \frac{\arctg(2)}{2} = 31.71^\circ \quad (14)$$

El ángulo θ_p representa la posición en la cual los esfuerzos principales normales se encuentran. Con todo lo anterior se estableció la solución del estado general de esfuerzos para un corte oblicuo a 45° grados en la soldadura de filete, presentado en la Figura 6.

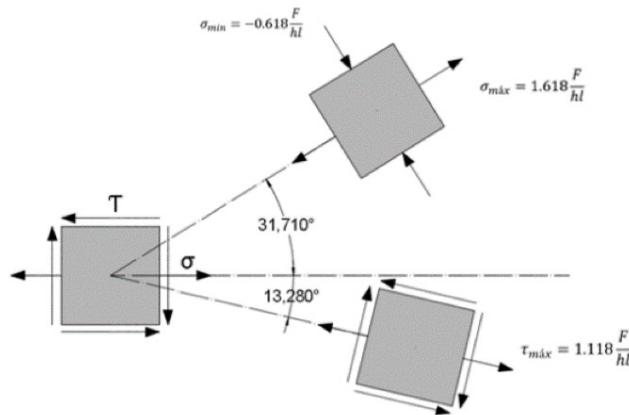


Figura 6. Solución del estado general de esfuerzos. Fuente de consulta: autoría propia.

El análisis sugirió que en el punto analizado a 45° en el corte oblicuo presentado por la Figura 6, la dirección del esfuerzo normal está ubicada a 31.710°. Mientras que la del esfuerzo cortante está ubicada a -13.280°, ambos con respecto a nuestro plano x' y y' .

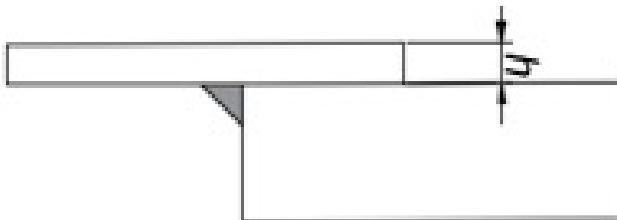
El esfuerzo de mayor magnitud es el presentado por la ecuación (8). Lo que nos lleva a ser más conservadores en este aspecto, y siguiendo con lo propuesto por Boudynas y Nisbett⁶ tomamos como despreciable el esfuerzo normal, suponiendo de esta manera que el único esfuerzo al que está sometida la garganta es a un esfuerzo de cortante puro, por lo tanto:

$$\tau = \frac{1.41421F}{hl} \quad (15)$$

Resultados

CASO 01: Se considera un solo cordón de soldadura en un lado de la parte trasera de la solera;

a) Vista superior



b) Vista isométrica

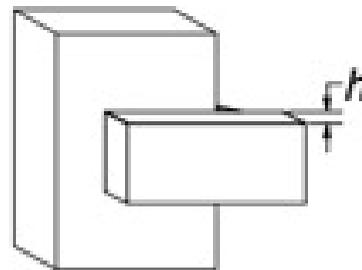


Figura 7. Vistas de la soldadura para el caso 01: a) superior, y b) isométrica Fuente de consulta: autoría propia.



El esfuerzo cortante se determinó mediante la ecuación (16):

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (16)$$

El área es igual al producto entre la longitud de la garganta y la longitud del cordón:

$$A = t * l \quad (17)$$

Ahora, si consideramos la longitud de la garganta en función del ancho de solera h , en la ecuación (1), entonces el esfuerzo se reescribe como:

$$\tau = \frac{1.41421F}{hl} \quad (18)$$

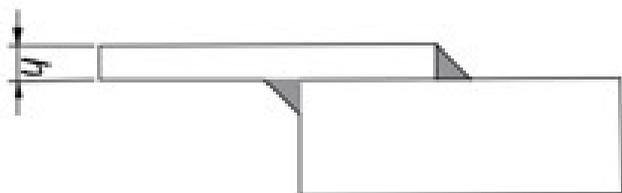
En la ecuación (18), se despeja la longitud (19) y la fuerza (20), obteniéndose:

$$l = \frac{1.41421F}{\tau h} \quad (19)$$

$$F = \frac{\tau hl}{1.41421} \quad (20)$$

CASO 02: Tiene similitudes con el caso 01, solo que con dos cordones paralelos.

a) Frontal



b) Isométrico

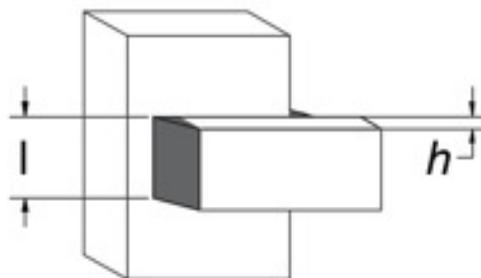


Figura 8. Vistas de la soldadura para el caso 02: a) superior, y b) isométrica Fuente de consulta: autoría propia.

En este caso número 02, lo único que cambió con respecto al caso número 01 fue la longitud del cordón, que es dos veces la de un solo cordón, entonces;

$$\tau = \frac{F}{1.4142lh} \quad (21)$$

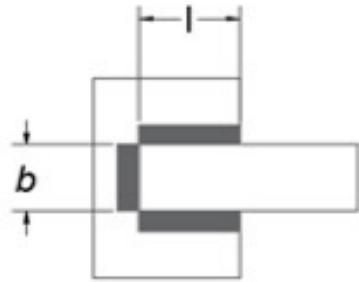
Enseguida, al igual que en el caso 01, despejamos la longitud (ecuación 22) de cada cordón y la fuerza (ecuación 23):

$$l = \frac{F}{1.4142h\tau} \quad (22)$$

$$F = 1.4142hl\tau \quad (23)$$

CASO 03: En este se tienen dos cordones paralelos y uno ortogonal a ambos:

a) Vista superior



b) Vista isométrica

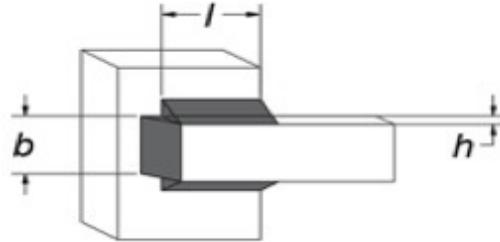


Figura 9. Vistas de la soldadura para el caso 03: a) superior, y b) Isométrica Fuente de consulta: autoría propia.

Para este caso, al igual que en los anteriores, se tenía la única diferencia de las longitudes:

$$\text{longitud total} = 2l + b \quad (24)$$

Con lo cual pudimos desarrollar el esfuerzo, así como los despejes de longitud y fuerza:

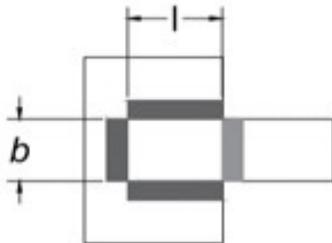
$$\tau = \frac{F}{0.7071h(2l + b)} \quad (25)$$

$$l = \frac{0.7071F}{\tau h} - \frac{b}{2} \quad (26)$$

$$F = \frac{\tau h}{1.4142} (2l + b) \quad (27)$$

CASO 04: Este es un arreglo cerrado, igualmente cambió la longitud total del arreglo.

a) Vista superior



b) Vista isométrica

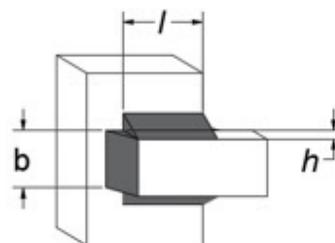


Figura 10. Vistas de la soldadura para el caso 04: a) superior, y b) Isométrica Fuente de consulta: autoría propia.



La longitud total del arreglo:

$$\text{longitud total} = 2(l + b) \quad (28)$$

El esfuerzo fue igual a:

$$\tau = \frac{F}{1.4142h(l + b)} \quad (29)$$

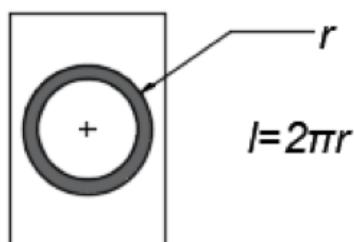
Los despejes para la longitud y la fuerza:

$$F = 1.4142\tau h(b + l) \quad (30)$$

$$l = \frac{F}{1.4142\tau h} - b \quad (31)$$

CASO 05: Y, por último, analizamos el caso de un cilindro soldado a una superficie, a lo largo de su periferia.

a) Vista superior



b) Vista isométrica

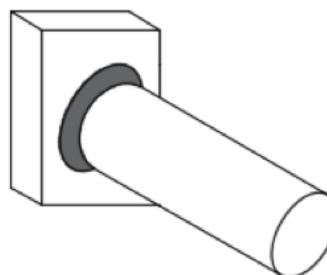


Figura 11. Vistas de la soldadura para el caso 05: a) superior, y b) Isométrica Fuente de consulta: autoría propia.

En este caso lo que se hizo fue determinar la longitud del cordón por medio del perímetro, que es una medida bastante aproximada:

$$\text{longitud total} = 2\pi r \quad (32)$$

Determinamos el esfuerzo con base en la ecuación 33:

$$\tau = \frac{F}{0.7071h * 2\pi r} \quad (33)$$

Y, como en los anteriores casos, despejamos la longitud (ecuación 34) y la fuerza (ecuación 35):

$$F = 0.7071(\tau h \pi r) \quad (34)$$

$$r = \frac{1.4142F}{\tau h \pi} \quad (35)$$

Análisis de resultados

Los modelos matemáticos obtenidos para determinar el esfuerzo interno de la soldadura, contienen implícito un margen de error con respecto al esfuerzo al que estarían sometidos en un caso real, esto debido a que la geometría del propio cordón de soldadura es burda, aunado a la existencia de imperfecciones de aplicación que generan pequeños esfuerzos flexionantes debidos a excentricidades⁶, que tienen un método específico de cálculo muy diferente a las geometrías de soldadura simétricas sometidas a tracción pura.

También habría que destacar que la resistencia última de cada tipo de soldadura, es, como su nombre lo dice; “última”, es decir que es la máxima fuerza y/o área transversal que puede soportar el arreglo sin llegar una de dos situaciones: la primera si se utiliza una resistencia última de fluencia, antes de que sufra deformaciones permanentes, antes de que empiece a “fluir” el material; y la segunda si se utiliza la resistencia última de tracción, antes de que no soporte más carga la configuración geométrica.

El resultado de la investigación es la redacción de las tablas de este análisis, correspondiente a cada uno de los cinco casos seleccionados.

A continuación, se establece un problema modelo, para tener una idea de la utilización de las tablas de resultados.

Ejemplo:

Se necesita soldar un par de soleras de acero laminado en caliente, en modo de orejas, se requiere soporte de 1,000 kilopondios. La solera tiene las siguientes dimensiones: media pulgada de espesor y cuatro pulgadas de ancho. Si previamente se calculó la resistencia de la solera, y la pared donde irán unidas también es acero laminado (como se ilustra en la Figura 12), seleccione un arreglo soldado, que sea económico y confiable para soportar la carga estática basándose en alguna de las tablas de resultados.

Criterios de diseño:

- Todo lo referente a la resistencia mecánica por parte de la estructura ha sido calculado previamente, dejando como única incógnita la resistencia del material de aporte.
- Para seleccionar el arreglo que mejor se adapte a las necesidades del problema, se considera el que menor material de aporte proporcione; en este caso el primer arreglo.
- Para asegurar su confiabilidad, utilizaremos la formulas correspondientes de las tablas.

Solución:

- Los electrodos más utilizados para aceros bajos en carbono, en este caso acero laminado, son el E60 y E70.
- En esta situación se elige el electrodo E60 porque es más económico.
- Tenemos una placa con un espesor de 1/8 (definido por el problema) y usaremos un electrodo E60, en el apartado correspondiente a los valores anteriores, se multiplica el factor de la tabla por la fuerza que es de 500 kilopondios.

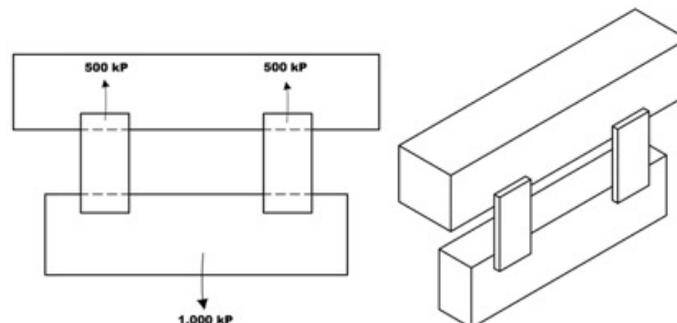


Figura 12. Diagrama de cuerpo libre y vista isométrica Fuente de consulta: autoría propia.



Al consultar la Tabla 01 se observó la siguiente información:

Espesor de placa, H		Electrodo	Longitud de cordón, L				
Pulgadas (in)	Milímetros (mm)		AWS*	Pulgadas (in)	F	Milímetros (mm)	F
1/8	3.2	E60XX	2.26274E-04	F	1.25551E-02	F	

Figura 13. Sección ilustrativa de la Tabla 01, para el ejemplo. Fuente de consulta: Tabla 01.

Seleccionamos la ecuación correspondiente de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades para solera de un octavo:

$$L = 1.25551E - 02 F \quad (36)$$

Sustituimos la fuerza resultante en la solera (Figura 12) en la ecuación (36), y obtenemos la longitud mínima para el cordón:

$$L = 6.277 \text{ mm} \quad (37)$$

Conclusiones del problema:

La longitud resultante (ecuación 37), es una longitud mínima, por lo tanto, se recomienda usar algún factor de seguridad, acorde a la aplicación del arreglo.

Discusión

Como se mencionó en el análisis de resultados, se contempla la resistencia última de tracción y la resistencia última de fluencia, esto quiere decir que no se está incluyendo ningún factor de seguridad, ni por falla estática ni por falla dinámica.

Consideramos que los resultados obtenidos son apropiados para su aplicación en campo, siempre y cuando se interpreten de manera adecuada las tablas y los análisis realizados en la investigación.

Se sugeriría hacer pruebas destructivas para obtener ya sea factores de corrección o factores de seguridad objetivos, con algún criterio de diseño bien fundamentado, basado en métodos numéricos.

Otro aspecto a considerar es que en esta investigación se analizaron arreglos cargados de tal manera que no se generen momentos de inercia, sin embargo, se sugiere hacer un análisis de tales casos, dado que, como ya se mencionó, se generan pequeños esfuerzos flexionantes debido a excentricidades del arreglo.

Conclusiones

La redacción de las tablas para analizar los cinco casos de soldaduras más comunes, facilita la determinación de la fuerza de tracción, fluencia y longitud del cordón de soldadura. Estos resultados dan certidumbre en el uso correcto de la soldadura para que se use de forma eficiente. Las tablas se proporcionan en el siguiente vínculo: https://mega.nz/#f!f4szQYAa!wOINEffjrB6-gGA3pc66PUVE0GyHgAt9-E_o44edXE

El realizar este trabajo nos deja como aprendizaje un panorama más amplio en lo que confiere al diseño mecánico, específicamente la soldadura y todas las vertientes que de ella derivan.



Referencias

1. RODRÍGUEZ, Pedro Claudio. *Manual de soldadura*. 1era. edición. Buenos Aires, Argentina: Librería y editorial Alsina, 2001. p. 5. ISBN: 950-553-095-1
2. MOLERA SOLÁ, Pere. *Soldadura industrial: clases y aplicaciones*. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A., 1992, p. 121.
3. NORRIS, C. H. *Photoelastic Investigation of Stress Distribution in Transverse Fillet Welds*. *Welding J.*, vol. 24, 1945, p. 557.
4. SALAKIAN, A.G.. *Stress Distribution in Fillet Welds: A Review of the Literature*. En *Welding J.*, vol. 16, mayo de 1937, pp. 1-24.
5. BEER, Ferdinand P., RUSELL JHONSTON, E. Jr., DEWOLF, Jhon T. y MAZUREK, David T. *Mecánica de materiales*. Quinta edición. México: Mc Graw Hill, 2010. ISBN: 978-607-15-0263-6.
6. BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, J. Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Novena edición. México: Mc Graw Hill, 2012. ISBN: 1456245236

Fecha de recepción
19/02/2019

Fecha de aceptación
05/04/2019

Fecha de publicación
31/05/2019

Año 6, Número 3. Mayo - Agosto 2019





Diseño, desarrollo y construcción de un simulador de transporte federal de pasajeros

Designing, developing & Building of a simulator of passenger federal transportation.



Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

José Antonio Betancourt Cantera
Cindy Anayantzi Melo Moreno

Héctor Armando Figueroa Urrea
Xóchitl María Rubí Hernández Cureño

Resumen

Los simuladores de conducción se consideran herramientas cruciales para un entrenamiento efectivo de los operadores/as, dado que complementan los aspectos teóricos, y con ello les permite conocer los límites de seguridad de sus unidades, además de que pueden enfrentar ciertas eventualidades en sus recorridos cotidianos, pudiendo evitarlas sin tener mayores consecuencias. El presente trabajo se realizó con la finalidad de desarrollar un simulador de autobús PB a un bajo costo, que incluyera todos los elementos de un simulador, iniciando con el diseño de la estructura, etapa en la que se utilizó el software Solidworks® y diferentes procesos de manufactura, para finalmente obtener una herramienta que permitiera capacitar operadores/as principiantes del transporte de pasajeros en la región metropolitana de Hidalgo.

Palabras clave: simulador, Solidworks, capacitación, operador.

Abstract

Driving simulators are crucial tools for effective training of operators, since they complement the theoretical aspects and thereby allow them to know the limits of safety of their units they also may face certain eventualities on in their daily travels and can avoid them without major consequences. This research was carried out with the aim of



developing of a bus Simulator PB at low cost which would include all the elements of a simulator which began with the design of the structure using the Solidworks® software and different manufacturing processes to finally obtain a tool that would allow train beginner traders of the transport of passengers in the region.

Keywords: simulator, Solidworks, training, operator.

Introducción

El traslado de personas y mercancías es realizado, en gran parte del mundo, por la vía terrestre. El modo de transporte terrestre es uno de los más utilizados en México, cuenta con un amplio sistema de infraestructura de conexión, pues tiene 323,040 kilómetros de carreteras en el territorio nacional, integradas por autopistas, carreteras, caminos rurales, brechas, que permite la conectividad entre todo el país¹.

Debido a que en los últimos años el sector del transporte ha incrementado el número de vehículos, se ha propiciado un aumento en los altos índices de accidentabilidad y al mismo tiempo se ha generado una serie de problemas, entre los más graves se pueden mencionar las muertes o personas discapacitadas, esto ocurre tanto en México como en todo el mundo².

Todos los años fallecen más de 1.25 millones de personas en las vías del mundo y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales³.

En diversos países de América Latina, como República Dominicana, mueren anualmente 41.7 personas por cada 100,000 habitantes; en Argentina, 12.6; en Chile, 12.3: en Estados Unidos el índice es de 11.4, por mencionar algunos. El problema de accidentes de tránsito sigue aumentando debido al incremento de los vehículos motorizados. En México el indicador es de 14.7, de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud en el año 2015.

En los últimos cinco años, gran parte de los países han apoyado las recomendaciones del **Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito en general**, que proporciona orientación sobre cómo los países pueden poner en práctica un enfoque integral para mejorar la seguridad vial y reducir la mortalidad en las vías de tránsito⁴.

La OMS en su **Informe sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito** (2004), indica que cada día mueren 3,000 personas por lesiones resultantes del tránsito.

En el caso de nuestro país, la estadística nacional reportada en el *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales* (2015) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, muestra que, de cada 100 accidentes en estas vías, 93 de ellos son atribuibles al conductor/a como la causa directa o principal del accidente.

Por otra parte, a nivel nacional en 2015, cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reportaron 102 mil 800 accidentes por parte del transporte público en México, motivo por lo cual se requiere la capacitación de los/las conductores/as de vehículos públicos, esto representa un recurso importante para mejorar la seguridad carretera.

Por esta situación, las empresas públicas y privadas tienen la necesidad de desarrollar o perfeccionar el proceso de capacitación, debido a que se necesita ampliar los conocimientos, habilidades y aptitudes del personal de transporte. El avance de la tecnología permite que se tengan innovadoras herramientas que ayuden en los tiempos del proceso de capacitación, en actividades que pueden ser causantes de pérdidas humanas y materiales. Para cubrir estas necesidades, las empresas de transporte de pasajeros se ven en la necesidad de invertir recursos de manera continua para lograr operadores/as capacitados/as. La asignación de este recurso representa un alto costo, debido a que se debe tener a alguien que se encargue exclusivamente de realizar esa capacitación, sin dejar de mencionar el uso del vehículo, lo cual deriva en costos de combustible, refacciones, horas persona, etc., pero sobre todo que representa un riesgo para los y las demás automovilistas si esta capacitación no se realiza en un lugar adecuado. La utilización de simuladores de conducción, reduce todos estos riesgos y costos.

Los simuladores son herramientas de apoyo en el proceso de aprendizaje y perfeccionamiento de habilidades, esto es debido a que reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo. Se comenzaron a desarrollar debido a que ciertas actividades son peligrosas de ensayar sin previo entrenamiento, para conocer situaciones que no pueden hacerse de forma segura en un vehículo real. En países desarrollados la simulación es una herramienta principal en diferentes decisiones, cuya medición permite evaluar el mejoramiento de procesos⁵.



La simulación es una representación de un proceso, mediante un modelo que se acerque al que reaccionaría uno real. Anteriormente la simulación se presentaba en matriz o tablas, mostrando los cambios sobre los datos, sin embargo, existieron cambios en el desarrollo del comportamiento del ser humano, se observó mediante estudios que las personas obtenían un mayor aprendizaje de manera visual, así da inicio a la simulación con animación generada por computadora ^{6, 7}.

En nuestros días la simulación permite establecer métodos de enseñanza y análisis de factores relacionados a la capacitación del recurso humano, estableciendo criterios sistemáticos orientados a la detección oportuna de necesidades de capacitación, y dichos modelos de simulación son utilizados en los sistemas de transportación⁸.

Aun cuando se reconocían los enormes beneficios de la simulación como soporte a la toma de decisiones, las dificultades en la aplicación de esta técnica en la vida real de las compañías, las hacía difíciles de realizar, ya que los modelos eran costosos de construir y validar, poco flexibles frente a condiciones inestables, y habitualmente concebidos y manejados por personal experto, no por operadores/as del sistema, de forma que atentaban contra su efectiva aplicación a la problemática de las empresas.

Mediante el uso de software y dispositivos tecnológicos, se busca brindar los elementos básicos del manejo y la preparación ante situaciones críticas, además de conocimientos generales y especializados en el transporte de carga; todo esto a través del uso de un simulador electrónico que desarrolle habilidades y mejore el aprovechamiento de las capacidades psicomotrices de los conductores y conductoras. El modelo de simulación de transporte se puede usar para pronosticar el comportamiento del sistema real bajo ciertos estímulos.

Actualmente, con el avance de la tecnología, se ha optado por el uso de los simuladores para capacitar al personal operador del transporte de carga y pasaje, de esta manera las empresas saben que es importante que su personal de operación trabaje de forma segura, productiva y eficaz. El conocer sus habilidades y aptitudes de manera virtual permite que se reduzcan costos destinados en accidentes reales; además los simuladores ayudan a los y las choferes a conocer los controles y uso de las unidades, brindándoles una mejora del aprendizaje propio de manera segura y tecnológica.

El crecimiento de la simulación se ha empleado en el área del transporte para racionalizar sus circuitos y planificar mejor sus operaciones. La demanda en el transporte se incrementa, por lo que es importante capacitar a personal de conducción con menor tiempo y riesgo. A través de la simulación se permite estimar el desempeño y condiciones del o la chofer, de esta manera se quiere lograr un menor índice de accidentabilidad⁹.

El uso de equipamientos de simulación, que reproducen de manera virtual el empleo de equipos de gran complejidad, tales como centrales de potencia o aeronaves, ha representado en las últimas décadas una importante herramienta para dar efectividad al entrenamiento y evaluación de los operadores u operadoras de tales equipos. En este contexto, la aplicación de simuladores de manejo se ha dado con propósitos que van desde estudios de fatiga de quienes operan el transporte pesado, hasta la evaluación de éstos ante situaciones de riesgo. Tales equipos han permitido mejorar la eficiencia de los entrenamientos por cuanto al número de horas necesarias para capacitación, y al mismo tiempo para evitar cualquier condición peligrosa derivada de la operación fallida de los vehículos¹⁰.

En la clasificación de las causas de accidentes se tienen los factores humanos^{6,9} que tienen que ver con el estado emocional y físico del o la chofer, en un contexto de perturbaciones ambientales diversas. En cuanto a las habilidades mentales y psicomotoras, las instituciones de entrenamiento de personal de conducción, incluyen tanto adiestramientos prácticos como sesiones en aula, que tienen como fin proporcionar al conductor o conductora los elementos necesarios para conseguir una transportación segura y confiable¹⁰.

Sin embargo, en la mayoría de los centros de capacitación no se emplean en general ni simuladores de manejo, ni pistas de entrenamiento, lo cual constituye una mala práctica, ya que se ha reconocido que los simuladores de manejo permiten ahorrar tiempo de instrucción¹¹⁻¹³ y por su parte la práctica en pistas de entrenamiento, con tráfico y diseño geométrico controlados, permite corroborar y evaluar la instrucción recibida, aparte de extender los alcances de los simuladores de manejo¹⁴.

El éxito de la aplicación de simuladores radica en la fidelidad de los efectos y fenómenos que ocurren en la realidad. Por lo tanto, los equipos de mayor realismo son específicamente para el manejo de unidades militares especializadas¹⁵.

Sobre la base de lo expuesto, y por ser un tema de suma importancia relacionado con el transporte, pero sobre todo con la seguridad en vialidades tanto para los usuarios como para los automovilistas que recorren las vías a diario, se toma el presente tema para el desarrollo de este proyecto.

Metodología

El desarrollo del presente trabajo se realizó en tres etapas que permitieron la obtención de la cabina del simulador.

Etapa 1. Diseño estructural de la cabina

La primera parte de la metodología correspondió al diseño de la estructura del autobús, tomando como muestra una unidad marca Irizar. Este modelo sirvió como base en la toma de medidas detalladas de las partes principales (como ancho, largo y acceso a la cabina) para que el diseño estuviera apegado a las medidas reales. El diseño de la estructura se realizó con el apoyo del software Solidworks®, el cual permitió determinar las dimensiones y características del material a utilizar. Posteriormente, con la ayuda de un análisis de elemento finito (en la Figura 1 se muestra el procedimiento del análisis de una estructura para determinar los cálculos realizados por esta simulación), se evaluó el diseño estructural de la cabina elaborada, lo que permitió calcular los desplazamientos, deformaciones y tensiones máximas de los componentes con cargas internas y externas. Este análisis se realizó con la finalidad que la estructura diseñada contara con el menor peso posible, pero que a su vez tuviera la resistencia mecánica para soportar una carga mínima, buscando obtener un factor de seguridad adecuado.

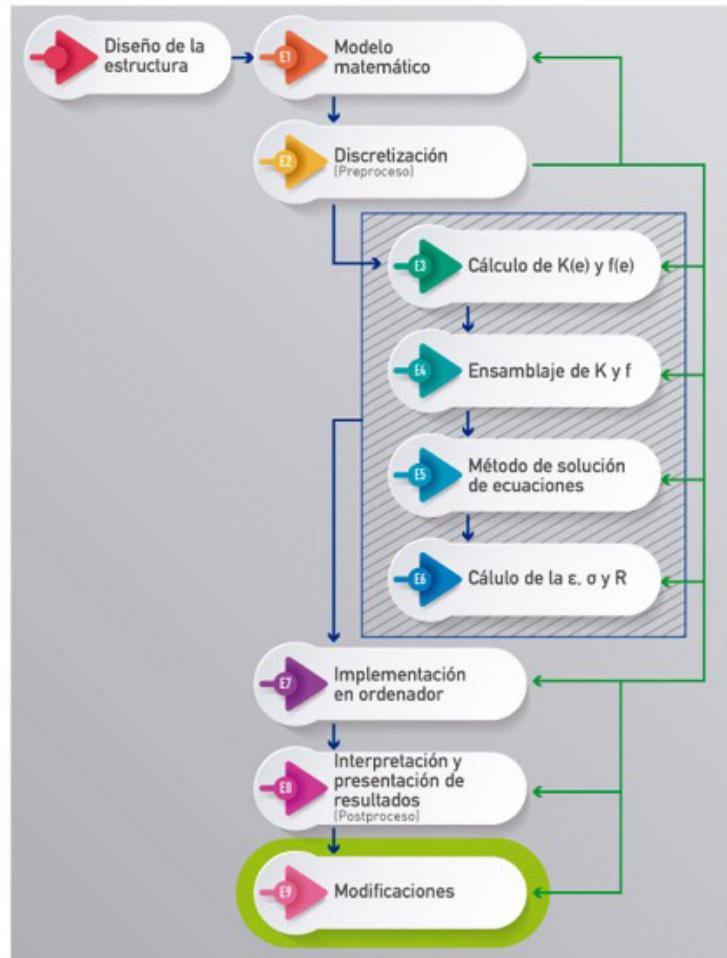


Figura 1. Análisis de una estructura por el método de elemento finito. Fuente. Portabella Castany, Miquel¹⁶.

Etapa 2. Manufactura de la cabina

La segunda etapa correspondió a la fabricación de la cabina, una vez realizado el análisis de elemento finito con el cual se determinaron las dimensiones mínimas y el tipo de material, se procedió a realizar la manufactura de la estructura utilizando perfil PTR C-150; la elección de las dimensiones de este perfil (como, por ejemplo, el calibre) fueron obtenidas de la simulación del análisis de elemento finito.

Etapa 3. Implementación de los componentes de simulador y puesta en marcha

Se realizó la adaptación de cada uno de los componentes diseñados y obtenidos con diferentes empresas de transporte, es decir, componentes o elementos como volante, pedales, botonera del tablero, etc., permitiendo que cada uno de estos cumpliera una función dentro del simulador. Algunos (como la palanca de velocidades y botones) fueron diseñados a través de dispositivos electrónicos, lo que al final permitió realizar una función dentro del software de simulación.



Análisis de resultados

Del análisis del elemento finito para determinar el tipo de material y las dimensiones adecuadas se determinó lo siguiente:

En la Figura 2 se puede observar el análisis realizado a una sección de perfil sometido a un análisis de elemento finito, al cual se le sometió a una fuerza de 496 N. Los resultados obtenidos de estos ensayos, mostraron una deformación de 0.0732 mm para este análisis en particular, de acuerdo con los diferentes ensayos a perfiles de diferentes dimensiones y diferentes calibres, se tuvo que el desempeño brindado por este material cumplía con las características deseadas, por lo que una vez realizada la evaluación se procedió a plasmar el diseño completo de la base de la estructura, diseñada a partir de las medidas de un perfil PTR C-150, la cual se muestra en la Figura 3.

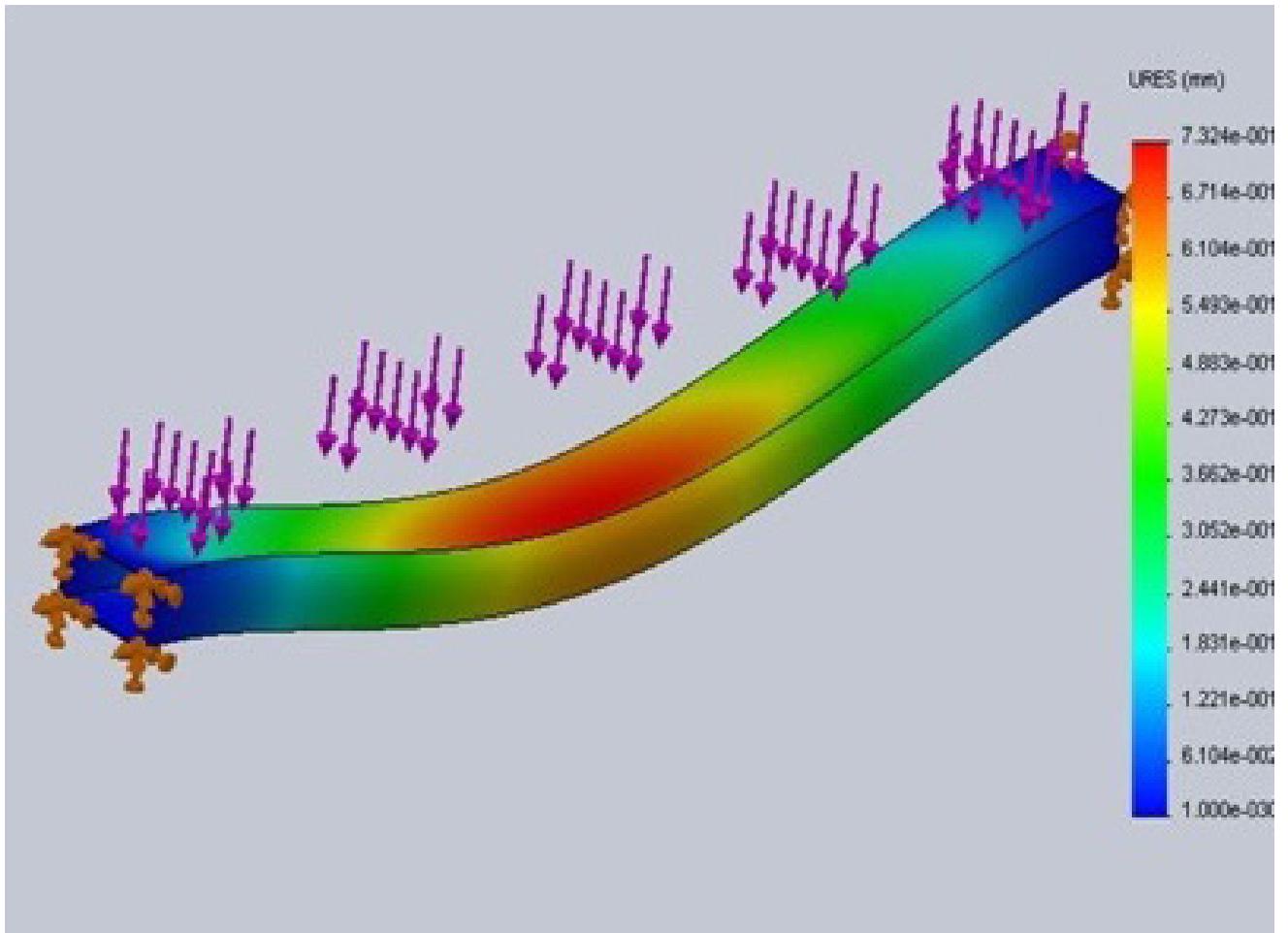


Figura 2. Análisis de elemento finito a perfil para determinar las dimensiones adecuadas.

Al concluirse el diseño de la base de la cabina, se realizó el análisis de cargas, sometiendo dicha base a una carga uniformemente distribuida de 7,357.5 N (esto porque se tomaron en cuenta aspectos de peso de los componentes y las personas que soportaría la estructura) que equivale a 750 kg aproximadamente. Los resultados obtenidos mostraron que únicamente una sección presentó problemas por deformación excesiva de 0.6247 mm (sección de la base en color rojo), la cual se solventó con la incorporación de un refuerzo al centro, permitiendo que dicha base soportara sin problemas la carga determinada, además el análisis arrojó un factor de seguridad de 1.3.

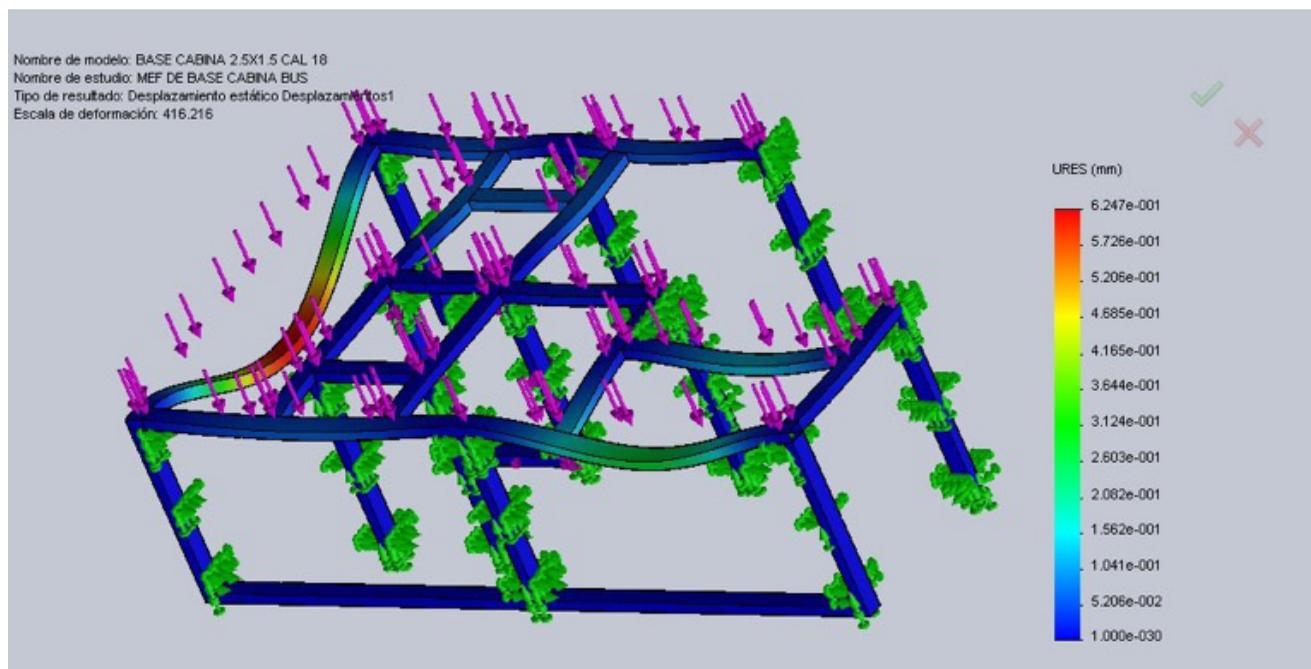


Figura 3. Análisis de elemento finito a base de la estructura.

Una vez realizado este estudio se procedió a culminar con el diseño estructural y realizar el ensamblaje de la estructura, a la que se le realizó posteriormente el mismo análisis de esfuerzos y cargas. La estructura completa se muestra en la figura 4 a). Los resultados del análisis no arrojaron problema alguno con el diseño por lo que el siguiente paso correspondió a la manufactura de la cabina con las dimensiones del PTR obtenido en un inicio.

Tal como se comentó, en la figura 4 b) se puede apreciar que dicho diseño se realizó en piezas individuales, permitiendo de esta manera que pudiera ser transportado de manera sencilla e introducido fácilmente al recinto que albergaría dicho simulador. Cabe destacar que los componentes individuales fueron ensamblados posteriormente con elementos de unión como tornillos y tuercas.

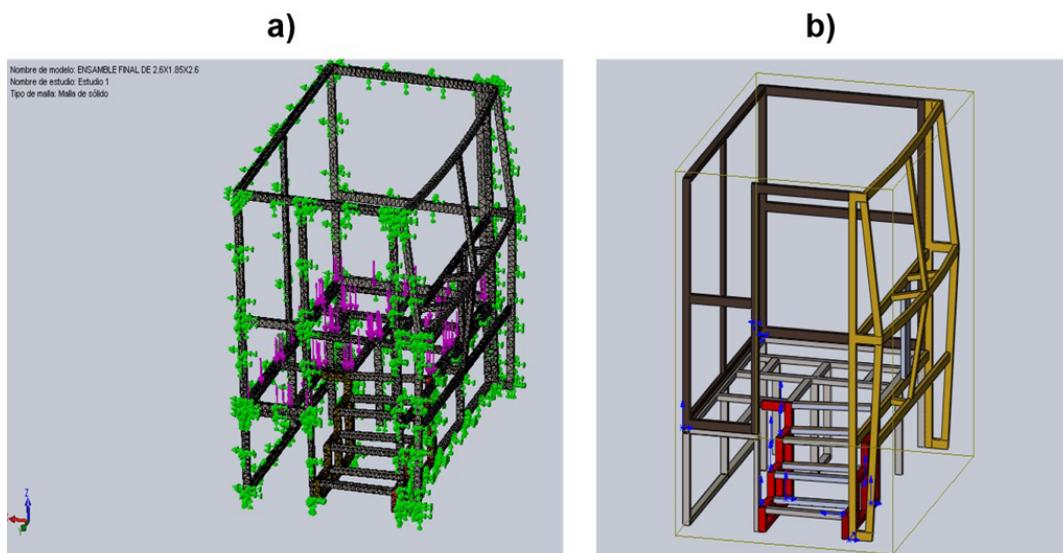


Figura 4. Análisis de elemento finito aplicado y estructura completa del simulador.



Tal como se planteó anteriormente en la metodología, la siguiente etapa consistió en diseñar y manufacturar los diferentes componentes del simulador, como es el tablero, que fue realizado a partir de un molde y fabricado en fibra de vidrio como puede observarse en la Figura 5. Cabe destacar que el molde fue obtenido de un autobús, y cuenta con las dimensiones reales.

Una vez concluido dicho componente, se procedió a darle un acabado uniforme para posteriormente pintarlo. Se obtuvo así un componente estéticamente adecuado, que se realizó con la finalidad de albergar los diferentes dispositivos electrónicos tales como *switches*, botones y tacómetros que forman parte de los instrumentos de un autobús, y que además cuentan con una función específica.



Figura 5. Fabricación del tablero del simulador.

Una vez realizadas las partes del tablero, se procedió al montaje de estas en la estructura, tal como se muestra en la Figura 6, en donde se puede apreciar cómo la estructura (tanto el piso como las paredes laterales) fueron cubiertas con triplay de 15 mm y madera MDF (del inglés *Medium Density Fibreboard*, que significa fibra de densidad media) de 3 mm.

Como se comentó, las medidas de dicha cabina corresponden con las de una de autobús, y estas son: 2.60 m de ancho por 1.50 m de largo y una altura de 2.8 m. Cabe señalar que la altura no corresponde con la de ningún autobús, esto debido a que se tuvo la restricción del techo del lugar asignado para el desarrollo de este proyecto.

Los componentes del tablero fueron pintados en color negro y gris, como se aprecia en la figura, con la finalidad de lograr una visión estética.

Es importante destacar que todas las demás dimensiones fueron respetadas, tales como el acceso a la cabina, el tamaño de la puerta y la altura de los escalones, esto se puede observar en la figura.

Posterior a esto, se colocaron dos pantallas curvas de 55" al frente y otra plana de 50" al costado izquierdo de la posición del operador, las cuales tienen la función de proyectar la emulación del entorno, generando una visión de 180°.

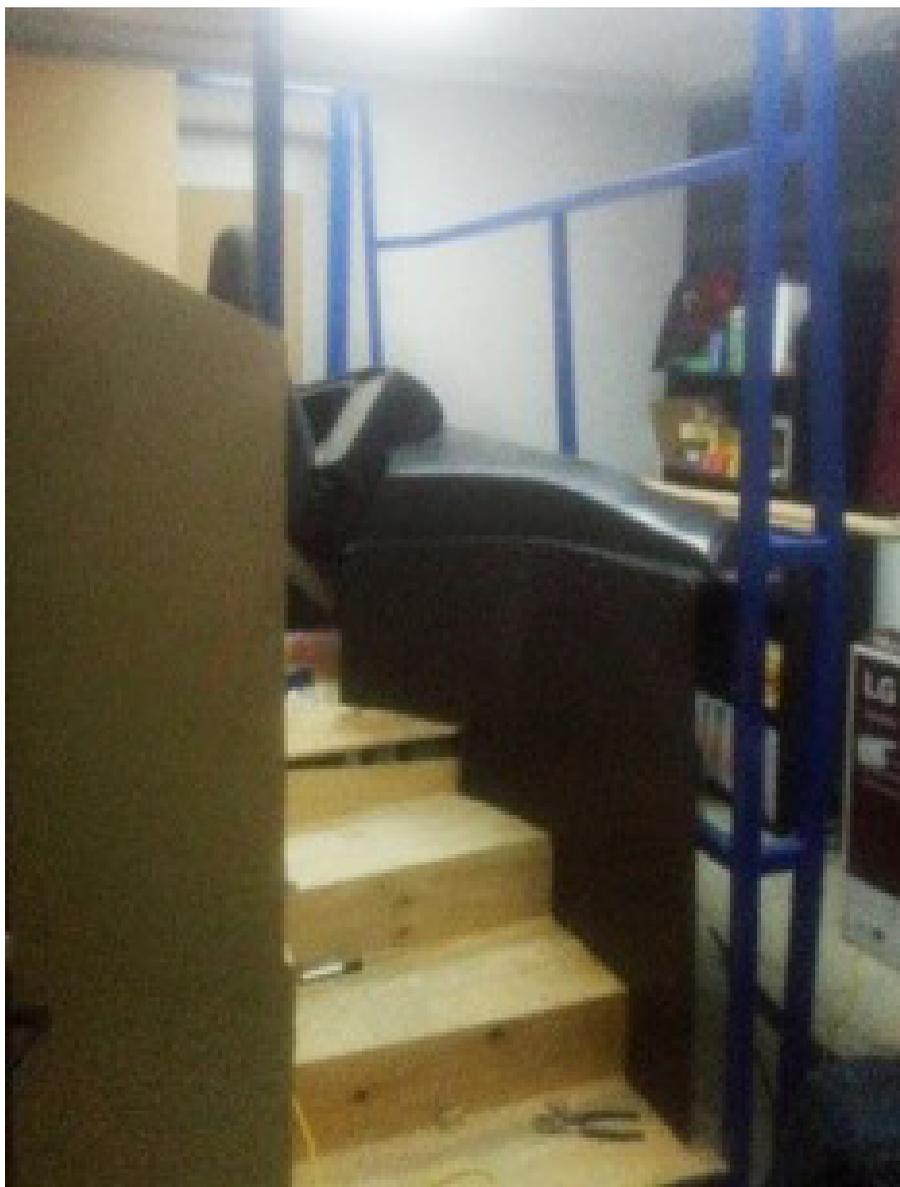


Figura 6. Ensamblaje de los componentes en la estructura de la cabina.

Por su parte, para el diseño de la botonera se utilizó una tarjeta de un teclado, a la que se le soldaron diferentes cables de salidas que se conectaron a pequeños botones pulsadores (tipo *push* de uno y de dos pasos), además de botones interruptores, que tuvieran una función asignada dentro del software de simulación. Dicha tarjeta y sus conexiones se presenta en la Figura 7.

Luego se procedió a integrar cada uno de los botones al tablero (esto se puede observar en la misma figura). Un botón se conectó a tierra (negativo) y el otro a corriente (positivo), con el objetivo de que al momento de oprimirlos abrieran y/o cerraran el circuito, enviando a la computadora la señal de la función deseada, quien transmite dicha señal al software.

Cabe señalar que se asignó la mayor cantidad de funciones que existen dentro de un autobús real, de tal manera que al momento de realizar la simulación el operador se sienta inmerso dentro del proceso de simulación. Dichas funciones son, por mencionar algunas, las direccionales, intermitentes, limpiaparabrisas, freno de mano, luces, etc. Además, se colocaron tacómetros, medidores de las RPM, presión de aceite, carga de la batería, etc. que son indicadores muy útiles dentro de la simulación.

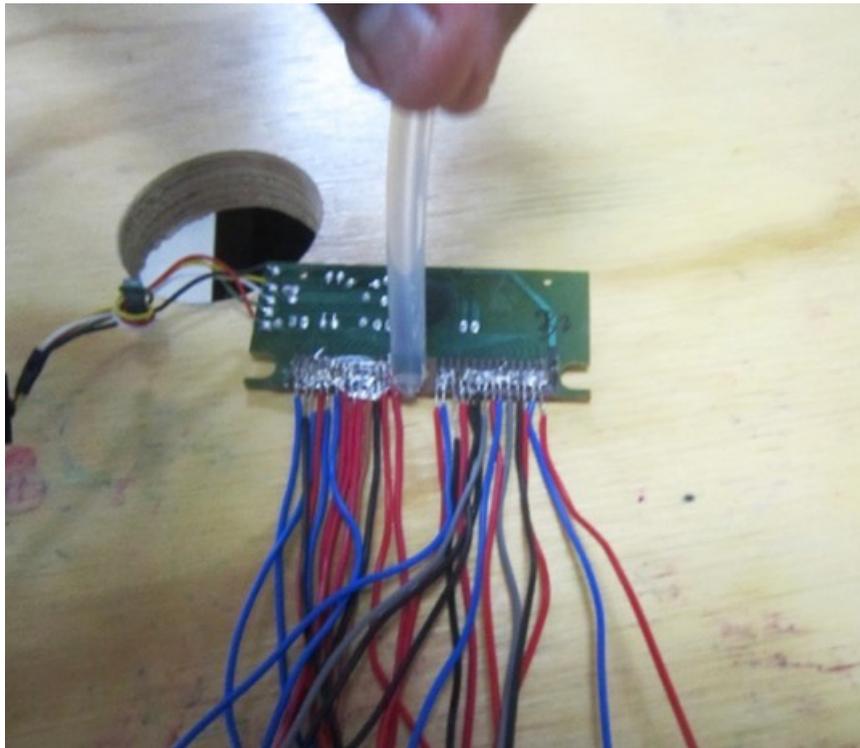


Figura 7. Tarjeta utilizada para la conexión de los botones y tablero conectado a la tarjeta.

Después se implementaron los pedales, el volante, el asiento del operador, la palanca de velocidades y cada uno de los dispositivos presentes dentro de una cabina de autobús. Esto se puede observar en la Figura 8, donde ya se tiene culminada dicha cabina. Para la palanca de velocidades se utilizaron botones tipo *push*, que envían la señal al CPU una vez que la palanca de velocidades hace contacto con dichos botones (es decir, al momento de meter cada una de las velocidades), dichas conexiones se realizaron en serie.

Esta palanca emula una caja de 10 velocidades y funciona con un botón selector (convertidor) que permite el cambio para pasar de las primeras cinco velocidades (primera a quinta) a las siguientes cinco (sexta a décima). Posteriormente, para realizar los retrocesos (es decir, de sexta a quinta) se acciona nuevamente el botón selector para poder reducir la velocidad.

Para emular el entorno, se utilizó una barra de sonido, la que transmite el ruido del exterior, así como el ruido del motor.

De esta forma, en la misma figura se puede observar la cabina concluida y la visión que tiene el operador u operadora al entrar al simulador, además de apreciar cada uno de los componentes con los que cuenta un vehículo de pasajeros real.

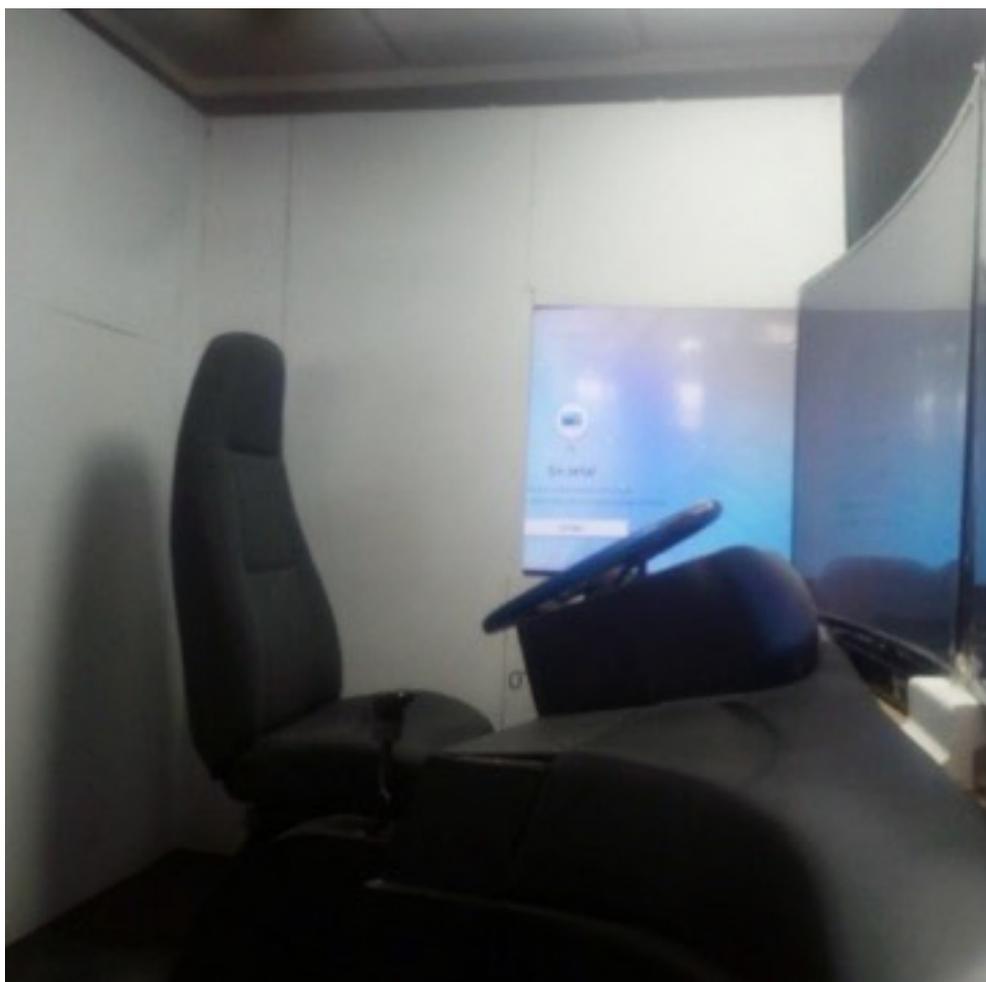


Figura 8. Vista de la entrada al simulador concluido.

Finalmente, en la Figura 9, tal como se comentó, se presenta la visión que tiene la persona operadora al estar dentro del simulador realizando diferentes recorridos a lo largo de una ruta establecida



Figura 9. Visión que tiene el operador u operadora para un recorrido realizado dentro del simulador.

Conclusiones

Este trabajo fue desarrollado con la finalidad de capacitar a operadores y operadoras principiantes del transporte de pasajeros de la zona Metropolitana de Hidalgo, con el objetivo principal de reducir la accidentalidad vial provocada por el factor humano y, al mismo tiempo, mejorar la optimización de los recursos de operación.

Del diseño estructural de la cabina y el uso del perfil C-150 (que se definió a través de análisis de elemento finito para determinar las cargas mínimas que podía soportar, fueron adecuadas), ya que además del peso de los componentes implementados, se sometió la estructura a una prueba de carga de 750 Kg aproximadamente, y resistió sin ningún problema.

Además, la cabina del simulador presenta características semejantes con las de un autobús, por lo menos en cuanto a dimensiones de anchura y de largo, lo que sumerge a la persona usuaria a un entorno más cercano a lo real, desde el momento en que ingresa al mismo.

Con respecto a la implementación de cada uno de los componentes dentro de la cabina, se permitió tener un entorno apegado a la realidad, ya que además de esto se cuenta con un espacio de 2.50 metros de largo en un área casi totalmente cerrada. y con una visión del entorno (a través de las pantallas) de 2.60 metros, que son dimensiones muy semejantes a las de este tipo de vehículos.

Con respecto al diseño y conexión de cada botón y circuito electrónico, se realizó con la finalidad de cumplir con una función, permitiendo que, al colocarse dentro del tablero, desempeñara dicha función de manera adecuada. Esta función permite al usuario o usuaria estar en un medio inmersivo que le va distrayendo al momento de conducir, lo que a largo plazo le permite tener mayor control de estas pequeñas operaciones (debido a la práctica), evitando distracciones posteriores ya en la vida real.

Finalmente, cabe destacar que el uso de simuladores como proceso de aprendizaje, permite reducir costos significativos y cuantificables, además de aumentar la productividad y mejoras en la seguridad. Y que también la efectividad lograda a través de estos medios es mucho más elevada que la realizada de manera física en campo.

Referencias

1. MENDOZA, A.; QUINTERO, F. y MAYORAL. E., *Seguridad vial en carreteras*, Publicación Técnica No 224 Sanfandila, Querétaro, México. 2003.
2. SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. *Estadísticas de accidentes de tránsito. 2016*. Disponible en <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/estadistica-de-accidentes-de-transito>.
3. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013*. Disponible en https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf
4. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito: resumen*. Ginebra 2004, ISBN 924 3591312. Disponible en https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_es.pdf
5. MOCTEZUMA, Ulises. *Desarrollo y diseño estructural para cabina de simulación de transporte público federal*. Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca, mayo 2018.
6. ALEXANDER, Jennifer; BARHAM, Philip y BLACK, Ian. Factors Influencing the Probability of an Accident at a Junction: Results from an Interactive Driving Simulator. En: *Accident Analysis and Prevention*, Vol 34, No. 6 (2002).
7. MELO, Cindy. *Desarrollo e implementación de simulador de transporte público federal de pasajero*. Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca, febrero 2019, tesis.
8. BOLANOS, O. *Importancia de la simulación en la mejora de procesos*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 2014.
9. CECI, R.; HOGMAN, L. y PATTEN, C. Measures of Driver Behavior and Cognitive Workload in a Driving Simulator and in Real Traffic Environment – Experiences from two Experimental Studies in Sweden. En: *Driving Assessment 2001: The First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 2001.
10. ROMERO N., J.A.; MARTÍNEZ, U. E., VALENCIA, H. y MARTÍNEZ, M. M. *Generalidades sobre el entrenamiento de conductores y el desarrollo de simuladores de manejo*. Publicación Técnica No 240 Sanfandila, Querétaro, México. 2004.
11. LEHMUSKOKSI, V. *Swedish Driving Simulator offers Possibilities even for Finnish Researchers*. TIE JA LIIKENNE, 1999.
12. OWENS, J. M. y LEHMAN, R. The Effects of Age and Distraction on Reaction Time in a Driving Simulator. En: *Driving Assessment 2001: The First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 2001.
13. STRAYER, D. L. y DREWS, F. A. Simulator Training Improves Driver Efficiency: Transfer from the Simulator to the Real World. En: *Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, pp 190-193, 2003.
14. MCGEHEE, D. V.; MAZZAE, E. N. y BALDWIN, G H. Driver Reaction Time in Crash Avoidance Research: Validation of a Driving Simulator Study on a Test Track. En: *International Ergonomics Association. Congress (14th: 2000: San Diego, Calif.)*. *Ergonomics for the New Millennium*, vol. 3, (2000).
15. MOURANT, R. R. y SCHULTHEIS, M. T. A HMD based Virtual Reality Driving Simulator. En: *Driving Assessment 2001: The First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 2001.
16. PORTABELLA, M. *Un procedimiento para cálculo de estructuras por el método de elementos finitos con error prefijado utilizando refinamiento de malla adaptativo*. UPC Barcelona, junio 2014.

Fecha de recepción
02/04/2019

Fecha de aceptación
21/05/2019

Fecha de publicación
31/05/2019

DIRECTORIO

EUSEBIO VEGA PÉREZ

Secretario de Innovación, Ciencia y Educación Superior

RAUL NORIEGA PONCE

Subsecretario de Educación Superior

SOFÍA AYALA RODRÍGUEZ

Rectora UTL

JOSÉ ERNESTO LÓPEZ JUÁREZ

Secretario Académico

JOSÉ JAIME ÁVILA MORALES

Director de la Unidad Académica del Sureste

MARICELA JUÁREZ HERRERA

Directora de Sustentabilidad para el Desarrollo

JOSÉ FERNANDO TORRES VALLEJO

Director de Electromecánica Industrial

CARLOS GONZÁLEZ ESQUEDA

Director de Tecnologías de la Información y Comunicaciones

JOSÉ DE JESÚS MENDOZA RIVAS

Director de Económico Administrativo

OLGA REBECA LEDESMA GARCÍA

Directora de Desarrollo Académico y Docente