

# TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUACHINANGO

COORDINADORES:  
YASMIN SOTO LEYVA  
JUAN SÁNCHEZ MELO  
FERNANDO GONZÁLEZ CRUZ  
MONTSERRAT RUÍZ DÍAZ



ISBN: 978-607-59328-5-9



9 786075 932859

# TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

## COORDINADORES

YASMIN SOTO LEYVA

JUAN SÁNCHEZ MELO

FERNANDO GONZÁLEZ CRUZ

MONTSERRAT RUÍZ DÍAZ

## AUTORES

Arturo Santos Osorio, Erika Daniela Morales Arroyo, María Fernanda García Escamilla, Edgar Jesús Cruz Solís, Roberto Guillermo Rodríguez Felipe , Edsel Florencio Vargas Neri, Elisa Gonzaga Licon, Lilian González Muñoz , Ángel Vidal Vergara Reyes, Paola Anduaga Ramírez, Evelia Hernández Maldonado, Guadalupe Sánchez Calderón, Ema Vega Méndez, Hernán Sánchez Arroyo, Juan Carlos Barrera Sampayo, Laura Mariel Sampayo García, José Antonio Martínez Domínguez, José Miguel Ahuacatitla Pérez, Montzerrath Guadalupe Hernández Islas, Esmeralda Luna Barrera, Nancy Marlem Rodríguez Batalla, Víctor Villa Barrera, Isabel Lechuga González, Liliana Escudero Romero, Virgilio Cuautenco Hernández, Placido Domínguez Velázquez, Yasmin Soto Leyva, José Miguel Martínez Carrasco, Guadalupe Sánchez Calderón

## EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A. C. 2022



RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C

DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO

C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.

CEL 2282386072

[www.redibai.org](http://www.redibai.org)

[redibai@hotmail.com](mailto:redibai@hotmail.com)

ISBN: 978-607-59328-5-9



Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (978-607-59328)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.

Presentación en medio electrónico digital: Descargable

Formato: PDF 13 MB

Fecha de aparición 18/11/2022

ISBN 978-607-59328-5-9

Xalapa, Veracruz. México a 09 de noviembre de 2022

## DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; en el primero, se sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la **RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.**, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. En el segundo proceso de dictaminación se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable del Comité Editorial y Científico de la **Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI)**, se dictamina que la obra “**Tópicos aplicados de Ingeniería Industrial**” cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, calidad metodológica, rigurosidad y actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-59328)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072



ISBN: 978-607-59328-5-9



9 786075 932859

Xalapa, Veracruz. México a 18 de noviembre de 2022

## CERTIFICACIÓN EDITORIAL

**RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI)** con sello editorial N° **978-607-59328** otorgado por la Agencia Mexicana de ISBN, hace constar que el libro “**TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**” registrado con el **ISBN 978-607-59328-5-9** fue publicado por nuestro sello editorial con fecha de aparición del 18 de noviembre de 2022 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra política editorial.

Fue evaluado por pares académicos externos y aprobado por nuestro Comité Editorial y Científico y pre-dictaminado por el Comité Editorial de la **Red Iberoamericana de Académias de Investigación A.C. (REDIBAI)**

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación se encuentran bajo el poder y disponibles en Editorial **RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI)**, los cuales están a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requieran. La normativa editorial y repositorio se encuentran disponibles en la página <http://www.redibai-myd.org>

Doy fe.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Académias de Investigación, A.C.

(978-607-59328)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072



ISBN: 978-607-59328-5-9





ISBN: 978-607-59328-5-9



## AGRADECIMIENTOS

Los autores (as), del presente libro agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, a la Subdirección de Posgrado e Investigación, a la División de Ingeniería Industrial y al cuerpo académico: Optimización de sistemas de producción Clave ITESHUAU-CA-4., por las facilidades y el apoyo prestado para la realización de la presente obra académica.

ÍNDICE	PÁG.
<b>ARMADO DE AUTOS A ESCALA PARA GARANTIZAR LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA</b> Arturo Santos Osorio Erika Daniela Morales Arroyo María Fernanda García Escamilla	1
<b>DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN SISTEMA DE LECTURA PARA UN DISPOSITIVO EN BRAILLE</b> Edgar Jesús Cruz Solís Roberto Guillermo Rodríguez Felipe Edsel Florencio Vargas Neri	17
<b>AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS (PLC) DE MANTENIMIENTO EN ESTACIONES DE REBOMBEO DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE HIDROCARBUROS</b> Elisa Gonzaga Licona Lilian González Muñoz Ángel Vidal Vergara Reyes Paola Anduaga Ramírez	26
<b>ESTUDIO DE CONDICIONES MINIMAS PARA LA RENTABILIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA AGROPECUARIA DE FLOR DE NOCHE BUENA (CASO DE ESTUDIO)</b> Evelia Hernández Maldonado Guadalupe Sánchez Calderón Ema Vega Méndez	47
<b>MEDICIÓN DE LA DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN (MANTENIMIENTO PREVENTIVO-CORRECTIVO) DE MAQUINARÍA EN EL SECTOR MINERO</b> Hernán Sánchez Arroyo Juan Carlos Barrera Sampayo Laura Mariel Sampayo García	62
<b>INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</b> José Antonio Martínez Domínguez	74
<b>SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE UNA CISTERNA</b> José Miguel Ahuacatitla Pérez Montzerrath Guadalupe Hernández Islas, Esmeralda Luna Barrera	83
<b>IMPORTANCIA DE LA ÉTICA DEL DOCENTE EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL ESTUDIANTE EN ING. INDUSTRIAL AL EJERCER SU PROFESIÓN CON PROYECTOS DE IMPACTO SOCIAL MEDIANTE LA METODOLOGÍA (ABP)</b> Nancy Marlem Rodríguez Batalla	95

<p><b>REDUCCIÓN DE LA FATIGA VISUAL GENERADA POR LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ÁREA DE GLOBEO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ESFERAS</b>  <b>Víctor Villa Barrera,</b>  <b>Isabel Lechuga González</b>  <b>Liliana Escudero Romero</b></p>	<p><b>105</b></p>
<p><b>REDUCCIÓN DE TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO EN LÍNEA DE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE KAIZEN EMPRESA MANUFACTURERA</b>  <b>Virgilio Cuautenco Hernández</b>  <b>Placido Domínguez Velázquez</b></p>	<p><b>119</b></p>
<p><b>OPTIMIZACIÓN DE COSTOS LOGÍSTICOS EN EMPRESAS DE RECICLAJE MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO HÚNGARO</b>  <b>Yasmin Soto Leyva</b>  <b>José Miguel Martínez Carrasco</b>  <b>Guadalupe Sánchez Calderón</b></p>	<p><b>132</b></p>

# ARMADO DE AUTOS A ESCALA PARA GARANTIZAR LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

## ASSEMBLY OF SCALE CARS TO GUARANTEE THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING TOOLS

ARTURO SANTOS OSORIO<sup>1</sup>

ERIKA DANIELA MORALES<sup>2</sup>

MARÍA FERNANDA GARCÍA ESCAMILLA<sup>3</sup>

### RESUMEN

En el presente proyecto se presenta los resultados de la investigación llevada a cabo en la empresa ROBAL. SA, es una empresa familiar que se dedica al armado de carros ornamentales a escala, una de sus inquietudes es analizar la capacidad y sus indicadores de desempeño y aplicar estrategias que ayuden a incrementarlos en el menor tiempo posible, pero también, al menor costo. Para ello se aplicaron diferentes herramientas de manufactura encaminadas a satisfacer las necesidades que demanda el armado de un carrito a escala, durante el proceso se desarrollaron varias herramientas, procesos y, actividades necesarias para poder administrar y controlar un sistema de producción. Como herramienta central se consideró a la filosofía Six Sigma y su metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), sin embargo, para el alcance de cada una de sus etapas, se hizo uso de otras herramientas cualitativas y cuantitativas como: diagramación, administración de operaciones, balanceo de líneas, VSM, 5's, Poka Yoke, SMED, entre otras. Lo anterior dio como resultado la optimización del proceso y por ende la mejora en los indicadores de desempeño, como: Eficacia, Eficiencia y efectividad.

**Palabras clave:** Capacidad, Indicadores de desempeño, Six Sigma, DEMAIC, Manufactura Esbelta

### ABSTRACT

This project presents the results of the research carried out in the company ROBAL. SA, is a family business that is dedicated to the assembly of scale ornamental cars, one of its concerns is to analyze its performance indicators and apply strategies that help increase them in the shortest possible time, but also at the lowest cost. For this, different manufacturing tools were applied to satisfy the needs demanded by the assembly of a scale cart, during the process several tools, processes and activities necessary to manage and control a production system were developed. As a central tool, the Six Sigma philosophy and its DMAIC methodology

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. arturo.so@huauchinango.tecnm.mx. ORC ID: 0000-0003-2652-7065. CVU CONACYT ID: 951464

<sup>2</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310002@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310091@huauchinango.tecnm.mx

(define, measure, analyze, improve and control) were considered, however, for the scope of each of its stages, other qualitative and quantitative tools were used, such as: diagramming, operations management, line balancing, VSM, 5's, Poka Yoke, SMED, among others. The foregoing resulted in the optimization of the process and therefore the improvement in performance indicators, such as: Effectiveness, Efficiency and effectiveness.

**Keywords:** Capacity, Performance Indicators, Six Sigma, DEMAIC, Lean Manufacturing

## **INTRODUCCIÓN**

El Diccionario de la real academia española define capacidad como “la facultad para tener, recibir, almacenar o dar cabida”. En las manufacturas se podría referir al número de automóviles que se pueden producir en un solo turno. Es importante definir la capacidad para poder dar paso a la ejecución del sistema, tomando en cuenta todos los factores que ayuden en el alcance de las metas, reconociendo en todo momento el capital humano aprovechándolo al máximo evitando tener pérdidas; por ello, diversos historiadores y precursores de la ingeniería industrial se dieron cuenta de ello y tomaron acciones para el adecuado aprovechamiento, precursores de la industria como Taylor, Ford, Taichi Onho dedicaron mucho tiempo para el desarrollo de estudios con el fin de estandarizar y optimizar al máximo la producción, midiendo los factores mediante indicadores de desempeño, así como el estudio de las operaciones (Diagramas de procesos, de recorrido, lay out, estudio de tiempo y movimientos, etc.).

En la fabricación de automóviles el conocimiento de la capacidad ayuda a la toma de decisiones de los gerentes, ejemplo de ello, es que, al conocer la cantidad de horas disponibles al año pueden pronosticar cuantas unidades por modelo podrán fabricar. Ello refleja que saben lo que sus insumos de tecnología y de fuerza de trabajo pueden producir y conocen la mezcla de productos que exigirán a estos recursos.

La presente investigación tiene como propósito conocer, aplicar y emplear las herramientas, metodologías y filosofías para optimizar, estandarizar y maximizar el proceso de producción con el fin de eliminar los desperdicios que en la industria se generan, siendo factores que llevan a la quiebra de una empresa si no se toman buenas decisiones, así como de accidentes o deficiencias en el producto terminado. Como una forma de argumentar el impacto de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, se implementarán dichas herramientas en el armado de un carrito a escala.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Uno de los principales problemas dentro de cualquier organización son el desconocimiento de su estado actual, es decir de su capacidad real, cuando se funda una empresa, dentro de sus principales actividades que se realizan son el cálculo de la capacidad, necesaria para poder comprometer los tiempos de entrega de los futuros pedidos, con el paso del tiempo, la empresa va creciendo y de igual manera los indicadores de desempeño antes calculados se van moviendo, van cambiando y se comete el error de no ajustarlos, de seguir planeando con los mismos estándares sin considerar que, ya los empleados no son los mismos o son de

mayor edad, las máquinas son más lentas u obsoletas, los espacios más reducidos pues el número de clientes ha aumentado, y las características solicitadas por los clientes y autoridades cada vez son más exigentes.

La industria automotriz es pionera en el diseño, uso y mejora de los sistemas, herramientas y metodologías que mejoren las condiciones e indicadores laborales, como la eficacia, eficiencia, efectividad, calidad, seguridad laboral, ambientes de trabajo, en conclusión, la industria automotriz es la que lleva el estandarte de optimización en los procesos de manufactura. Por lo anterior, en la empresa ROBAL S.A., surge la necesidad de medir nuevamente las capacidades de los procesos y compararlas con las ideales, con ello implementar estrategias y metodologías que coadyuven a la mejora de los indicadores principales, como: Eficacia, eficiencia y efectividad, necesarios para poder garantizar las entregas a los clientes, los pagos a los empleados, las compras y pagos a los proveedores y demás operaciones que toda empresa debe controlar para garantizar su ambiente laboral y la satisfacción de sus clientes.

Por todo lo anterior, se presenta el proceso de manufactura de armado de un carrito a escala, el cual se construirá en la empresa ROBAL, con tal proceso se podrá argumentar plenamente que, los modelos a escala, pueden también ser utilizados para generar ambientes reales, capaces de desarrollar e incrementar las capacidades del estudiante, ayudando en todo momento al cumplimiento satisfactorio de su sistema de producción.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el sistema de producción del armado de un carrito en la empresa ROBAL en el primer semestre del 2022, mediante el uso de herramientas de manufactura.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocimiento del estado actual.
- Desarrollar la aplicación de metodologías para el incremento de la productividad en el sistema de producción.
- Optimizar la productividad utilizando herramientas de mejora continua.

#### **REFERENTE TEÓRICO**

##### **Indicadores y parámetros básicos en los sistemas de manufactura**

Los indicadores son herramientas útiles para la planeación y gestión en general, y tienen como objetivos generar información útil para mejorar el proceso de toma de decisiones, el proceso de diseño, implementación o evaluación de un plan, programa; de igual manera cuantificar los cambios en una situación que se considere problemática, dando seguimiento a los diferentes planes, programas y proyectos que permitan tomar las adecuaciones oportunas, para mejorar la eficiencia y eficacia en general, así como monitorear el cumplimiento de los acuerdos comprometidos. Eficiencia: expresa la forma en que se hace un buen uso de los recursos de la empresa permite cuantificar esta variable, como: Tiempos

muestrados, retraso del material, desperdicio de material y, capacidad de manufactura. Eficacia: grado de cumplimiento con los objetivos, metas o estándares, que la empresa determina en la planeación, es la realización de la producción obtenida en un cierto periodo, respecto a la meta de unidades físicas de producción previamente planeadas. Efectividad: expresa la relación que se logra entre el buen uso de los recursos y el tiempo estipulado para su entrega, matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera. Productividad: La productividad es el resultado de los factores independientes: el humano y el tecnológico (Díaz, Leal y Urdaneta,2018).

### **Aplicación de Seis Sigma (DFSS, DMADV, DMAIC)**

El Seis Sigma es una técnica que utiliza herramientas de gestión de calidad y estadística para reducir la variación en los procesos y productos, y busca aumentar la satisfacción de las necesidades de los clientes y disminuir los costos de operación. Diseño para Seis Sigma (Design for Six Sigma- DFSS) es la aplicación de los principios de Seis Sigma para el diseño de los productos y sus procesos de fabricación y apoyo. DMAIC (Véase Figura 1. Metodología 6 Sigma): Se utiliza para mejorar procesos ya existentes y, DMADV: Se usa en el rediseño de procesos que no alcanzan la mejora aun siendo mejorados. (Carolina, 2019).



**Figura 1.** Metodología 6 Sigma. Fuente: Carolina (2019)

### **Herramientas Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing: es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de “desperdicios” (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos, Potencial humano sub-utilizado) en productos manufacturados. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo, se reducen. Las herramientas “lean” (en inglés, “sin grasa” o “ágil”) incluyen procesos continuos de análisis (Kaizen), producción “pull” (en el sentido de Kanban), y elementos y procesos “a prueba de fallos” (poka yoke).

### VSM (Value Stream Mapping)

García y Amador (2019) consideran que el VSM es una técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, permite detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente, con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso para posteriormente iniciar las actividades necesarias para eliminarlas. Es una de las técnicas más utilizadas para establecer planes de mejora siendo muy precisa debido a que enfoca las mejoras en el punto del proceso del cual se obtienen los mejores resultados (Véase Figura 2. VSM).

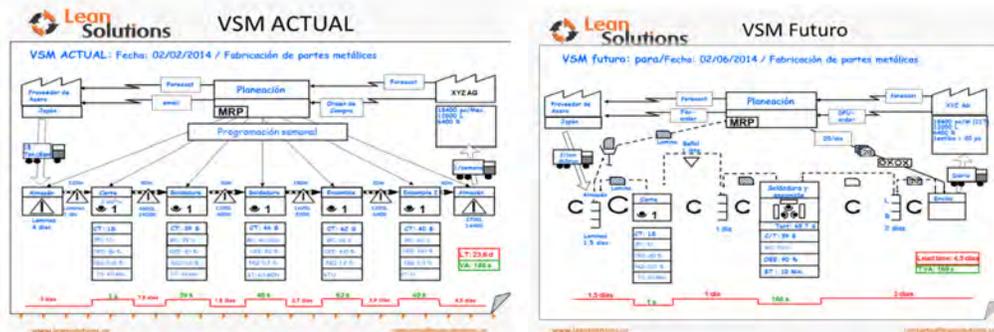


Figura 2. VSM. Fuente: <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stre>

### Las 5S

Las 5S es la base de Lean Manufacturing y los fundamentos de un enfoque disciplinado del lugar de trabajo. Se fundamenta en 5 Pasos para poner al día el lugar de trabajo (Véase Figura 3. Las 5'S):



Figura 3. Las 5'S. Fuente: Carolina (2019)

## Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En experiencia de Fernández (2018) el TPM es una metodología que asegura mejoras rápidas y continuas en la manufactura al eliminar averías en los equipos. Esta metodología la basamos en actividades de: Mantenimiento Predictivo, mantenimiento Preventivo y, mantenimiento Correctivo (Véase Figura 4. TPM).



Figura 4. TPM. Fuente: Carolina (2019)

## Kanban

El sistema Kanban permite: Estandarizar Inventarios en Proceso, controlar la producción y manejar materiales mediante herramientas de control visual, de igual manera administrar estaciones de trabajo, elimina la sobreproducción, estandariza los procesos de producción, minimiza la cantidad de producto en proceso e identifica cuellos de botella en el proceso (Hens, 2020).

## Diagrama de flujo

El Diagrama de Flujo es una representación gráfica utilizada para mostrar la secuencia de pasos que se realizan para obtener un cierto resultado. Este puede ser un proceso, un servicio, o bien una combinación de ambas (Cuásquer y Moreno, 2021).

## Lean Supply Chain.

La herramienta Lean Supply está diseñada para la mejora continua de las cadenas de suministro de las empresas manufactureras, algo fundamental en la implantación de una estrategia Lean porque, en este tipo de empresas, la cadena de suministro mantiene viva la producción y de su correcto funcionamiento dependen el resto de funciones. Es un área a la que rara vez se le presta atención a la hora de aplicar una estrategia Lean, sin embargo, aplicando la metodología de eliminación de “residuos” a esta, se puede obtener grandes beneficios. Para aplicarla, en la implantación de la estrategia Lean Supply Chain Management se habrá de revisar cada uno de los eslabones de la misma, como: Compras, fabricación de piezas, gestión de almacén y envíos, (ISO Tools, 2021).

**METODOLOGÍA**

Para esta investigación se utilizó la metodología DMAIC de Seis Sigma, y se complementó con herramientas de manufactura esbelta.

**Fase 1: Definir el estado actual.**

En la práctica, la empresa ROBAL cuenta con el sistema por lotes de cantidad de pedido, este sistema fue seleccionado debido al comportamiento de la demanda, este no es preciso debido a que a través de los años se comporta de manera diferente, factores como la estacionalidad, la competencia, entre otros obliga a la necesidad de elegir este sistema con la finalidad de tener lo mínimo de inventarios en los almacenes de materia prima y de producto terminado cuidando de la importancia y parámetros de la calidad que solicitan nuestros clientes. La empresa ROBAL desea saber la planeación de la producción de acuerdo a la demanda establecida gracias a la encuesta y estudio de mercado, se sabe que la demanda varía de acuerdo a la estacionalidad y comportamiento de las ventas de los carritos ornamentales, se establece un pronóstico de ventas, este tiene un comportamiento más o menos parecido respecto a otros años, la empresa realiza un análisis de ventas trimestral para clasificar el comportamiento de las ventas de acuerdo a las estaciones de año, (Véase en la Tabla 1 pronóstico de la demanda 2021).

**Tabla 1.** Pronóstico de la demanda 2021.

Año	Trimestre	Ventas (Unidades vendidas)
2018	enero-marzo	8560
	abril-junio	6315
	julio-septiembre	5640
	octubre-diciembre	8500
2019	enero-marzo	8763
	abril-junio	6584
	julio-septiembre	5950
	octubre-diciembre	9670
2020	enero-marzo	9123
	abril-junio	7069
	julio-septiembre	5350
	octubre-diciembre	9430
2021	enero-marzo	
	abril-junio	
	julio-septiembre	
	octubre-diciembre	

Fuente: Elaboración Propia

Se hace uso del software de Minitab, para calcular la ecuación de regresión, así como del coeficiente de correlación lineal, estos datos son importantes debido a que podremos saber el comportamiento que tiene la empresa.

La ecuación de regresión es: Unidades vendidas = 7214 + 56.3 (Trimestre)

S = 1648.39

R-cuadrado = 1.64%

R-cuadrado (ajustado) = 0.00%

La relación que tienen las ventas respecto a las estaciones del año, son de tendencia baja lo que nos quiere decir que debemos de tomar decisiones para ser más competitivos en el mercado de la juguetería de la región. El resultado de correlación o r cuadrada (1.64%) existe una relación positiva débil. El pronóstico en el primer trimestre de enero-marzo se pronostica 7945.9 unidades vendidas. La ecuación de regresión fue obtenida del software Minitab.  $Y = 7214 + 56.3(x)$  donde x es 13.

**Diseño del sistema.**

La empresa ROBAL desea saber la planeación de la producción de acuerdo a la demanda establecida gracias a la encuesta y estudio de mercado, se sabe que la demanda varía de acuerdo a la estacionalidad y comportamiento de las ventas de los carritos ornamentales, se establece un pronóstico de ventas, este tiene un comportamiento más o menos parecido respecto a otros años, la empresa realiza un análisis de ventas trimestral para clasificar el comportamiento de las ventas de acuerdo a las estaciones de año, debido a eso en numerosas veces se realiza la encuesta de seguimiento al cliente para determinar una venta trimestral. Los clientes en su mayoría responden positivamente respecto a la compra del producto, en su mayoría son comerciantes de jugueterías y establecen un pedido cierta temporada del año (Véase en la Tabla 2. Demanda por trimestre y sus restricciones de producción)

**Tabla 2.** Demanda por trimestre y sus restricciones de producción

enero-marzo	abril-junio	julio-septiembre	octubre-diciembre
8540 piezas a los 3 meses	7190 piezas a los 3 meses	5340 piezas a los 3 meses	8430 piezas a los 3 meses
90 días de plazo			
94.88 piezas diarias	79.88 piezas diarias	59.33 piezas diarias	93.66 piezas diarias
8 horas laborales	8 horas laborales	8 horas laborales	8 horas laborales

Fuente: Elaboración propia

**Definir el sistema de producción.**

Cálculo del número mínimo de estaciones de trabajo ROBAL

Paso 1. Tiempo del ciclo = 780 minutos productivos / 110 unidades requeridas = C = 7.09 tiende a 8

Paso 2. Número mínimo teórico de estaciones de trabajo T = suma de los tiempos de las tareas = 1020 s.

Por lo tanto: N = (T) = 1020 s. / (C) = 8 min. – 480 segundos = 2.125- 3 estaciones de trabajo.

**Planeación agregada**

En la empresa ROBAL, se tiene una demanda de 8540 piezas, considerando un 10 % de error en el caso estaría produciendo 9394 piezas sumando del 10 %; se desea distribuir y planear la producción de cada periodo de tiempo para poder garantizar la demanda semanal y llegando a la meta trimestral de 9394 piezas.

Los datos se revelan con la información de las siguientes tablas, se tiene un tiempo de 6 días productivos de 1 turno de 8 horas, 6.5 horas productivas, se trabajan 5 trabajadores en cada línea de ensamble y el resto son personal auxiliar de almacenes (Véase Tabla 3. Tecnologías de grupos (familias)).

**Tabla 3.** Tecnologías de grupos (familias)

Código	Descripción	Nivel	Inventario	Stock de seguridad	Elemento	Cantidad	Lead Time	Recep. Programadas	
								Semana	Cantidad
	Carrito A	0	290	0		0	1		
1007	Parte superior	1	240	0	Carrito	2	1		
1038	Sujeciones	2	21520	0	Chasis	8	1		
1075	Volante	2	2690	0	Chasis	1	1		
1065	Eje volante	2	2690	0	Chasis	1	1		
2027	Base	3	5380	0	Chasis	2	1		
1037	Sujeción A	4	10760	0	Base	4	1		
2010	Asientos	3	21520	0	Base	8	1		
1022	Soporte lateral	3	2690	0	Defensa	1	1		
1006	Defensa	4	2690	0	Base	1	1		
1021	Dirección	5	5380	0	Defensa	2	1		
1025	Soporte frontal	5	5380	0	Defensa	2	1		
2024	Llantas	5	10760	0	Base	4	1		
1023	Eje de llantas	5	5380	0	Base	2	1		
1027	Tornillo	6	80700	0	Carrito	30	1		
1028	Tuerca	6	94150	0	Carrito	35	1		
1036	Sujeciones	6	13450	0	Carrito	5	1		

108

Fuente: Elaboración propia

## Fase 2: Medir los indicadores del sistema de producción

### Cálculo del tiempo estándar

Dentro de la empresa se tienen 9 trabajadores en el área de producción para el armado del carrito, los datos correspondientes determinarán los cálculos de estándares de producción, se trabajan 6 días de la semana.

Demanda = 8940 piezas en 90 días

Un mes comprende un lapso de 30 días laborales

90 días – 12 días de descanso por trimestre = 78 días laborales

Número de piezas a producir = 8940 / 78 días laborales = 114.61 = 115 piezas diarias

115 piezas \* 6 días laborales = 690 piezas por semana (demanda)

Tiempo estándar:  $Q_0 = \left[ \frac{81.25 * 8 / 6 * 6 \text{ días} * 9 \text{ trabajadores}}{690 \text{ Piezas}} \right]^{(1/2)} = 9.1137 = 10 \text{ piezas}$

### Indicadores de procesos.

La empresa ROBAL tiene que cubrir una demanda de 115 piezas diarias, pero la capacidad instalada solo cubre produciendo 104 unidades, se trabajan dos turnos de 8 horas laborales, determinar la eficiencia, eficacia y la efectividad de la producción de la empresa.

$$\text{Eficacia} = 104/115=0.9043*100= 90.43\%$$

$$\text{Eficiencia} = ((12.5 \text{ horas}) / (13 \text{ horas})) * ((104 \text{ unidades producidas}) / (115 \text{ unidades previstas}))$$

$$\text{Eficiencia} = (0.9615) *(0.9043) = 0.8695*100= 86.955$$

$$\text{Efectividad} = (90.43\% + 86.955\%) /2= 88.69 \%$$

**Formato de estudio de tiempos**

Para poder determinar los tiempos de fabricación de los productos o ensamble de los carritos, se necesita medir el proceso, por el cual unos de los métodos más usados y comunes en la medición es la toma del estudio de tiempos.

ROBAL, ensambla piezas y para conocer el desempeño y eficacia de producción de piezas, se desea conocer el tiempo de cada estación de trabajo para poder definir la capacidad de la elaboración de un carrito marca ROBAL, para la toma del estudio de tiempos se utilizó una herramienta para la toma de tiempos que es el cronómetro, la empresa toma una muestra de la actividad de cada estación y los resultados se presentan en la siguiente tabla resumiendo los datos de ciclo de cada estación de trabajo (Véase Tabla 4. Tiempo de cada estación de trabajo).

**Tabla 4.** Tiempo de cada estación de trabajo

Estación	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Segundos)
1	7.38	470
2	7	420
3	2.16	130
Total	17	1020

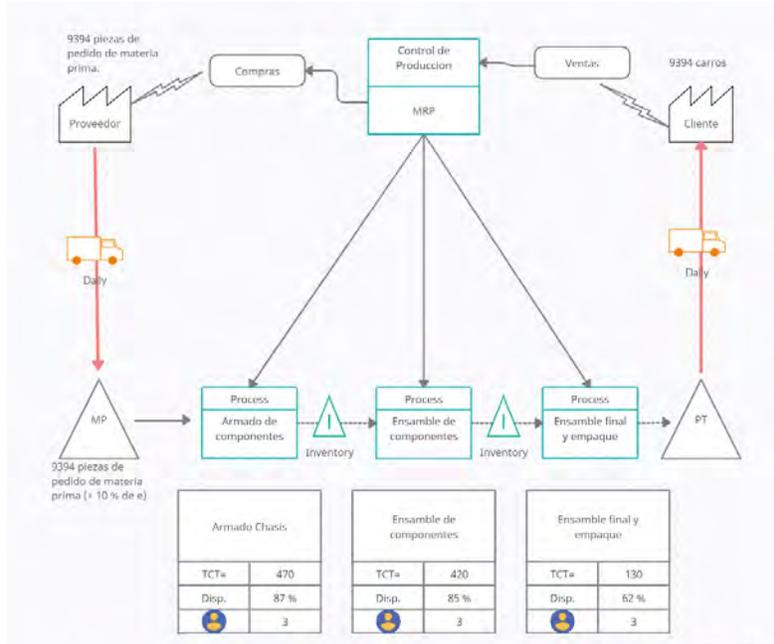
Fuente: Elaboración propia

Para la toma del estudio del tiempo se requirió el cálculo de las estaciones de trabajo para poder definir las operaciones y estudiar más a fondo el tiempo de ciclo para poder observar y realizar recomendaciones para la mejora continua.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES**

**Fase 3: Analizar.**

La empresa ROBAL, requiere diagnosticar y analizar el proceso de producción que comprende por varias etapas comenzando desde el pedido, el proceso y la entrega final del producto, el VSM es una herramienta que se empleara para poder determinar y analizar el proceso de manera más gráfica y visual posible para hacer el fácil entendimiento. ROBAL tiene una demanda trimestral basada en el pronóstico estacional realizado, se desean fabricar 8540 piezas de carritos de juguetes, se considera un 10 % de error al fabricar las piezas esto trae consigo el cambio en el plan de requerimientos de materiales sumando el 10 % de piezas respecto a la demanda, en total se tiene contemplado una producción de 9394 piezas en la demanda del producto (Véase Figura 5. VSM ROBAL, chispa KAIZEN).



**Figura 5.** VSM ROBAL, chispa KAIZEN. Fuente: elaboración propia

### Cálculo del tiempo disponible

Para realizar el VSM se necesita el dato del Talk time, este se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Talk Time} = (\text{Tiempo disponible}) / \text{Demanda}$$

Datos: Tiempo disponible: 8 horas diarias, 6.5 horas productivas disponibles,

$$(6.5 \text{ horas}) \times (60) = 390 \text{ minutos productivos}$$

$$(390 \text{ MIN}) \times (6 \text{ DÍAS}) \times (9 \text{ SEMANAS DE TIEMPO DE PLAZO}) = 21060 \text{ MIN}$$

Demanda: 8540 + 10 % de error = 9394 piezas

$$\text{Solución: Talk Time} = (21060 \text{ minutos del periodo}) / (9394 \text{ piezas (demanda)}) = 2.2418565 \text{ min/piezas}$$

2.2418565 min/piezas de Talk time, es el resultado de la relación de piezas entre cada minuto transcurrido se debe de producir 2.2418 para llegar a la meta de la demanda.

El segundo paso es calcular el tiempo que se emplea por las actividades para poder observar la demanda y su desplazamiento en el tiempo, estos valores se calculan en periodos de tiempo semanal.

Como se puede observar, se tienen 3 estaciones de trabajo:

Armado del chasis y componentes, esta estación trabaja con una eficacia de 87 % de todo el tiempo disponible cuenta con un tiempo de ciclo de 470 segundos y hay 3 operadores que trabajan en dicha área.

Ensamble de componentes, estación que trabaja con una eficacia 85 %, tiene un tiempo de ciclo de 420 segundos y cuenta con 3 trabajadores en la estación.

Empaque y ensamble final tiene una eficacia de un 62 %, un tiempo de ciclo de 130 segundos y 3 trabajadores en el área.

Cálculo de la disponibilidad del “armado chasis” = (Demanda real) / Pedido = (8172.78 piezas) / (9394 Pedido), Disponibilidad= 0.87, por tanto, es 87% Cálculo de los días trabajados (semanal)

1 semana = 6 días

6 días = 2340 minutos

2340 minutos = 100 % de tiempo productivo

87% = 2035.8 minutos trabajados con una eficacia de estación al 87 %

1 día = 390 minutos

2035.8 minutos trabajados= 5.22 días trabajados.

Cálculo del inventario del proceso

Datos

Cantidad producida al 87 %= 8172.78 piezas producidas en una estacionalidad

Cantidad a procesar= 9394 piezas

Cantidad de inventario (solución).

(9394 piezas) - (8172.78 piezas producidas en el periodo) = 1221.22 piezas en inventario

De acuerdo a la metodología anterior para el cálculo de la disponibilidad y demás valores como el tiempo productivo, se presenta una tabla resumida de todos los cálculos de las estaciones de trabajo (Véase en la Tabla 5. Tabla de disponibilidad de las estaciones de trabajo y en la Tabla 6. Cálculos del VSM ROBAL)

**Tabla 5.** Tabla de disponibilidad de las estaciones de trabajo

Estación 1. Armado chasis		Estación 2. Ensamble		Estación 3. Empaque	
Variables	Cantidad	Variables	Cantidad	Variables	Cantidad
Disponibilidad	87%	Disponibilidad	85%	Disponibilidad	62%
Cantidad real	8172.78	Cantidad real	7984.9	Cantidad real	8172.78
Pedido	9394	Pedido	9394	Pedido	9394
Inventario	1221.22	Inventario	1409.1	Inventario	1221.22
Días trabajados	46.98	Días trabajados	45.9	Días trabajados	33.48

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.** Cálculos del VSM ROBAL

Estación	concepto	Cantidad disponible		Minutos diarios	Días	9 semanas	
	Tiempo total disponible	21060	Minutos disponibles x semana	390	1 día	54	Días
1	Disponibilidad 87%	18322.2	Minutos trabajados	3053.7	7.83	46.98	Días
2	Disponibilidad 85%	17901	Minutos trabajados	2983.5	7.65	45.9	Días
3	Disponibilidad 62%	13057.2	Minutos trabajados	2176.2	5.58	33.48	Días

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de la cantidad acumulada

Procedimiento y fórmulas

VA= Valor actual

T= Tiempo

Cantidad acumulada= (Valor actual) /Tiempo

Z= Probabilidad

Talk Time (semanal)= 2.2418565 min/piezas convertidas en minutos= 134.5113902 segundos

Suma del tiempo (Tiempo de ciclo) = 470 + 420 + 130= 1020 segundos

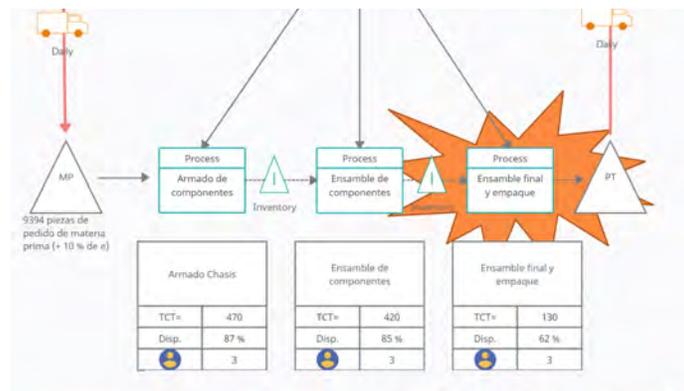
Solución = Cantidad acumulada= (134.51 segundos) / (1020 segundos)

Cantidad acumulada= 0.131873912= 13.18 %

### CONCLUSIONES

#### Fase 4: Mejorar

El sistema de producción trabaja un 13.18 % lo que significa que hay que tomar decisiones significativas para poder trabajar de manera que podamos cumplir con la demanda semanal y llegar a la meta estacional. A continuación, se presentará donde se aplicará la chispa Kaizen (Véase Figura 6. VSM ROBAL, chispa KAIZEN) para empezar a dar solución a la problemática, se sabe que la empresa trabaja 3 líneas de ensamble; se presenta de manera visual el lugar donde empezaremos a tomar medidas correctivas para mejorar la productividad de la empresa.



**Figura 6.** VSM ROBAL, chispa KAIZEN. Fuente: elaboración propia

Como podemos observar, la estación 3 representada por el área de empaque del producto, presenta fallas que afectan significativamente a la productividad; la chispa KAIZEN derivara a más herramientas de análisis para la solución de problemas, se propone realizar la aplicación de herramientas de análisis de causa y efecto, por ello a continuación la metodología en fase de analizar se presentaran más herramientas para el análisis y control de las variables anteriormente mencionadas con el VSM.

### Diagrama de flujo de procesos

Para poder realizar la mejora en el sistema de producción, se deben de eliminar las operaciones que no agregan valor a nuestro sistema, en este análisis se incluyen el diagrama de flujo de procesos (Véase Figura 7. Diagrama de flujo de procesos de ROBAL S.A. de C.V.).



Figura 7. Diagrama de flujo de procesos de ROBAL S.A. de C.V.  
 Fuente: elaboración propia

Los resultados finales se muestran a continuación por medio de puntos porcentuales de mejora (Véase Tabla 7. Resultados finales).

Tabla 7. Resultados finales

Tipo	Periodo	Indicador	Sin estandarizar	Estandarizado
Proceso	Semana 1	Eficacia	53%	85%%
		Eficiencia	33%	85%
		efectividad	43%	85%
	Semana 2	eficacia	57%	91%
		Eficiencia	35%	91%
		efectividad	46%	91%
	Semana 3	eficacia	50%	81%
		Eficiencia	31%	81%
		efectividad	41%	81%
	Semana 4	eficacia	46%	75%
		Eficiencia	29%	75%
		efectividad	38%	75%
	Semana 5	Eficacia	53%	86%
		Eficiencia	33%	85%

		Efectividad	43%	85%
	Semana 6	Eficacia	63%	101%
		Eficiencia	39%	101%
		Efectividad	51%	101%
	Semana 7	Eficacia	56%	90%
		Eficiencia	35%	90%
		Efectividad	45%	90%
	Semana 8	Eficacia	50%	80%
		Eficiencia	31%	80%
		Efectividad	40%	80%
	Semana 9	Eficacia	54%	88%
		Eficiencia	34%	88%
		Efectividad	44%	88%
Semanal	Capacidad Instalada	555 Piezas/semanales.	894 Piezas/semanales.	
Financiero	Trimestral	Punto de equilibrio		3826.833021
	Trimestral	Punto de equilibrio monetario		765366.6041
	Trimestral	utilidad		342820.1501

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, en el mundo competitivo que vivimos, todas las organizaciones tienen el reto de optimizar sus procesos, existen dos grandes herramientas para la optimización de procesos industriales, Seis Sigma y manufactura esbelta. Seis Sigma se centra en la eliminación de defectos de calidad de los productos y los procesos, mientras que manufactura esbelta tiene como objetivo la eliminación de pérdidas desperdicios (“mudas”) o actividades que no añaden valor, Utilizando estas herramientas de manufactura se logran productos de calidad a costos bajos y en el tiempo establecido (calidad, costo y entrega).

#### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango por su apoyo, para el desarrollo de este proyecto.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Carolina, L. R. (2019). Solución de problemas de manufactura. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Cuásquer V, M., y Moreno C, A.L. (2021). Estudio sobre los diagramas de flujo en la resolución de problemas matemáticos. Revisa UNIMAR. e-ISSN: 2216-0116 ISSN: 0120-4327 ISSN-L: 0120-4327 DOI: <https://doi.org/10.31948/Rev.unimar>.
- Díaz V, N.J., Leal G, M., y Urdaneta M, A.J. (2018). ADN organizacional y productividad en las empresas familiares. Desarrollo gerencial. 10 (1), 105- 122. DOI: <https://doi.org/10.17081/dege.10.1.2987>.

- Fernández A, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM: Tecnologías marinas y mantenimiento. Universidad de Oviedo. Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón.
- Gaona, I. E. (2009). Sistemas de manufactura. Los reyes, Estado de México., México.
- García C, M., y Amador C, A. (2019). Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 8(2), pp. 68-83. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>.
- Hens P, R. (2020). K-ETeC: Adaptación del método Lean Kanban, e inclusión de técnicas de coaching e inteligencia emocional grupal, para la mejora de la productividad en la gestión del servicio de mantenimiento de software. Universidad Rey Juan Carlos. Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Escuela Internacional de Doctorado.
- ISO Tools. (2021). ISO Tools. Obtenido de <https://www.isotools.org/2013/10/14/herramienta-lean-supply-chain/>
- Lara, S. (2020). IDOCPUB. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/14-opex-excelencia-en-operaciones-k6nqjwwpwq4w#:~:text=1.4.%20OPEX%20%28excelencia%20en%20operaciones%20%29%20%E2%80%A2%20La,servicios%20competitivos%20a%20los%20clientes.%20Para%20las%20empresas>.
- Lean Solutions. (2020). VSM. Obtenido de <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/>

# DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN SISTEMA DE LECTURA PARA UN DISPOSITIVO EN BRAILLE

## DESIGN AND MANUFACTURING OF A READING SYSTEM FOR A DEVICE IN BRAILLE

EDGAR JESÚS CRUZ SOLÍS<sup>1</sup>

ROBERTO GUILLERMO RODRÍGUEZ FELIPE<sup>2</sup>

EDSEL FLORENCIO VARGAS NERI<sup>3</sup>

### RESUMEN

La discapacidad visual es una diversidad que se define en dos términos ceguera y baja visión o debilidad visual, un sistema que se adapta a personas con esta incapacidad es el sistema Braille, creado por el francés Louis Braille en el año 1821. La presente investigación muestra un dispositivo de lectura en Braille específicamente, muestra el diseño y manufactura de un mecanismo que permite apreciar una línea de cinco caracteres en braille, accionados por servomotores de acuerdo a la señal recibida, este dispositivo es parte de un sistema Tiflotécnico integral donde se tiene el sistema de tracción e impresión, el sistema de escritura y para esta investigación se muestra el sistema de lectura, se puede concluir que para realizar un diseño de un sistema de lectura en Braille se debe tener en consideración el objetivo de su funcionamiento y la comodidad que debe proporcionar al usuario.

**Palabras clave:** Braille, Sistema de lectura, Tiflotécnico, debilidad visual.

### ABSTRACT

Visual disability is a sensorial diversity that is defined by two terms: blindness and low vision or visual impairment, the Braille system which adapts to people who suffer from this disability was created by the French Louis Braille in 1821. The current research shows a reading device in Braille; specifically showing the design and manufacture of a mechanism which allows to appreciate a line of five characters in Braille activated through servomotors is respond to a received signal. This device is part of an integral Typhlotechnical system where the traction and press system and the writing system are located, and for the purpose of this research, the reading system is shown as well, it can be concluded that in order to do a reading Braille system it is necessary to take into consideration the objective of its operation and the comfort that it must provide to the user.

**Keywords:** Braille, reading system, Typhlotechnical, visual impairment.

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Puebla. Correo Institucional: edgar.cs@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0003-4083-0888. CVU CONACYT 904718.

<sup>2</sup> Alumno de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Puebla. Correo Institucional: fl8310114@huauchinango.tecnm.mx.

<sup>3</sup> Alumno de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Puebla. Correo Institucional: e19110013@huauchinango.tecnm.mx.

## **INTRODUCCIÓN**

Se conoce como un sistema Braille aquel sistema de lectura y de escritura basado en personas ciegas o invidentes, refiriendo para ello el tacto, este sistema fue creado por Louis Braille en el siglo XIX, quien fue un pedagogo francés, Louis Braille concentro su sistema en un previo al diseñado por Charles Barbier de la Serre, destacando que el sistema es creado por puntos en relieve sobre una superficie lisa, refiriéndose en forma representativa al sistema alfabeto tradicional, es una forma de escritura donde el sistema del tacto es primordial (Máxima, 2020).

De acuerdo al (Ministerio de Educación 2013) se tiene un enfoque en el Sistema Educativo Plurinacional teniendo como prioridad la diversidad respondiendo a las necesidades educativas de la población en general, respetando y reconociendo las necesidades potenciales, características, ritmos, estilos y expectativas de aprendizaje sin discriminación (Ministerio de Educación, 2013)

El diseño fue creado utilizando dos matrices, una de seis líneas y seis columnas que representan el alfabeto, esta matriz fue un contenido fijo, cabe destacar que cada unos de los caracteres de un texto formando un código, sin embargo, cada uno de los caracteres se representan por puntos y relieves, cabe mencionar que los caracteres de lectura de textos.

En 1821 Charles Barbier, fue el a quien se le constituye la invención del sistema de letras con puntos, código alfabético basado en grupo de puntos. Louis Braille adaptó este sistema en grupos de unos a seis puntos. En 1832, en la conferencia de Londres de educadores de invidentes, fue establecido el modelo para los sistemas de puntos adoptando un alfabeto conocido como Standard English Braille (Zamora y Marín, 2021)

La tiflotecnología es conocida según (Zamora 2021) hace referencia a los procedimientos y técnicas para emplearlas para el aprendizaje de seres humanos con discapacidad visual. La inclusión de estudiantes se constituye en un inconveniente en todos los contextos y sobre todo en el educativo, por ello se hace necesario la implementación de programas que la favorezcan (Izquierdo y García, 2014).

La manufactura es importante debido que juega un papel muy importante para el desarrollo de la humanidad. El diseño en la manufactura es una de las practicas más integradores, en la metodología del diseño conocida como DPM que es de importancia universal ya que afecta directamente a los costos de manufactura.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

La discapacidad visual es sin duda, una de las discapacidades donde encontramos un mayor número de componentes tecnológicos. Las TIC que se ponen a disposición de estas personas son bastantes diversas, existen desde adaptadores visuales, convertidores de textos en sonido hasta la utilización de aparatos tales como la impresora específicamente fabricada para el sistema Braille. (Flores; Asanza; Rosado, 2014)

Según el autor del libro desarrollo de concepciones educativas de las personas con discapacidad visual menciona que hay una gran inquietud por educar personas con discapacidad visual data desde mucho antes del siglo XVIII, cuando se creó la primera

escuela para niños y adolescentes ciegos en Francia, que dio inicio al desarrollo de la pedagogía especial para ciegos o tiflotecnología, Tiflo proviene de la palabra griega <<Tiflus>> que significa ciego. (Sandoval, 2014)

A lo largo de la historia se tienen diferentes registros de la educación en la población de las personas y su importancia se tiene ya desde hace muchos años en cada civilización que ha surgido en la historia, pero también se ha encontrado datos que afirman que también había una preocupación por las personas invidentes por el uso y creación de métodos de enseñanza, como bien sabemos en la actualidad existe un gran número en la población de personas ciegas que requieren de ayuda para su integración en la sociedad y hoy en día existe cada vez más tecnologías muy avanzadas y lo mejor de todo es que ya está al alcance de nuestras manos. El acceso a la tecnología es algo que forma ya parte en todas las áreas en las que se desenvuelve la sociedad y es indispensable y gracias a ello también existe la innovación y creación de sistemas que ayuden cada vez más facilitar e integrar a toda la sociedad que padezca alguna discapacidad y ser candidatos de ser poseedores del acceso a la tecnología. La presente investigación se presentará el desarrollo y diseño de una impresora braille que ayudará a la población de la región como propuesta para el desarrollo e integración a personas ciegas presentando un prototipo de impresora y empleando diferentes campos de estudio con el fin de contribuir a la sociedad la educación al alcance de todas las personas ciegas facilitando la integración y la educación en la sociedad y fomentando al desarrollo y no discriminación de este grupo de las personas que lo necesitan y como lo estipula el artículo 3 de la constitución mexicana, “toda persona tiene derecho a la educación”. (SCJN, 2019)

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un sistema a través de controles eléctrico, electrónico y procesamiento de datos, con la finalidad de contribuir en el proceso de lectura y escritura del sistema braille.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema tiflotécnico con herramientas CAD modelando en 3 D permitiendo visualizar la integración de los elementos.
- Seleccionar técnica y económicamente los materiales que integran el sistema tiflotécnico.
- Manufacturar el prototipo un sistema tiflotécnico por medio de maquinado CNC y convencional con las dimensiones y características técnicas adecuadas mostrando una superficie de contacto de trabajo.
- Construir y manufacturar un sistema tiflotécnico con apoyo de maquinado CNC con la finalidad de obtener el sistema de impresión braille en hoja opalina.
- Desarrollar un sistema eléctrico que permita la alimentación de energía, así como el sistema electrónico de control para los actuadores y demás elementos necesarios.
- Desarrollar un procesador de datos por medio de una tarjeta Raspberry.
- Realizar integración y pruebas de todo el prototipo comprobando su funcionalidad.

- Comparar la impresión braille del prototipo contra las escrituras existentes del mismo formato.

### **REFERENTE TEÓRICO**

El acceso a la cultura y la participación ha sido el objetivo principal para las personas carentes de visión. Según (Montoro, 1991) desde los tiempos más remotos sabemos a través, de la historia universal, de ciegos singulares que desempeñaron un papel relevante en el mundo de las artes, la ciencia, la política, de la religión. La carencia de la visión no ha sido un obstáculo insalvable para que las personas ciegas dejaran su huella en todas las épocas, Si bien desde los principios se intentó dotar a los ciegos de un código de lectura, deseo que se convirtió en realidad con Louis Braille si bien los métodos de Haüy y Barbier suelen considerarse como antecedentes inmediatos y necesarios del sistema braille.

El primero fija abecedario como estructura básica del sistema y el segundo confiere al punto prevalecer sobre el trazo continuo. No obstante, el sistema ideado por Louis Braille no es una adaptación, sino una construcción adecuada a las necesidades psicofísicas del conocimiento a través del tacto. El tacto y la audición se convierten en los elementos principales para acceder a la información. Para los ciegos y los afectados por una discapacidad grave, los medios que facilitan la información a través del tacto o de audición son de máxima importancia. El deseo de que estas personas participen de la realidad, de que puedan percibir de alguna forma lo más real posible, lo que no puedan percibir con la vista, a significado que estos medios adquieran mayor importancia, con el objeto de sustituir esa carencia de visión, en representaciones mentales lo más cerca posible a la realidad.

En este contexto, es necesario referirnos a la tiflotecnología (del griego <<tiflos>>, que significa ciego) es el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología. Proporciona los instrumentos auxiliares, ayudas y adaptaciones tecnológicas, creadas o adaptadas específicamente para posibilitar a las personas con discapacidad visual o sordoceguera la correcta utilización de la tecnología, contribuyendo a su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa.

A continuación, se hace referencia a los dispositivos Tiflotécnicos, que sirvieron como punto de partida para el presente proyecto.

Acuña Fausto (2015) trata del Diseño y construcción del material tiflotécnico que facilite la impresión de la información en sistema Braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi, se desarrolló una impresora con caracteres braille, mismo que consta con un sistema percutor desplazados por mecanismos por los ejes X, Y para formación de relieve por puntos, enviados desde un ordenador con la perspectiva conversión de caracteres ASCII a Braille. La interfaz de usuario tiene un diseño adecuado para fácil manejo para la persona invidente, contiene dos botones para cargar archivos .txt e imprimir el documento respectivamente.

Una vez implementado, se logra la impresión de letras, vocales, números y signos; en un área de impresión de 24 caracteres por línea y 23 líneas por hoja en un tiempo estimado de impresión de 23 minutos, es decir, un minuto por línea, funcionando así el equipo de manera satisfactoria. Finalmente, mediante pruebas se verificó la calidad del punto Braille siendo esta perceptible por la persona no vidente.

De acuerdo con Vanegas (2016), realizó el diseño de un prototipo de detección de obstáculos dirigido a personas invidentes o con deficiencia visual, el cual busca indagar los diferentes tipos de sensores y tecnologías electrónicas para poder aplicar en el sistema de desarrollo, así mismo diseñar e implementar el sistema de desarrollo empleando software y hardware libre. Salcedo Garces (2016), el objetivo central fue diseñar e implementar un programa informático orientado a personas con discapacidad visual usando herramientas de accesibilidad auditiva para ingresar, editar e imprimir expresiones algebraicas elementales. El programa fue desarrollado por Visual Studio 2010 Express y funciona en los sistemas operativos desde Windows 7 o posteriores. Lo mismo que se caracteriza por convertir las fórmulas matemáticas ingresadas a representaciones de forma renderizada, braille y verbalizada usando el lenguaje de marcas MathML, el código matemático unificado con el sistema braille de seis puntos y un sintetizador de voz que soporta el idioma español respectivamente.

El programa beneficia a los no videntes primero al reducir la carga mental y la limitación de ubicarse dentro de las expresiones matemáticas en dos dimensiones, segundo al ganar independencia de una persona que supervise constantemente la interacción con el computador o sus actividades escolares y tercero al poder intercambiar documentos que contengan fórmulas matemáticas con personas que tengan poco o ningún conocimiento del sistema braille.

### **METODOLOGÍA**

La presente investigación se basa en tres etapas de acuerdo con la figura 1, la primera etapa muestra el diseño y especificaciones de cada uno de los componentes del sistema de lectura, la segunda etapa se refiere al proceso de producción de los elementos, en este sentido se lleva a cabo por medio de la manufactura adictiva, y en la tercera etapa se contempla el ensamble e integración de los elementos llevando a cabo pruebas de funcionamiento (Véase Figura 1. Bosquejo del método).



**Figura 1.** Bosquejo del método. Fuente: Elaboración propia

### **Etapa 1 Diseño y especificaciones.**

El sistema de lectura en Braille se basa en un mecanismo de forma lineal horizontal y a su vez se encuentra conectado con un servomotor que proporciona el mecanismo, también de unos engranes y a su vez con el sistema electrónico para el funcionamiento del sistema. El mecanismo se propuso el diseño de riel o cremallera que permite el movimiento del sistema a su vez con soportes y pernos ensamblados entre sí.

### **Etapa 2 Proceso de producción.**

En esta etapa se describe de manera detallada cada uno de los componentes mediante el uso y aplicación de softwares con la finalidad de visualizar y de igual manera realizar pruebas y simulación mediante aplicaciones que permita observar el proceso de impresión de los componentes con cada uno de sus pasos para llegar a la meta final que es el ensamblado.

### **Etapa 3 Ensamble e integración.**

La última etapa consiste en tener todo listo cada uno de los elementos que conformaran el sistema tiflotécnico y proceder a ensamblar para poder realizar pruebas del funcionamiento y observar mediante el análisis y comparación del proyecto las metas propuestas y las metas logradas o reales de la impresora.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES**

### **Etapa 1 Diseño y especificaciones de los componentes del sistema de lectura.**

El sistema es un mecanismo de forma lineal donde se encuentran conectado a un servomotor, por lo que le proporciona el movimiento, cabe mencionar que su estructura interna la conforma una parte electrónica, y una parte mecánica que la integran una caja de engranes, este aparato está conectado a una tarjeta Arduino, la conexión está dada en los polos positivo, negativo y uno de señal, este último es el responsable de proporcionarle el ángulo de giro que tendrá el engrane que se traduce en un movimiento rotatorio, no obstante, que dependiendo la modulación de ancho de pulso que se le suministre al cable éste reflejará un ángulo, que permitirá un movimiento con un sentido horario o anti horario, cabe destacar que el ángulo estándar del sistema emerge un movimiento rotatorio que tiene el engrane impulsado por el servomotor y lo convierte en un movimiento lineal (Vanegas, 2016).

La cremallera, es una pieza con un dentado en la parte inferior y en la parte superior cuenta con bordes que interpretan los cuadratines (Vanegas, 2016).

La porta cremallera, es preferentemente no metálica, en la parte inferior tiene una cavidad, en la parte superior lateral derecho tiene un canal del cuál sirve como guía para la cremallera (Vanegas, 2016).

Como complemento se diseña la base porta cremallera con cinco aperturas rectangulares, contiene orificios para ser ensamblado con la porta cremallera. Esta a su vez es colocada en un soporte Base 90 D y es preferentemente no metálica con una apertura en su parte interior, cuenta con dos apoyos, en este caso se muestra una segunda pieza necesaria para el soportar la base porta cremallera (Vanegas, 2016).

Continuando con los elementos que integran el sistema se tiene la unión porta este elemento es no metálica que interactúa con los pernos, el cual es un pequeño popote de acero inoxidable, alargado y delgado (Vanegas, 2016).

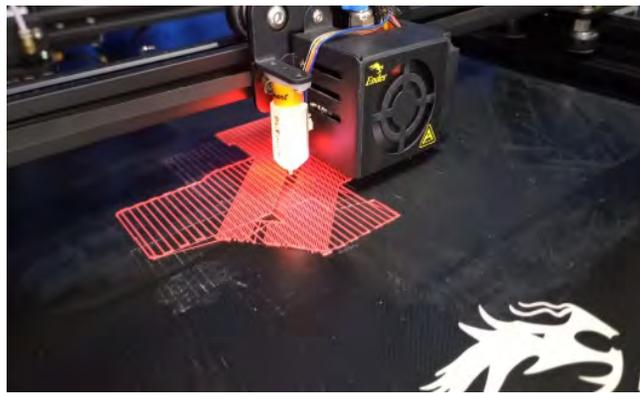
La sujeta camisa D es una base no metálica, que tiene una abertura en el centro, de los cuales van ensamblados la camisa perno, a sus lados tiene unos orificios donde van sujetados por el unión porta, por el otro extremo se tiene la sujeta camisa I, que tiene una abertura en el centro, de los cuales van ensamblados en el extremo izquierdo con la camisa perno, a sus lados tiene unos orificios donde van sujetados por el unión porta para entrelazarlos entre sí, la camisa perno es una barra no metálica, que va colocada por el sujeta camisa, dicha camisa perno lleva dentro de ella el perno cuadratín, este es una pieza no metálica, que va ensamblada dentro de ella (Vanegas, 2016).

### **Etapas 2 Producción y manufactura de Las piezas del sistema de lectura en Braille.**

El siguiente paso es el proceso de manufactura, para tal efecto en primera instancia se lleva por medio de la exportación de los archivos de SolidWorks al formato.stl, los cuales son archivos que se usaran en el proceso siguiente de simulación de manufactura, en este sentido el software a utilizar es CURA, el cual analizada en vista previa y genera el lenguaje de programación que para este caso es el código G utilizado para las impresoras 3D.

#### **Impresión 3D de componentes**

El siguiente paso es la manufactura de las piezas, en este sentido se llevó a cabo por medio de la manufactura aditiva en la máquina de impresión 3D como se muestra en la figura 2 con filamento PLA, se utiliza el ácido poliláctico fabricado con base de maíz, para dar el soporte y dureza necesario para el prototipo inicial (Véase Figura 2. Impresión 3D en la base).



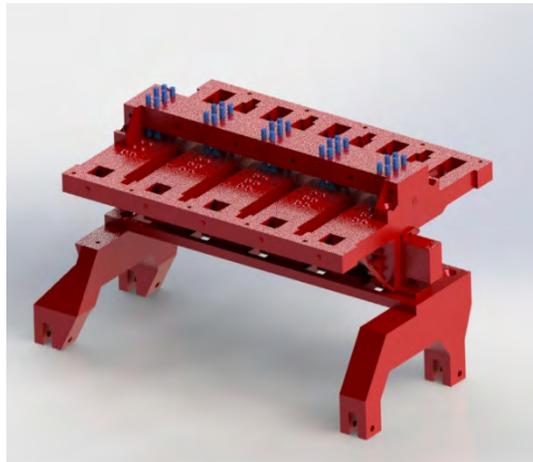
**Figura 2.** Impresión 3D en la base.  
Fuente: Edgar Jesús Cruz Solís

Como segundo paso se muestra dos piezas terminadas nombradas porta cremallera, con veinticinco capas de impresión y con un 20% de relleno para dar dureza a la pieza.

El tercer paso es el tiempo de impresión, este se da desde el momento que inicia la selección de la pieza en el panel de control y finaliza cuando termina la impresión de la pieza completa, es importante destacar que el proceso es simulado en primera instancia en el programa CURA, donde muestra los parámetros seleccionados de temperatura en el extrusor y la placa de impresión.

### **Etapa 3 Ensamble e integración de los componentes del sistema de lectura en Braille**

En este punto se muestra el ensamble final del sistema y se aprecia el ensamble físico de cada componente destacando los servomotores en cada engrane de rotación, que a su vez dan movilidad a la cremallera, accionando los pernos cuadratín para que sean percibidos por el usuario, en la figura 3 se muestra el ensamble de todos los elementos, este sistema es solo de lectura y será integrado al sistema Tiflotécnico completo (Véase Figura 3. Sistema de Lectura en Braille).



**Figura 3.** Sistema de Lectura en Braille  
Fuente: Edgar Jesús Cruz Solís

### **CONCLUSIONES**

Con el desarrollo de la investigación realizada, se puede concluir que para realizar un diseño ergonómico del sistema de lectura se debe de tener en cuenta el objetivo de su funcionamiento y la comodidad que debe de proporcionar a las personas, al mismo tiempo permitir a las personas con discapacidad visual o invidentes leer cualquier material impreso que se incorpore a dicho lector, luego de realizar cada una de las actividades para el sistema de lectura, se presentaron algunas observaciones en el programa de SolidWorks, como las dimensiones de cada pieza, así mismo se observan las piezas ensambladas correctamente en el sistema de lectura, no obstante, se analizó cada una de sus descripciones para saber con exactitud sus funciones que dan al sistema de lectura, todo esto se pudo realizar a los softwares empleados, que nos brindó un amplio conocimiento de cada una de las piezas y su funcionamiento.

### **AGRADECIMIENTOS**

En esta investigación fue llevada a cabo gracias a la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huachinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo del proyecto, así mismo este artículo fue realizado con el apoyo del cuerpo académico Tecnología Aplicada del ITSH, y con la colaboración de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Máxima Uriarte, Julia. (2020). Caracteristicas.Co, 25 de marzo del 2020 obtenido de: <https://www.caracteristicas.co/braille/>. Consultado: 21 de julio de 2022.
- Ministerio de Educación (2013). Procesos educativos para el aprendizaje del Braille y enseñanza de las matemáticas utilizando el ábaco como principio lógico, Comprensión de la discapacidad V, Tomo 3. Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional/Dirección General de Formación de Maestros. La Paz-Bolivia
- Zamora, P., y Marín, C. (2021). Tiflotecnologías para el alumnado con discapacidad visual. ACADEMO. <http://dx.doi.org/10.30545/academo.2021.ene-jun.10>
- Flores Villacrés, Emilio Javier; Asanza Molina, María Isabel; Rosado Álvarez, María Magdalena, (2014). Las TICS para personas con discapacidad visual. Obtenido de: [discapacidad-visual.pdf \(eumed.net\)](#)
- Izquierdo Sandoval, Manuel Jesús, & García Martínez, Verónica, & Aquino Zúñiga, Silvia Patricia (2014). Tiflotecnología y educación a distancia: propuesta para apoyar la inclusión de estudiantes universitarios con discapacidad visual en asignaturas en línea. *Apertura*, 6(1),32-45. Fecha de Consulta 18 de octubre de 2022. ISSN: 1665-6180. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68831999004>
- Acuña Fausto, Singaña Marco, Llamuca Paola, Fernández Estefanía (2015). Diseño y construcción de material tiflotécnico que facilite la impresión de información en sistema braille a niños de la Union Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi. Departamento de Energía y Mecánica Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Latacunga, Ecuador.
- Vanegas Ascanio Rosa Alejandra (2016). Diseño de un prototipo de detección de obstáculos dirigido a personas invidentes o con deficiencia visual. Tesis de grado. Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, Colombia.
- Salcedo Garcés Jaime Ricardo (2016). Diseño e implementación de un programa informático orientado a personas con discapacidad visual para el aprendizaje del algebra elemental. Tesis de grado para la obtención del título de ingeniero en electrónica, automatización y control. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolquí, Ecuador.

# AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS (PLC) DE MANTENIMIENTO EN ESTACIONES DE REBOMBEO DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE HIDROCARBUROS

## AUTOMATION OF MAINTENANCE PROCESSES (PLC) IN RE-PUMPING STATIONS OF COMPANIES THAT SELL HYDROCARBONS

ELISA GONZAGA LICONA<sup>1</sup>  
LILIAN GONZÁLEZ MUÑOZ<sup>2</sup>  
ÁNGEL VIDAL VERGARA REYES<sup>3</sup>  
PAOLA ANDUAGA RAMÍREZ<sup>4</sup>

### RESUMEN

Para las empresas comercializadoras de petróleo y gas natural, los sistemas de monitoreo funcionan como alertas para medir la normalidad de la presión de los procesos de bombeo, siendo de vital importancia una metodología de mantenimiento efectiva para los dispositivos de protección y las válvulas manuales de mantenimiento., en respuesta a esta necesidad en la presente aplicación se desarrolla un proceso de simulación el cual se centra en automatizar el sistema para eficientar el encendido y apagado del bombeo considerando el apoyo sonoro y visual de los sensores de presión., la simulación permitirá detectar las problemáticas y enviara alertas para que el motor frene el funcionamiento del sistema y automáticamente apertura la válvula para dispersar el hidrocarburo hacia los tanques, trayendo consigo beneficios cuantitativos expuestos en un sistema de aseguramiento y control para el mantenimiento manual que previene la generación de accidentes y la preservación de la integridad del personal.

**Palabras clave:** Petróleo, mantenimiento, presión, bombeo, válvulas.

### ABSTRACT

For oil and natural gas trading companies, monitoring systems work as alerts to measure the normality of the pressure of the pumping processes, being of vital importance an effective maintenance methodology for protection devices and manual maintenance valves., in response to this need in this application, a simulation process is developed which focuses on automating the system to make the re-pumping on and off more efficient, considering the sound and visual support of the pressure sensors. The simulation will allow detecting the

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. elisa.gl@huauchinango.tecnm.mx. 0000-0002-7970-7855 ORCID. CVU CONACYT ID: 904035.

<sup>2</sup> Docente de Ingeniería Eléctrica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. lilian.gm@huauchinango.tecnm.mx. 0000-0003-2575-0740 ORCID. CVU CONACYT ID: 962092.

<sup>3</sup> Alumno de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. j20312005@huauchinango.tecnm.mx.

<sup>4</sup> Alumna de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Huauchinango. Puebla. j21312078@huauchinango.tecnm.mx.

problems and will send alerts so that the engine stops the operation of the system and automatically opens the valve to disperse the hydrocarbon towards the tanks, bringing with it quantitative benefits exposed in an assurance and control system for manual maintenance that prevents the generation of accidents and preserving the integrity of staff.

**Keywords:** Oil, maintenance, pressure, boosting, valves.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los dispositivos de protección son relevantes para los procesos de transporte de los hidrocarburos, debido a que la funcionalidad de estos bienes tangibles mejora notablemente la confiabilidad operacional originando operaciones confiables, seguras y sostenibles a lo largo del ciclo de vida de los procesos productivos (Ortiz y Leiva, 2019), generando valor económico dentro de las organizaciones de transformación., por lo descrito anteriormente y en experiencia de Arias (2006) es de suma importancia implementar las etapas que constituyen el desarrollo del mantenimiento como disciplina operativa para desarrollar buenas prácticas y solucionar problemáticas a través de la automatización, para el caso que se presenta a continuación se hace uso de la automatización la cual se llevó a cabo aplicando un sistema de programación PLC.

El PLC propuesto es un método basado en un registro de paro y arranque automático del motor de rebombeo, este se activa cuando los sensores de presión detectan si la presión es baja o es alta exponiéndose este cambio de presión en las alarmas de seguridad individuales, las cuales se contemplan como los indicadores para restablecer el trabajo operativo permitiendo el uso de los paros de emergencia., es importante hacer mención que para mantener en óptimas condiciones el PLC propuesto se hace referencia a la implementación de un plan de mantenimiento efectivo., este se caracteriza por contener los siguientes selectores:

1. Apagado de sensor de baja presión y cierre de válvula automática.
2. Apagado de sensor de alta presión y cierre de válvula automática.
3. Restablecimiento de sensores y apertura de válvulas.

La funcionalidad principal del plan de mantenimiento contribuye a la no realización de paros totales de la estación de rebombeo y al desarrollo de trabajos de mantenimiento sin generar pérdidas monetarias para la empresa.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

La presente aplicación está enfocada a resolver una problemática en empresas de comercialización de petróleo y gas natural derivada de la falta de automatización del sistema de rebombeo de hidrocarburos, considerando que esta importante actividad se realiza actualmente de forma manual, haciendo uso de sensores de presión., ocasionando que la alarma del presóstato de baja y alta presión no funcione de manera correcta exponiendo un funcionamiento visual y sonoro igualitario para ambos cambios de presión, esta reacción trae consigo que el operador encargado del monitoreo de la estación de rebombeo realice las actividades de mantenimiento de manera manual con la finalidad de aplicar los protocolos de

seguridad sin arriesgar la integridad del proceso productivo (Machuca de Pina y Taquia, 2009).

Otra problemática identificada se deriva de la falta de un sistema de mantenimiento efectivo para los dispositivos de presión, generando pérdidas cuantificables de hidrocarburos en las estaciones de trabajo, la solución a esta situación se planteó a través de la realización de una programación automática PLC apoyada en el software LOGO Soft, en la cual se generó un sistema automático y plan de mantenimiento para cada sensor de presión con alarma visual y sonora individual, para identificar si está en baja o alta presión, de igual manera en la composición del sistema se implementaron válvulas para el mantenimiento a los sensores y no para el rebombeo de hidrocarburo (Carrizo, 2007).

### **OBJETIVO GENERAL**

Simular un sistema automático de mantenimiento mediante programación de PLC para controlar dispositivos de presión y establecer normas de operación, manteniendo la seguridad, eficiencia y productividad en las operaciones de transportación de hidrocarburos, disminuyendo las causas de riesgo y preservando la integridad física del recurso humano, material y económico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Simular el sistema de rebombeo y mantenimiento.
- Diseñar en 3D el sistema actual en SolidWorks.
- Diseño 3D del tablero de control del sistema utilizando SolidWorks.

### **REFERENTE TEÓRICO**

Para brindarle una mayor profundidad a la aplicación expuesta, a continuación, se contextualizan las principales teorías y conceptos que intervinieron para el desarrollo del presente proyecto:

#### **Automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos (Sandoval, 2021) (Véase Figura 1. Proceso de automatización).



**Figura 1.** Proceso de automatización.

Fuente: Elaboración propia

### **Partes principales de un sistema de automatización**

1. Área de Mando: Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.
2. Parte Operativa: Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores...y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

### **Objetivos de la automatización**

3. Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
4. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
5. Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
6. Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
7. Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo. Integrar la gestión y producción.

### **Tipos de mantenimiento industrial**

Chuman y Marquez (2021) indican que el mantenimiento es una estrategia operativa que trae consigo la disminución de costos y la eliminación de tiempos ociosos, tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen (Véase Figura 2. Tipos de mantenimiento industrial):



**Figura 2.** Tipos de mantenimiento industrial.  
Fuente: Elaboración propia

1. **Mantenimiento correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos (Sexto, 2017).
2. **Mantenimiento preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema (Sexto, 2017).
3. **Mantenimiento predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos (Sexto, 2017).
4. **Mantenimiento cero horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano (Sexto, 2017).
5. **Mantenimiento en uso:** Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total) (Sexto, 2017).

### **Control manual de equipos**

Este tipo de control se ejecuta manualmente en el mismo lugar en que está colocada la máquina. Este control es el más sencillo y conocido y es generalmente el utilizado para el arranque de motores pequeños a tensión nominal. Este tipo de control se utiliza frecuentemente con el propósito de la puesta en marcha y parada del motor (Véase Figura 3. Control manual de equipos). El costo de este sistema es aproximadamente la mitad del de un arrancador electromagnético equivalente. El arrancador manual proporciona generalmente protección contra sobrecarga y desenganche de tensión mínima, pero no protección contra baja tensión. Este tipo de control abunda en talleres pequeños de metalistería y carpintería, en que se utilizan máquinas pequeñas que pueden arrancar a plena tensión sin causar

perturbaciones en las líneas de alimentación o en la máquina. Una aplicación de este tipo de control es una máquina de soldar del tipo motor generador. El control manual se identifica por el hecho de que el operador debe mover un interruptor o pulsar un botón para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina o del equipo en cuestión. Los controladores que pertenecen a esta clasificación utilizan un arrancador electromagnético y uno o más dispositivos pilotos manuales tales como pulsadores, interruptores de maniobra, combinadores de tambor o dispositivos análogos. Quizás los mandos más utilizados son las combinaciones de pulsadores a causa de que constituyen una unidad compacta y relativamente económica. El control semi-automático se usa



principalmente para facilitar las maniobras de mano y control en aquellas instalaciones donde el control manual no es posible. La clave de la clasificación como en un sistema de control semiautomático es el hecho de que los dispositivos pilotos son accionados manualmente y de que el arrancador del motor es de tipo electromagnético (Botero, 1995).

Figura 3. Control manual de equipos. Fuente: Elaboración propia

### **Control automático o electrónico de equipos.**

En experiencia de León (2008), Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industrial en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas. Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida se genera dependiendo de la entrada; mientras que en los sistemas de lazo cerrado la salida depende de las consideraciones y correcciones realizadas por la retroalimentación. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos sobre la base de



muchos parámetros y reciben el nombre de controladores de automatización programables (Artega, 2012) (Véase Figura 4. Control automático o eléctrico de equipos)

Figura 4. Control automático o eléctrico de equipos.

Fuente: Elaboración propia

### Sistemas de bombeo

El sistema de bombeo tiene como objeto elevar la presión del fluido térmico para vencer la resistencia que opondrá el circuito a su circulación (Véase Figura 5. Sistema de bombeo).

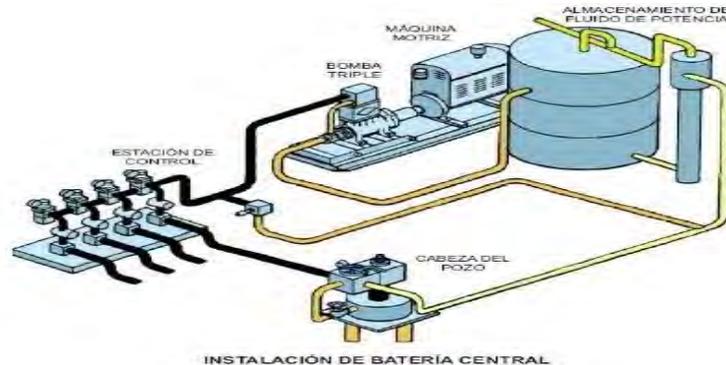


Figura 5. Sistema de bombeo. Fuente: Elaboración propia

Las presiones de trabajo deben ser tales que se garanticen en todo momento que el fluido permanece en estado líquido y que no hay vaporización. Consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. Esta publicación se limita al estudio del transporte de fluidos newtonianos incompresibles, y más concretamente de líquidos (Blanco y Velarde, 1994).

### Interruptores de presión o Presóstato

El Presóstato también es conocido como interruptor de presión., Roldán (2002) considera que es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido (Véase Figura 6. Interruptores de presión: Presóstato)

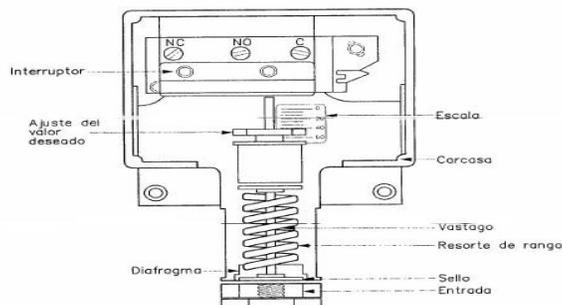


Figura 6. Interruptores de presión: Presóstato.

Fuente: Elaboración propia

### Tipos de interruptores de presión o Presóstato

Los tipos de presóstato varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir. Puede haber varios tipos de presóstato:

1. Presóstato diferencial: Funciona según un rango de presiones, alta-baja, normalmente ajustable, que hace abrir o cerrar un circuito eléctrico que forma parte del circuito de mando de un elemento de accionamiento eléctrico, comúnmente motores.
2. Alta diferencial: Cuando se supera la presión estipulada para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.
3. Baja diferencial: Cuando la presión baja más de lo estipulado para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.

#### **Aplicaciones de los presóstatos**

- Los usos son muy variados. Algunos ejemplos son:
- La luz roja de falta de presión de aceite de un automóvil está conectada a un presóstato.
- La bomba de agua está controlada por un presóstato en el sistema hidroneumático (hidráulico) de una casa.
- Para proteger motores en refrigeración de falta de aceite, se utilizan presóstatos diferenciales, cuando la presión de aceite se acerca a la presión del circuito detiene al motor. Al variar constantemente la presión del circuito la única forma de controlar la presión del aceite es compararla con la del circuito en ese momento, de esta manera el presóstato actúa por diferencia de presiones y no por una presión fija.
- Para proteger equipos de refrigeración de altas o bajas presiones.

#### **Redes de distribución (Tubería)**

Herrán, 2008 considera que una red de distribución de hidrocarburo es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades. Este grado de satisfacción tiene un elevadísimo número de componentes, unos medibles y otros no, y entre los que podemos destacar la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio (Véase Figura 7. Redes de distribución: Tuberías).



**Figura 7.** Redes de distribución: Tuberías.

Fuente: Elaboración propia

Naturalmente todos estos componentes tienen unos antecedentes a la red de distribución, por lo que los parámetros iniciales vienen prefijados. Por tanto, debemos crear una red de distribución que altere lo menos posible las características de los componentes, minimizando la variación de satisfacción de las necesidades de los clientes. A hora bien, las estructuras jerárquicas de las redes de distribución se estructuran según el tipo de función que desempeñan y que tienen una relación directa con la serie decreciente de los diámetros con el fin de ajustarse a la distribución de consumos, a la reducción de pérdidas de carga, hacer frente a situaciones imprevistas y a reducir el coste (Herrán, 2018).

### **Alarmas preventivas industriales**

Hasta hace unos años las alarmas de prevención solo se instalaban como sistemas de seguridad en lugares concretos, para preservar de robos, atracos o incendios. Hoy en día se utilizan en hogares, pequeños negocios, fábricas, además de lugares de alto riesgo, como bancos y joyerías., Sin embargo, en las industrias comercializadoras de hidrocarburos las alarmas están cada día más extendidas debido a la necesidad de una mayor seguridad (Véase Figura 8. Alarmas preventivas industriales), para el caso analizado son relevantes en el monitoreo del afluyente en las tuberías debido a que son sistemas de prevención que apoyan al buen funcionamiento de las actividades operativas y a la preservación de la integridad física del capital humano (Gómez y García, 2014).



**Figura 8.** Alarmas preventivas industriales.  
Fuente: Elaboración propia

### **Controladores Lógicos Programables**

Cortés (2001) considera que un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo de estado sólido (Véase Figura 9. Controladores lógicos programables), basado en microprocesadores, que permite el control secuencial en tiempo real de una máquina o proceso. Un PLC incluye módulos de entrada/salida de tipo digital y analógico, y memoria para el almacenamiento de instrucciones, destinadas a realizar funciones específicas tales como lógica secuencial, procesamiento aritmético y control analógico (Villareal, 2017).



**Figura 9.** Controladores lógicos programables.  
Fuente: Elaboración propia

En los sistemas de control discreto realizados con relés se tenía una lógica de control fija, alambrada en un panel. Hoy en día, mediante los controladores programables, se consigue una lógica de control configurable por programa que es fácil de modificar. Los primeros controladores programables fueron introducidos a partir del año 1969, en los cuales las funciones de relé fueron reemplazadas por una lógica de estado sólido, manteniendo la notación lógica de diagrama de escalera, usada para especificar y documentar lógica de relés. Estos primeros controladores operaban en base a un programa fijo, definido por las conexiones entre dispositivos. Los PLC'S se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente (Vallejo, 2005).

El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería una estricta manutención planificada. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento. Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla. Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido. A mediados de los 70 las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y CPU basadas en desplazamiento de bit. Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC'S y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

### **Software de programación de controladores lógicos Programables LOGO! Soft**

Cardoso (2007), define a LOGO! Soft como un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas realicen una operación, los factores clave para este lenguaje es la programación y la astucia del programador, por lo que es indispensable programar el LOGO! Soft para que se efectúe una tarea, básicamente funciona de la siguiente manera: Al LOGO! le vas a dar como datos de entrada una serie de señales, las cuales van a ser procesadas en el programa, y el LOGO! va a dar unos datos de salida .

Esto en el mundo real se traduce en unos pulsadores, manetas, sensores etc. (Datos de entrada), un procesamiento en el LOGO y una activación o no de salidas de relé (Datos de salida) (Véase Figura 10. Software de programación de LOGO! Soft)



Figura 10. Software de programación de LOGO! Soft.  
Fuente. Elaboración propia

### Software de diseño 3D SOLIDWORKS

De acuerdo a la experiencia de Tarazona (2022), SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D con el que puedes crear geometría 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller. SolidWorks diseña de forma que va dejando un historial de operaciones para que puedas hacer referencia a ellas en cualquier momento. SolidWorks tiene soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica. Con SolidWorks puedes diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además podrás manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos (Véase Figura 11. Software de diseño 3D SolidWorks)



Figura 11. Software de diseño 3D SolidWorks.  
Fuente: Elaboración propia

### Botoneras

Una botonera es un conjunto de botones o interruptores que, una vez instalado dentro de un gabinete, tablero o cualquier otro sitio permite tener un fácil acceso y vista general de los mandos que modifican el comportamiento de algún proceso mediante el envío de una señal, generalmente eléctrica, y accionan o desactivan diferentes elementos. Existen muchos tipos de botoneras que dependen de su construcción y distribución del tipo de proceso que

comandan. Pero una botonera no solo tiene como elementos a los diferentes tipos de botones si no también se auxilian de otros mandos como selectores y manipuladores además de luces indicadoras y placas de identificación que facilitan al usuario su manipulación. Muchas también incluyen algún tipo de señalización sonora, como alarmas. Las botoneras y las lámparas de señalización desempeñan un papel clave en la comunicación hombre-máquina. Para poder cumplir su tarea, deben tener un alto grado de funcionalidad y robustez (Eslava y Alcántara, 2002).

### **METODOLOGÍA**

El proceso metodológico se efectuó mediante la aplicación de investigación de campo, en dos fases., estas etapas se describen a continuación:

#### **Fase 1) Etapa 2: Análisis del funcionamiento del sistema actual**

Se realiza un análisis del funcionamiento actual de la organización en la Figura 12 se evidencia el sistema de rebombeo el cual en primera instancia pasa por el presóstato de alta (azul) guiándose con su respectiva línea, y su válvula que esta implementada en su funcionamiento manual hacia la tubería, le damos seguimiento a la tubería y al otro extremo encontramos nuestro sensor de presión de baja (rojo) de igual manera teniendo su línea a tubería y sus válvulas manuales.



**Figura 12.** Funcionamiento del sistema de rebombeo actual.  
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a conocer y ubicar el presóstato de alta y presóstato de baja conectado a tubería, estando calibrados ambos con los mismos kg (Véase Figura 13. Presóstato actual).



**Figura 13.** Presóstato actual.  
Fuente: Elaboración propia

De igual forma se realizó un recorrido para detectar la ubicación de las principales válvulas (Véase Figura 14. Válvulas) donde se aplica el proceso de mantenimiento a los sensores de presión que al momento de iniciar un mantenimiento a los sensores tiene que intervenir el personal a hacerlo manualmente. Así también en el levantamiento físico de la información se observó que la tubería termina en la motobomba para así darle un nuevo rebombeo hacia la siguiente estación.



**Figura 14.** Válvulas.

Fuente: Elaboración propia

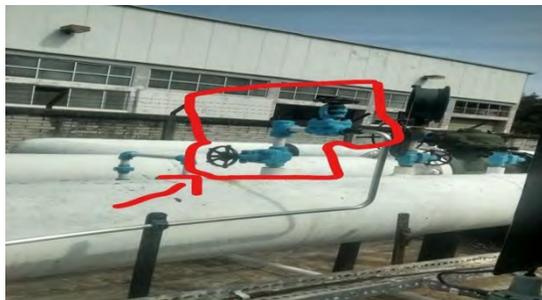
Para un análisis asertivo se procede a realizar una inspección del estatus actual del motor principal. Es notorio que el funcionamiento de las válvulas permite el paso del hidrocarburo hacia los tanques y se requiere aplicar un proceso de mantenimiento eficaz para asegurar la trasportación (Véase Figura 15. Motor).



**Figura 15.** Motor.

Fuente: Elaboración propia

Es importante hacer mención que el funcionamiento de las válvulas se lleva a cabo solo por el personal autorizado, al cual se le asigna abrirlas y cerrarlas manualmente para que puedan darles mantenimiento a los sensores, pues por eso se mejorara el proceso de mantenimiento sustituyendo lo manual por una programación automática respectivamente (Véase Figura 16. Área de aplicación de programación automatizada).



**Figura 16.** Área de aplicación de programación automatizada.

Fuente: Elaboración propia

Durante el recorrido se observó que en el momento que el sensor de baja o alta presión detecta fallas de presión, envía una señal hacia la alarma sonora y visual ubicada en el tablero de control, y es aquí donde el personal autorizado debe de estar pendiente para manualmente ir a apagar las alarmas, y de inmediato buscar solución a la problemática detectada por los sensores., por esta razón se propone que el área asignada para la programación automatizada no sea una sola alarma visual y sonora por los dos sensores de presión de baja y alta presión, se genera una simulación para que cada sensor de presión tenga sus propias alarmas individuales, en el caso principal se programó para que el sistema ya no sea manual ahora sea de forma automática al detectar problemas en las presiones., este sistema automatizados era colocado en el tablero de control de la estación de bombeo (Véase Figura 17. Área de programación e instalación de alarmas).



**Figura 17.** Área de programación e instalación de alarmas.  
Fuente: Elaboración propia

### **Fase 2) Diseño 3D de proyecto actual (SolidWorks)**

El sistema de bombeo de hidrocarburo, se diseñó en 3D dicho sistema que se encuentra en funcionamiento hasta la fecha en la estación, pues todo de una maneja de una forma manual, esto nos lleva a diseñar una automatización donde podemos controlar todo de forma automática, la idea en diseñar este proyecto es para poder contar con un control y eficiencia mayor (Véase Figura 18. Diseño 3D Sistema de bombeo de hidrocarburo).



**Figura 18.** Diseño 3D Sistema de bombeo de hidrocarburo.  
Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.

Conforme a la recolección de las fases 1 y 2, descritas anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

### **Resultado 1: Programa de simulación PLC de sistema**

Como resultado principal se expone el simulador PLC en el software (LOGO! Soft Comfort), esta simulación se muestra en 8 bloques, los cuales se describen a continuación:

Bloque 1) Stop, arranque y encendido: En este bloque se inicia con el encendido del sistema con un status de cerrado identificado por el botón de paro (I1), posteriormente continuamos con dos interruptores abiertos que serán el arranque y encendido (I3 y Q8 respectivamente), la salida de este primer bloque se evidencia por Q8 que es el encendido del sistema, de igual manera al energizar Q8 el interruptor de Q8 se cierra, ocasionando un enclavamiento, es conveniente mencionar que para retirar el enclavamiento el usuario debe presionar stop (I1) (Véase Figura 19. Bloques (1)).

Bloque 2) Energizado: En este bloque se inicia con un interruptor que mantiene una condición inicial de cerrado Q8, posteriormente se envía una señal a Q12 indicado el estatus del sistema (en funcionamiento/apagado), con el objetivo de asegurar que el operario este informado del funcionamiento operativo del sistema, y no proceda a realizar operaciones que arriesguen su integridad física (Véase Figura 19. Bloques (2)).

Bloque 3) Sensores de Presión baja y alta: Continuamos con un interruptor normalmente abierto de Q8 (Encendido) que en el momento en que Q8 es energizado se cierra, el interruptor Q8 no permitirá el paso de la corriente hacia el interruptor Q1 y Q2 los cuales deben estar en estatus de cerrado, estos interruptores dejan pasar la corriente hacia las salidas negadas de Q1 y Q2 (sensor de baja presión y sensor de alta presión respectivamente) (Véase Figura 19. Bloques (3))., posteriormente cuando los sensores Q1 y Q2 envíen una señal precautoria los interruptores Q1 y Q2 se apertura y automáticamente se evitará el paso de la corriente sobre las salidas negadas Q1 y Q2, cuando el sensor deje de mandar la señal (sensor alta y sensor baja) los interruptores se volverán a cerrar y dejaran pasar la corriente.

Bloque 4) Bomba y válvula de tanque: Continuamos con un interruptor normalmente cerrado Q3 (bomba), al momento que Q3 se energiza se apertura, esto con la finalidad de que cuando la bomba se detenga se aperture la válvula del tanque Q14 y se libere la presión existente en el sistema (Véase Figura 19. Bloques (4)).

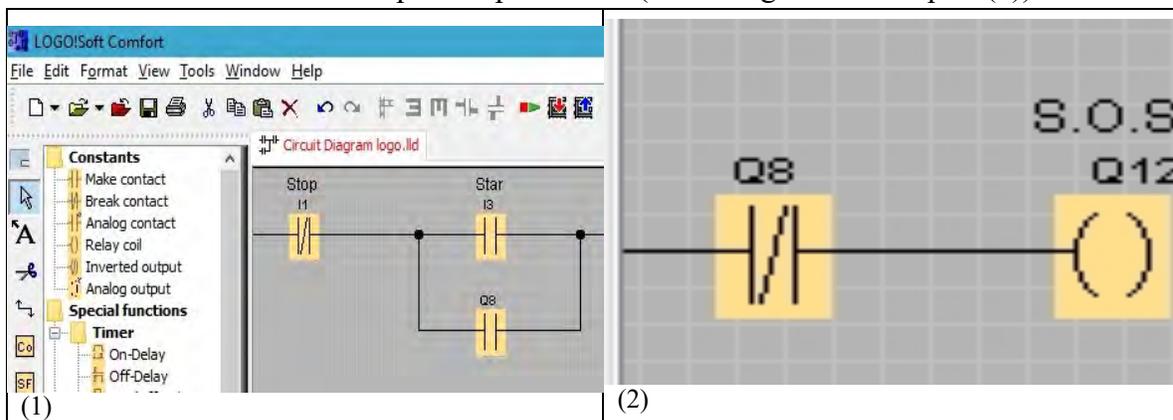
Bloque 5) Mantenimiento de sensor de baja presión, cerrado de la válvula y reseteo (Véase Figura 19. Bloques (5)): En este bloque reiniciaremos el sistema después del mantenimiento, el proceso a seguir consiste en: a) Iniciamos con otro interruptor normalmente cerrado este lo identificamos como botón de reinicio nuevamente del sistema I4 (RESET), b) Enseguida tendremos un interruptor normalmente abierto que es el arranque de nuestra válvula de mantenimiento que es (I5), después otro interruptor igual normalmente abierto que será nuestro indicador encendido válvula de sensor de Baja (Q6), c) Posteriormente se observa la salida representada por (Q6), que será nuestro indicador de válvula de baja, en el momento que (Q6) se energiza y el interruptor (Q6) se cierra lo que consigue que provoque un

enclavamiento, en otro caso podremos anular dicho enclavamiento al oprimir el interruptor RESET (I4) y el sistema vuelve a su funcionamiento normal.

Bloque 6) Alerta visual señal de baja y alerta sonora señal de baja (Véase Figura 19. Bloques (6)): Continuaremos con un interruptor normalmente cerrado que sería nuestro indicador de válvula de Baja (Q6), enseguida tenemos otro interruptor normalmente cerrado que es nuestro paro del sistema (I1), continuamos con otro interruptor que es nuestro sensor de baja (Q1). De igual manera se cuenta con una salida expuesta por Q4, la cual cuando se activa manda una señal de cierre el interruptor de Q1 activando las salidas Q9 y Q11 que corresponden a nuestras alarmas visual y auditiva respectivamente.

Bloque 7) Alerta visual señal de alta y alerta sonora señal de alta (Véase Figura 19. Bloques (7)): Continuaremos con un interruptor normalmente cerrado que es el indicador válvula Alta (Q7), enseguida simulamos otro interruptor normalmente cerrado que evidencia la funcionalidad de paro del sistema (Q1), seguimos con otro interruptor que es nuestro sensor de alta (Q2). Es importante mencionar que contamos con una salida que es Q5 que cuando se activa manda una señal de cierre el interruptor de Q2, activando las salidas Q10 y Q13 que corresponden a nuestras alarmas visual y auditiva.

Bloque 8) Encendido del motor y paro para protección: En el último bloque tenemos un interruptor Q1 con estatus cerrado, este tiene como funcionalidad principal cortar la energía general de todo el sistema. Posteriormente los interruptores de Q1 y Q2 normalmente cerrados, si son energizados abren y detienen el motor para su protección., la finalidad de este bloque es que el motor funcione cuando los sensores envíen alta o baja presión lo que abrirá el circuito y apagará el motor. Para finalizar los interruptores Q6 y Q7 sirven para cuando se aplique mantenimiento a los sensores el motor no se detenga, la condición operativa para este bloque, es que cuando los sensores envíen una señal el motor, este se detendrá de manera inmediata para su protección (Véase Figura 19. Bloques (8)).



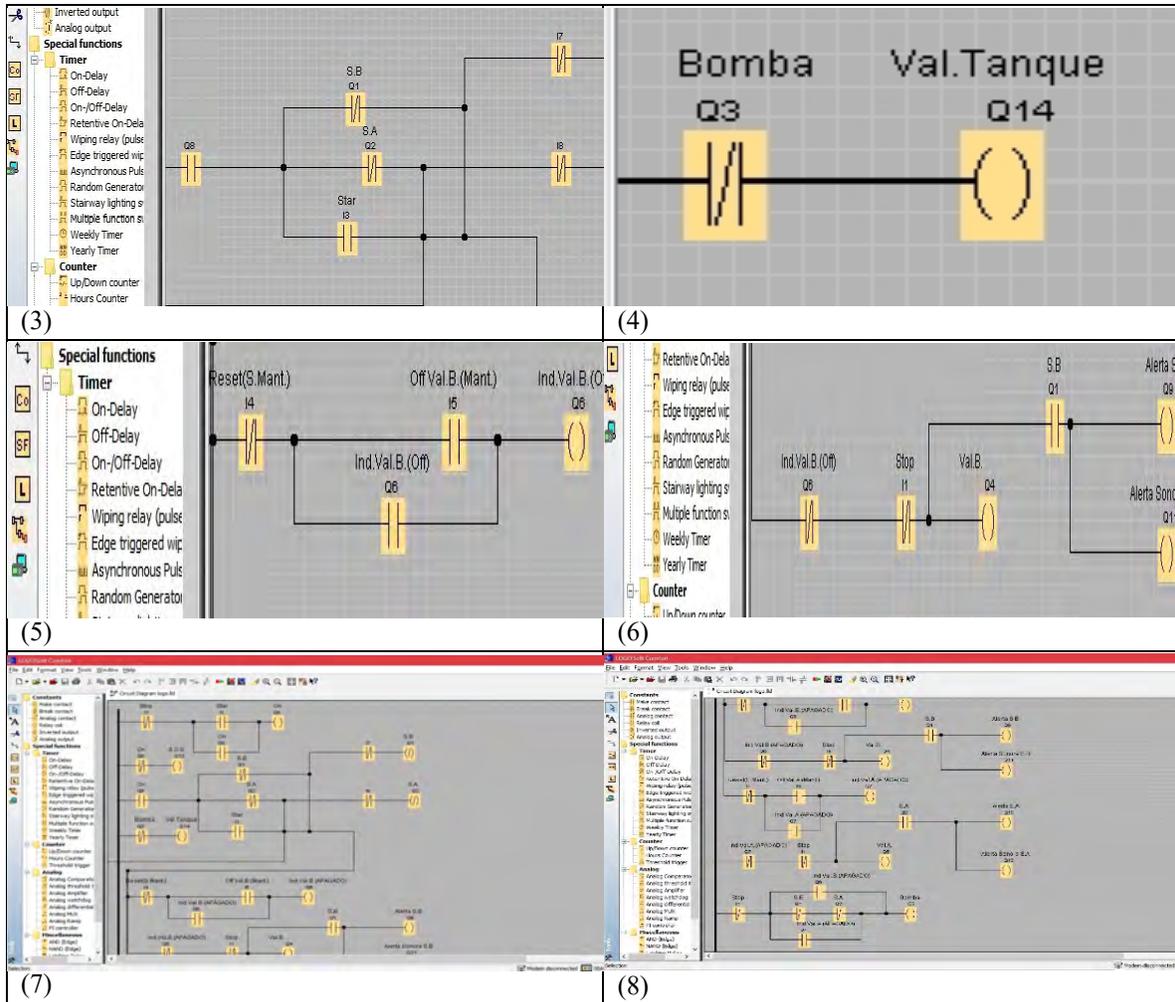


Figura 19. Bloques. Fuente: Elaboración propia

**Resultado 2) Diseño 3D del panel de control**

Diseño en SOLIDWORKS de un tablero de control: Este tablero fue diseñado debido a que el sistema no cuenta con un nivel de programación automatizada, en respuesta a esta necesidad se aporta un enfoque extra mediante el tablero el cual está compuesto por 5 botones y un indicador de emergencia: a) Botón 1. Paro de emergencia: Este botón se propuso por cualquier falla eléctrica, por una tormenta eléctrica o por si el sistema evidencia alguna falla de inmediato detenemos el sistema con este botón., b) Botón 2. Sensor de presión de baja: Es de plena importancia debido a que al pulsarlo se cerrara la válvula del sensor de baja presión, este medio físico cuenta con el mismo sistema de la programación permitiendo emitir una señal de aviso cuando el sistema requiera mantenimiento., c) Botón 3. Sensor de presión de alta: Realiza la misma función que el botón número 2, está asignado para cerrar y aperturar las válvulas brindar mantenimiento al sensor de alta presión., d) Botón 4. Arranque: Se utiliza generalmente para el arranque de todo el sistema de monitoreo., e) Botón 5. Reinicio Indicador de emergencia: Este medio físico es utilizado cuando el mantenimiento de los sensores de baja o alta presión culmino, debido a que permite reiniciar los sensores para que

vuelvan a operar en su estado de monitoreo de presión. Ahora bien, con respecto al indicador de emergencia se contempla que la funcionalidad principal radica en ser un sistema de paro emergente, este indicador se ilumina cuando se suscita la emergencia, y al ser solventada se apaga (Véase Figura 20. Diseño 3D del panel de control).



Figura 20. Diseño 3D del panel de control.  
Fuente: Elaboración propia

### Resultado 3) Pruebas de simulación del diagrama de control

Finalizado el proceso de simulación en el diagrama de control comprobamos mediante las pruebas realizadas que el programa es efectivo debido a que cumple con la funcionalidad deseada, esto se deduce debido a que al accionar los comandos de arranque el sistema enciende por completo., aportando practicidad y aseguramiento a todos los elementos propuestos en el sistema de control, teniendo como afectivo el programa de simulador LOGO! Soft Conform. La puesta en marcha de la simulación mediante la programación en LOGO!Soft Conform, con los elementos necesarios para que el sistema de control y aseguramiento funcione correctamente se muestran a continuación:

Primera corrida de simulación (Véase Figura 21. Simulación 1)

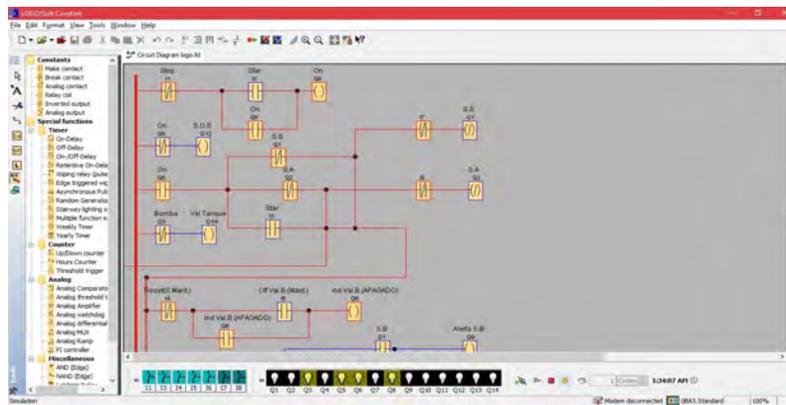


Figura 21. Simulación 1. Fuente: Elaboración propia

Segunda corrida de simulación (Véase Figura 22. Simulación 2)

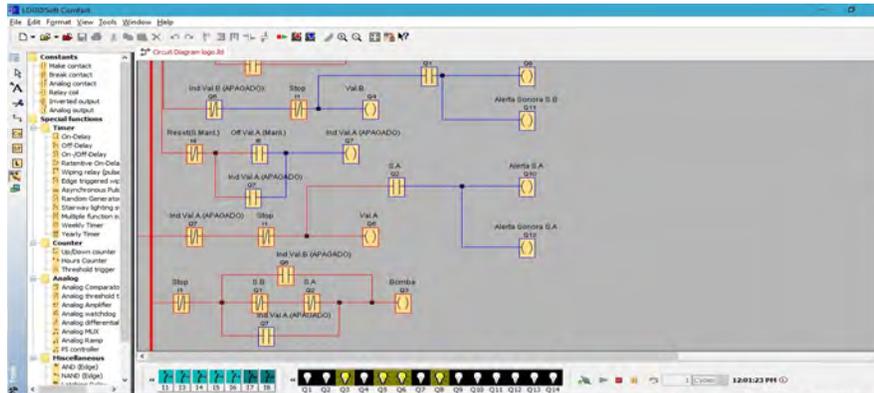


Figura 22. Simulación 2. Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La programación presentada cumple al 100% con la actividad de control y aseguramiento de la estación de rebombeo debido a que el sistema de monitoreo de presiones en baja o en alta presión funciona bajo el siguiente principio, al momento de encender el sistema mientras, no detecte una falla de baja o alta presión, el proceso seguirá trabajando normal., este principio fue comprobado en la simulación mediante la realización de pruebas constantes, en las cuales se energizaron los sensores de baja o alta presión para simular posibles fallas, el resultado de las corridas de simulación permitió identificar que cuando se generan fallas se envía una señal de advertencia a las respectivas alarmas visuales y sonoras., las cuales son canceladas de manera automática mediante la programación propuesta ocasionando que los sensores del motor dejen de funcionar y se aperture la válvula principal, para que el hidrocarburo pase a los tanques estacionarios, otro beneficio obtenido con la simulación del sistema denota la emulación el funcionamiento de las válvulas individuales para el mantenimiento de sensores de baja o alta presión, trayendo consigo que los operadores se guíen de las alarmas adheridas a las válvulas para realizar las operaciones asignadas y preservar la integridad física y las pérdidas de hidrocarburo, de manera general el sistema PLC diseñado permite que el bombeo de hidrocarburo fluya constantemente, eliminando las pérdidas de tiempo que traen consigo déficit económicos para las empresas, de igual manera el sistema de alarmas controla automáticamente el encendido y apagado de estas, indicando los periodos exactos de aplicación de rutinas de mantenimiento y el restablecimiento de sensores para la correcta funcionalidad de todas y cada una de las actividades operativas de la estación de rebombeo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango y a la Academia de Ingeniería Mecatrónica por las facilidades prestadas para la elaboración del presente capítulo de libro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arias E, F. (2006). Mantenimiento y operación de dispositivos de instrumentación optimización de dispositivos de control PLC de la planta de tratamiento de agua El Dorado. Universidad distrital Francisco José de Caldas. Sistema de Bibliotecas.
- Arteaga E, M.A (2012). Desarrollo de un sistema inalámbrico de adquisición, procesamiento y evaluación de presión hidrostática para el monitoreo y control de pruebas en herramientas de test y equipos. Universidad Surcolombiana. repositoriousco.co.
- Blanco M, E. y Velarde S, S. (1994). Sistemas de Bombeo. Academia Accelerating the world's reserch. Universidad de Oviedo. E.T.S Ingenieros Industriales. Departamento de Ingeniería. Gijon.
- Botero, C. (1995). Manual de mantenimiento parte III costos en el departamento de mantenimiento. Informador Técnico 49. Pág. 14-20.
- Cardoso D, R. (2007). LOGO2VHDL: Modelos descritos en VHDL a partir da linguagem do LOGO! Soft Comfort da Siemens. Programa de posgrado: Ingeniería eléctrica. Repositorio institucional UNESP.
- Carrizo, D. (2007). Adquisición de tecnología de automatización de procesos en las empresas mixtas del sector petrolero. Universidad Dr. Rafael Beloso Chacin. virtual.urbe.edu
- Cortés C, R. (2001). Controladores lógicos programables. Infoplc.net.
- Chuman M, R. A., y Marquez L, Á.G. (2021). Propuesta de plan estratégico de mantenimiento para un sistema contra incendios en una planta de desmineralización y desalinización de agua en una empresa petrolera. Universidad Nacional de Piura UNP. Repositorio institucional.
- Eslava V, G.N., Alcántara R, R.A. (2002). Tablero simulador para prácticas con controladores lógicos programables (PLC). Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Departamento de electrónica.
- Gómez, E., y García, L. Buses de campo. Estrategias de aplicación. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Handbook T-IV. Congreso interdisciplinario de cuerpos académicos. Pág. 291-298
- Herrán G, A. (2008). Modelado, planificación y control de sistemas de distribución de gas y derivados del petróleo. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas. Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática.
- León S, E. (2008). Desarrollo de un sistema de control con tecnología moderna para una caldera acuotubular. Universidad Nacional de Ingeniería. UNI-Tesis. Informe técnico.
- Machuca de Pina, J, M. y Taquía G, J. A. (2009). Balanza comercial de los combustibles líquidos derivados del petróleo mediante dinámica de sistemas y simulación. Sistema de información científica. Red de revistas científicas de América Latina. Universidad de Lima. Ingeniería Industrial. núm. 27. ISSN 1025-9929. Pág. 61-79.

- Ortiz B, H.A., y Leiva, M.A. (2019). Establecimiento de bases para desarrollar un proyecto de gestión del conocimiento en la industria de la refinación del petróleo. CIATEQ. Maestría en gestión y dirección de proyectos de ingeniería. Querétaro.
- Roldán V, J. (2002). Prontuario básico de fluidos. Editorial Paraninfo. books. Google.es.
- Sandoval, C. (2021). Automatización de las unidades LACT para crudo en los campos Libertador y Atacapi para la empresa INCOPRO SA. Repositorio.espe.edu.ec.
- Sexto, L. F. (2017). Tipos de mantenimiento ¿Cuántos y cuáles son?. Revista Mantenimiento en Latinoamérica. [mantenimientomundial.com](http://mantenimientomundial.com)
- Tarazona D, J.A. (2022). Modelado 3D de los prototipos de partes y repuestos mediante el uso de software cad SOLIDWORKS creando una base en el laboratorio de mantenimiento del centro de innovación. Unidades tecnológicas de Santander. [repositorio. Uts.edu.co](http://repositorio. Uts.edu.co).
- Vallejo D, H. (2005) Los controladores lógicos programables. Saber Electrónica. núm. 166. Artículo de Tapa.
- Villareal R, C. (2017). Controladores lógicos programables. [mailxmail.com](http://mailxmail.com)

## ESTUDIO DE CONDICIONES MINIMAS PARA LA RENTABILIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA AGROPECUARIA DE FLOR DE NOCHE BUENA (CASO DE ESTUDIO)

### STUDY OF MINIMUM CONDITIONS FOR THE PROFITABILITY OF THE AGRICULTURAL PRODUCTIVE CHAIN OF FLOR DE NOCHE BUENA CASE STUDY

EVELIA HERNÁNDEZ MALDONADO<sup>1</sup>  
GUADALUPE SÁNCHEZ CALDERÓN<sup>2</sup>  
EMA VEGA MÉNDEZ<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En este capítulo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo con los productores de la flor de Nochebuena en la región de Huauchinango, se hace mención que la utilidad que obtienen son mínimas y la cual se reparte en gastos de mantenimiento en post-cosecha, nunca han realizado un estudio financiero de su proceso de producción, inclusive se manejan diversas formas de producción de la flor según conocimientos prácticos de los productores.

Los factores que afectan a que la utilidad obtenida sea mínima son: Costos elevados de fertilizantes y fungicidas, pérdida de producción al no contar con equipo industrializado para mantener el ambiente controlado, introducción al mercado de Huauchinango flor de nochebuena de otros estados de la república a un precio más bajo, recurso insuficiente para buscar otros mercados, nulo conocimiento para dar un valor agregado a la flor de Nochebuena, venta del producto a bajo costo, variedad del producto en desventaja con otra variedad, presencia de intermediarios. La mayoría de los productores desconocen la importancia que tiene el manejo del cultivo bajo condiciones de invernadero con la finalidad de obtener una mejor calidad de planta y con esto mejores precios en el mercado, por esta razón se realizó un estudio financiero donde se aprendió todo el proceso de producción y se determinaron todas las variantes que impactan en el costo de producción y por consiguiente afecten el precio de venta de la planta, al término de este se indicaron alternativas de mejora para reducir el costo de mantenimiento, costo de los materiales, mano de obra, obteniendo un precio de venta ideal para la flor de nochebuena.

**Palabras clave:** floricultura, investigación, producción, financiero, venta.

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. evelia.hm@huauchinango.tecnm.mx . ORCID: 0000-0001-9648-289X. CVU CONACYT ID: 1220738.

<sup>2</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310075@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310088@huauchinango.tecnm.mx

## **ABSTRACT**

This chapter presents the results of an investigation carried out with the producers of the poinsettia flower in the Huauchinango region, mentioning that the utility they obtain is minimal and which is distributed in post-harvest maintenance costs, have never carried out a financial study of their production process, including various forms of flower production according to the practical knowledge of the producers.

The factors that affect the minimum utility obtained are: High costs of fertilizers and fungicides, loss of production due to the lack of industrialized equipment to maintain the controlled environment, introduction to the market of Huauchinango poinsettia from other states of the republic to a lower price, insufficient resources to search for other markets, no knowledge to give added value to the poinsettia, sale of the product at low cost, variety of the product at a disadvantage with another variety, presence of intermediaries. Most of the producers are unaware of the importance of crop management under greenhouse conditions in order to obtain a better quality of the plant and with this better prices in the market, for this reason a financial study was carried out where all the production process and all the variants that impact the cost of production and therefore affect the sale price of the plant were determined, at the end of this improvement alternatives were indicated to reduce the cost of maintenance, cost of materials, labor of work, obtaining an ideal sale price for the poinsettia flower.

**Keywords:** floriculture, research, production, financial, sale.

## **INTRODUCCIÓN**

La Flor de Nochebuena existe desde la época de los aztecas. Ellos la denominaban "Cuetlaxochitl" que significa "flor de pétalos resistentes como el cuero", aunque algunos historiadores aseguran que la traducción de este término es "flor que se marchita".

Esta planta llegó a ser un símbolo de "nueva vida", para nuestros antepasados que morían en batalla. Sin embargo, también la utilizaban para teñir algunos materiales como algodón, cuero y otros más. La "Flor de Nochebuena" se conoce en Estados Unidos y Europa como "Poinsettia", debido a que, en 1828, Joel R. Poinsett, embajador de Estados Unidos en México, conoció la planta y le gustó tanto que la envió a su país y, de ahí a diversas partes de Europa con el nombre correspondiente a su apellido. Por su parte, los botánicos la bautizaron como "Euphorbia Pulcherrima", que significa la más bella. (1)

A pesar de que se le denomina flor, se trata de una planta cuyas hojas superiores – denominadas "brácteas"- son de color rojo, amarillo, naranja, rosa, jaspeado y blanco. Éstas crecen alrededor de la verdadera flor que es una especie de corona con pequeñas florecitas amarillas. La "Cuetlaxochitl" necesita que sus "brácteas" u hojas crezcan y se iluminen de color, para lo cual se requieren por lo menos 12 horas continuas de oscuridad. Esto sucede entre los meses de octubre a marzo, y por la misma razón la planta "florece" generalmente en diciembre, coincidiendo con la navidad (Véase figura 1. Flor de nochebuena). En la actualidad, se utiliza para ornamento y es producida principalmente en invernaderos. Entre

los cuidados, destaca que la planta necesita un mínimo de 6 horas diarias de luz solar y no ser regada en exceso, ya que podría marchitarse.

Mediante el estudio se determinará la factibilidad y rentabilidad de la flor de noche buena, implementando un sistema de riego que facilite su crecimiento y aumente la producción de esta planta, estableciendo los costos de producción y de infraestructura, del mismo modo optimizar al máximo los recursos ya sean técnicos o materiales; además de instituir un sistema de estandarización para la utilización de fertilizantes, fungicidas e insecticidas entre otros.



**Figura 1.** Flor de nochebuena  
Fuente: Elaboración propia

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

¿Cómo aumentar la productividad optimizando gran parte de los recursos a menor costo de producción?

En la localidad de Tenango de las flores perteneciente a la región de Huachinango se ha consolidado como un centro de producción de nochebuenas de los más grandes del país, prácticamente gente de todos los estados de la república acude a surtirse de esta planta navideña en los diferentes viveros y el Mercado de Plantas de Ornato “Isabel Díaz Castilla” en esta localidad.

Los productores argumentan que ay gran variedad de la planta nochebuena destacando la freedom: que es la clásica color rojo por ser muy resistente, de igual manera están las low pink, mármol y color rosa. El cultivo de flores de Nochebuena puede ser un desafío, considerando que son sensibles al ambiente, a enfermedades, a insectos y al riego. Sin mencionar que el cultivo demora al menos 6 meses los que se emplean en el proceso de cultivo, envasado y comercialización de la planta, iniciando el proceso de cultivo en el mes de abril. Cada año los productores tienen una expo-navideña que se inicia aproximadamente el 14 de noviembre de cada año, donde se exhiben cada una de las plantas de nochebuena entre otras plantas propias a la temporada navideña con el fin de vender a los clientes de cualquier estado que los visitan o incluso llevar pedidos fuera de la región.

Cabe destacar que los productores no manejan un proceso de producción definido, cada quien lo realiza en cuanto a su conocimiento y entendimiento, esto ha generado una variabilidad en cuanto al precio de venta de la nochebuena, algunos si les es factible el precio porque obtienen ganancias de acuerdo a su control de gastos que llevan, mientras otros no les es beneficioso.

Por esta razón los productores necesitan que se genere un análisis financiero que les garantice mejorar sus ganancias minimizando los costos de producción y de ser posible implementar sistemas automatizados para el cuidado de las plantas, unificar los insumos que se utilizan durante la producción logrando adquirir dichos materiales en cantidades mayores para que sea más económico el costo de la adquisición.

Es importante recalcar que el cultivo de esta planta es esencial para la población debido a que un 24% de las familias que se encuentran en esta localidad se dedican a la producción de esta planta por lo cual es su principal sustento económico, a finales de año ven su reflejo en cuanto ingresos por la venta masiva de esta planta que es la que tiene más impacto en ventas por la temporada navideña.

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio financiero que permita conocer los costos de producción en la flor de Nochebuena en la región de Huauchinango.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudio de campo
- Realizar diagrama de proceso de producción

### **REFERENTE TEÓRICO**

- Nochebuena: También conocida como Flor o Estrella de Navidad, es de hojas de color verde oscuro, aterciopeladas, con los bordes dentados, y posee otras hojas coloreadas con aspecto de pétalos (brácteas), que pueden ser de color rojo, blanco, amarillento o rosa. (3)
- Fertilizante: Tipo de sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. (4)
- Tezontle: Es una roca volcánica extrusiva. Es un bióxido de hierro; su textura es vesicular, burbujeadada y porosa. Entre sus propiedades se encuentra la de guardar el calor, pero no es permeable ni aislante. Algunos de los usos que se le da a esta roca son: arreglos florales, construcción de baños de temascal, construcción de hornos de barbacoa y de pan, para fabricar el tabicón negro. Molido se usa para relleno de calles de terracería y como fachada de algunas casas. (5)
- Sustrato: es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que puede intervenir o no en la nutrición vegetal. (6)
- Invernadero (o invernáculo): Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica translúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y

desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales. (7)

- Bráctea: Término usado en botánica e introducido por Carlos Linneo, es el órgano foliáceo en la proximidad de las flores y diferente a las hojas normales y las piezas del perianto. (4)
- Plaga: Aparición masiva y repentina de seres vivos de la misma especie que causan graves daños a poblaciones animales o vegetales, como, respectivamente, la peste bubónica y la filoxera. (8)
- Plaguicida: Los plaguicidas o agroquímicos, son sustancias químicas destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas. (9)
- Esquejes o gajos: Son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva. Pueden cortarse fragmentos de tallo e introducirlos en la tierra, para producir raíces. Las plantas enraizadas de esta manera serán idénticas a sus progenitoras, es decir, formarán con ellas un clon. (11)

#### **Métodos financieros:**

- Análisis Horizontal: Este tipo de análisis tiene un proceso que permite comparar estados financieros similares en dos o más períodos consecutivos, con el fin de observar la variación absoluta y porcentual, de las cuentas contables de un período a otro, y verificar si es favorable o no para la empresa (Ochoa y Toscano, 2012); (Soto G., Ramón G., Solórzano G., Sarmiento Ch., y Mite A., 2017).
- Análisis Vertical: Esta técnica permite analizar de forma vertical las cifras contables de los estados financieros, como lo son, el Estado de Situación Financiera y el Estado de Resultados (Ross et al., 2012); (Soto G. et al., 2017). (10)

#### **METODOLOGÍA**

Para la realización del presente estudio se desarrollaron las siguientes fases para obtener la información necesaria por medio de entrevistas logrando el conocimiento del proceso productivo, utilización de insumos cantidades y costos generados, cuidados de la planta de nochebuena (mano de obra utilizada) por cada productor.

La metodología aplicada se divide en 3 fases de estudio, mismas que se visualizan en la Figura 2.



**Figura 2** Metodología utilizada.  
Fuente: Elaboración propia

**Fase I: Inicio**

Se informa a los productores de las actividades a ejecutar durante el estudio donde se incluirá la entrevista abierta para conocer de cada productor como llevan a cabo dicha producción, tipos de insumos que ocupan, como ejecutan el mantenimiento y cuidado de la planta en relación al clima que se tiene, desarrollando un análisis FODA (Véase Figura 3. FODA) para indicar a los productores sus amenazas, debilidades y de igual manera cuales serían sus fortalezas con sus oportunidades de mejora.

Acciones a ejecutar:

- \*Reunión con los productores de flor de Nochebuena para informar el tipo y objetivo de estudio
- \*Obtención de información del proceso de producción de la flor de Nochebuena
- \*Levantamiento de datos de costos en las diferentes etapas de producción de la flor de Nochebuena
- \*Análisis de la información recabada con los productores de flor de Nochebuena
- \*Presentación de resultados estadísticos

FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS
FORTALEZAS (+):	OPORTUNIDADES (+):
* Clima * Flor de temporada * Facilidad de proceso *Gran demanda *Tiempo de vida	*Generación de empleos *Mercados disponibles
DEBILIDADES (-):	AMENAZAS (-):
* Mano de obra no calificada * Falta de estandarización de químicos * Plagas * Insectos	*Nochebuena exportada e importada a bajo costo *Gran número de competidores

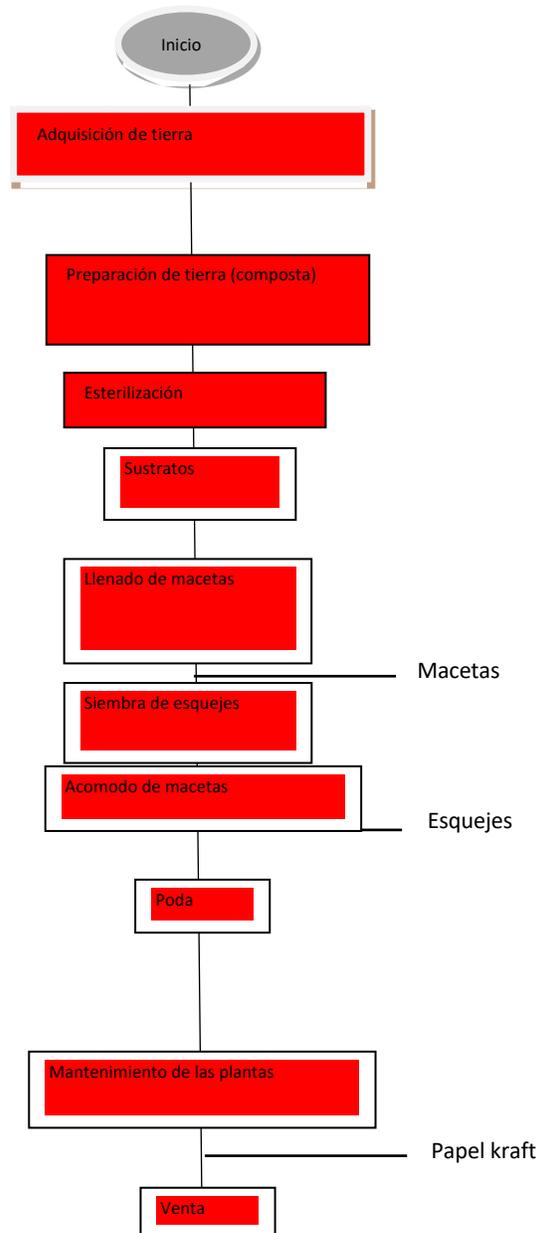
**Figura 3.** FODA. Fuente: Elaboración propia

## Fase II: Desarrollo

Se realizó la recolección de datos por medio de las entrevistas con cada uno de los productores.

- \*Características del producto final
- \*Proceso de producción
- \*Insumos
- \*Mantenimiento
- \*Ventas

Se unificaron datos para el entendimiento del proceso de producción del cultivo de nochebuena generando el diagrama de flujo de operaciones (Véase Figura 4. Diagrama de flujo de operaciones).



**Figura 4.** Diagrama de flujo de operaciones  
Fuente: Elaboración propia

**TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUACHINANGO

Se determinaron los Estados Financieros de la situación actual (Año 1) para conocer el estatus económico de los productores de noche buena de Tenango de las Flores (Véase Figura 5. Estado de resultados (Situación actual) y Figura 6. Estado de situación financiera (situación actual)).

" PRODUCTORES DE NOCHE BUENA DE TENANGO DE LAS FLORES "				
ESTADOS DE PERDIDAS Y GANANCIAS DE ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES				
	\$ 1.00	\$ 2.00	\$ 3.00	\$ 4.00
VENTAS TOTALES			\$ 3,287,340.00	
MENOS DEVOLUCIONES/ VENTA		\$ -		
DESCUENTOS/ VENTA		\$ -	\$ -	
VENTAS NETAS				\$ 3,287,340.00
INVENTARIO INICIAL			\$ -	
COMPRAS	\$ 961,246.10			
MAS GASTOS DE COMPRA	\$ 10,000.00			
COMPRAS TOTALES		\$ 971,246.10		
MENOS DEVOLUCIONES/ COMPRA	\$ -			
DESCUENTOS/ COMPRA	\$ -	\$ -		
COMPRAS NETAS			\$ 971,246.10	
Suma o total de mercancías			\$ 971,246.10	
MENOS INVENTARIO FINAL			\$ -	
COSTO DE LO VENDIDO				\$ 971,246.10
UTILIDAD BRUTA				\$ 2,316,093.90
GASTOS DE OPERACIÓN				
GASTOS DE VENTA				
RENTA DEL ALMACÉN	\$ 10,290.00			
SUELDOS DE AGENTES Y DEPENDIENTES	\$ 295,970.00			
COMISIONES DE AGENTES Y DEPENDIENTES	\$ -			
CONSUMO DE LUZ	\$ 14,400.00			
SERVICIO DE TRANSPORTE	\$ 46,962.00			
PAPELERIA Y UTILES	\$ 4,224.50	\$ 371,846.50		
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN				
RENTAS DE LAS OFICINAS	\$ -			
SUELDOS DEL PERSONAL DE OFICINA	\$ -			
PAPELERIA Y UTILES	\$ -			
CONSUMO DE LUZ	\$ -	\$ -	\$ 371,846.50	
PRODUCTOS FINANCIEROS				
INTERESES COBRADOS	\$ -			
UTILIDAD EN CAMBIO	\$ -	\$ -		
GASTOS FINANCIEROS				
INTERESES PAGADOS	\$ 293,465.89			
PERDIDA EN CAMBIOS	\$ -			
GASTOS DE SITUACION	\$ -	\$ 293,465.89	-\$ 293,465.89	
GASTOS DE OPERACIÓN				\$ 665,312.39
UTILIDAD DE OPERACIÓN				\$ 1,650,781.51
OTROS GASTOS				
PERDIDA EN VENTA DE MOBILIARIO		\$ -		
PERDIDA EN VENTA DE ACCIONES		\$ -	\$ -	
OTROS PRODUCTOS				
COMISIONES COBRADAS		\$ -		
DIVIDENDOS COBRADOS		\$ -	\$ -	
PERDIDA NETA ENTRE OTROS GASTOS Y PRODUCTOS				\$ -
UTILIDAD ANTES DEL I.S.R Y DE LA P.T.U				\$ 1,650,781.51
MENOS IMPUESTOS SOBRE LA RENTA			\$ -	
PARTICIPACIONES DE LOS TRABAJADORES EN LAS UTILIDADES			\$ -	\$ -
UTILIDAD DEL EJERCICIO				\$ 1,650,781.51

**Figura 5.** Estado de resultados (Situación actual). Fuente: Elaboración propia

**TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUACHINANGO

" PRODUCTORES DE NOCHE BUENA DE TENANGO DE LAS FLORES "					
BALANCE GENERAL DE ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES					
ACTIVO CIRCULANTE				PASIVO CIRCULANTE	
CAJA				PROVEEDORES	\$ -
BANCOS			\$ 1,890,000.00	DOCUMENTOS POR PAGAR	\$ -
MERCANCIAS			<u>\$ 612,771.60</u>	ACREEDORES DIVERSOS	\$ 1,260,000.00
°Fungicidas	\$ 36,280.00			GASTOS PENDIENTES DE PAGO	\$ -
°Sustrato	\$ 156,320.00			PASIVO FIJO	
° Fertilizantes	\$ 56,850.00			ACREEDORES HIPOTECARIOS	\$ -
°Insecticidas	\$ 43,980.00			DOCUMENTOS POR PAGAR	\$ -
° Esqueje	\$ 178,455.60			PASIVO DIFERIDO	\$ -
° Macetas 7"	\$ 140,886.00			RENTAS COBRADAS POR ANT.	\$ -
ACTIVO FIJO				INT. COBRADOS POR ANT.	\$ -
MAQ. Y EQ.		\$ 630,882.00		<b>TOTAL DEL PASIVO</b>	\$ 1,260,000.00
Tinaco	\$ 63,000.00				
Bastones (2)	\$ 4,200.00				
Cebollas (2)	\$ 4,200.00			CAPITAL CONTABLE	\$ 630,000.00
Bomba aspersora	\$ 14,280.00			CAPITAL SOCIAL	\$ 1,915,323.80
Bomba de pozo	\$ 42,000.00				
Manguera(200m)	\$ 46,200.00				
Picadora	\$ 378,000.00				
°Carrete tubular	\$ 42,000.00				
°Metro de madera	\$ 945.00				
°Mesa	\$ 10,500.00				
°Carretilla	\$ 13,650.00				
°Pala	\$ 2,100.00				
°Bieldo	\$ 4,557.00				
°Rastrillo para hojas	\$ 1,281.00				
°Rastrillo para jardinería	\$ 3,969.00				
DEPRECIACIÓN DE MAQ. Y EQ.	\$ 252,352.80		\$ 378,529.20		

**Figura 6.** Estado de situación financiera (situación actual). Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos obtenidos por cada productor se indicó que la ganancia por día es de \$333.38 pesos con un precio de venta de cada planta de \$40 pesos, desafortunadamente no visualizan esa ganancia porque hacen compras en diferentes momentos, es decir compran los insumos cuando los van a utilizar, no manejan una planeación de producción para los insumos a ocupar.

### Fase III: Resultados

En una muestra de 1000 plantas a producir (Véase Figura 7. Análisis financiero (actual)) se determinó que se tienen ganancias para los productores tomando en cuenta costos fijos y costos variables, comparativos de 2 años, calculando el punto de equilibrio.

Análisis Financiero  
 por 1000 plantas  
 Precio por planta: \$40

Periodo	Costos fijos		Costos Variables	
AÑO 1	Invernadero 350 m2 (estructura y plástico)	\$ 25,000.00	Esquejes	\$ 4,000.00
	Mano de obra (picado de tierra)	\$ 240.00	Macetas	\$ 1,200.00
	Mano de obra (preparación)	\$ 240.00	Traslado maceta	\$ 100.00
	Mano de obra llenado de maceta y sembrado de planta	\$ 800.00	Materiales preparación de tierra	\$ 330.00
	Mano de obra regadas (2 por semana por 6 meses)	\$ 5,760.00	Materiales esterilización tierra	\$ 300.00
			Tierra	\$ 325.00
			Materiales para mantenimiento	\$ 6,842.50
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 32,040.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 13,097.50</b>
AÑO 2	Mano de obra (preparación)	\$ 240.00	Esquejes	\$ 4,000.00
	Mano de obra llenado de maceta y sembrado de planta	\$ 800.00	Macetas	\$ 1,200.00
	Mano de obra regadas (2 por semana por 6 meses)	\$ 5,760.00	Traslado maceta	\$ 100.00
			Materiales preparación de tierra	\$ 330.00
			Materiales esterilización tierra	\$ 300.00
		Tierra	\$ 325.00	
		Materiales para mantenimiento	\$ 6,842.50	
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,800.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 13,097.50</b>

**Figura 7.** Análisis financiero (actual).

Fuente: Elaboración propia

Realizando el cálculo del punto de equilibrio tenemos lo siguiente (Véase Figura 8. Cálculo de punto de equilibrio):

$$P.E.(\$) = \frac{COSTOSFIJOS}{1 - \frac{COSTOSVARIABLES}{VENTASTOTALES}}$$

$$P.E.(U) = \frac{(COSTOSFIJOS) \times (UNIDADES PRODUCIDAS)}{VENTASTOTALES - COSTOSVARIABLES}$$

AÑO 1	AÑO 2
$P.E(\$) = \frac{32040}{1 - \frac{13097.50}{40000}} = \frac{32040}{0.675} = 47643.122$	$P.E(\$) = \frac{7040}{1 - \frac{13097.50}{40000}} = \frac{7040}{0.675} = 10468.40$
$P.E(U) = \frac{(32040) \times (1000)}{40000 - 13097.5} = \frac{32040000}{26902.5} = 1190$	$P.E(U) = \frac{(7040) \times (1000)}{40000 - 13097.5} = \frac{7040000}{26902.5} = 262$

**Figura 8.** Cálculo de punto de equilibrio. Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados en el año uno se necesita de una producción de 1190 plantas para cubrir los gastos, más sin embargo para el año dos se compensa porque los gastos fijos disminuyen lo que beneficia y solo se pide tener una producción de 262 plantas para cubrir los costos.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.**

En este trabajo de investigación se estudió el proceso de producción del cultivo de planta nochebuena unificando insumos y determinando el balance de situación financiera actual de los productores. A partir de este se generó una propuesta financiera donde se logró manejar un costo de \$35 por planta en una producción de 84000 plantas y se determinó que los productores pueden lograr ganancias remunerables a partir del segundo año (Véase Figura 9. Tabla de costos fijos (propuesta) y Figura 10. Tabla de costos variables (propuesta)).

Información para la producción de 84000 noche buenas

AÑO 1

Actividad	Cto. Unitario	Cto. Real	# de empleados	(Dias a trabajar)
Invernadero	\$ 18,125.00	\$ 761,250.00		
Plástico UV2	5250kg	\$ 341,250.00		
Pozo	\$ 18,957.00	\$ 398,097.00		
Rentas pagadas		\$ 10,290.00		
Tinaco	\$ 3,000.00	\$ 63,000.00		
Bastones (2)	\$ 100.00	\$ 4,200.00		
Cebollas (2)	\$ 100.00	\$ 4,200.00		
Bomba aspersora	\$ 680.00	\$ 14,280.00		
Bomba de pozo	\$ 2,000.00	\$ 42,000.00		
Manguera(200m)	\$ 11.00	\$ 46,200.00		
Picadora	\$ 18,000.00	\$ 378,000.00		
°Carrete tubular	\$ 2,000.00	\$ 42,000.00		
Metro de madera	\$ 45.00	\$ 945.00		
°Mesa	\$ 500.00	\$ 10,500.00		
Carretilla	\$ 650.00	\$ 13,650.00		
Pala	\$ 100.00	\$ 2,100.00		
Bioldo	\$ 217.00	\$ 4,557.00		
Cuter (4)	\$ 8.00	\$ 672.00		
Rastrillo para hojas	\$ 61.00	\$ 1,281.00		
Rastrillo para jardineria	\$ 189.00	\$ 3,969.00		
Consumo de luz		\$ 12,600.00		
Mano de Obra				
Picado de tierra	\$ 375.00	\$ 7,875.00	63	1
Esterilización	\$ 125.00	\$ 2,625.00	21	1
Preparación o mezclado de	\$ 250.00	\$ 5,250.00	42	1
Llenado de macetas	\$ 375.00	\$ 7,875.00	63	1
Siembra de esqueje	\$ 1,500.00	\$ 31,500.00	63	4
Acomodo de macetas	\$ 1,000.00	\$ 21,000.00	42	4
Regar la planta (2 por semana)	\$ 5,000.00	\$ 105,000.00	21	20
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2,336,166.00</b>		

**Figura 9.** Tabla de costos fijos (propuesta)

Fuente: Elaboración propia

Año 1

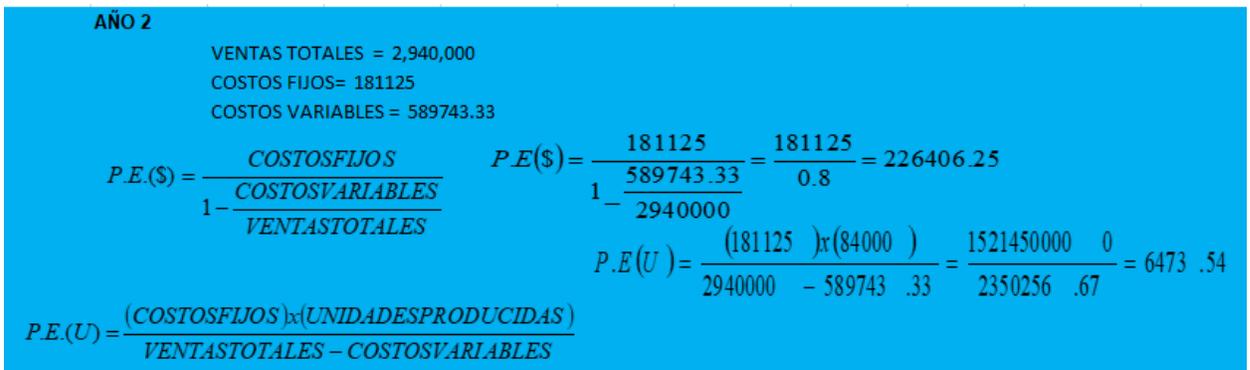
<b>COSTO VARIABLE</b>			
Actividad	Cto. Unitario	Costo Real	Cantidad
Esquejes	\$ 3.80	\$ 159,600.00	42000
Transporte	\$ 50.00	\$ 42,000.00	
Maceta de 7 in (4000)	\$ 1.50	\$ 126,000.00	
Papel Kraft		\$ 2,333.33	187kg
Resisol		\$ 840.00	84
<b>Sustrato</b>			
<i>Tierra</i>	\$ 1,200.00	\$ 75,600.00	63 toneladas
Tezontle	\$ 180.00	\$ 7,560.00	42 m <sup>3</sup>
Agrolita	\$ 100.00	\$ 21,000.00	210 sacos
Osmocote	\$ 60.00	\$ 20,160.00	336 kg
Busan 30	\$ 300.00	\$ 6,300.00	21 lt
Nitrofosca	\$ 25.00	\$ 8,400.00	336 kg
Manterial para mantenimiento			
<b>Fertilizantes</b>			
<i>9-45-15 iniciador peters</i>	\$ 450.00	\$ 6,750.00	15 BULTOS
<i>15-5-25 mediador peters</i>	\$ 400.00	\$ 12,000.00	30 BULTOS
<i>Nitrato de calcio 25 KG</i>	\$ 300.00	\$ 2,100.00	7 BULTOS
<i>15-20-25 finalizador peters</i>	\$ 400.00	\$ 29,600.00	74 BULTOS
<b>Fungicidas</b>			
<i>Manzate</i>	\$ 240.00	\$ 10,080.00	42 KG
<i>Benlate</i>	\$ 600.00	\$ 2,520.00	4.200 KG
<i>Ridomil 4E (sobra 460 ml)</i>	\$ 3,000.00	\$ 12,000.00	4 LT
<i>Ridomil bravo (sobra 500 ml)</i>	\$ 600.00	\$ 1,200.00	2 KG
<i>Previcur (sobran 210 ml)</i>	\$ 1,040.00	\$ 4,160.00	4 LT
<b>Insecticidas</b>			
<i>Vydate ()</i>		\$ 6,090.00	19 lt.
<i>Diazinon</i>		\$ 2,470.00	19 lt.
<i>Furadan</i>		\$ 4,560.00	19 lt.
<i>Confidor</i>		\$ 23,000.00	46 lts
<i>Thiodan</i>		\$ 3,420.00	19 lt.
<b>Total</b>		<b>\$ 589,743.33</b>	

**Figura 10.** Tabla de costos variables (propuesta)

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** Resultados del punto de equilibrio Año 1  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 12.** Resultados del punto de equilibrio Año 2  
 Fuente: Elaboración propia

Si observamos los resultados en ganancias para los productores es a partir del segundo año porque los costos fijos han reducido, aclarando que el precio de la planta es de \$35 por cada unidad y la producción se está manejando la misma cantidad de plantas para ambos años, por lo tanto, cada productor tiene una ganancia de 398 diarios.

### CONCLUSIONES

Con base en la información recabada en las reuniones con los productores y el análisis de información se puede inferir que arriba de 1,000 plantas vendidas se comienza a tener utilidad, sin embargo, al iniciar actividades la utilidad es mínima, pero a partir del segundo año al no invertir en costos fijos, la utilidad se aumenta.

Recomendaciones: A partir del segundo año de su margen de utilidad, los productores asignen un porcentaje para comenzar a tecnificar el invernadero y aumentar la productividad. La tecnificación estará encaminada a rubros como: el control de factores ambientales, el manejo y control de plagas, riego por goteo, etc. Se puede realizar una optimización de espacio del invernadero mediante el uso de camas verticales. Estandarización de operaciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco el compromiso por parte del Instituto Tecnológico Superior de Huachinango en la carrera de Ingeniería Industrial por permitir el desarrollo de esta investigación demostrando la gran importancia de aplicar un estudio financiero a un proyecto o negocio que se está generando, con la finalidad de unificar, clasificar, organizar cada uno de los costos que integran la producción y venta del producto, obteniendo un control correcto de las entradas y salidas en el negocio para determinar realmente a partir de qué periodo los dueños comienzan a ver sus utilidades.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://botanicmontserrat.blogspot.com/2008/12/poinsettia-la-historia-de-una-estrella.html>
- [https://redescolar.ilce.edu.mx/20aniversario/componentes/redescolar/publicaciones/publi\\_reinos/flora/flor\\_de\\_noche\\_buena/flor\\_nocheb.htm](https://redescolar.ilce.edu.mx/20aniversario/componentes/redescolar/publicaciones/publi_reinos/flora/flor_de_noche_buena/flor_nocheb.htm)
- <https://accefyn.org.co/flor-de-nochebuena/> ultima consulta 21/10/2022
- <https://www.quimica.es/enciclopedia/> ultima consulta 21-10-2022
- <http://www.escuelacima.com/Tezontle.htm> ultima consulta 21-10-22
- <https://www.agroequipos.com.mx/node/1687#:~:text=Un%20sustrato%20es%20todo%20material,intervenir%20o%20no%20en%20la> ultima consulta 21-10-2022
- [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=44](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=44) ultima consulta 21-10-22
- <https://dle.rae.es/plaga> consulta 21-10-2022
- <https://www.fao.org/3/w1604s/w1604s04.htm> consulta 21-10-2022
- <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14356/1/Cap.4%20An%C3%A1lisis%20de%20estados%20financieros.pdf> consulta 21-10-2022. Pág. 104
- <https://www.quimica.es/enciclopedia/Esqueje.html#:~:text=Esquejes%20o%20gajos%20son%20fragmentos,formar%C3%A1n%20con%20ellas%20un%20clon.> Consulta 21-10-2022
- Ramírez Molinares, Carlos Vicente Fundamentos y técnicas de costos / Carlos Vicente Ramírez /Molinares, Milton García Barbosa, Cristo Ramón Pantoja Algarín. -- Cartagena: Universidad Libre, /2010.

## MEDICIÓN DE LA DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN (MANTENIMIENTO PREVENTIVO-CORRECTIVO) DE MAQUINARÍA EN EL SECTOR MINERO

### MEASUREMENT OF THE AVAILABILITY AND USE (PREVENTIVE- CORRECTIVE MAINTENANCE) OF MACHINERY IN THE MINING SECTOR

HERNÁN SÁNCHEZ ARROYO<sup>1</sup>

JUAN CARLOS BARRERA SAMPAYO<sup>2</sup>

LAURA MARIEL SAMPAYO GARCÍA<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En este capítulo se presentan los resultados de una investigación y el análisis de las operaciones de un proyecto minero desarrollado en Cucurpe Sonora, teniendo como objetivo mantener los costos de Mantenimiento dentro del costeo presupuestado mensualmente para cada departamento, esta aplicación está orientado directamente a los planes de acción realizados por el departamento de mantenimiento, tomando en cuenta la metodología de confiabilidad bajo dos principales líneas de acción: Mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo, estos seran la base de la mejora en cuanto la reducción de costos y prevención de accidentes y calidad en el trabajo, buscando alcanzar un porcentaje de disponibilidad mayor al 70% y una utilización promedio para cada uno de los equipos operativos que conforman las líneas de extracción de la empresa minera analizada.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Correctivo, Preventivo, Costos, Minería.

#### ABSTRACT

This chapter presents the results of an investigation and analysis of the operations of a mining project developed in Cucurpe Sonora, with the objective of maintaining maintenance costs within the monthly budgeted costing for each department, this application is directly oriented to the plans of action carried out by the maintenance department, taking into account the reliability methodology under two main lines of action: Corrective maintenance and preventive maintenance, these will be the basis for improvement in terms of cost reduction and accident prevention and quality in the work, seeking to achieve a percentage of availability greater than 70% and an average use for each of the operating teams that make up the extraction lines of the analyzed mining company.

**Keywords:** Maintenance, Corrective, Preventive, Costs, Mining.

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. hernan.sa@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0003-2703-3403. CVU CONACYT 441243.

<sup>2</sup> Alumno de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g19310005@huauchinango.tecnm.mx.

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Huauchinango. Puebla. g19310081@huauchinango.tecnm.mx.

## **INTRODUCCIÓN**

La baja confiabilidad de los equipos en la extracción de oro y plata es uno de los primeros planteamientos que no cumplen metas de disponibilidad, el desgaste de las partes mecánicas que sufre la maquinaria. Se ha determinado que fallan en periodos cortos equipos como: (barrenación) jumbos, soporte (ancladores) y acarreo (camiones de bajo perfil). Se propone incrementar la confiabilidad en un 5% mensualmente hasta lograr la confiabilidad programada para todos los equipos de producción. Lograr los objetivos y analizar el ciclo de minado, las rutinas de mantenimiento para identificar el cuello de botella en consecuencia realizar las mejoras necesarias a las rutinas de mantenimiento. Actualmente se operan en proyectos distintos, obteniendo un promedio mensual de desarrollos de 6,000 m y alrededor de 240,000 toneladas de producción por mina (Véase Figura 1. Proceso de extracción en el sector minero).



**Figura 1.** Proceso de extracción en el sector minero. Fuente: Elaboración propia

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Para que los equipos de producción en el sector minero inicien operaciones, el departamento de mantenimiento debe implementar rutinas diarias al iniciar el turno, estas rutinas deben garantizar el arranque de los equipos en tiempo y forma, cuando se presentan problemáticas estas recaen en la efectividad de las rutinas, el personal insuficiente para inspeccionar cada equipo, además del tiempo que toma el llegar a algunos equipos que se encuentran en áreas distintas, contemplando que los dispositivos de medición y operación se encuentran en el interior de la mina y otros en la superficie trayendo consigo que las distancias de recorrido eviten que los equipos sean revisados hasta por 12 horas, cabe mencionar que cuando se suscitan problemáticas la revisión de los equipos se programa para el segundo turno a menos que el equipo presente alguna falla operativa., otros aspectos a considerar que afectan directamente los planes de mantenimiento son: La lubricación de componentes, reposición de niveles y otros insumos necesarios para la operación, los cuales retrasan el arranque operativo hasta por 2 horas, conforme a lo descrito anteriormente surge la necesidad de crear planes de mantenimiento efectivos que se caractericen por ser aplicados en tiempo y forma y no expongan pérdidas de producción debido a la mala programación y falta de efectividad.

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer un plan de mejora continua donde se analicen las actividades de los técnicos de mantenimiento, el ciclo de minado y la baja confiabilidad de los equipos de producción, garantizando la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria y de los operarios mediante el mantenimiento preventivo y correctivo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el departamento de mantenimiento, tratando de identificar la causa que genera la baja confiabilidad de la maquinaria de producción
- Recopilar información para analizar los procesos de mantenimiento, con el fin de generar una mejora tangible en las métricas del departamento
- Proponer un plan de acción para corregir las malas prácticas evitando los tiempos muertos del personal y de la maquinaria eliminando las actividades que no agreguen valor a la producción y con esto asegurar que la maquinaria es confiable para la producción

### **REFERENTE TEÓRICO**

Una de las causas de la baja disponibilidad radica en la mala calidad de los servicios de mantenimiento realizados por el personal técnico sin cumplir los procedimientos del departamento, en términos generales el método de mantenimiento consiste en realizar mantenimientos programados cada 250 h de operación Gama de mantenimiento hace referencia a los documentos donde se describen los protocolos que debe seguir el personal de mantenimiento. En este caso concreto la gama de mantenimiento hace referencia a los pasos y puntos a verificar al realizar un servicio de mantenimiento a algún equipo de producción (Mancuso, 2014).

El mantenimiento se define en los términos siguientes: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, son sus siglas en inglés) es una metodología muy poderosa si se aplica de forma correcta, puede generar mejoras en la confiabilidad de los equipos, mientras que, al mismo tiempo, asegura que el dinero invertido en los programas de mantenimiento predictivo y preventivo sea utilizado de una manera óptima. (Aula21, 2020).

#### **Mantenimiento correctivo:**

Cámac (2021) considera que el Mantenimiento Correctivo permite realizar una reparación efectiva, debido a que cuando el equipo se encuentra paralizado, no se requiere de una gran infraestructura, ni de personal altamente calificado y puede ser rentable si el equipo está fuera de la línea de producción. Pero si el equipo está en la línea de producción cada minuto de paralización representa una pérdida igual a la cantidad de tiempo paralizado, por el rendimiento de la fábrica, por el valor de la producción. Es por ello que muchas veces la calidad de la reparación se ve afectada, por la necesidad de reparar rápido antes de reparar definitivamente y estas malas intervenciones de reparación devienen otras por las

necesidades de producción y se crea así un círculo de roturas, que generan altos costos y baja disponibilidad a esta etapa caracterizada por la aplicación del mantenimiento Correctivo o Reactivo, corresponde la Primera Generación del Mantenimiento (1733-1938) (Ortiz, 2019).

### **Mantenimiento preventivo.**

En experiencia de Espinoza (2018) el Mantenimiento Preventivo trae consigo un conocimiento amplio de la máquina y el control histórico de la misma para luego llevar a cabo, las actividades de planificación. El hecho de poder planificar los trabajos del departamento de mantenimiento, permitió prever los recambios o medios necesarios y concretar acuerdos mutuos con los responsables de la producción, para buscar el mejor momento para realizar el paro e inclusive planificar el tiempo de la intervención. Pero para la realización del mantenimiento preventivo se requirió de invertir en la infraestructura y la mano de obra, el hecho de realizar cambios cada cierto tiempo, originó costos adicionales, pues en muchas ocasiones sucedía que se cambiaban piezas que aún disponían de vida útil y por otro lado se aplicaba la idea errónea de que “si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor” incurriendo en gastos excesivos de lubricantes (Roberts, 2009).

La efectividad y economía de este tipo del mantenimiento puede ser óptima, siempre que se tenga en cuenta la distribución de los tiempos de fallo de los elementos sujetos a mantenimiento y de la tendencia de la tasa de fallos del sistema (No. de ocasiones por año) en que una situación peligrosa se materializa, pero sucede que no se puede generalizar esta fundamentación y por ello en ocasiones el mantenimiento preventivo planificado se queda “corto”. El mantenimiento preventivo no debe aplicarse, entonces, por igual a todos los tipos de equipos, sin una previa evaluación de su condición, de la antigüedad de su tecnología, de su importancia en la línea productiva y de la afectación productiva que se produciría en caso de interrupciones, en la línea de producción. Esta etapa, caracterizada por la aplicación del mantenimiento preventivo, comprende la Segunda Generación del Mantenimiento (1939-1966).

La confiabilidad de un activo se basa en la probabilidad de que realice su función requerida en un período de tiempo determinado. La probabilidad, a su vez, es ciertamente un concepto estadístico expresado por:  $N \text{ casos favorables} / N \text{ casos posibles}$ , de manera que el valor sea menor o igual a 1.

El valor representado por 1 es la indicación de que el problema ciertamente ocurrirá y el valor representado por 0 indica la probabilidad nula de que ocurra el evento. Este índice de probabilidad se puede expresar como valores de 0 a 10 o como porcentaje de 0 a 100%.

Las características de las fallas tienen seis tipos básicos, los cuales pueden ser diagnosticados por diferentes curvas, representadas a continuación en el gráfico (Véase Figura 2. Fallas por tiempo):

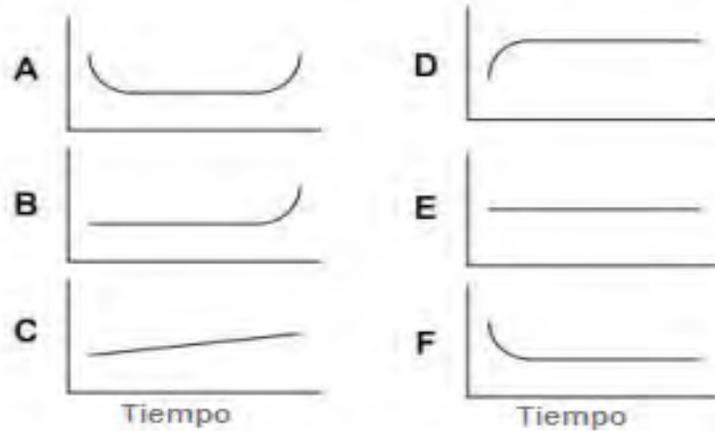


Figura 2. Fallas por tiempo.  
Fuente: Elaboración propia

Las curvas representan la probabilidad de fallas en un intervalo de tiempo determinado. Las curvas A y B representan los problemas más simples, debido a las altas tasas de fallas relacionadas con la antigüedad del componente. Las curvas C, D, E y F, por otro lado, probablemente indican gráficamente las incidencias más complejas, además, con tasas de falla constantes.

## METODOLOGÍA

La jornada de trabajo se entiende como el tiempo que ocupa el trabajador para desarrollar sus actividades dentro de la empresa, este dependerá de la cantidad de horas que necesita para su ejecución, las jornadas de trabajo son un punto importante dentro de la empresa, ya que el trabajo en mina es muy demandante y este genera estrés en el personal, se cuenta con jornadas de trabajo de 12 horas de trabajo por 12 horas de descanso durante 30 días de trabajo por 15 días de descanso., la treintena como se le conoce se compone de trabajar quince días de día y quince días de noche esto también puede influir en el desempeño del personal, ya que después de cierto número de días laborados las personas tienden a ser improductivas, la metodología de análisis para el presente proyecto se define por etapas, las cuales se describen a continuación:

### Etapa 1) Cálculo del personal técnico necesario

En esta etapa se aplicará la fórmula para el cálculo de personal necesario para atender las necesidades del departamento de mantenimiento: Se calculará el número de técnicos necesarios para proyecto minero con 30 equipos de producción y 16 horas trabajadas por cada equipo por día (HH Máquina total), considerando 365 días trabajo por día 16 horas, la cantidad de máquinas es equivalente a 30 y la utilización estimada 85% entonces las horas de trabajo anual del equipo es de (Véase Figura 3. Horas de trabajo del equipo):

$$\text{Horas de trabajo del equipo} = 365 \times 16 \times 30 \times 0.85 = 14,892 \text{ horas}$$

Figura 3. Horas de trabajo del equipo. Fuente: Elaboración propia

## Etapa 2) Cálculo del trabajo anual de cada trabajador (HH hombre)

Considerando un turno de 12 horas # días laborados anual (30 laborados 15 de descanso = ciclo de 45 días) 8.1 ciclos al año es decir ( $8.1 = 243$  días  $243 \times 12 = 2916$  HH considere que las vacaciones están incluidas), anexe los imprevistos (enfermedad u otro -9 días laborados o  $9 \times 12$  horas = 108 HH) y los tiempos asignados por comida (243 horas 1 hora diarias) se determina que las horas de trabajo anual de cada trabajador son (Véase Figura 4. Horas de trabajo anual de cada trabajador):

$$\text{Horas de trabajo anual de cada trabajador} = 2916 - 108 - 243 = 2565 \text{ HH}$$

Figura 4. Horas de trabajo anual de cada trabajador. Fuente: Elaboración propia

## Etapa 3) Cálculo de cantidad de técnicos

El número de técnicos que se requieren para la realización del proyecto expuesto asciende a:  $0.20 \times 148920 / 2565 = 11.6$  técnicos por turno, cabe recalcar que si la empresa cumple con la contratación los técnicos sugeridos por cada turno es posible que en departamento de mantenimiento aumente su eficiencia y logre cumplir con las métricas que se requieren para conservar el proyecto minero, de hecho, una serie de nuevas filosofías de mantenimiento han evolucionado y han demostrado su capacidad para ayudar a los jefes de mantenimiento a proporcionar una mejor optimización de la producción a un menor coste. Después de analizar el ciclo de minado se logró identificar que el cuello de botella se encontró en los equipos de rezagado, ya que al tardar más en limpiar su tope los otros equipos no pueden ingresar a esa área para continuar con el ciclo por lo cual nos enfocaremos en los equipos de rezago. En términos generales el método de mantenimiento consiste en realizar mantenimientos programados cada 250 h de operación.

## Etapa 4) Selección de tipo de mantenimiento

En primera instancia se procede aplicar roles de mantenimiento preventivo dentro de la empresa analizada, se consideran diversas actividades destinadas a la prevención de la falla y estas se validan cuando se reducen, se recomienda que, si no existen los medios para ejecutar las tareas operativas, se deberán realizar verificaciones periódicas de la maquinaria de extracción. Ahora bien, Si la falla tiene consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente, solo sé válida si se reduce significativamente o elimina el riesgo, en caso contrario se deberá mejorar el sistema de mantenimiento o verificar el proceso. Si la tarea destinada a prevenir la falla tiene consecuencias operacionales solo tendrá sentido si es económicamente viable, es decir reducir el costo de la falla sumando el costo de la reparación, de lo contrario es mejor dejar fallar el equipo y hacer un mantenimiento correctivo planificado (Kardec y Nascif, 2001). La combinación de los tipos de mantenimiento adecuados a la maquinaria y a las condiciones actuales del proyecto, podrían dar como resultado un sistema de gestión del mantenimiento que integre a nuestra economía las tendencias actuales de desarrollo del proyecto. Un sistema de gestión de mantenimiento efectivo será aquel que aplique el mantenimiento correctivo hasta la falla, a los equipos de menor importancia en el flujo

productivo (equipos de extracción, camiones de bajo perfil) y el mantenimiento preventivo se aplicará a: Equipos de barrenación y ancladores (Estupiñán y Cordero, 2019).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.**

En el trabajo de investigación se estudió la evaluación de la eficiencia del equipo y maquinaria para la extracción de oro y plata y se tienen los siguientes resultados en base a los estudios que se desarrollaron a los equipos: Jumbos(barrenación), soporte (ancladores) y acarreo (camiones de bajo perfil). De manera que los resultados obtenidos son favorables en base a los mantenimientos propuestos y las mejoras que se hicieron al personal operativo de la mina (Véase Tabla 1. Aplicación de mantenimiento enero 2019, y Tabla 2. Aplicación de mantenimiento febrero 2019).

**Tabla 1.** Aplicación de mantenimiento enero 2019

Equipo Mina	1er. Mantenimiento. Mes (enero 2019) HD: Ultimo servicio HE: Ultimo servicio	HD: Próximo HE: Próximo	Tipo Mantenimiento	Programado	Cumplido	Fecha cumplimiento	HD: Cumplimiento HE: Cumplimiento	O T
SCOOP TRAM No. 215	8567	8817	500					
SCOOP TRAM No. 408	0	250	750	1	1	09/01/2019	25990	
SCOOP TRAM No. 409	0	250	750	1	1	10/01/2019	27316	
SCOOP TRAM No. 412	0	250	250	1	1	15/01/2019	2427	
SCOOP TRAM No. 609	0	250	500	1	1	02/01/2019	8570	
JUMBO No. 11 DIESEL	7976	8226	1000					
JUMBO No. 11 ELECTRONICO	14886	15386	500					
JUMBO No. 11 PERCUSION								
JUMBO No. 26 DIESEL	7740	7990	250					
JUMBO No. 26 ELECTRICO	4500	5000	500					
JUMBO No. 26 PERCUSION								
JUMBO No. 57 DIESEL	250	500	500		1	15/01/2019	424	
JUMBO No. 57 ELECTRICO	518	1018	1000		1	15/01/2019	1030	
JUMBO No. 57 PERCUSION								
JUMBO No. 58 DIESEL	258	508	500	1	1	03/01/2019	511	
JUMBO No. 58 ELECTRICO	532	1032	1000	1	1	03/01/2019	1101	
JUMBO No. 58 PERCUSION								
ANCLADOR No.19 DIESEL	5798	6048	750	1				
ANCLADOR No.19 ELECTRICO	2650	3150	1000	1				
ANCLADOR No.19 PERCUSION								
ANCLADOR BOLTER No.20 DIESEL	3607	3857	500					

**TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUACHINANGO

ANCLADOR BOLTER No.20 ELECTRICO	11291	11791	500					
ANCLADOR BOLTER No.20 PERCUSION								
ANCLADOR SANDVIK No.48 DIEDEL	613	863	750	1	1	09/01/2019	819	
ANCLADOR SANDVIK No.48 ELECTRICO	1555	2055	1000	1	1	09/01/2019	2135	
ANCLADOR SANDVIK No.48 PERCUSION								

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Aplicación de mantenimiento febrero 2019

Equipo Mina	2do. Mantenimiento. Mes (febrero 2019)					Fecha cumplimiento	HD: Cumplimiento HE: Cumplimiento	O T	Total, programas	Total, servicios efectivos	No. efectivos
	HD: Próximo HE: Próximo	Tipo Mantenimiento	Programado	Cumplido							
SCOOP TRAM No. 215	9067	750						0	0	0	
SCOOP TRAM No. 408	500	1000	1	0	23/01/2019			2	1	-1	
SCOOP TRAM No. 409	500	1000	1	0	24/01/2019			2	1	-1	
SCOOP TRAM No. 412	500	500	1	0	29/01/2019			2	1	-1	
SCOOP TRAM No. 609	500	750	1	1	16/01/2019	9936		2	2	0	
JUMBO No. 11 DIESEL								0	0	0	
JUMBO No. 11 ELECTRICO								0	0	0	
JUMBO No. 11 PERCUSION											
JUMBO No. 26 DIESEL								0	0	0	
JUMBO No. 26 ELECTRICO								0	0	0	
JUMBO No. 26 PERCUSION									0		
JUMBO No. 57 DIESEL								0	1	1	
JUMBO No. 57 ELECTRICO								0	1	1	
JUMBO No. 57 PERCUSION											
JUMBO No. 58 DIESEL								1	1	0	
JUMBO No. 58 ELECTRICO								1	1	0	
JUMBO No. 58 PERCUSION											
ANCLADOR No. 19 DIESEL								1	0	-1	
ANCLADOR No. 19 ELECTRICO								1	0	-1	
ANCLADOR No. 19 PERCUSION											
ANCLADOR BOLTER No. 20 DIESEL								0	0	0	
ANCLADOR BOLTER No. 20 ELECTRICO								0	0	0	
ANCLADOR BOLTER No. 20 PERCUSION											
ANCLADOR SANDVIK No. 48 DIESEL								1	1	0	
ANCLADOR SANDVIK No. 48 ELECTRICO								1	1	0	
ANCLADOR SANDVIK No. 48 PERCUSION											

Fuente: Elaboración propia

En las tablas presentadas anteriormente (Véase Tabla 1 y 2) se evidencia que el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo se realizó a los equipos en tiempo y forma, tomando como base la metodología que plantea que los roles de mantenimiento correctivo no deben aminorar el nivel de eficacia de los procesos ni el funcionamiento óptimo del equipo, de la misma manera los roles de mantenimiento preventivo se llevaron a cabo bajo las condiciones estipuladas de operatividad en los equipos de barrenación y ancladores teniendo como objetivo principal la disminución del incremento de los costos de mantenimiento y el funcionamiento diario de las maquinarias., para una medición cuantitativa se registra un porcentaje de cumplimiento de los planes de mantenimiento del 87% (Véase Gráfico 1. Análisis de cumplimiento de los planes de mantenimiento).



**Gráfico 1.** Análisis de cumplimiento de los planes de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia

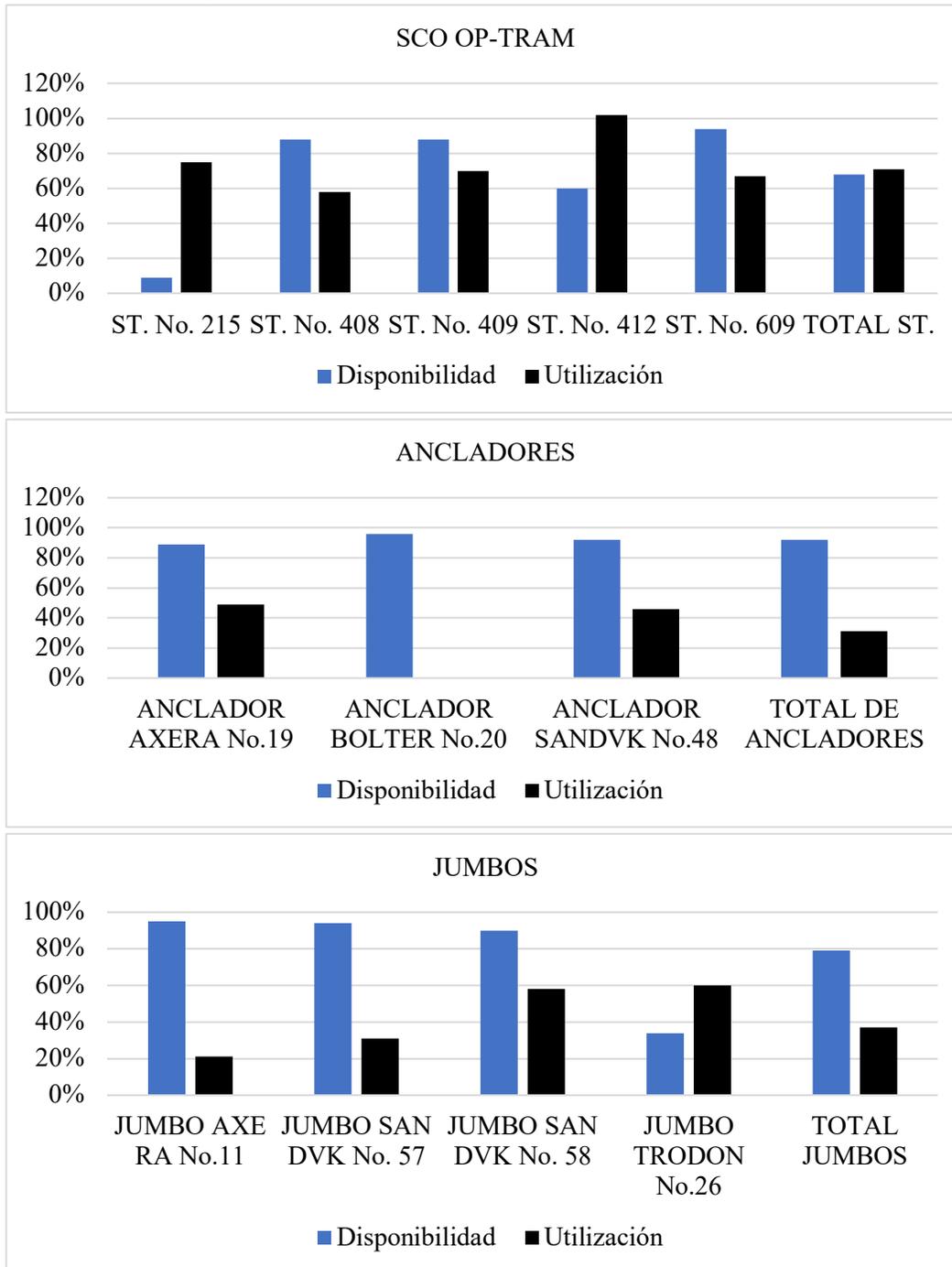
Cabe recalcar que los planes de mantenimiento que no se ejecutaron correspondientes al 13% de no efectividad, fueron asignados al servicio para las máquinas jumbo, por lo cual se procede a realizar un análisis para detectar a los equipos de operación que no fueron cubiertos por los mantenimientos (Véase Tabla 3. Análisis de equipos con mantenimiento no efectivo).

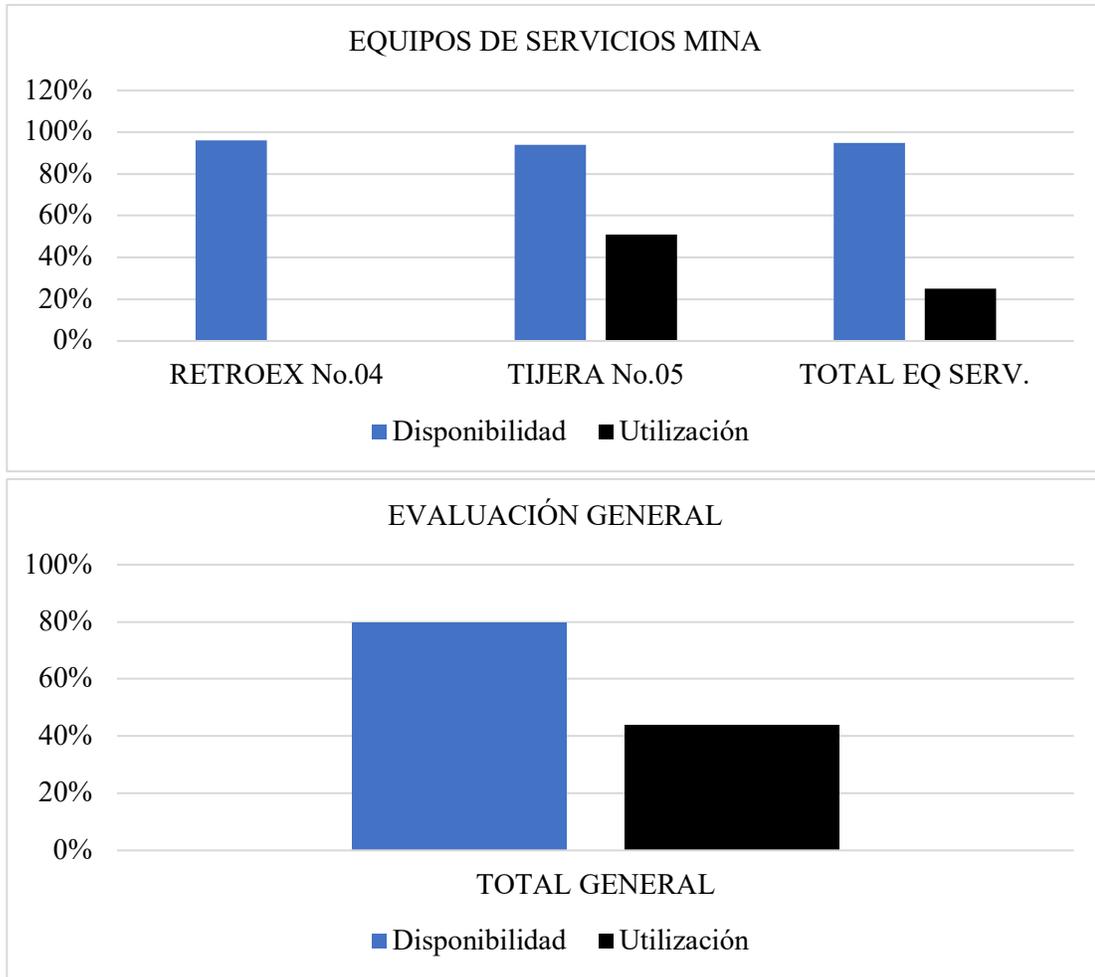
**Tabla 3.** Análisis de equipos con mantenimiento no efectivo

Equipo Mina	2do. Mantenimiento. Mes (febrero 2019)					HD: Cumplimiento HE: Cumplimiento	O T	Total, programados	Total, servicios efectivos	No. efectivos	OBSERVACIONES	HORAS TRABAJADAS
	HD: Próximo HE: Próximo	Tipo Mantenimiento	Programado	Cumplido	Fecha cumplimiento							
JUMBO No. 57 DIESEL							0	1	1			
JUMBO No. 57 ELECTRICO							0	1	1			
JUMBO No. 57 PERCUSION												
RETROEXCAV. No. 04	8918	750										
TIJERA No. 05	500	1000		1	30/01/2019	1567	1	2	1			

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, para mostrar de manera general el beneficio alcanzado a continuación se muestra la disponibilidad del equipo en base a la disposición y la utilización que estos tuvieron durante el periodo de tiempo en el cual se llevó a cabo el proyecto, en el Gráfico 2 se observa que la utilización fue mucho menor que la disponibilidad evidenciando una disponibilidad general del 80% y una utilización del 44% demostrando de manera concreta que los mantenimientos programados y realizados fueron exitosos (Véase Gráfico 2. Disponibilidad y utilización de la maquinaria).





**Gráfico 2.** Disponibilidad y utilización de la maquinaria. Fuente: Elaboración propia

### CONCLUSIONES

El Mantenimiento Preventivo Planificado no puede aplicarse por igual a todos los equipos pues depende de las condiciones de prevención de la falla que resulte tanto técnica como económicamente más viable para los resultados del proyecto. Si el costo de la prevención de la falla es mayor que el costo de la reparación es mejor dejar fallar el equipo y aplicar el mantenimiento correctivo, si el costo de prevención es inferior al de la reparación se deberá aplicar el mantenimiento preventivo y si no se cuenta con los medios para prevenir la falla se deben realizar inspecciones periódicas de mantenimiento predictivo, con ayuda o no de equipos de diagnóstico. El análisis de indicadores de disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y costo integrados a la eliminación sistemática de los problemas crónicos, la participación de todos los operarios a la gestión del mantenimiento, definirá la mejora continua de la gestión del mantenimiento y de sus resultados económicos finales, no obstante la inclusión en cada análisis de fiabilidad de otros indicadores de gestión, harán más profundo el conocimiento del diagnóstico del mantenimiento y más efectiva, la toma de decisiones para las distintas empresas que apliquen de manera correcta los roles de mantenimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco al ITSH por brindarnos la oportunidad y el tiempo para preparar este capítulo que en lo personal es muy grato compartir a todos los lectores de este libro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aula21. (2020). Aula21. Obtenido de Aula21: <https://www.cursosaula21.com/que-es-elmantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Cámac O, H.V. (2021). Estudio Técnico-Financiero de la Operación y Mantenimiento de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Pontificia Universidad Católica de Perú. Escuela de posgrado. Lima-Perú
- Espinoza G, C.F (2018). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Curahuasi. Universidad Tecnológica del Perú. Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica. Lima-Perú.
- Estupiñán, E y Cordero, O (2019). Uso de la metodología FMECA -RCM, para la optimización De la estrategia de mantenimiento en una planta de tostación de cobre. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.2019.17(2):21-30.
- Mancuso, M. (2014). Sistemas de información y control.
- Ortiz, D. (2019). Mantenimiento como valor agregado en plantas de beneficio. Palmas, 40 (Especial, Tomo II), 50-55. Aula21. (4 de 4 de 2020). Aula21. Obtenido de Aula21: <https://www.cursosaula21.com/que-es-elmantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Roberts, J. (2009). Mantenimiento Productivo Total, su Definición e Historia: Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce.

# INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

## INTRODUCTION TO THE APPLICATION OF INDUSTRIAL ELECTRICITY AND ELECTRONICS

JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ<sup>1</sup>

### RESUMEN

En este capítulo se presentan los resultados de una investigación realizada en el Instituto Tecnológico superior de Huauchinango sobre el diseño e implementación de un sistema electrónico de generación de haz de luz de bajo costo basado en diodos emisores de luz, así como algunos elementos pasivos de la electrónica para ser utilizado en pruebas de Ronchi. Como se sabe la prueba de Ronchi es uno de los métodos más simples para evaluar y medir aberraciones en sistemas ópticos. El objetivo de este trabajo es el de proponer un sistema electrónico que sirva como fuente de haz de luz para la realización de dicha prueba.

La principal motivación para desarrollar este trabajo es proveer a los estudiantes que realizan este tipo de pruebas, un dispositivo fácil de implementar con electrónica, portable y práctico que les permita realizar las pruebas optoelectrónicas con calidad y confiabilidad.

**Palabras clave:** Haz, Diodos, Electrónico, Ronchi, Aberraciones

### ABSTRACT

This chapter presents the results of a research conducted at the Huauchinango Higher Technological Institute on the design and implementation of a low-cost electronic light beam generation system based on light-emitting diodes as well as some passive elements of electronics to be used in Ronchi tests.

As is known, the Ronchi test is one of the simplest methods for evaluating and measuring aberrations in optical systems. The objective of this work is to propose an electronic system that serves as a light beam source for the realization of this test.

The main motivation to develop this work is to provide students who perform this type of tests, an easy to implement device with electronics, portable and practical that allows them to perform optoelectronic tests with quality and reliability.

**Keywords:** Beam, Diodes, Electronic, Ronchi, Aberrations

### INTRODUCCIÓN

Como sabemos la electrónica cuenta cada vez con mayor número de aplicaciones en las áreas de la industria y que su avance tecnológico es cada día sobresaliente. No es solo la electrónica de las calculadoras y los ordenadores, sino que su aplicación es cada día más general:

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. jantonio.md@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0002-6975-1676. CVU CONACYT 84581.

comunicaciones, robótica, biomedicina, optoelectrónica. Hoy en día es difícil no encontrar equipos electrónicos en la industria que sirvan como apoyo en la determinación de la calidad de los productos obtenidos en los procesos industriales.

El propósito de realizar este trabajo es para presentar como aplicación de la electrónica en el área industrial una alternativa de una fuente de haz de luz para las pruebas Ronchi que sea accesible, económica y confiable a los estudiantes de nivel medio superior y superior para la realización de sus prácticas de laboratorio en el área de física, electrónica y óptica.

En el capítulo se hace una revisión de la teoría, conceptos y fundamentos que apoyan este trabajo de investigación, las áreas principales que se ven involucradas son electrónica y óptica.

En la figura 1 se muestra el diagrama electrónico propuesto para la implementación de la fuente de haz de luz. El circuito se diseñó utilizando el software de simulación de nombre Live wire (Véase Figura 1. Diagrama electrónico fuente de haz de luz).

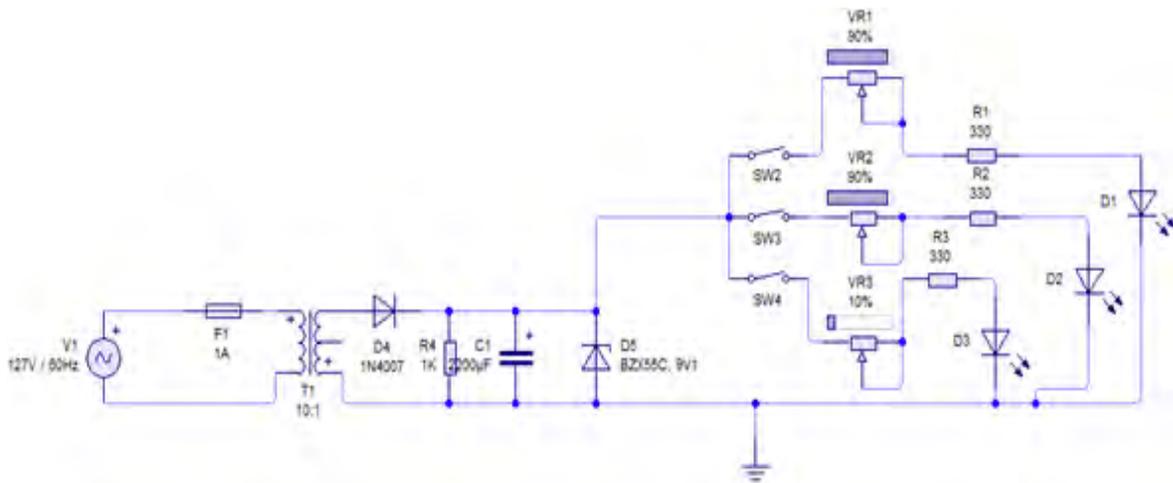


Figura 1. Diagrama electrónico fuente de haz de luz. Fuente: Elaboración propia

Esta fuente suministra un voltaje de corriente directa, lo cual evitará variaciones en la intensidad luminosa proveniente de los LED's.

El circuito está formado por un transformador de voltaje monofásico de tipo reductor, un bloque rectificador de media onda y un diodo regulador de voltaje. La intensidad luminosa emitida por los diodos emisores de luz se logra al variar la resistencia de los potenciómetros de 50 KΩ.

Debo mencionar que esta propuesta se generalizo a controlar el encendido y la intensidad de un LED RGB.

En el capítulo se muestran la propuesta del diagrama electrónico a implementar para la fuente de haz de luz utilizados en las pruebas Ronchi. De igual manera se muestran el diagrama esquemático, el diseño de la PCB, la tarjeta electrónica terminada y el dispositivo final en su gabinete.

En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático de este circuito electrónico utilizando el software de simulación Fritzing (Véase Figura 2. Diagrama esquemático para la fuente de haz de luz).

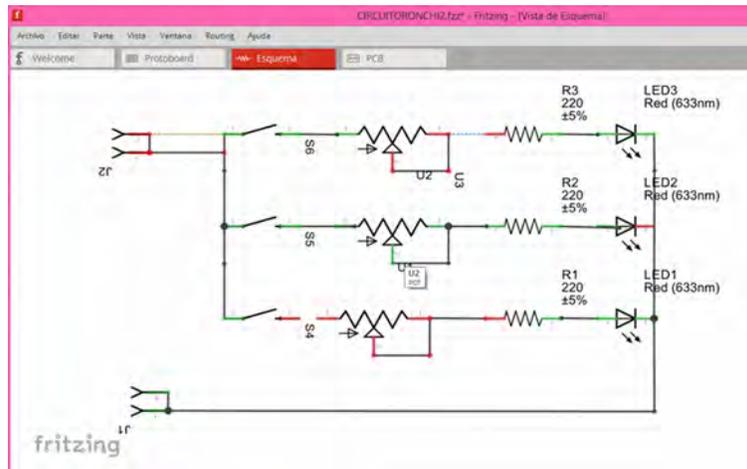


Figura 2. Diagrama esquemático para la fuente de haz de luz.

Fuente: Elaboración propia

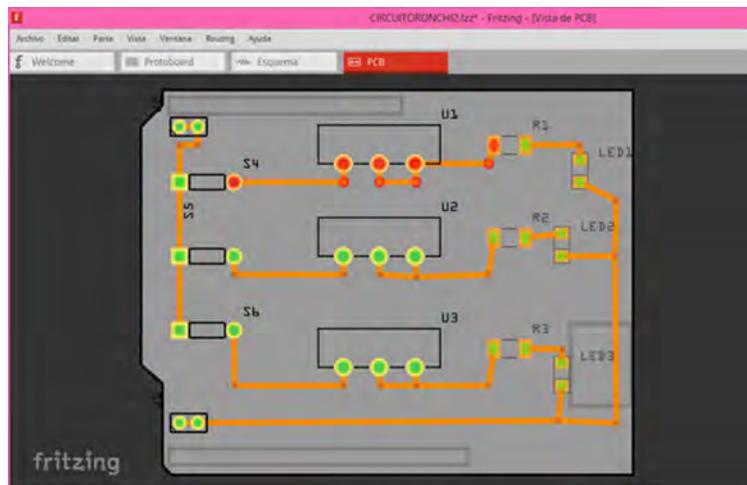


Figura 3. Diseño de PCB para la fuente de haz de luz.

Fuente: Elaboración propia

En el capítulo también presentamos algunos resultados parciales de los Ronchigramas obtenidos al hacer pasar este haz de luz proporcionado por la fuente a través de una rejilla óptica y al mismo tiempo se muestra el arreglo experimental utilizado en este experimento.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La realización de pruebas de calidad a superficies ópticas requiere de la implementación de un aparato experimental que en muchas ocasiones es difícil de tener en instituciones de educación medio superior y superior.

Entre los componentes de este aparato experimental mencionado, la fuente del haz de luz es quizás la más difícil de conseguir, por tal motivo es necesario proporcionar a los aprendientes una alternativa de circuito electrónico que sustituya la función de un diodo laser o un generador laser cuya adquisición representaría un mayor costo económico.

Por tal razón se propone la implementación y construcción de un circuito electrónico económico, portable y confiable que se desempeñe de manera aceptable en la realización de estas prácticas de los estudiantes y de esta manera lograr una aplicación de la electrónica en procesos industriales con calidad.

El objetivo de este proyecto es construir y poner al alcance de los estudiantes de nivel medio superior y superior un circuito electrónico que les sea útil en los laboratorios donde se analicen la calidad de superficies ópticas y en general en cualquier práctica donde requieran una fuente de haz de luz que les pueda proporcionar tres tipos de longitudes de onda.

Por otro lado, es también importante mencionar que por otro lado la implementación de este tipo de circuitos electrónicos les permite a los estudiantes desarrollar sus competencias al realizar desde la selección de los dispositivos electrónicos, pasando por el proceso de simulación del mismo circuito hasta llegar a la conclusión de soldar los componentes en una tarjeta PCB.

Debo mencionar que este proyecto se desarrolló al interior de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huachinango y que llevó un tiempo aproximado de 3 meses.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Al término de este capítulo el aprendiente tendrá la competencia de simular, implementar en protoboard y construir en PCB un sistema electrónico generador de un haz de luz para la realización de pruebas de calidad de superficies ópticas en procesos industriales.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Al término del capítulo el aprendiente tendrá la competencia de seleccionar los dispositivos electrónicos para la construcción de la fuente de haz de luz.
- Al término del capítulo el aprendiente tendrá la competencia de sugerir una propuesta de mejora para el bloque de rectificación de corriente alterna en el circuito de la fuente del haz de luz.
- Al término del capítulo el aprendiente tendrá la competencia de sugerir una propuesta de mejora para el bloque de regulación de voltaje de C.D en el circuito de la fuente del haz de luz.

#### **REFERENTE TEÓRICO**

##### **Ondas de Luz**

La luz puede ser considerada como una onda electromagnética transversal propagándose a través del espacio. Porque los campos eléctricos y magnéticos se asocian el uno al otro y se propagan juntos, es generalmente suficiente considerar el campo eléctrico en cualquier momento; este campo variable en el tiempo se puede tratar como un vector perpendicular a la dirección de propagación de la onda  $K$ . (Amura y Yatagai, 1990)

El trabajo de J. Clerk Maxwell y los desarrollos posteriores desde finales del siglo XIX pusieron de manifiesto que la luz tiene, con toda seguridad, naturaleza electromagnética. La

electrodinámica clásica, como veremos, conduce invariablemente a la idea de una transferencia continua de energía por medio de ondas electromagnéticas. En cambio, el punto de vista más moderno de la electrodinámica cuántica, describe las interacciones electromagnéticas y el transporte de energía en términos de partículas elementales sin masa llamados fotones (Hetch, 2000).

### **Prueba de Ronchi**

En el proceso de pulido es necesario verificar la calidad de las superficies que se estén manufacturando, por lo que existen diferentes técnicas para determinar la calidad de la superficie óptica que se esté haciendo, entre las que encontramos son pruebas interferométricas y pruebas geométricas. [3]

El físico italiano Ronchi en 1923 descubrió que cuando una rejilla era colocada cerca del centro de curvatura de un espejo, la imagen de la rejilla se superponía sobre ella misma, produciendo una clase de patrón el cuál llamo combinación de franjas. La forma de esta combinación de franjas depende de las aberraciones del espejo, por lo que él inmediatamente pensó en aplicar el fenómeno a la prueba de calidad de espejos (Ronchi, 1923).

### **Diodos emisores de luz (LED)**

Como su nombre lo indica, el diodo emisor de luz (LED) es un diodo que es capaz de emitir luz visible cuando se energiza. En cualquier unión pn con polarización directa existe, dentro de la estructura y principalmente cerca de la unión, una recombinación de huecos y electrones. Esta recombinación requiere que la energía poseída por el electrón libre sin enlace sea transferida hacia otro estado. En todas las uniones pn de semiconductores cierta cantidad de esta energía se desprenderá en forma de calor y otra en forma de fotones. En el caso del silicio y del germanio, el porcentaje mayor de energía que se desprende es en forma de calor y en una medida insignificante, se desprende luz emitida. En otros materiales, como el fosforo de arseniuro de galio (GaAsP) o el fosforo de Galio (GaP), el número de fotones de energía luminosa emitida es suficiente como para crear una fuente de luz altamente visible (Boylestad, 2003)

El inicio de los LED en el espectro visible se remonta al año 1962 cuando Holonyak y Bevacqua informó sobre la emisión de luz visible coherente de uniones de GaAsP en el primer volumen de Física aplicada. Aunque la emisión de luz coherente era solo observada a bajas temperaturas, los dispositivos trabajaron como LED y emiten luz visible incluso a temperatura ambiente. Este trabajo marcó el inicio de los LED de unión pn que emiten en el rango de longitudes de onda visibles.

En los diodos emisores de luz de estado sólido (LED), el suministro de electrones de mayor energía proviene de la polarización directa, inyectando así electrones en la región n (y huecos en la región p). Los huecos y electrones inyectados se recombinan con los portadores mayoritarios próximos en la unión. La radiación por recombinación es emitida en todas direcciones, observándose la mayor luz en la superficie superior porque el promedio de material entre la unión y esta superficie es mínimo. (La electroluminiscencia también ocurre en materiales de una pieza, o sin dopar, en condiciones de fuertes campos eléctricos, sin

embargo, una unión dopada tiene un rendimiento grande, lo que significa una generación en exceso de electrones y huecos a niveles de energía apropiados).

### **METODOLOGÍA**

Debo mencionar que la metodología utilizada en el desarrollo de este capítulo es prácticamente experimental y está fundamentada en los diversos cursos prácticos que he impartido en el aula y eventualmente como instructor. De esta manera he observado una relación directa entre la enseñanza y la industria lo que me permite hacer esta propuesta de trabajo al conocer las necesidades de la misma.

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES PARCIALES O TOTALES**

En este trabajo de investigación se estudió el principio de operación de una fuente de haz de luz y se propuso la construcción de la misma como parte constituyente de un arreglo experimental para la realización de pruebas de calidad en superficies ópticas.

Partimos del diseño de un diagrama electrónico donde se incluyeran los dispositivos electrónicos que permitieran los mejores resultados al momento de realizar la simulación del mismo.

Una vez realizada la simulación, al mismo tiempo se obtuvo el diagrama esquemático y el diagrama de PCB. Posteriormente el circuito electrónico se implementó en protoboard y se le realizaron algunas pruebas de mediciones electrónicas que nos permitieron tener la confiabilidad en el circuito.

Concluidas las pruebas en protoboard se soldaron los componentes electrónicos en la PCB y esta se colocó en un gabinete plástico para poder utilizarlo en las diferentes pruebas reales que se realizaron

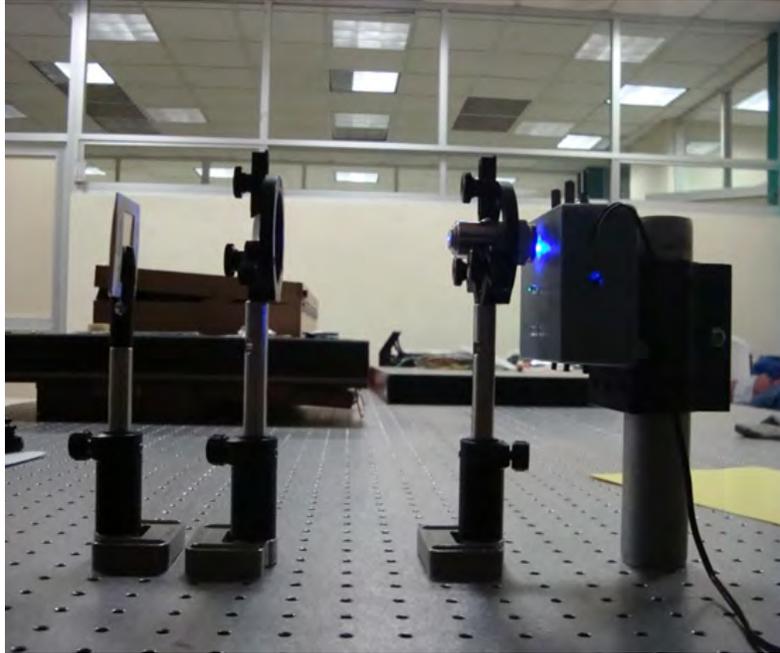
Como resultados de este trabajo menciono al menos una prueba realizada con la fuente de haz de luz las cuales incluyen un par de imágenes una del aparato experimental y otra del Ronchigrama obtenido al probar una superficie óptica

En la figura 4 se muestra el arreglo experimental implementado para realizar una de las pruebas donde se utilizó la fuente que se diseñó para determinar la calidad de las superficies y seleccione el color azul con una Intensidad máxima (Véase Figura 4. Arreglo experimental en prueba #1).

El sistema funciona de la siguiente manera, una rejilla óptica es colocada cerca del centro del foco de la superficie que se prueba, la imagen de la rejilla se superpone sobre ella misma, generando la combinación de franjas o también llamado Ronchigrama.

Se empleó una lente Biconvexa con una distancia focal  $f= 50.20$  mm de tal manera que  $2f = 100.40$  mm. Se utilizó una rejilla de 50 líneas.

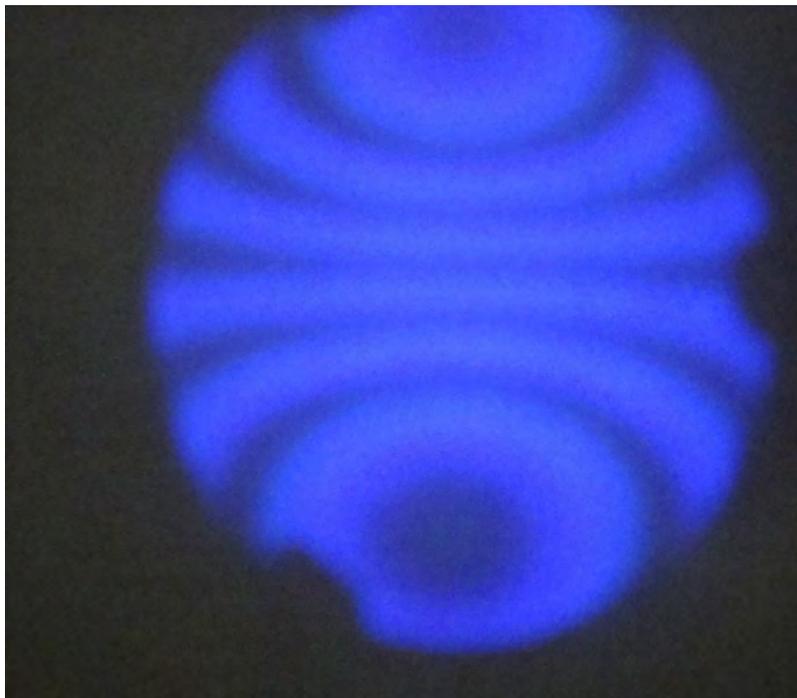
Posteriormente variamos la distancia focal a la cual colocamos la Lente Biconvexa y observamos que el número de franjas incrementaba.



**Figura 4.** Arreglo experimental en prueba #1.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra el Ronchigrama obtenido cuando el haz de luz azul atraviesa la superficie bajo prueba (Véase Figura 5. Ronchigrama obtenido en la prueba #1).



**Figura 5.** Ronchigrama obtenido en la prueba #1.

Fuente: Elaboración propia

Si se quisiera mejorar las características de la fuente de haz de luz, pudieran implementarse una modificación al circuito rectificador de corriente alterna utilizando un circuito rectificador de C.A de onda completa, para lo cual necesitaríamos dos o cuatro diodos.

De igual manera podemos realizar una variante en el circuito regulador de voltaje utilizando circuito regulador integrado en lugar de un diodo Zener.

Inclusive puede utilizarse un LED RGB en lugar de los tres diodos emisores de luz que emiten en las longitudes de onda del rojo, verde y azul. La eficiencia luminosa en un LED define la rentabilidad de conversión de potencia eléctrica en luz visible.

Estas posibilidades de mejora quedarán a criterio del estudiante, dejando claro que esto impactaría en el costo económico del circuito electrónico.

## **CONCLUSIONES**

Se ha explicado el principio de funcionamiento de un sistema electrónico generador de haz de luz y se ha logrado la construcción del mismo, lo cual nos permite tener un dispositivo capaz de sustituir un diodo laser o un generador laser, con la finalidad de utilizarlo en la realización de prácticas que determinen la calidad de superficies en procesos industriales.

Como lo detallamos en el desarrollo de este trabajo partimos del problema o la necesidad de tener a nuestro alcance una fuente de haz de luz para ser utilizada en prácticas realizadas por estudiantes de nivel medio superior o superior para determinar la calidad de superficies ópticas a través de pruebas cualitativas.

Hicimos una propuesta de circuito electrónico el cual se diseñó con dispositivos electrónicos económicos. De igual manera se realizó la simulación del circuito utilizando un software de nombre live wire. Paralelo a esto desarrollamos el diagrama esquemático y el diseño de la PCB utilizando un software conocido como fritzing.

Realizada la simulación se procedió a implementar en protoboard el circuito electrónico en el cual se realizaron algunas pruebas en la medición de señales eléctricas como intensidad de corriente eléctrica y voltaje.

Concluidas las pruebas en protoboard procedimos a soldar todos y cada uno de los elementos en la PCB y colocándola en un gabinete para un mejor manejo y una portabilidad efectiva.

Finalmente teniendo el circuito disponible se realizó el montaje experimental mostrado anteriormente y se realizaron pruebas a una superficie óptica para determinar la calidad de la misma, mostrando los resultados obtenidos y demostrando así que la electrónica tiene una aplicación real en los procesos industriales.

Es importante recalcar que como lo hemos mencionado se pueden realizar mejoras en el diseño y construcción del circuito, así como en el aparato experimental del cuál es parte este trabajo en la idea de que los resultados parciales o totales obtenidos tengan mayor confiabilidad como una medición cualitativa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por permitirme participar en este proyecto de redacción de capítulo de libro.

**BIBLIOGRAFÍA**

Amura, K. y Yatagai T. (1990). Appl. Opt.

Boylestad, N. (2003). Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos.

<http://www.optics.arizona.edu/jcwyant/Zernikes.htm>

Hetch, E. (2000). Óptica.

Ronchi, V. (1923). Le franje di Combinazioni Nello Studio delle Superficie e dei sistemi Ottici.

# SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE UNA CISTERNA

## CATCHMENT SISTEM OF WATER RAIN BY A CISTERN

JOSÉ MIGUEL AHUACATITLA PÉREZ<sup>1</sup>  
MONTZERRATH GUADALUPE HERNÁNDEZ ISLAS<sup>2</sup>  
ESMERALDA LUNA BARRERA<sup>3</sup>

### RESUMEN

En este capítulo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, en la que se propone el diseño de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia mediante una cisterna, como una alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, para el aseo de zonas comunes, limpieza de muebles, lavado de ropa etc.

Además del análisis de la viabilidad técnica y económica de dicho aprovechamiento en los hogares e instituciones donde se pueda implementar este proyecto en los municipios, localidades o juntas auxiliares donde se requiera.

Cabe mencionar que el aprovechamiento del agua de lluvia, es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente, ya que nos da una pauta para hacer el uso correcto de este recurso que es de suma importancia para una obtener una mejor calidad de vida.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de obtener más información sobre la escasez del agua en las diferentes zonas donde se presenta la escasez de este recurso, basándonos en una zona en particular que es la colonia 5 de octubre en el municipio de Huauchinango, para así poder proponer una estrategia para evitar la falta de agua, este pretende de igual forma reducir los elevados costos que se tiene en el hogar y a su vez en las instituciones a la hora de utilizar el agua potable.

**Palabras clave:** Agua de lluvia, Cisterna, Ambiental, Sustentable, Costos

### ABSTRACT

This chapter presents the results of an investigation carried out at the Higher Technological Institute of Huauchinango, in which the design of a rainwater harvesting system by means of a cistern is proposed, as an alternative for saving drinking water in uses such as flushing toilets, for cleaning common areas, cleaning furniture, washing clothes, etc.

---

<sup>1</sup> Docente de ingeniería industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Huauchinango. Huauchinango. Puebla josem.ap@huauchinango.tecnm.mx: ORC ID: 0000-0001-5336-8966 y CVU CONACYT ID:951466.

<sup>2</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla, g19310056@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g19310056@huauchinango.tecnm.mx

In addition to the analysis of the technical and economic viability of said use in homes and institutions where this project can be implemented in the municipalities, localities or auxiliary boards where required.

It is worth mentioning that the use of rainwater, it is an interesting practice, both environmentally and economically, since it gives us a guideline to make the correct use of this resource, which is of the utmost importance for obtaining a better quality of life.

The present work was carried out with the purpose of obtaining more information about the scarcity of water in the different areas where the scarcity of this resource occurs, based on a particular area that is the colony October 5 in the municipality of Huauchinango, in order to be able to propose a strategy to avoid the lack of water, it also aims to reduce the high costs that are in the home and in turn in the institutions when using drinking water.

**Keywords:** water rain, cistern, environmental, sustainable, costs.

## **INTRODUCCIÓN**

La vida en la tierra depende de pequeñas moléculas que forman una sustancia llamada agua y que es vital para las formas de vida conocidas por el hombre.

El agua es un solvente impresionante tanto de la materia orgánica como de la materia mineral, es la encargada de transportar y poner a disposición todos los elementos sólidos en solución, depositándolos por toda la tierra y océanos, permitiendo que las plantas, organismos y animales se desarrollen comenzando así el ciclo de la cadena alimenticia.

El hombre desde que se volvió sedentario ha creado técnicas de contención y distribución de este vital líquido para satisfacer sus necesidades básicas y ahora también industriales, pero no ha considerado que el ciclo del agua ha cambiado por fenómenos como el calentamiento global por eso cada día observamos lluvias más prolongadas y de mayor magnitud en zonas donde antes no sucedía, y lugares que eran ricos en agua ahora sufren sequías. El agua está siempre en movimiento y es ajena e indiferente a nuestras necesidades. Por eso las grandes ciudades día con día se ven obligados a idear formas de cómo solucionar la falta de este líquido.

A través de la historia, el hombre ha necesitado de un suministro adecuado de agua para su alimentación, seguridad y bienestar, es por ello que, en el proyecto presentado a continuación, se tiene pretende dar una solución concreta para evitar la escasez de agua.

El agua es una necesidad universal y es el principal factor limitante para la existencia de la vida humana.

El uso del agua es indispensable para la población en general, así mismo, es importante mencionar que durante años ha causado una crítica escasez de la misma, afectando extensas áreas y poblaciones, entre ellas la colonia 5 de octubre, ubicada en el municipio de Huauchinango. Sin embargo, a través del proyecto presentado se pretende captar del agua de lluvia, que trae como beneficios a la colonia ya antes mencionada el aseguramiento de abastecimiento de agua para uso doméstico y agrícola.

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de la lluvia para su uso benéfico. El agua captada de una de la lluvia y conducida a una cisterna puede aumentar significativamente el suministro de esta para el riego de huertos, bebederos de animales y abastecimiento de agua en el hogar para distintas actividades como, limpieza y consumó.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo se realizó con la finalidad de obtener información de la escasez de agua, y cómo evitar este suceso, por ello, se propone una estrategia para solucionar que los habitantes de las colonias del municipio de Huachinango ya no sufran de escasez de agua por lapsos indefinidos.

Para esto se propone un proyecto basado en la captación de agua de lluvia mediante una cisterna. La principal función que tendrá este proyecto es, como su nombre lo indica, captar o recaudar el agua de la lluvia para que posteriormente pase por un filtro, el cual ayuda a limpiar y filtrar las impurezas del agua, así como también a desinfectarla, haciendo que está ya pueda ser utilizada en casa o en instituciones.

El agua obtenida por este medio es posible utilizarla en actividades como riego, limpieza, lavado de ropa, baños, entre otras que suman hasta el 80% del consumo residencial, pero, además, si la conectas a un purificador de agua, también puede ser apta para el consumo humano.

Este sistema de recolección de agua es sustentable, en la medida en que no requiere energía eléctrica ni ningún tipo de combustible para operar. Esto lo hace muy amigable con el medio ambiente, además de que no representa un gasto extra por su uso.

La escasez de agua es un fenómeno natural, pero también un fenómeno inducido por los seres humanos. Aun cuando hay suficiente agua dulce en el planeta para satisfacer las necesidades de una población mundial de cerca de siete mil millones de personas, su distribución es desigual tanto en el tiempo como en el espacio, y mucha de ella es desperdiciada, contaminada y manejada de manera insostenible. (UNESCO, 2014).

No existe en el mundo escasez de agua como tal, en su lugar hay un número de regiones en el mundo que sufren escasez de agua, esto debido a que el uso de este recurso ha crecido más del doble en relación con la tasa de incremento poblacional en el último siglo. Cerca de una quinta parte (1,200 millones) de la población mundial de 6 mil millones de personas, habita en áreas que enfrentan escasez de agua, y otro cuarto de la población mundial (1,600 millones) enfrenta recortes en el suministro de agua debido a que carecen de la infraestructura necesaria para tomar agua de los ríos y acuíferos (ONU, 2015). La escasez de agua representa para muchos países el desafío más preocupante para el desarrollo socioeconómico y humano en general. El suministro de agua potable es fundamental para la salud, la industria y la agricultura. Según los datos del World Resources Institute (WRI) más de 1.000 millones de personas viven, en la actualidad, en regiones con escasez de agua y hasta 3.500 millones podrían sufrir escasez de agua en 2025. (ACNUR, 2019)

### **OBJETIVO GENERAL**

Abatir la escasez de agua en la región de Huauchinango, mediante un sistema de captación de agua de lluvia, generando un beneficio económico en los hogares de las familias de esta entidad en el periodo agosto – diciembre de 2022.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la problemática que hay en las colonias del municipio de Huauchinango enfocado a la escasez de agua.
- Concientizar sobre la importancia y el cuidado del agua.
- Conocer las diversas alternativas disponibles, para suministrar de forma adecuada el uso del agua.
- Adecuar un sistema de captación de agua de lluvia en los hogares.
- Analizar las temporadas de lluvia en la región de Huauchinango.
- Analizar la cantidad de agua mínima que se utiliza en los hogares diariamente.

### **REFERENTE TEÓRICO**

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia son tecnologías mediante las cuales se habilita un área de captación en las viviendas o instituciones con el fin de recolectar el agua de pluvial, para posteriormente conducirla a lugares en donde pueda almacenarse, como por ejemplo cisternas o tanques de almacenamiento, y posteriormente darle el tratamiento adecuado para uso y consumo humano, si así se requiere.

La mayoría de las técnicas de captación de lluvia tienen un origen empírico y han sido desarrolladas a lo largo del tiempo, a partir de las civilizaciones ancestrales de Meso y Sudamérica y de otras regiones del mundo. En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países (FAO, 2013). Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades.

Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua en la finca, para uso doméstico, animal o vegetal. Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia. (FAO, 2013)

Micro captación: Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos. Las técnicas de micro captación usan las propiedades hidrológicas de un área con pendiente, lisa, poco permeable y sin vegetación, para que genere escorrentía superficial, y las de otra área contigua y aguas abajo, con surcos, bordos, camellones u hoyos, para captar la escorrentía y abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados. También es denominada como captación in situ, por tratarse de un proceso de

captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, las técnicas de micro captación se destinan al suministro de agua para cultivos.

Macro captación: Consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macro captación interna) o apartadas del área de cultivo (macro captación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas (FAO, 2013). Las técnicas de macro captación son más complejas que las de micro captación. Incorporan como principio hidrológico la utilización de un área productora de escorrentía superficial (pendiente más elevada, suelo delgado, área rocosa, etc.), sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. Entre ambas debe haber estructuras de contención, de conducción de agua, como acequias, canales, zanjas, surcos o camellones. El agua captada puede también ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento, como estanques o embalses temporales, para diferentes finalidades. También se puede considerar como técnica de macro captación la derivación de fuentes de agua externas al área de cultivo, como torrentes, avenidas y cuencas, mediante bocatomas. La mayor parte de las macro captaciones se utilizan en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones sub húmedas (FAO, 2013).

- Las necesidades de las familias son prioritarias sobre cualquier otro uso y el agua de mejor calidad debe ser utilizada para este consumo.
- Las áreas de producción para consumo doméstico y de animales son prioritarias sobre las áreas de producción de cultivos comerciales, aunque una producción comercial bien orientada y lucrativa puede ayudar a sostener otras necesidades.

Antes de realizar actividades y construir obras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, es importante dar los siguientes pasos:

- Paso 1: conocer y cuantificar el ciclo hidrológico local y estudiar cuáles son las posibilidades o actividades que, si son desarrolladas, permiten mejorar el nivel de convivencia con sus características, principalmente sus fases críticas, aumentando los niveles de productividad y de calidad de vida. Es necesario poseer informaciones técnicas suficientes que puedan apoyar y enriquecer el conocimiento y la experiencia local.
- Paso 2: verificar el conocimiento y experiencia de los pobladores para establecer las posibilidades de mejoramiento y necesidades de cambios. Muchas alternativas tecnológicas buenas y sencillas en uso no tienen la debida divulgación o consideración técnica y son aplicadas de manera aislada.
- Paso 3: verificar las necesidades inmediatas y prioritarias de los pobladores para definir las finalidades de uso del agua: consumo doméstico, pecuario, agrícola, individual o colectivo. La adopción de una práctica se determina en respuesta a una necesidad sentida por la gente, considerando la factibilidad (económica o social) para su implementación.

- Paso 4: Establecer participativamente los objetivos y metas, claros y factibles, de corto, mediano y largo plazo, en función de definir las mejores técnicas de captación de agua de lluvia. Evitar las falsas expectativas (FAO, 2013).

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó una investigación de tipo descriptiva se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando. Esta metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación.

Su objetivo es describir la naturaleza de un segmento demográfico, sin centrarse en las razones por las que se produce un determinado fenómeno. Es decir, “describe” el tema de investigación, sin cubrir “por qué” ocurre.

### **Área de captación**

La captación consiste en una superficie impermeabilizada destinada para la recolección de agua de lluvia, por medio de canaletas o dispositivos que recolecten y entreguen el agua captada hasta el inicio de la tubería de conducción, debiendo contar con el área mínima que se determine del cálculo de la precipitación para garantizar la dotación mínima establecida. Se podrá aceptar como material del área de captación cualquiera de los siguientes elementos: - Cubiertas metálicas o plásticas. - Techos impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (CONAGUA, Lineamientos Técnicos: sistema de captación de agua de lluvia a nivel vivienda, 2022). Lámina corrugada Siempre y cuando garanticen que no exista liberación de elementos tóxicos cuando ocurra la degradación del material provocada por los rayos UV o por los elementos del medio ambiente. Se deberá evitar captar agua de techos de palma, lámina de cartón con cubierta de chapopote o láminas de asbesto-cemento. (CONAGUA, Lineamientos Técnicos: sistema de captación de agua de lluvia a nivel vivienda, 2022)

### **Dispositivos filtrantes de contaminantes**

Este dispositivo tendrá la finalidad de evitar el ingreso de agentes contaminantes al depósito o tanque de almacenamiento, podrá utilizarse una barrera física como un filtro graduado de acuerdo al plano tipo o proyecto específico que se haya diseñado, así también podrá optarse por la instalación de un sistema de recolección de primeras aguas. (CONAGUA, Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia sin fines de abasto de agua potable a nivel vivienda, 2016)

### **Sistema de conducción**

Una parte primordial de la entrega del agua al depósito, es que se debe garantizar que el nivel de los elementos para recoger las aguas pluviales ubicadas en la zona de captación, se encuentren al menos 0.40 m por encima de la clave superior del tubo de llegada al mismo. Se deberá analizar el gradiente hidráulico generado desde el punto de recolección del agua pluvial hasta el punto de entrada al tanque o depósito, de tal manera que de ser necesario se incremente el desnivel entre ambos puntos para garantizar un escurrimiento y una conducción óptima.

En caso de que en la captación no se pueda colocar la pantalla tipo malla para sólidos de mayor diámetro, se podrá ubicar en la conducción con un dispositivo equivalente separador de hojas y materiales similares, que evite el ingreso de sólidos arrastrados en la captación al interior del almacenamiento. (CONAGUA, Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia sin fines de abasto de agua potable a nivel vivienda, 2016)

#### **Tanque de almacenamiento o cisterna.**

El almacenamiento del agua de lluvia se realiza en tanques que deberán tener el volumen necesario para garantizar la dotación establecida, y deberán cumplir con las siguientes características:

- Impermeables, para evitar pérdidas por goteo o transpiración.
- Herméticos: para evitar contaminación, el ingreso de luz solar y la proliferación de insectos.
- Accesible y con abertura amplia para realizar la limpieza.
- Accesible para realizar reparaciones necesarias en el caso de tanques fabricados en sitio.

Los tanques propuestos en la instalación de los sistemas de captación de agua de lluvia, serán superficiales, con la finalidad de abatir costos originados por la excavación y el fácil proceso de inspección por parte del usuario con la finalidad de detectar fugas o desperfectos, y poder realizar las reparaciones adecuadas, ya que el volumen almacenado es finito y existe una dependencia total al agua que se tiene almacenada en la vivienda.

#### **Entrada para llenado y rebosadero.**

La llegada al depósito deberá ubicarse en la parte superior del mismo, y se deberá colocar una salida de desfogue mediante tubería de PVC, ABS, Polipropileno o Polietileno, que cuente al menos con el mismo diámetro nominal de la tubería de entrada.

#### **Salida del tanque para servicio y preparación para la toma domiciliaria**

La salida del tanque o depósito de almacenamiento para dar el servicio a la vivienda mediante la toma domiciliaria consistirá en un tubo de PVC, ABS, Polipropileno o Polietileno o Fierro Galvanizado, el cual contará en el extremo a la salida con una llave o válvula general de control, posterior a esta válvula se instalará la toma domiciliaria correspondiente, la salida de la cisterna o tanque, será de 1 pulgada hasta la válvula de control, hacia la toma será de ½ pulgadas. (CONAGUA, Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia sin fines de abasto de agua potable a nivel vivienda, 2016) (Véase Figura 1. Diseño de captación de agua de lluvia).

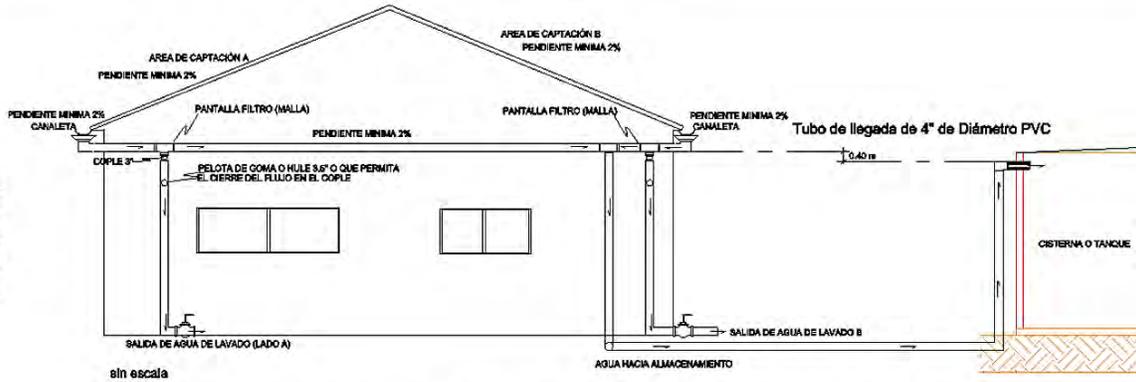


Figura 1. Diseño de captación de agua de lluvia. Fuente: CONAGUA (2016). Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda

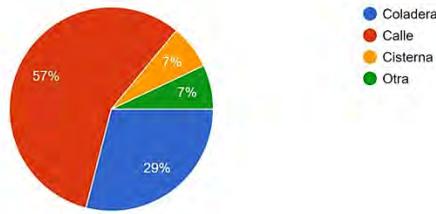
## RESULTADOS

Los resultados esperados como propuesta generará, beneficios tales como: ahorro económico para los hogares e instituciones educativas, que se encuentran situadas en la región de Huachinango donde se pretende desarrollar el proyecto, ya que de esta manera están economizando, puesto que dejarán de adquirir el agua a precios que afecten su economía, es muy importante destacar que los medios adquisitivos en esta zona son escasos, por lo que este proyecto, trae beneficios económicos y mejor calidad de vida en cuanto al suministro adecuado de agua.

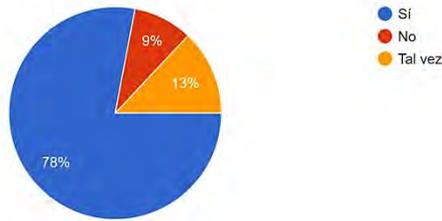
También es importante tener en cuenta que, el prototipo aplicado ayudará a tener una gran visualización de tener un sistema de captación en los hogares y con ello reducir la escasez de agua, con base en las encuestas se logró identificar que muchos de los hogares no cuentan con los equipos suficientes para la recolección de agua, además de que es muy costoso obtener algún artículo de estos.

La encuesta aplicada arrojó los siguientes resultados con base en el análisis de escasez de agua y la propuesta de implementar un sistema de captación de agua de lluvia en sus hogares, las respuestas se representan en gráficas de pastel para una mejor comprensión. Conforme a la herramienta aplicada se visualiza los siguientes resultados: La primera imagen nos muestra que un 57% de las personas encuestadas dejan caer el agua de lluvia a la calle y con ello el 78% de las personas encuestadas aceptaron implementar este sistema en sus hogares (Véase Figura 2. Gráficas de aprobación de un sistema de captación pluvial).

4.- La caída de agua de lluvia del techo de tu vivienda está conectada hacia:  
 100 respuestas



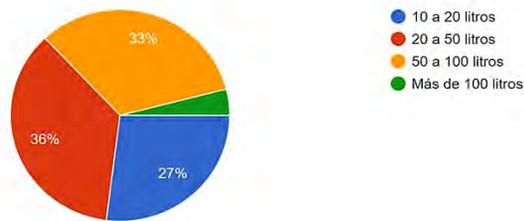
6.- ¿Instalarías un sistema de captación de agua de lluvia en tu hogar?  
 100 respuestas



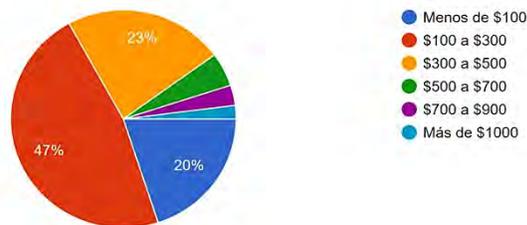
**Figura 2.** Gráficas de aprobación de un sistema de captación pluvial.  
 Fuente: Elaboración propia

Una de las preguntas importantes que se aplicaron en la encuesta es la del consumo diario de agua en litros por vivienda y la cuota aproximada que pagan por el servicio. De acuerdo a las respuestas obtenidas se verificó que sería una buena opción implementar el sistema de captación de agua de lluvia para el mejoramiento de los recursos económicos de las viviendas (Véase Figura 3. Gráficas de consumo de agua y gastos por el servicio).

8.- ¿Cuántos litros de agua consumen en tu hogar aproximadamente por Día?  
 100 respuestas



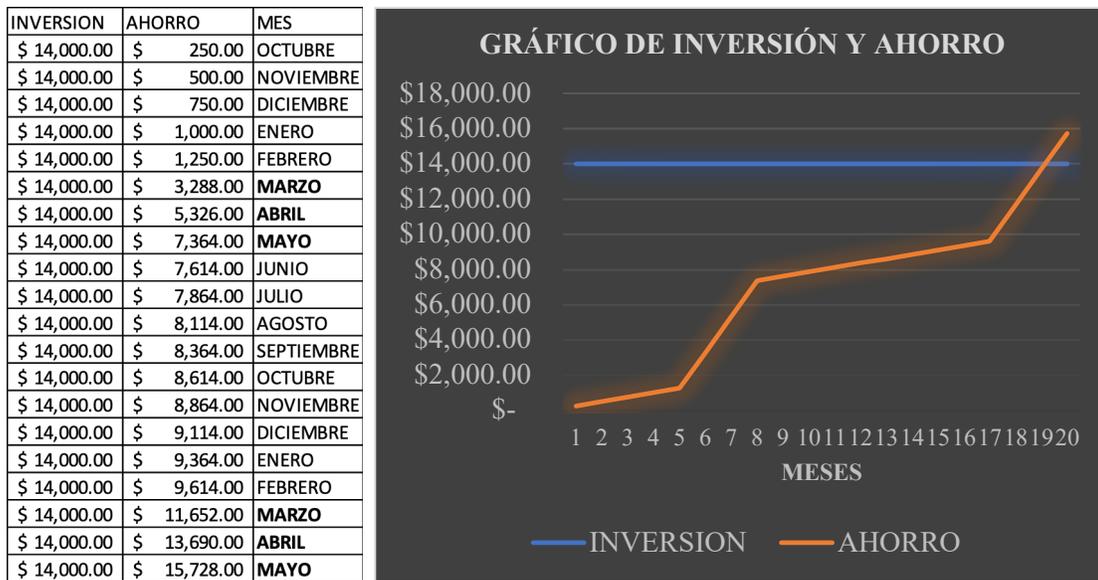
7.- ¿Que cantidad bimestral de tu ingreso destinas al servicio de agua potable?  
 100 respuestas



**Figura 3.** Gráficas de consumo de agua y gastos por el servicio.  
 Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo per cápita es de 100 litros de agua al día (de 5 a 6 cubetas grandes) para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. (Protegidas, 2019). Teniendo en cuenta los datos la OMS cada familia gasta alrededor de 14000 litros de agua por mes, en términos monetarios adquiriendo pipas en tiempos de sequía se ve reflejado el equivalente a \$2,038 según los datos extraídos de (PROFECO, 2021).

Al Implementar el sistema de captación de agua de lluvia se prevé un ahorro durante los meses de sequía que se presentan por año, la inversión que se hará para la implementación del sistema de captación será de \$14,000 se contempla que en 20 meses se recuperara la inversión, después el veinteavo mes se empezará a generar el ahorro para las familias que empleen este sistema, se contempla que para el mes 20 el ahorro será de aproximadamente \$15,728.00 (Véase Figura 4. Punto de equilibrio).



**Figura 4.** Punto de equilibrio. Fuente: Elaboración propia

**CONCLUSIONES**

Tener un sistema de captación de agua de lluvia en los hogares e instituciones sirve de mucho, ya que permite tener un ahorro económicamente hablando en las familias, y de esta manera se puede reducir la escasez de agua, reducir costos y por lo tanto quienes lo utilicen tendrán mayor accesibilidad a este líquido vital.

Se recomienda ser más cuidadoso y consciente con el uso del agua para poder disminuir la escasez de este, también utilizar de forma eficiente el sistema de captación para que ayude a disminuir la falta de este valioso recurso. Los resultados de esta investigación demuestran la necesidad del agua y de lo valioso que es, cuidarla e implementando alternativas para un mejor uso. Es indispensable que la sociedad se concientice sobre el impacto ambiental y económico que se puede obtener al no implementar mejoras en cuanto a este importante recurso.

La ausencia del vital líquido provocará infecciones, deshidratación y enfermedades para la población de la región de Huachinango y sus alrededores, para ello la implementación del sistema de captación de agua de lluvia como alternativa de solución ante cualquier situación que afecte a la salud humana.

### **AGRADECIMIENTOS**

La presente investigación es producto del trabajo en equipo de las alumnas de séptimo semestre, docentes y personal administrativo de la carrera de Ingeniería Industrial, que con dedicación y compromiso realizaron y desarrollaron el trabajo de campo para alcanzar los objetivos trazados y nuestro agradecimiento en especial al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango y la Academia de Ingeniería Industrial por hacer partícipe a las alumnas en tan importante acontecimiento como lo es, el presente proyecto denominado “Sistema de captación de agua de lluvia mediante una cisterna”, como referente en la materialización de los conocimientos adquiridos en el aula de clases.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- ACNUR, U. (2019). Escasez de agua. Obtenido de [https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundotc\\_alt45664n\\_o\\_pstn\\_o\\_pst/#:~:text=El%20suministro%20de%20agua%20potable,escasez%20de%20agua%20en%202025](https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundotc_alt45664n_o_pstn_o_pst/#:~:text=El%20suministro%20de%20agua%20potable,escasez%20de%20agua%20en%202025).
- Capdevila, C. D. (2020). El cambio climático y sus metáforas. Como dar sentido a las narrativas mediáticas sobre un riesgo difuso y global. Barcelona: Icaria.
- Cerrillo, A. (2020). Emergencia climática. Escenarios del calentamiento y sus efectos en España. España: De Vanguardia.
- CONAGUA. (2016). Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/lineamientos\\_captaci\\_n\\_pluvial.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/lineamientos_captaci_n_pluvial.pdf)
- CONAGUA. (enero de 2022). Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia a nivel vivienda. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693843/lineamientos\\_tecnicos\\_sistema\\_de\\_captaci\\_n\\_de\\_agua\\_de\\_lluvia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693843/lineamientos_tecnicos_sistema_de_captaci_n_de_agua_de_lluvia.pdf)
- FAO. (2013). Captación y Almacenamiento de agua de lluvia. Santiago, Chile.
- Malm, A. (2020). Capital fósil. El auge del vapor y las raíces del calentamiento global. Nueva York: Capital Swing.
- Miguel, J. (2011). Aguas pluviales. México: Porrúa.
- ONU. (2015). La escasez de agua. Obtenido de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

- Pajares, M. (2020). Refugiados climáticos, un reto del siglo XXI. México: Rayo verde.
- PROFECO. (2021). PROFECO. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.profeco.gob.mx/precios/canasta/pipas/2021/QQPPIPAS\\_0510221.pdf&ved=2ahUKEwjoh6ephur6AhXWLUQIHQ2tAK4QFnoECAgQBg&usg=AOvVaw3KWsYtm1qbY72brTIYZ3qK](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.profeco.gob.mx/precios/canasta/pipas/2021/QQPPIPAS_0510221.pdf&ved=2ahUKEwjoh6ephur6AhXWLUQIHQ2tAK4QFnoECAgQBg&usg=AOvVaw3KWsYtm1qbY72brTIYZ3qK)
- Protegidas, C. N. (2019). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20Organizasi%C3%B3n,d%20consumo%20como%de%20higiene>
- Ros, P. R. (2020). Argonauta. Ras Pabook.
- UNESCO. (2014). Abordar la escasez y la calidad del agua. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad#:~:text=Aun%20cuando%20hay%20suficiente%20agua,y%20manejada%20de%20manera%20insostenible.>

## **IMPORTANCIA DE LA ÉTICA DEL DOCENTE EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL ESTUDIANTE EN ING. INDUSTRIAL AL EJERCER SU PROFESIÓN CON PROYECTOS DE IMPACTO SOCIAL MEDIANTE LA METODOLOGÍA (ABP)**

### **IMPORTANCE OF THE ETHICS OF THE TEACHER IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF THE STUDENT IN ING. INDUSTRIAL WHEN EXERCISING THEIR PROFESSION WITH SOCIAL IMPACT PROJECTS THROUGH THE METHODOLOGY (ABP)**

NANCY MARLEM RODRÍGUEZ BATALLA<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

En el presente capítulo se abordan referentes teóricos que permiten conocer la perspectiva de las acciones del comportamiento ético del docente en la formación profesional del estudiante, al momento de formarlo para su vida laboral así mismo nos muestra la responsabilidad social y ética de la ingeniería frente a la sociedad, cuyo propósito es la realización de proyectos de impacto social en beneficio de la comunidad promoviendo la participación de estudiantes que conllevan al compromiso del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango (ITSH) de formar ingenieros con un alto grado de comportamiento ético que permitan buscar soluciones de ingeniería con base en la aplicación de las metodologías de formación como (ABP) con proyectos de investigación que permiten participar en el desarrollo para cubrir necesidades de la sociedad.

**Palabras clave:** Ética Profesional, Responsabilidad social, ABP

#### **ABSTRACT**

In this chapter, theoretical references are addressed that allow knowing the perspective of the actions of the ethical behavior of the teacher in the professional training of the student, at the moment of training him for his working life, as well as showing us the social and ethical responsibility of engineering against society, whose purpose is to carry out social impact projects for the benefit of the community, promoting the participation of students that lead to the commitment of the Higher Technological Institute of Huauchinango (ITSH) to train engineers with a high degree of ethical behavior that allow finding solutions based on the application of training methodologies such as (ABP) with research projects that allow participation in development to meet the needs of society.

**Keywords:** Professional Ethics, Social Responsibility, ABP

---

<sup>1</sup> Docente en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango Puebla. Huauchinango. Puebla. nancy.rb@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0002-3736-2131. CVU CONACYT 948259.

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación se refiere a Fundamentar la importancia del comportamiento ético de los docentes en la formación de estudiantes en el área de ingeniería industrial, mediante el compromiso que este establece al ser parte de un organismo (ITSH) que trabaja con responsabilidad social generando beneficios a la sociedad. Tal y como lo menciona Cansino y Morales (2008) citado a Mc Williams Siegel y Wright, la responsabilidad social empresarial se define como: “Situaciones donde la empresa se compromete y cumple acciones que favorecen el bien social, más allá de los intereses de la empresa y por sobre lo que se espera como cumplimiento de la ley”, partiendo de esa definición podemos decir que identifica a la implementación de la responsabilidad social en un comportamiento que no se limita cumpliendo las leyes, sino que trasciende en su actuar de esta manera y como consecuencia los ingenieros industriales tienen el componente de responsabilidad social que contribuye a solucionar problemas de la sociedad a partir del conocimiento y del compromiso ético que se genera.

Por lo que la ética es el ideal de la conducta humana, orientando sobre lo que es bueno y correcto, esta se consolida cuando se internalizan las normas sin que exista presión exógena para el cumplimiento. La ética profesional se gesta desde su formación, por ello el docente debe actuar en esta etapa de forma correcta y para realizar esta labor tiene que conocer de ética y de cómo debe ser su comportamiento como docente Angulo y Acuña (2005).

Por lo que profundizar sobre la indagación teórica del comportamiento ético profesional del docente en su labor de enseñanza – aprendizaje es de vital importancia e interés académico determinarlo, así mismo determinar que la metodología empleada para el desarrollo de la investigación en este proceso es la utilización del ABP aprendizaje basada en proyectos donde se comprobara que el conocimiento obtenido mediante este proceso empleado generara el impacto social y el aprendizaje significativo en el alumno.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Actualmente las instituciones Educativas de nivel superior son organismos que tienen la función de aportar al sector laboral egresados con competencias genéricas y disciplinarias que les permitan desarrollarse adecuadamente al ámbito profesional una vez egresado de la carrera, más sin embargo las empresas e instituciones deben atender los problemas sociales que se han incrementado a lo largo de los años como la pobreza extrema, la contaminación, la escasez de agua, así como nos muestra la estadística de Coneval sobre el indicador de vulnerable por carencias sociales teniendo para el 2016 un porcentaje de 25.3%, del 2018 un porcentaje de 26.4% y para el 2020 un porcentaje de 23.7%, esto nos permite identificar que las necesidades son aún mayores y atendiendo a los objetivos que se pretenden establecer en una sociedad como lo es mejorar la calidad de vida de las personas, así como de los demás seres vivos que habitan en un tiempo y lugar determinado.

Por consiguiente, tanto la globalización, la competencia, la tecnología, la responsabilidad social el conocimiento y los activos intangibles demandan a las empresas serias modificaciones en sus estructuras y estrategias (Viteri y Arce, 2007).

Debido a esto es de relevancia considerar que las instituciones de nivel superior deban atender y se preocupen por los problemas bajo un nuevo concepto como la Responsabilidad social aplicada a sus miembros que la componen como docentes y alumnos donde se les deben incorporar conocimientos relacionados con su disciplina profesional, valores sociales y éticos para aplicarlos en el ejercicio de su profesión en beneficio de la sociedad atendiendo a la diversidad de problemas que se presentan y que pueden ser de índole económica, social, ambiental. Por lo anterior es pertinente que los docentes adquieran el compromiso profesional ético, así como considerar la responsabilidad social que adquiere la Educación superior (ITSH) para poder establecer estrategias de enseñanza – aprendizaje que permitan al estudiante de ingeniería a conducirse con base en una formación con compromiso ético y de responsabilidad. Por lo tanto, aplicar el Aprendizaje Basado en proyectos que es de acuerdo a Trujillo (2016) “una metodología basada en la elaboración de proyectos relacionados con la vida real que permite a los alumnos adquirir conocimientos y competencias claves del XXI” por lo que el papel del estudiante tiene con el objetivo de realizar proyectos que permitan tener un impacto social en beneficios de las comunidades atendiendo a lo que se espera lograr dentro de una institución educativa de Nivel Superior.

Por lo tanto, es transcendental determinar la importancia de la ética profesional con que debe conducirse el docente en la formación de los estudiantes a efecto de aplicar la metodología ABP para obtener resultados satisfactorios que permitan lograr el desarrollo y mejoramiento de sus capacidades en el área de la ingeniería.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Fundamentar la importancia de la Ética en la formación profesional del estudiante en Ing. Industrial por parte del docente para al ejercer su profesión con base en la Responsabilidad social para promover el desarrollo social a través de la aplicación de la Metodología ABP que permita incentivar el valor de la conducta en proyectos de impacto social.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conceptualizar los términos de ética, ética profesional y responsabilidad social con el propósito de vincular la relación existente entre el profesor y el alumno.
- Implementar la Metodología ABP en los alumnos del ITSH con proyectos de impacto social para establecer el compromiso de responsabilidad social.
- Analizar y concluir la importancia de la ética profesional como parte de la responsabilidad social.

#### **REFERENTE TEÓRICO**

La conceptualización de diversos referentes teóricos podemos decir que la Ética viene del vocablo ethos que significa costumbre, habito, que en latín la palabra costumbre se designa con el término mos, moris el cual también se traduce como moral.

La ética de las profesiones es, por consiguiente, una ética particular o regional y por lo mismo, una disciplina filosofía con un doble contenido: por una parte, aplicar a la actividad profesional los criterios y principios aportados por la ética básica y universal y por otra aportar criterios o principios específicos puestos de manifiesto en el trasfondo y marco de los anteriores con el objetivo último de proporcionar a las personas los instrumentos que precisan para estructurar un proceder ético habitual en el mundo del ejercicio profesional (Cobo, 2001) En la Ética profesional, de acuerdo con Beauchamp y Childress (2001), están implícitos cuatro principios: Beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia

### **Principio de Beneficencia**

La palabra beneficencia está compuesta de dos vocablos de origen latino, bene y facere, que podrían traducirse como hacer el bien. Hace referencia a la consecución de determinados bienes específicos de la práctica profesional correspondiente (Bermejo, 2002: 75). Este principio implica todas las formas de acción profesional que buscan beneficiar a otras personas. Cada profesión se plantea y legitima frente a los demás la consecución de ciertos bienes y servicios. Los individuos deben conocerlos y buscar su cumplimiento, tanto con respecto a los usuarios que reclaman un trabajo bien hecho como de la sociedad en su conjunto, que pretende resolver problemas prioritarios con su contribución (Bermejo, 2002). Considerando lo anterior el Dr. Hortal retoma los principios de éticos en relación a la docencia, así mismo respecto al principio de beneficencia, considera que: El bien intrínseco (lo que legitima y da sentido a la actividad profesional) de la práctica de la docencia es que los alumnos aprendan. Por lo que el ejercicio éticamente responsable lleva ciertos deberes y responsabilidades, Enseñar presupone saber, haber aprendido lo que se enseña y estar al día en la materia que se enseña (Hortal, 2000).

### **Principio de No Maleficencia**

Dentro de este principio podemos decir que es aplicado a la medicina principalmente y el ético de la investigación científica, sin embargo, se considera relevante en el marco de todas las profesiones incluida la del docente.

La protección contra el daño tiene al menos 2 vertientes (David y Sutton, 2011):

- 1.- El daño físico, en este caso menciona que el sujeto de la investigación no debe estar expuestos a daño físico, sino que deben estar beneficiados.
- 2.- Daño Emocional y legal, se encuentra los daños a la propia estima del sujeto investigado si se plantean temas problemáticos.

### **Principio de Autonomía**

La palabra autonomía procede del griego: autos (sí mismo) y nomos (ley) y hace referencia a la capacidad que tiene cada cual da darse a sí mismo sus propias normas procurando construir la propia vida a partir de ellas. (Beauchamp y Chidress, 2001).

- Autonomía del profesional se refiere a la capacidad personal de tomar decisiones en el ejercicio la profesión tiene que ver con estar libre de interferencias de control por parte de otros y de contar con entendimiento adecuado para tomar decisiones significativas.

- Autonomía del beneficiario en este caso el Dr. Augusto Hortal en relación con la docencia, considera que hay una evidente falta de simetría en la relación entre el profesor y el alumno: uno sabe y el otro ignora, uno enseña y el otro aprende. Cuando esa inicial falta de simetría se fomenta y pretende mantener en forma de dependencia permanente, se cae en el paternalismo. Hay que tender a hacerla disminuir en lo posible. Esa falta de simetría se traduce en una relación de dependencia que conviene no prolongar más allá de lo debido y tratando de evitar cualquier abuso del poder.

### **Principio de Justicia**

En este marco de competencias en el que se desarrolla la labor de los maestros y profesores en aquello que le compete. Por lo que los primeros deberes de justicia consisten en que cada uno cumpla con su deber, es decir, con lo que se le ha encomendado, lo que se espera que haga al encomendarle la plaza o el puesto en el que ejerce la docencia.

De acuerdo a Chiavenato (2007) la responsabilidad social es como “La obligación general que una organización asume de tomar acciones que protegen y mejoran el bienestar de la sociedad y los intereses organizacionales específicamente”.

Barrows (1986) define al (ABP) El Aprendizaje Basado en Proyectos como “Un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos”. Por lo consiguiente es una Estrategia de enseñanza-aprendizaje que se inicia con un problema real en la que unos equipos de estudiantes se reúnen para buscar solución, este modelo busca establecer una metodología orientada a promover el desarrollo intelectual, científico, cultural y social del estudiante, por lo que favorecen al estudiante en aprender a aprender, permitiendo tomar conciencia Meta cognitiva.

Por esta razón la condición fundamental para la utilización del ABP se relaciona con la forma en que se construyen las experiencias problema, con una situación de la vida real. Así mismo descubrimiento propuesto por (Bruner 1959) es centrado en el estudiante que tiene sus bases en el constructivismo.

### **METODOLOGÍA**

En el presente trabajo se utilizó el enfoque cualitativo con el método descriptivo para lograr comprender los problemas relativos con los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esto es basado en la exploración desde la perspectiva de los participantes, docentes alumnos que integran la carrera de ingeniera industrial que cuenta con 404 alumnos y una planta docente de 24 docentes, de los cuales se tomó una muestra aleatoriamente del grupo G3MIND04 en el cual se llevó a cabo el estudio, con una cantidad de 25 alumnos y 6 docentes.

Se consideró el proceso metodológico del ABP en el grupo que experimento dicho método a través de dichas Fases e indicadores donde en cada una se establecieron principios éticos a implementar para el desarrollo de la misma (Véase Tabla 1. Proceso metodológico del ABP).

**Tabla 1.** Proceso metodológico del ABP

Principios éticos	Fase	Indicadores
Principio de beneficencia Principio de autonomía Principio de justicia	1 Establecer el contexto con base en la Metodología ABP	1.- Se presenta el contexto de ABP. 2.- El contexto se relaciona con los objetivos de aprendizaje. 3.- El contexto despierta el interés por los contenidos a revisar. 4.- El contexto o se presenta como algo real en beneficio de la sociedad. 5.- Cambia el énfasis del proceso enseñanza-aprendizaje que el tradicional.
Principio de beneficencia Principio de justicia Principio de Autonomía	2 Identificación de necesidades de aprendizaje	6.- Análisis del contexto planteado. 7.- Identificación de temas en relación al contexto considerando la realidad. 8.- Reparto de tareas de información en base al objetivo 9.- Búsqueda de información libros, revistas, etc. 10.- Distribución del trabajo en forma equitativa.
Principio de autonomía Principio de No Maleficencia Principio de justicia	3 Resolución del problema	11.- Fases de trabajo individual y grupal. 12.- Análisis y discusión de los resultados de investigación en equipos. 13.- Resolución del problema. 14.- Difusión de la solución propuesta al problema.

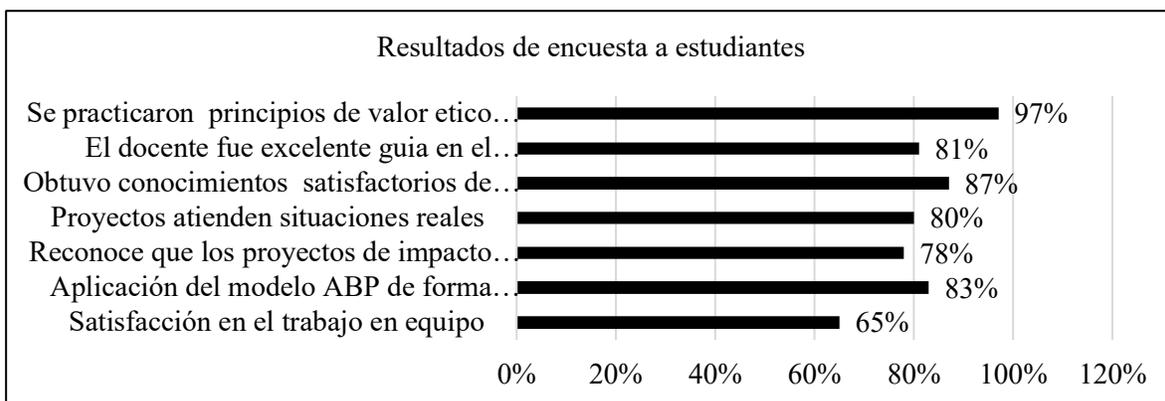
Fuente: Elaboración propia

Morales y Landa (2004) resaltan que no existe una receta unidad para diseñar el ABP, sin embargo, la mayoría de autores coincide en que deberán seguirse una seria de pasos básicos que puedan sufrir variaciones, esto depende del número de alumnos, el tiempo, los objetivos que se desean alcanzar, la bibliografía, disponible y los recursos de cada profesor y entidad educativa.

Se aplicó la entrevista a los alumnos para conocer su opinión respecto a la experiencia vivida a partir de conocer la metodología en relación a proyectos realizados con impacto social los resultados se muestran en el siguiente apartado.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.**

Dentro de los resultados de la investigación encontramos:



**Gráfico 1.** Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes que realizaron los proyectos con los docentes mediante la Metodología ABP. Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la gráfica (Gráfico 1. Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes que realizaron los proyectos con los docentes mediante la Metodología ABP) se obtuvieron los siguientes resultados como se muestran en la Tabla 2 de estos muestran estar satisfechos al aplicar la metodología en un 83% así mismo reconocen su impacto y relevancia al aplicarla en un 78%. Por lo que podemos notar que el procedimiento causa en los alumnos progresos significativos en su aprendizaje manifestándolo de esta manera la aplicación y relevancia en la vida real con beneficio a personas vulnerables.

**Tabla 2.** Nivel de satisfacción de la metodología

Satisfacción en el trabajo en equipo	65%
Aplicación del modelo ABP de forma satisfactoria	83%
Reconoce que los proyectos de impacto social son importantes y relevantes para su aprendizaje	78%
Proyectos atienden situaciones reales	80%
Obtuvo conocimientos satisfactorios de los temas	87%
El docente fue excelente guía en el modelo ABP	81%
Se practicaron principios de valor ético en la elaboración del proyecto	97%

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que los proyectos con impacto social dentro del contexto de su región o comunidad que se generan con el docente son parte del proceso enseñanza – aprendizaje que se establece en el aula con las materias que considera en el programa de estudios (Véase Tabla 3. Fases para preparación de proyectos), así mismo se genera la transversalidad para enriquecerlo y posteriormente llevarlos a participar o a ser parte de participación de alguna convocatoria hacia la publicación en libros y revistas (Véase Figura 1. Proyectos con impacto social 2021).

**Tabla 3.** Fases para preparación de proyectos

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Participación en un congreso o artículo de investigación
Preparación del proyecto	Identificación de necesidades	Resolución del problema	del de investigación
Aplicación de la metodología ABP en el desarrollo del proyecto de impacto social, con el docente de la materia.	Aplicación de la metodología ABP en el desarrollo del proyecto de impacto social, con el docente de la materia utilizando la transversalidad con distintas especialidades.	Aplicación real del alumno, siendo guía los docentes involucrados en el proyecto.	Realización de algún artículo de investigación sustentado en la aplicación del mismo.

Fuente: Elaboración propia

Nombre	Entregable	Docente responsable	Participación en convocatorias	Alumnos participantes
Seguridad y salud ocupacional para mejorar el ambiente laboral de PRM S.A. de C.V.	Artículo de Divulgación Revista LASIRC de Divulgación Científica ISSN: 2711-1814	Arturo Santos Osorio Rosalia Bones Martínez Yasmín Soto Leyva	IV Congreso Internacional de Investigadores 2021 "Ciencia y Tecnología en Red"	Julissa Barranco Santos Delia Lezama Vargas
Evaluación de la inteligencia emocional y habilidades sociales en los docentes ITSH en tiempo de pandemia COVID-19.	Artículo de Divulgación Revista LASIRC de Divulgación Científica ISSN: 2711-1814	Nancy Marlen Rodríguez Batalla Lizzett Rivera Islas Julio Cesar Mtz. Hernández	IV Congreso Internacional de Investigadores 2021 "Ciencia y Tecnología en Red"	Edjair Celais Garrido
Emociones negativas y su impacto en la educación a distancia debido a la contingencia sanitaria por el Covid-19.	Artículo de Divulgación Revista LASIRC de Divulgación Científica ISSN: 2711-1814	Nancy Marlen Rodríguez Batalla Julio C. Martínez Hernández Lizzett Rivera Islas	"V Congreso Internacional de Investigadores 2021 "Ciencia + Tecnología en Red"	Jessica Margarita Domínguez Doroteo
Análisis de Inclusión Laboral Para personas con discapacidad en Huachinango Pue.	Artículo Indizado de Revista Divulgación Científica ECORFAN ISSN: 2007-3682	Carmen J. Sampayo Rodríguez. Gregorio Castillo Quiroz Jacinto Torres Jiménez	CIERMMI Congreso Internacional Interdisciplinario de Energías Renovables, Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática, 3/MAR/21	Alejandra Ortega Espinosa
Evaluación de la biomecánica mandibular y propuesta de mecanismos para animatrónico para preservación del Náhuatl.	Artículo Indizado JOURNAL CIM ISSN: 2007-8102	Dorian Rojas Balbuena Omar M. Fernández Cruz	CIM 2021 Coloquio de Investigación Multidisciplinario	Luis Enrique Melo Muñoz Flavio de la Cerda Villaseñor * Edgar Aguilera Rodríguez *

**Figura 1.** Proyectos con impacto social 2021. Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

Basándonos en lo anteriormente descrito, podemos concluir que la importancia de realizar proyectos de impacto social genera en el estudiante capacidades de trabajo en equipo, desarrollo de habilidades y destrezas que permiten tener contacto directamente con el problema a resolver por lo que su capacidad reflexiva y de análisis se hace notar con mayor fluidez. Así mismo podemos percatarnos que el docente al establecer una metodología aplicada a la enseñanza- aprendizaje como ABP permite al estudiante desarrollar sus

capacidades en distintas asignaturas, ramas del conocimiento debido a esto al utilizar la transversalidad (incluir distintas asignaturas, docentes con diferentes especialidades) hacen que el proyecto obtenga mayor impacto social que a su vez permite desarrollar la responsabilidad social en todos sus miembros que lo conforman tomando decisiones que fomenten acciones de mejora. Considerando los resultados podemos hacer notar que los docentes son la pieza fundamental para que el alumno mejore sus procedimientos y que al aplicar la metodología los cambios en los alumnos son de más del 81% de mejora, ya que se observa en el gráfico 1 como los alumnos expresan su experiencia al realizar proyectos con la metodología aplicada a sí mismo como base a la Figura 1 podemos notar que los estudiantes concluyeron los proyectos hasta participar en artículos de investigación con convocatorias de revistas nacionales e internacionales viendo reflejado su trabajo con un aprendizaje significativo y por lo consiguiente aplicando los principios éticos de autonomía, de justicia, de beneficencia y no maleficencia en todas las fases del proceso del mismo. Cabe resaltar la importancia y pertinencia de la investigación para concluir que los proyectos de impacto social deben generarse en los organismos e instituciones para seguir generando la responsabilidad social y compromiso ético en los estudiantes de ingeniería, así como en los docentes al momento de formarlos con una estrategia Metodológica como el ABP que permita desarrollar sus capacidades de ingeniería y desarrollo humano para obtener un aprendizaje significativo en el estudiante.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al ITSH por la facilidad para proporcionar información relevante a la investigación.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Casino, J. y Morales, M (2008). Responsabilidad Social Empresarial. Santiago: Departamento Control de gestión y Sistemas de información de Facultad de Economía y negocios de la Universidad de Chile.
- Angulo y Acuña (2005). Ética del docente. *Revista Educación en Valores*. Año/ Vol. 1/ N 3. Valencia, España: Universidad de Carabobo.
- Beauchamp, T. y Childress, J. (2001). Principles of biomedical ethics (5a. edición). Nueva York: Oxford University Press.
- Barrows, H. (1996). Problem Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. *New Directions for Teaching and Learning*.
- Viteri, M.L. y Arce, A.M. (2007). Efectos de la globalización en el sistema alimentario argentino: formas de análisis. In Teorías y formas de análisis de las relaciones entre globalidad y localidad en América Latina (1982-2005).
- Trujillo, F. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos. Infantil, Primaria y Secundaria. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
- Cobo S, J.M. (2001). Ética Profesional en Ciencias Humanas y Sociales. Madrid: Huerga y Fierro. [RECENSIÓN]. Estudios sobre Educación.

- Beauchamp, T. y Childress, J. (2001). *Principles of Biomedical Ethics* (5.<sup>a</sup> ed.). Nueva York, Oxford University Press.
- Bermejo, F. (2002). *La ética del trabajo social*. Bilbao, España, Desclée De Brouwer, S.A.
- Hortal, A. (2000) “Docencia” en A. Cortina y J. Conill (eds.) *10 palabras clave en ética de las profesiones*. Navarra, Editorial Verbo Divino.
- David, M. y Sutton, C. (2011). Capítulo 2: Ser Ético, en *Social Research. An Introduction*, Londres, SAGE Publications LTD, 2.<sup>a</sup> ed., 29 – 53.

# REDUCCIÓN DE LA FATIGA VISUAL GENERADA POR LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ÁREA DE GLOBEO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ESFERAS

## REDUCTION OF VISUAL FATIGUE GENERATED BY LIGHTING CONDITIONS IN THE GLOBE AREA OF A COMPANY PRODUCING SPHERES

VÍCTOR VILLA BARRERA<sup>1</sup>  
ISABEL LECHUGA GONZÁLEZ<sup>2</sup>  
LILIANA ESCUDERO ROMERO<sup>3</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra el desarrollo de metodologías en área de globo de una empresa que fabrica esferas ubicadas en la Ciudad de Chignahuapan, Puebla, en dicho proceso se hace evidente en los trabajadores fatiga visual en un 68% debido al tipo, mala distribución y colocación de luminarias en la misma área, debido a este tipo de efectos que padecen los trabajadores y dar respuesta se procedió a desarrollar topicos referentes a ergonomía, estableciendo como objetivo principal reducir la fatiga visual generada por las condiciones de iluminación dentro del área de globo del proceso de elaboración de esferas, el plan se aplicó de la siguiente forma: Etapa 1) Análisis del entorno actual, Etapa 2) Diagnóstico, Etapa 3) Desarrollo de propuesta; como resultados obtenidos se plantea una reducción del 40% de la fatiga visual detectada a un inicio del estudio.

**Palabras clave:** Globo, Fatiga visual, Ergonomía

### ABSTRACT

The present research work shows the development of methodologies in the ballooning area of a company that manufactures spheres located in the City of Chignahuapan, Puebla, in this process visual fatigue is evident in workers by 68% due to the type, poor distribution and placement of luminaires in the same area, due to this type of effects suffered by workers and to respond, we proceeded to develop topics related to ergonomics, establishing as the main objective to reduce visual fatigue generated by lighting conditions within the globe area of the sphere elaboration process, the plan was applied in the following way: Stage 1) Analysis of the current environment, Stage 2) Diagnosis, Stage 3) Proposal development; The results obtained suggest a 40% reduction in visual fatigue detected at the beginning of the study.

---

<sup>1</sup> Profesor de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huachinango. Huachinango. Puebla. victor.vb@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0001-6118-9474. CVU CONACYT 951194

<sup>2</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huachinango. Huachinango. Puebla. g19310051@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huachinango. Huachinango. Puebla. g19310022@huauchinango.tecnm.mx

## **INTRODUCCIÓN**

Esta investigación se realizó con el objetivo de estudiar la calidad de iluminación en los ambientes de trabajo del sector productivo de fabricación de esferas, a partir de la revisión de estudios realizados durante ciertos tiempos establecidos. Se investigó acerca de los estudios realizados de la calidad de iluminación en diferentes sectores principalmente para generar un diagnóstico base sobre la situación actual de los mismos en cuanto a la calidad de iluminación y los factores de riesgo que pueden afectar la salud de los trabajadores y el rendimiento laboral.

La iluminación correcta del ambiente industrial permite al hombre, en condiciones óptimas de confort visual, realizar su trabajo de manera más segura y productiva. Por lo cual debe ser tomada en cuenta en el diseño del proyecto técnico de la empresa, así como en el servicio de mantenimiento. La capacidad de nuestros ojos de adaptarse a condiciones deficientes de iluminación nos ha llevado a restar importancia a esta variable, a pesa que más del 80% de la información que reciben las personas es visual.

La vista dispone de dos mecanismos básicos denominados acomodación y adaptación; mientras que la acomodación permite enfocar la vista en un punto específico según la distancia, de acuerdo con el interés y la necesidad del operario, la adaptación hace posible ajustar la sensibilidad de la vista de iluminación existente.

El punto débil de la visión aparece cuando se hace necesario observar pequeños detalles muy cercanos con un nivel de iluminación bajo; en estas circunstancias se incrementan los errores, y surgen la fatiga visual y mental, por lo que es explicable que para tareas visuales con esas características se busquen soluciones tales como incrementar el nivel de iluminación y/o el tamaño de los detalles.

La iluminación es una parte fundamental en el acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo. Si bien, el ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las diferentes calidades lumínicas, una deficiencia en la misma puede producir un aumento de la fatiga visual, una reducción en el rendimiento, un incremento en los errores y en ocasiones incluso accidentes.

Un adecuado análisis de las características que deben disponer los sistemas de iluminación, la adaptación a las tareas a realizar y las características individuales, son aspectos fundamentales que se deben considerar. Un aspecto imprescindible para la adecuación de la iluminación en los lugares de trabajo es la adecuada elección de la iluminación artificial. Para ello se deben conocer las características y los tipos de lámparas. Las luminarias van a ser los dispositivos donde se van a alojar las lámparas junto con otros componentes como reflectores, lentes, pantallas, difusores, etc. Al conjunto de estas luminarias se le denomina alumbrado.

La distribución de las luminarias va a ser determinante para un reparto de luz adecuado en función de las características del uso que se realice del local o área. Una colocación errónea de las luminarias puede producir zonas con un nivel de iluminación elevado y zonas oscuras y, lo que puede resultar peor, una diferencia de luminancia elevada.

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, estable los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 1 (Véase Tabla 1. Niveles mínimos de iluminación).

**Tabla 1.** Niveles mínimos de iluminación

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados. Exactas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2,000

Fuente: Diario Oficial de la Federación (2005)

En relación a la problemática de la medición de los niveles de iluminación en el área de globo de la empresa fabricante de esferas, se utilizó un equipo denominado luxómetro (Véase Figura 1. Luxómetro). Este equipo dispone de una célula fotoeléctrica con capa barrera basada en el efecto fotoeléctrico, es decir: cuando incide sobre la célula un haz de luz, los electrones son capaces de emitir una señal eléctrica. Esta señal es proporcional al nivel de iluminación. Para que la señal se ajuste adecuadamente debe disponer de una corrección de coseno, así se evitan los errores procedentes del ángulo de incidencia de la luz.



**Figura 1.** Luxómetro. Fuente: Elaboración propia

Al igual se desarrolló la metodología del muestreo para recolectar una serie de mediciones y establecer las condiciones de iluminación actuales operativas del área, se hizo uso de una serie de interrogantes a los trabajadores para extraer información particular de salud y su punto de vista en cuanto a las condiciones de iluminación del área de trabajo, se realizó un análisis visual sobre el área de trabajo determinando que no hay uniformidad de iluminación en la superficie, puntualizando que en las esquinas se mostraba una obscuridad debido a que solo contaba con 2 luminarias y por la cual se determinó actuar sobre el problema.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Aplicar la Ergonomía para evaluar las condiciones de iluminación del proceso de globo en la fabricación de esferas, utilizando el método de lúmenes para establecer el nivel adecuado de iluminación según las especificaciones de la NOM-025-STPS-2008 en dicha área reduciendo el cansancio visual en los trabajadores generador de los errores de producción.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer un adecuado nivel de iluminación según la NOM-025-STPS-2008 En el área de globo de la fabricación de esferas.

Reducir el cansancio visual en los trabajadores para eliminar los errores de producción en las esferas.

## **REFERENTE TEÓRICO**

Etimológicamente la palabra ergonomía proviene de los vocablos griegos ergo y nomos, los cuales significan trabajo y leyes o conocimiento respectivamente. Es decir, se trata de las leyes que rigen el trabajo o del conocimiento que se posea sobre el mismo. Puede entenderse como el estudio de la actividad humana en el trabajo. El término ergonomía fue usado por primera vez por el polaco Woitej Jastrzewowski en el año 1857 en un conjunto de artículos denominados ensayo de ergonomía o ciencia de trabajo basado en las leyes de la ciencia sobre la naturaleza, pero solo se extendió hacia el año 1949 cuando el psicólogo británico K.F.H. Murrell escribió su libro ergonomics y promovió la fundación de la ergonomics Research Society con juntamente con ingenieros y filósofos y psicólogos. La ergonomía ha sido definida de diferentes formas, según el listado de desarrollo de sus conocimientos, según la orientación de la formación del autor que la define y también de acuerdo con el objetivo práctico que persiguen quienes intentan aplicarla. A continuación, se presenta la definición más reciente de la ergonomía:

La ergonomía es una ciencia que estudia las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos, analizando aquellos aspectos que afectan al entorno artificial construido por el hombre relacionando directamente con los actos y gestos involucrados en toda la actividad de este. En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacio y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores. Esta definición fue adaptada en el congreso internacional de ergonomía realizado en San Diego, California, en el año 2000 (Estrada, 2011, p.14).

Para Tortosa la ergonomía permite estudiar e identificar características, necesidades esto mediante un análisis de los diferentes aspectos que influyen en todas las actividades que llevan a cabo los trabajadores, con el fin de adaptar las actividades, herramientas, espacios de acuerdo a las necesidades de los trabajadores y de esta manera mejorar la eficiencia, seguridad, y bienestar del trabajador.

### **Hipótesis**

Utilizando el método lúmenes se podrá reducir el cansancio visual generado por las condiciones de iluminación en el área de globo de la producción de esferas.

## Determinación de variables

Definición operacional de variables (Ver Tabla 2. Determinación de variables):

**Tabla 2.** Determinación de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Variable independiente	Las condiciones de iluminación son todos aquellos aspectos que intervienen para contar con una buena iluminación, estos son: Condiciones de Distribución de las áreas de trabajo y el sistema de iluminación, (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y equipo de trabajo. Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficie de local y edificio. Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada. Información de la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador.	Para medir la variable se utilizará: Método de lúmenes Luxómetro y su unidad de medida es en candelas.
Dependiente	La fatiga visual es un empeoramiento de la visión de carácter reversible producida por un gran esfuerzo visual. Los factores que provocan la fatiga visual son: Nivel de iluminación deficiente del punto de trabajo Reflejo en la pantalla. Mala distribución de la iluminación. Utilización de sistemas de luz que perjudiquen los contrastes.	Autor reporte de la fatiga visual (Cuestionario de la fatiga visual)

Fuente: Elaboración propia

## METODOLOGIA

La metodología aplicada se desarrolla en tres Etapas:

- Etapa 1) Análisis del Entorno Actual
- Etapa 2) Diagnóstico
- Etapa 3) Desarrollo de Propuesta

### **Etapa 1) Análisis del Entorno Actual**

Se realizó una investigación de enfoque de campo cualitativo para determinar cómo se encuentra el área de trabajo, y establecer la distribución de luminarias, número de trabajadores y espacios de trabajo.

El área de estudio será el área de globo de la fábrica de esferas, en el cual los trabajadores cuentan con una jornada laboral de 7 de la mañana a las 7 de la tarde, dicho proceso consiste en el soplado del vidrio de silicio con el fin de darle forma a las esferas. Esta área está dividida en 4 secciones con las siguientes dimensiones, como se muestra en la siguiente Tabla 3 (Véase Tabla 3. Dimensiones del área de globo):

**Tabla 3.** Dimensiones del área de globo

ÁREA DE GLOBO				
DIMENSIONES	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 4
Largo	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros
Ancho	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros
Altura	3 metros	3 metros	3.20 metros	3.20 metros

Fuente: Elaboración propia

### **Población**

La población está conformada por 12 trabajadores que laboran en el área de globo, cada uno de ellos se dedica a fabricar un diferente tamaño de esferas. Para la realización del estudio se tomará la población del 100% de los trabajadores con el fin de que la información que se desea recabar tenga una mayor exactitud.

### **Criterios de inclusión**

- Trabajadores que laboran en el área de globo.
- Trabajadores que acepten voluntariamente participar en el estudio.
- Criterios de exclusión
- Trabajadores que no acepten participar en el estudio.
- Trabajadores que sean personal de rotación.

### **Procedimientos para la recolección de información, instrumentos a utilizar y métodos para el control y calidad de los datos.**

#### **Técnicas y procedimientos de recolección de datos**

- Check List
- Ficha de Análisis
- Test de Iluminación

#### **Check List**

Un cuestionario N°1 para las variables de las condiciones de iluminación dicho instrumento consta de 10 preguntas en relación a las condiciones de iluminación (mantenimiento, cantidad de iluminarias etc.). (Véase Apéndice A).

#### **Apéndice A**

Lugar de trabajo

Área de trabajo

Fecha

Personas afectadas

Confeccionado por

---



---



---



---



---

		Si	No	N/A	Observaciones
1	Se han emprendido acciones para conocer si las condiciones de iluminación de la empresa se ajustan a las diferentes tareas visuales que se realizan.				
2	Los niveles de iluminación existentes (general y localizada) son los adecuados, en función del tipo de tarea, en todos los lugares de trabajo o paso.				
3	Se ha comprobado que el número y la potencia de los focos luminosos instalados son suficientes.				

4	Hay establecido un programa de mantenimiento de las luminancias para asegurar los niveles de iluminación.				
5	Entre las actuaciones previstas en el programa de mantenimiento, está contemplada la sustitución rápida de los focos luminosos fundidos.				
6	El programa de mantenimiento contempla la limpieza regular de focos luminosos, luminarias, difusores, paredes, etc.				
7	El programa de mantenimiento prevé la renovación de la pintura de paredes, techos, etc. y la utilización de colores claros y materiales mates.				
8	Todos los focos luminosos tienen elementos difusores de la luz y/o protectores antideslumbrantes.				
9	La posición de las personas evita que estas trabajen de forma continuada frente a las ventanas.				
10	Los puestos de trabajo están orientados de modo que se eviten los reflejos en las superficies de trabajo y pantallas de visualización de datos.				

Fuente: Elaboración propia

### Ficha de Análisis

Para la ficha de análisis se realizaron mediciones con el método de lúmenes el cual se utilizara un luxómetro el cual mide los luxes que son emitidas por las lámparas, al igual se tomara en cuenta el color de techo y paredes, así como la altura de montaje, estas mediciones se realizaron en las 4 secciones de dicha área con el fin de determinar el estado actual y poder establecer con el método un adecuado nivel de iluminación acorde con las actividades que se realizan en dicho espacio (Véase Apéndice B. Ficha de análisis).

### Apéndice B: Ficha de análisis

Área de trabajo	Índice del local fórmula = $\frac{largo * ancho}{altura de montaje (largo + ancho)}$ $X =$	No. Mínimo de puntos de medición Fórmula = $X = (X + 2)2$	Puntos de medición de con su respectiva lectura en luxes	Nivel de iluminación promedio $E_{media} = \frac{\sum \text{valores medios}}{\text{Cantidad de puntos medios}}$										
Área de globo sección 1	$3m * 3m = 0.68$ $2.2(3 + 3)$	$(0.68 + 2)2 = 7.19 \approx 8$	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Puntos del área</td> </tr> <tr> <td>150.64</td> <td>104.372</td> </tr> <tr> <td>210.896</td> <td>213.048</td> </tr> <tr> <td>154.944</td> <td>269</td> </tr> <tr> <td>129.12</td> <td>66.712</td> </tr> </table>	Puntos del área		150.64	104.372	210.896	213.048	154.944	269	129.12	66.712	$1298.732$ $E_{media} = \frac{1298.732}{8} = 162.3415$
Puntos del área														
150.64	104.372													
210.896	213.048													
154.944	269													
129.12	66.712													
	Nivel de iluminación mínima	Tipo de lámpara (modelo)	Nivel de iluminación acorde a las tareas a realizar NOM-025-STPS	Observaciones										
	$66.712 < 162.3415$	Modelo B-36QR-siems, incandescente	400-600 Luxes	Obteniendo los valores registrados y al aplicar las fórmulas se puede observar que no hay uniformidad en la luz emitida por la lámpara Modelo B- 36QR-siems, incandescente										

**TÓPICOS APLICADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUACHINANGO

Área de trabajo	Índice del local formula = $largo * ancho$ $X =$ $altura de montaje (largo + ancho)$	No. Mínimo de puntos de medición Formula= $X = (X + 2)^2$	Puntos de medición con su respectiva lectura en luxes		Nivel de iluminación promedio $E_{media}$ $\frac{\sum \text{valores medios}}{\text{Cantidad de puntos medios}}$
Área de globo sección 3	$3m * 3m = 0.6$ $2.5(3 + 3)$	$(0.6 + 2)^2 = 7.18 \approx 8$	Puntos del área		1139.56 $E_{media} =$ $= 142.44$
			222.83	221.656	
			208.50	85.004	
			175.98	73.168	
			85.67	66.712	
	Nivel de iluminación mínima	Tipo de lámpara (modelo)	Nivel de iluminación acorde a las tareas a realizar NOM-025-STPS		Observaciones
	66.712 < 142.44	Modelo B-36QR-siems, incandescente	400-600 LUXES		Obteniendo los valores registrados y al aplicar las fórmulas se puede observar que no hay uniformidad en la luz emitida por la lámpara Modelo B-36QR-siems, incandescente, por lo cual es recomendable mejorar el nivel de iluminación en la sección 3

Área de trabajo	Índice del local formula = $largo * ancho$ $X =$ $altura de montaje (largo + ancho)$	No. Mínimo de puntos de medición Formula= $X = (X + 2)^2$	Puntos de medición con su respectiva lectura en luxes		Nivel de iluminación promedio $E_{media}$ $\frac{\sum \text{valores medios}}{\text{Cantidad de puntos med}}$
Área de globo sección 2	$3m * 3m = 0.68$ $2.2(3 + 3)$	$(0.68 + 2)^2 = 7.19 \approx 8$	Puntos del área		755.352 $E_{media} =$ $= 94.419$
			126.968	78.548	
			132.348	66.712	
			109.752	64.56	
			111.904	64.54	
	Nivel de iluminación mínima	Tipo de lámpara (modelo)	Nivel de iluminación acorde a las tareas a realizar NOM-025-STPS		Observaciones
		Modelo B-	400-600 LUXES		Obteniendo los valores registrados y al aplicar las fórmulas se puede observar que no hay

	64.56 < 94.419	36QR- siems, incandescente		uniformidad en la luz emitida por la lámpara Modelo B-36QR-siems, incandescente por lo cual es importante mejorar el nivel de iluminación
--	----------------	-------------------------------	--	---

Área de trabajo	Índice del local formula = $\frac{largo * ancho}{altura de montaje (largo + ancho)}$ $X =$	No. Mínimo de puntos de medición Formula= $X = (X + 2)2$	Puntos de medición con su lectura en luxes respectiva	Nivel de iluminación promedio $\sum valores medios$ $E_{media} =$ Cantidad de puntos medios										
Área de globo sección 4	$3m * 3m = 0.6$ $2.5(3 + 3)$	$(0.68 + 2)2 = 7.18 \approx 8$	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="2">Puntos del área</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">91.88</td><td style="text-align: center;">97.16</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">755.352</td><td style="text-align: center;">79.624</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">92.622</td><td style="text-align: center;">81.776</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8.38</td><td style="text-align: center;">80.232</td></tr> </table>	Puntos del área		91.88	97.16	755.352	79.624	92.622	81.776	8.38	80.232	$1298.732$ $E_{media} = 162.34158$
Puntos del área														
91.88	97.16													
755.352	79.624													
92.622	81.776													
8.38	80.232													
	Nivel de iluminación mínima	Tipo de lámpara (modelo)	Nivel de iluminación acorde a las tareas a realizar NOM-025-STPS	Observaciones										
	8.38 < 162.3415	Modelo B-36QR-siems, incandescente	400-600 Luxes	Obteniendo los valores registrados y al aplicar las fórmulas se puede observar que no hay uniformidad en la luz emitida por la lámpara Modelo B-36QR-siems, incandescente, por lo tanto, es recomendable mejorar el nivel de iluminación en la sección 4										

Fuente: Elaboración propia

### Test de Iluminación

Un cuestionario N°2 para las variables condiciones de iluminación y fatiga visual el cual está dividido en dos cuestionarios uno referente a las condiciones de iluminación y la segunda parte evalúa de manera subjetiva a los operarios con el fin de determinar que síntomas siente con respecto a la iluminación existente en el área de trabajo, este cuestionario está validado por el instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo creado por José Alberto Sanz

Merinero y Olga Sebastián García el cual es denominado “Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en el puesto de trabajo”. Este cuestionario se aplicará a los 11 operarios del área de globo.

Con los datos obtenidos se puede apreciar que las condiciones de iluminación están generando algunos síntomas de fatiga visual tomando en cuenta los 10 trabajadores se puede apreciar que la mayoría de ellos están siendo (Véase Figura 2. Síntomas causados por las condiciones de iluminación) por la condición actual del sistema de iluminación en el área de globo, por lo cual es recomendable tener los niveles de iluminación de acuerdo a las actividades que realizan.

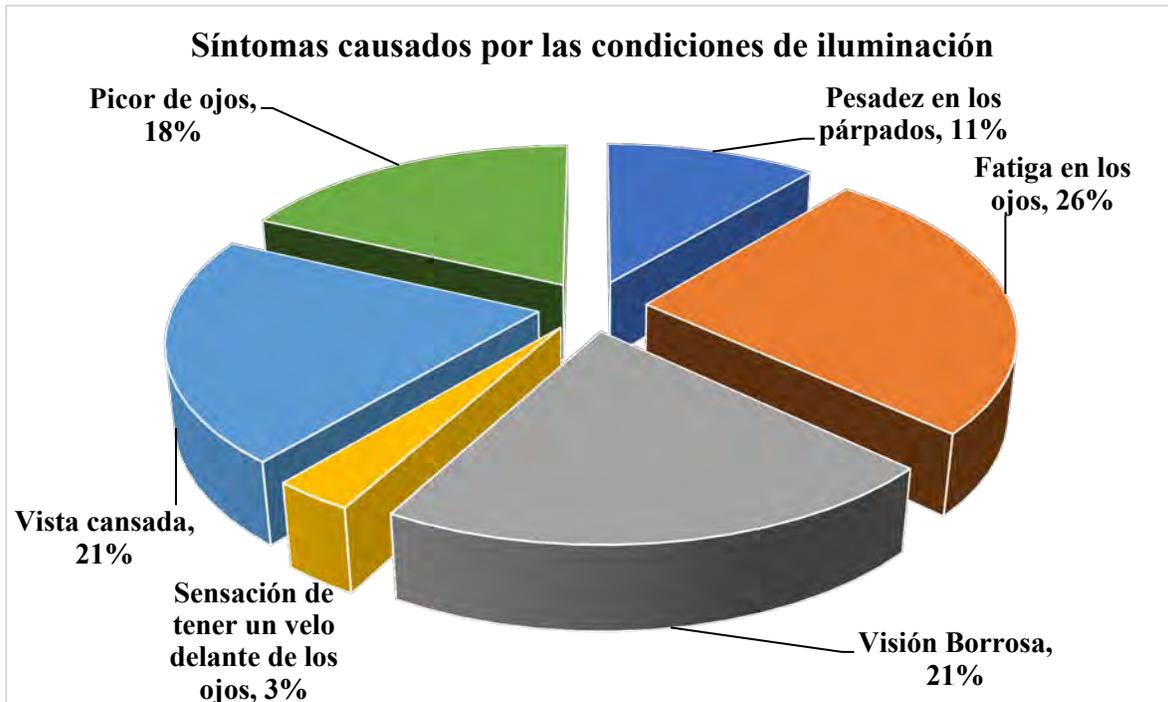


Figura 2. Síntomas causados por las condiciones de iluminación.  
Fuente: Elaboración propia

## Etapa 2) Estudio de causas

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo de corte transversal en el cual se utilizó el método de lúmenes evaluando las condiciones de iluminación en campo, cantidad de lámparas, tipo de lámparas, distancias de lámparas de techo y piso, color de techo, color de paredes y la altura de montaje del trabajador.

### Plan de recolección de información

De acuerdo a la fecha establecida con la encargada de la empresa se procederá obtener la información el 2 de mayo teniendo la autorización se asistirá a las instalaciones de la fábrica de esferas donde se dará a conocer el objetivo de la aplicación de los instrumentos de recolección de información. La aplicación del instrumento se realizará el mismo día a las 2 de la tarde, este cuestionario será administrado con un tiempo máximo de 30 minutos

### Presentación gráfica de los resultados

El check list fue aplicado a la encargada de la fábrica, ya que solo ella nos podría proporcionar la información el resultado de la aplicación del check list se muestra en la siguiente Tabla 4 (Véase Tabla 4. Resultados Check List).

**Tabla 4.** Resultados Check List

Resultados Check List																			
Preguntas																			
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
si	no	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no	si	no
	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se puede apreciar que en el área de globo no existe un mantenimiento en las iluminarias, ni los niveles de iluminación son los adecuados para las tareas que se realizan. Por lo que es necesario evaluar las condiciones de iluminación esto se realizara con el método de lúmenes para apreciar el estado actual del área de globo y de la misma manera poder dar una propuesta para que la iluminación sea la adecuada para las tareas que realizan.

En la distribución actual se determinó con el método lúmenes que las condiciones de iluminación no son las adecuadas, ya que dicha área solo cuenta con 2 iluminarias que provocan una mala uniformidad de luz, las cuales no son correctas para la realización de las tareas que realizan, dicha distribución se encuentra representada en la siguiente Tabla (Véase Tabla 5. Distribución actual del área de globo).

**Tabla 5.** Distribución actual del área de globo

Distribución actual del área de globo								
Sección	Nivel de iluminación acorde a la tarea realizar NOM- 025-STPS	Nivel de iluminación promedio de los 8 puntos de medición	Tipo de lámpara	Sistema de iluminación	Número de aparatos de alumbrado	Color de techo	Color de paredes	Altura de suspensión de las iluminarias
1		162.3415	B-36QR-siems, incandescente	Sistema de iluminación indirecta	1	Gris	Blancas	20 cm
Sección 2	400-600 Luxes	94.419	B-36QR-siems, incandescente	Sistema de iluminación indirecta	0	Gris	Blanca	
Sección 3		142.44	B-36QR-siems, incandescente	Sistema de iluminación indirecta	1	Gris	Blanca	20 cm
Sección 4		87.124	B-36QR-siems, incandescente	Sistema de iluminación indirecta	0	Gris	Blanca	

Fuente: Elaboración propia

### Etapa 3) Generación de propuesta

La distribución que se generó con el método de lúmenes quedara distribuida con 4 aparatos de iluminación. (Véase Tabla 6. Propuesta de distribución del área de globo).

**Tabla 6.** Propuesta de distribución del área de globo

Propuesta de distribución del área de globo								
Sección	Nivel de iluminación acorde a la tarea realizar	Nivel de iluminación promedio a los 8 puntos de medición	Tipo de lámpara	Sistema de iluminación	Número de aparatos de alumbrado	Color de techo	Color de paredes	Altura de suspensión de las iluminarias
1	400-600 luxes	75	Modelo F-17 Fluorescente	Semi indirecta	4	Gris	Blancas	30 cm
2		75	Modelo F-17 Fluorescente	Semi indirecta	4	Gris	Blanca	30 cm
3		75	Modelo F-17 Fluorescente	Semi indirecta	4	Gris	Blanca	30 cm
4		75	Modelo F-17 Fluorescente	Semi indirecta	4	Gris	Blanca	30 cm

Fuente: Elaboración propia

### RESULTADOS

Para establecer la propuesta de mejora fue necesario utilizar el método de lúmenes determinando el nivel de iluminación promedio de los 8 puntos de medición estos con una cantidad de 75 luxes obteniendo una distribución uniforme de iluminación, esto se podrá lograr utilizando 4 aparatos de alumbrado de modelos F-17 Fluorescente por cada sección, con una altura de suspensión de 30 cm, considerando el techo de color blanco y la pared con un color gris.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango y a la Academia de Ingeniería Industrial por las facilidades prestadas para la elaboración del presente capítulo de libro.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Cavassa R. (2003). Ergonomía y productividad. México: Limusa Editorial.
- Estrada J. (2011). Ergonomía. Medellín: Universidad de Antioquia Editorial.
- González D. (2008). Ergonomía y psicología. Madrid, España: Fundación Confemental.
- Mancera M., Mancera M. T., Mancera M.R. y Mancera J.R. (2012). Seguridad e Higiene Industrial. Gestión de Riesgos. México: Algaomega Editorial.
- Instituto Nacional de Nuevas Tecnologías. (2015). Iluminación en el puesto de trabajo. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

# REDUCCIÓN DE TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO EN LÍNEA DE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE KAIZEN EMPRESA MANUFACTURERA

## REDUCTION OF DOWN TIME DUE TO MAINTENANCE ON THE PRODUCTION LINE THROUGH THE APPLICATION OF KAIZEN MANUFACTURING COMPANY

VIRGILIO CUAUTENCO HERNÁNDEZ<sup>1</sup>  
PLACIDO DOMÍNGUEZ VELÁZQUEZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

En este capítulo se describe el desarrollo de la metodología Kaizen en una empresa manufacturera de piezas automotrices. El objetivo es reducir el porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento en una línea de producción. Se explica la metodología utilizada para el desarrollo del análisis de la problemática y las medidas correctivas para disminuir los tiempos inefectivos. Esta reducción influye en la disminución de costos, incremento de la productividad, cumplimiento de la tasa de producción semanal y mejora de la competitividad de la compañía.

**Palabras clave:** Estándar, Procesos, Tiempos muertos, Productividad

### ABSTRACT

This chapter describes the development of the Kaizen methodology in an automotive parts manufacturing company. The goal is to reduce the percentage of maintenance downtime on a production line. The methodology used for the development of the analysis of the problem and the corrective measures to reduce ineffective times is explained. This reduction influences the reduction of costs, increased productivity, compliance with the weekly production rate and improvement of the company's competitiveness.

**Keywords:** Methods, Processes, Dead times, Productivity

### INTRODUCCIÓN

El deseo de ser más competitivos y mejorar utilidades obliga a las empresas a buscar soluciones para reducir sus costos y mejorar su competitividad. El sistema Kaizen es una herramienta que, al aplicarse de forma sistemática, proporciona beneficios graduales que mejoran la productividad de la organización, disminuyendo desperdicios, reduciendo costos, acortando tiempos de ciclo, eliminando tiempos muertos, mejorando el nivel de aprovechamiento de los recursos, asegurando calidad y clientes. Incluso, puede considerarse

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Huauchinango. Puebla. virgilio@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0002-9325-3124. CVU CONACYT 951493.

<sup>2</sup> Alumno de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. placido\_hg@hotmail.com.

a Kaizen como una filosofía, ya que influye en la forma de pensar y actuar del factor humano y supone que nuestra forma de vida, materia laboral, social o familiar, debe ser mejorada de manera constante. El principio en el que se sustenta el método Kaizen consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes y los cuales, por más simples que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, generan una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación activa del personal en una búsqueda continua de soluciones adicionales.

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

En el área de maquinado de una empresa manufacturera se ha presentado una tendencia en el aumento del porcentaje de tiempos muertos por mantenimiento, esto en los últimos tres meses (mayo-julio), según los resultados mensuales del mantenimiento de maquinado Down Time Global debido a que las horas afectadas por línea de producción no se encuentran dentro de las especificaciones establecidas. La meta establecida de este año es estar por debajo de la tolerancia establecida de 3.17% de tiempo muerto registrado. En el mes de mayo el porcentaje fue de 3.49 % y en el mes de junio en 3.53%. Estos porcentajes pueden ser causados por diversos factores, tales como: descomposturas en centro de barrenado, área de tornos o en sistemas automatizados. Una de las propuestas para reducir los tiempos muertos y fallas por mantenimiento en la línea de producción es la aplicación de la metodología Kaizen que es una herramienta que genera cambios o mejoras graduales en el proceso, llevando a la organización a una espiral de innovación incremental. Una de las técnicas a utilizar es Gemba Walk, que nos permitirá observar el desempeño de los procesos en tiempo real para su posterior análisis y determinar las acciones correctivas necesarias para cumplir con el objetivo establecido. De no aplicar este proyecto una de las principales causas sería continuar con los altos porcentajes de tiempo muerto, además de no cumplir con la tasa de producción.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Reducir el porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento en la línea de producción de 3.48% a 3.1%, mediante la aplicación de la metodología Kaizen, en los periodos de evaluación agosto-septiembre, incrementando la productividad.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificación de los aspectos clave y factores que afectan la línea de producción.
- Aumentar la productividad para cumplir con la producción meta establecida.
- Establecer estándares de trabajo.

## **REFERENTE TEÓRICO**

En japonés, kaizen significa “mejora continua”. La palabra representa mejora que implica a todos los elementos de una organización. La filosofía asume que nuestro camino, ya sea nuestra vida, trabajo, círculo social, o nuestra propia casa debe centrarse en los esfuerzos de mejora constante. Este concepto es tan natural y obvio para muchos japoneses. Kaizen ha contribuido en gran medida al éxito competitivo de Japón.

Aunque las mejoras kaizen son pequeñas, el proceso de mejora produce resultados notables a través del tiempo. Los conceptos kaizen explican por qué las empresas no pueden permanecer estáticas por mucho tiempo. La gestión occidental en general rinde culto a la innovación: los cambios importantes en la estela de los avances tecnológicos y los últimos conceptos de gestión o técnicas de producción. La innovación es dramática, una verdadera atención-comprador. Kaizen, por el contrario, es a menudo poco dramática y sutil. La innovación es monoestable, y sus resultados son a menudo problemáticos, mientras que el proceso kaizen, basado en el sentido común y con enfoques en los costos, asegura el progreso gradual que vale la pena en el largo plazo. Kaizen También es un enfoque de bajo riesgo. Los gerentes siempre pueden volver a la vieja manera, sin incurrir en grandes costos

### **Gemba Kaizen**

En japonés, Gemba significa “lugar real”, el lugar donde se produce la acción. El uso de la palabra japonesa Gemba es cotidiano en Japón; siempre que un terremoto sacude, los reporteros de televisión al dar la noticia desde el lugar, presentan la nota como “informes de la Gemba”. Gemba es donde está la acción y donde se pueden encontrar los hechos. En los negocios, las actividades de valor suceden en el Gemba. Dentro de la industria japonesa, la palabra Gemba es casi tan popular como kaizen. Joop Bokern, uno de los primeros consultores europeos de kaizen en Europa, había trabajado en Philips Electronics NV en Europa como gerente de producción, como director de la planta, y finalmente como director de calidad corporativa. Dijo que cada vez que visitaba una empresa japonesa, tenía una regla de oro para determinar si la empresa era una buena o no. Si, en su conversación con el director japonés, escuchaba la palabra kaizen dentro de los primeros 5 minutos y la palabra Gemba dentro de los primeros 10 minutos, llegaba a la conclusión de que debía ser una buena compañía. A decir de Bokern, kaizen y Gemba son temas vitales y que a menudo las decisiones deben ser tomadas con base a la comprensión de su Gemba.

Todas las empresas practican tres actividades principales relacionadas directamente con el beneficio de ingresos: el desarrollo, producción y venta. Sin estas actividades, una compañía no puede existir. Por lo tanto, en un sentido amplio, Gemba es el lugar donde estas tres actividades principales se desarrollan.

En un contexto más estrecho, sin embargo, Gemba significa el lugar donde se forman los productos o servicios. Se usa la palabra en este contexto más estrecho debido a que estos sitios han sido uno de los escenarios de negocios más olvidados por la dirección. Los gerentes parecen pasar por alto el lugar de trabajo como un medio para los ingresos, y por lo general ponen mucho más énfasis en sectores tales como la gestión financiera, marketing y ventas, y

desarrollo de productos. Cuando la atención se centra en la Gemba, o lugares de trabajo, descubren oportunidades para hacer la empresa más exitosa y rentable.

En muchos sectores de servicios, la Gemba es donde vienen los clientes en contacto con los servicios ofrecidos. En el negocio hotelero, por ejemplo, Gemba está en todas partes: en el vestíbulo, el comedor, las habitaciones, la recepción, y la estación del conserje. En los bancos, los cajeros están trabajando en el Gemba, al igual que los oficiales de crédito que reciben los solicitantes. Así Gemba abarca múltiples funciones de oficina y administrativos. La mayoría de los departamentos de estas empresas de servicios tienen clientes internos con los que tienen actividad departamental, que también representa la Gemba. Una llamada telefónica a un gerente general, el encargado de producción, o gerente de calidad en una planta manufacturera.

### **Estandarizar para prevenir la recurrencia**

Todo tipo de problemas y anomalías se producen en las plantas todos los días; existen rechazos, las máquinas se descomponen, y la gente llega tarde al trabajo. Cada vez que surge un problema dado, la administración debe resolverlo y asegurarse de que no se repetirá por la misma razón. Una vez que un problema ha sido resuelto, por lo tanto, el nuevo procedimiento debe ser estandarizado. De lo contrario, personas de extinción de incendios estarán siempre ocupados. Las causas fundamentales deben ser buscadas, y finalmente, después de que la eficacia del procedimiento ideado para resolver el problema ha sido confirmada, el nuevo procedimiento debe normalizarse (Imai, 1997).

## **METODOLOGÍA**

### **Definir el proyecto**

Se plantea el desarrollo de investigación cuantitativa, ya que se lleva a cabo mediante un conjunto de procesos y de forma secuencial (Hernández, 2014), en este caso, dirigida al sector productivo de bienes y servicios, con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, para aumentar la competitividad en el sector.

### **Identificación del equipo de trabajo**

El equipo fue multidisciplinario, con el propósito de contar con elementos que pueden aportar por su conocimiento y experiencia en diferentes áreas de trabajo.

### **Obtención y análisis de datos**

Mediante el desarrollo de entrevistas, observaciones in situ, grupos focales y análisis de documentos y registros se obtuvieron los datos e información necesaria para evaluar la situación del departamento de producción. Para el análisis estadístico se utilizaron gráficas de barras y diagramas de flujo de proceso.

### **Gembutsu gemba**

Gemba significa el área donde ocurre o el área de trabajo donde analizaremos el problema. Gembutsu se refiere a algo físico o tangible. En el contexto de Gemba, la palabra puede hacer referencia a una máquina descompuesta, un producto rechazado, una herramienta que ha sido destruida, mercancía devuelta o incluso un cliente que se queja.

En esta fase se acudió al área donde se produce el problema para verificar los datos obtenidos anteriormente. Es posible que se conozca más del problema y se eliminen o aumenten variables o causas antes mencionadas.

Esta actividad se realiza en equipo y se podría hacer más de una observación en el área para ir analizando el problema a mayor detalle.

### **Plan de contramedidas**

Se entiende por contramedidas a las acciones particulares que se realizan sobre un sistema, para minimizar y eliminar las causas principales de un problema. Una vez identificadas las causas, se establecen las contramedidas, para así, poder atacar a nuestro problema, considerando las ventajas y desventajas de las alternativas de solución.

### **Seguimiento y evaluación de resultados**

El seguimiento y la evaluación ayudan a mejorar el desempeño y a conseguir resultados. Dicho de manera más precisa, el objetivo general del seguimiento y la evaluación es la medición y análisis del desempeño, a fin de gestionar con más eficacia los efectos y productos que son los resultados de la investigación en materia de desempeño.

### **Estandarización y expansión**

Uno de los objetivos de la estandarización es establecer un método tal que permita mejorar el desempeño del trabajador en las diferentes actividades fabriles asignadas. Por lo que es conveniente darle seguimiento para asegurar el cumplimiento de los métodos de trabajo y la obtención de beneficios para el factor humano al aumentar eficiencia y eficacia laboral, lo cual influye directamente en el nivel de satisfacción experimentado por el trabajo realizado (Niebel, W., y Freivalds, 2009)

Si se mantienen los resultados deseables, es posible establecer los estándares de forma permanente en el departamento de manufactura. Esto con el fin de que no se pierda la mejora y los nuevos trabajadores sean entrenados con los métodos de trabajo establecidos. En tanto a la expansión, una vez teniendo las variables controladas, el kaizen se puede implementar en otros lugares, por ejemplo, si mejoramos la velocidad de una máquina la mejora que se realizó puede ser copiada a las otras máquinas del proceso.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.**

### **Definir el proyecto**

Este punto se estableció de acuerdo con las necesidades de la empresa con base al objetivo ya establecido.

### **Identificación del equipo de trabajo**

Para este proyecto se tomaron en cuenta personas que participaban en las áreas de mantenimiento maquinado, producción maquinado y gerencia de maquinado.

### **Obtención y análisis de datos**

En el área de Domo se cuenta con 49 líneas, tanto manuales como automáticas, las cuales requieren de surtimiento, levantamiento de casting y rebaba, se tiene una línea de ensamble, dos de pre maquinado y dos de masa, las líneas restantes se dedican a las operaciones básicas de proceso. Estas son la línea 10 que es la operación de desbaste, la línea 20, donde se realiza

el acabado parcial a las piezas, líneas 30 y 40 realizan operaciones de acabado. Después de esas operaciones, las piezas son balanceadas, fechadas, empacadas y embarcadas. Cada línea tiene una capacidad de 42 piezas por hora y cada turno tiene un promedio de 7.25 horas de trabajo productivo por lo tanto la planta tiene una capacidad de 14,920 piezas diarias y la eficiencia global del equipo es del 98.14%.

Los meses que están fuera del objetivo son mayo, junio y julio por lo tanto se deben de tomar acciones correctivas (Véase Figura 1. Gráfico de Mantenimiento maquinado Down Time Global).



**Figura 1.** Gráfico de Mantenimiento maquinado Down Time Global.  
 Fuente: Elaboración propia

La línea con mayor porcentaje de tiempo muerto es la línea 607 correspondiente al periodo enero-julio (Véase Figura 2. Gráfico de horas de afectación por Línea).



**Figura 2.** Gráfico de horas de afectación por Línea.  
 Fuente: Elaboración propia

Para poder calcular las piezas por hora en cada una de las operaciones se cronometraron los tiempos y movimientos para cada operación (Véase Tabla 1. Tiempos de operaciones de la línea 607).

**Tabla 1.** Tiempos de operaciones de la línea 607 (segundos)

Operación	Tiempo máquina	Cambio insertos	de Carga y descarga	Tiempo total	Piezas/hora
10	53	4.5	4	61.5	58.54
20	61	5.25	4	70.25	51.25
30	61	2.625	4	67.625	53.23
40	53	3.09	6	62.09	57.98
60	53	0	4	57	63.16
90,91	46	0	3	49	73.47
80	5	0	5	10	360.00
110	15	0	4	19	189.47
121	19	0	3	22	163.63

Fuente: Elaboración propia

### Determinación de las causas posibles

Al analizar las horas de tiempo muerto de la línea 607 del periodo enero-julio, se encontró que el porcentaje mayor es el del área de tornos con el 69.57%, seguido por el centro de barrenado con el 45.65%, balanceadora con 26.1%, robot con 15.46% y fechadora con 1.15%.

Se enfocó el análisis primeramente, en el área de tornos para identificar las causas principales de las fallas, encontrándose que el mayor porcentaje se encontraba en cuñas desajustadas con 18.73%, seguido por puerta dañada 6.97%, torreta descentrada 6.67%, tornillo sinfín dañado 3.92% y torreta mal acampada 3.51%.

Posteriormente se realizó un análisis similar con el segundo porcentaje más alto de tiempo muerto, el centro de barrenado, el cual arrojó los siguientes datos respecto de las causas: brazo dañado 9.77%, brazo desalineado 7.44%, alarma en módulo de husillo 3.75%, amortiguador desajustado 3.14% y canastilla desnivelada 3.08%.

### Gembutsu gemba

Para la realización del recorrido Gemba todos los integrantes se presentaron a la línea, quienes observaron y analizaron las operaciones. Cada integrante fue anotando lo que veía respecto a fallas del proceso o herramientas. El operador de la línea les fue explicando los problemas que se han presentado con frecuencia en cada una de las operaciones para que entre todos los integrantes del equipo los estudiaran y posteriormente proponer planes de acción correctiva. Luego de hacer la caminata Gemba se realizó una reunión de 40 min y los que asistieron a la caminata crearon la lista de puntos a trabajar con su respectivo responsable (Véase Tabla 2. Fallas detectadas en línea 607).

**Tabla 2.** Fallas detectadas en línea 607

Fallas detectadas línea 607			
No.	Torno	Barrenado	General
1	Puerta no abre/cierra correctamente operación 10-20	Brazos de robot dañados	Fuga de soluble en operación 60
2	Cuñas dañadas	Cilindro de canastilla dañado	Bomba de soluble conectada incorrectamente, no se apaga cuando se cambia broca
3	No existen prioridades para el ajuste de las dimensiones de las cuñas	Amortiguadores dañados	Balanceadora con fuga de aceite en quijadas
4	Mal acabado en pista de frenaje	Amortiguadores desnivelados	falta de lámparas en mesa de medición

5	Sinfín eje Z dañado		Fuga de aceite en operación 10-20
6	Sinfín eje X dañado		Fuga de rebaba en operación 30 y 40
7	Cuñas dañadas en ejes		Grippers en robots dañados operación 10-20
8			Grippers en robots dañados operación 30-40
9			Desajustes en programas de robots
10			Ecurrido incorrecto de piezas en operación 60
11			Falta de supervisión de torretas y máquina para determinar si están llenas
12			Falta de instrucciones en formato 5'S
13			Falta check list de supervisor Master web
14			Operadores desconocen causas de tiempo muerto

Fuente: Elaboración propia

### Plan de contramedidas

Para la generación de acciones correctivas, se desarrollaron diagramas causa-efecto y las acciones a tomar en el departamento de tornos se registraron fechas de implementación, así como el responsable. (Véase Tabla 3. Plan de acción para el departamento de tornos, línea 607).

**Tabla 3.** Plan de acción para el departamento de tornos, línea 607

No.	Causa	Plan de acción	Responsable	Fecha de desarrollo	
				Inicio	Término
1	Puerta no abre/cierra correctamente operación 10-20	Bajar cilindro, cambiar rodajas, revisión de puerta	Vicente Hernández Vázquez	09 agosto	12 agosto
2	Cuñas dañadas	Cambio de cuñas OP. 40	José Isabel Mayo Sánchez	11 agosto	12 agosto
3	No existen prioridades para el ajuste de las dimensiones de las cuñas	Definir prioridad en taller mecánico para el ajuste de las dimensiones en las cuñas	Fausto Gamboa Hernández	10 agosto	11 agosto
4	Mal acabado en pista de frenaje	Operación 40 cambio de todos los check list de liberación por el problema de mal acabado.	José Isabel Mayo Sánchez	14 octubre	16 octubre
5	Sinfín eje Z dañado	Cambio de Sinfín eje Z operación 10	Vicente Hernández Vázquez	14 octubre	16 octubre
6	Sinfín eje X dañado	Cambio de Sinfín eje X operación 20	José Isabel Mayo Sánchez	14 octubre	16 octubre
7	Cuñas dañadas en ejes	Cambio de cuñas en los dos ejes en todas las operaciones	Vicente Hernández Vázquez	14 octubre	16 octubre

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, las acciones a tomar en el centro de barrenado se registraron incluyendo fechas de implementación, así como el responsable (Véase Tabla 4. Plan de acción para el centro de barrenado, línea 607).

**Tabla 4.** Plan de acción para el centro de barrenado, línea 607

No.	Causa	Plan de acción	Responsable	Fecha de desarrollo	
				Inicio	Término
1	Brazos de robot dañados	Adquirir brazos nuevos y habilitar	Vicente Hernández Vázquez	08 agosto	16 agosto
2	Cilindro de canastilla dañado	Cambio de cilindro de canastilla	Enrique García Hernández	04 agosto	04 agosto
3	Amortiguadores dañados	Cambio de amortiguadores	José Isabel Mayo Sánchez	11 agosto	11 agosto
4	Amortiguadores desnivelados	Nivelación de canastilla	José Isabel Mayo Sánchez	11 octubre	16 octubre

Fuente: Elaboración propia

También se realizaron sugerencias para las fallas generales (Véase Tabla 5. Plan de acción por fallas generales, línea 607).

**Tabla 5.** Plan de acción por fallas generales, línea 607

No.	Causa	Plan de acción	Responsable	Fecha de desarrollo	
				Inicio	Término
1	Fuga de soluble en operaciones 60	Eliminar fuga de soluble en la OP. 60	José Isabel Mayo Sánchez	12 agosto	12 agosto
2	Bomba de soluble conectada incorrectamente, no se apaga cuando se cambia broca	Conectar la bomba de soluble en lugar correcto	José Isabel Mayo Sánchez	12 agosto	12 agosto
3	Balancedora con fuga de aceite en quijadas	Eliminar fuga de aceite en balancedora	José Isabel Mayo Sánchez	12 agosto	12 agosto
4	falta de lámparas en mesa de medición	Colocar las lámparas que hacen falta en la mesa de medición	José Isabel Mayo Sánchez	12 agosto	12 agosto
5	Fuga de aceite en operación 10-20	Reviso y cambio de conectores y mangueras operación 10-20	José Isabel Mayo Sánchez	12 agosto	12 agosto
6	Fuga de rebaba en operación 30 y 40	Corregir problema de fuga de rebaba por la puerta frontal operación 30 y 40	Vicente Hernández Vázquez	29 agosto	04 septiembre
7	Grippers en robots dañados operación 10-20	Cambio de Grippers en Robots por Grippers neumáticos operación 10-20	José Isabel Mayo Sanchez	14 octubre	16 octubre

<b>8</b>	Grippers en robots dañados operación 30-40	Cambio de Grippers en Robots por Grippers neumáticos operación 30-40	José Isabel Mayo Sánchez	14 octubre	16 octubre
<b>9</b>	Desajustes en programas de robots	Ajuste de programas de Robots 10-20 y 30-40	Miguel Laguna López	17 octubre	17 octubre
<b>10</b>	Escurrido incorrecto de piezas en operación 60	Mejorar escurrido de pieza operación 60	Enrique Ortega Balcazar	26 septiembre	30 septiembre
<b>11</b>	Falta de supervisión de torretas y máquina para determinar si están llenas	Retirar rebaba de torretas y maquina una vez por hora.	Ricardo Tolentino Segovia	26 septiembre	30 septiembre
<b>12</b>	Falta de instrucciones en formato 5'S	Incluir y fijar instrucción en formato 5'S	Ricardo Tolentino Segovia	26 septiembre	30 septiembre
<b>13</b>	Falta check list de supervisor Master web	Dar de alta en Master web check list del supervisor	Francisco Herrera Suárez	16 agosto	17 agosto
<b>14</b>	Operadores no identifican causas de tiempo muerto	Capacitación a los operadores sobre el cargo de tiempo muerto.	Ricardo Tolentino Segovia	26 septiembre	17 octubre

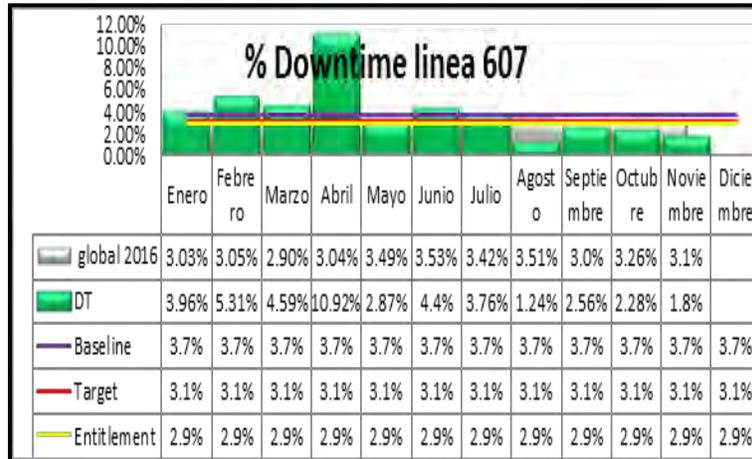
Fuente: Elaboración propia

### Seguimiento y evaluación de resultados

El porcentaje del mes de agosto es de 3.51%, disminuyendo a comparación del mes de junio con un porcentaje de 3.53%. En el caso del comportamiento Down Time de la línea 607 es donde se ve reflejada la reducción con una diferencia de 2.52% con respecto al porcentaje promedio de julio. El comportamiento global del mes de septiembre es de 3.0% superando el objetivo de reducir hasta el 3.1%. No obstante, en el caso del comportamiento Down Time vuelve a subir el porcentaje, pero aun así se mantiene bajo el porcentaje establecido.

El comportamiento global al mes de octubre es de 3.26% y noviembre con un porcentaje de 3.1%, logrando cumplir con el objetivo, ya que se esperaba alcanzar hasta el 3.1% y en el mes de noviembre se ve reflejado los resultados a nivel planta.

En el caso del comportamiento Down Time de la línea 607 se alcanzó a reducir 1.48% en el mes de octubre a comparación del porcentaje promedio de julio igual al 3.76% y en el mes de noviembre se redujo hasta porcentaje de 1.96% por lo tanto se considera que el proyecto se finaliza con éxito (Véase Figura 3. Gráfico de resultados agosto, septiembre, octubre y noviembre).



**Figura 3.** Gráfico de resultados agosto, septiembre, octubre y noviembre.  
 Fuente: Elaboración propia

### Estandarización y expansión

Con base a los resultados se establece que el problema está bajo control por lo que es conveniente incluirlo en procedimientos o prácticas registradas. En tanto a la expansión, una vez teniendo las variables controladas el kaizen se puede aplicar a otras áreas de trabajo, y del mismo modo en que se redujo el porcentaje de tiempo muerto en la línea 607 puede replicarse la aplicación de mejoras a las otras líneas de producción dentro del área de maquinado.

El equipo de trabajo propuso que se realicen las siguientes acciones de forma permanente para la mejora continua de todo el proceso de la línea (Véase Tabla 6. Acciones correctivas permanentes).

**Tabla 6.** Acciones correctivas permanentes

No.	Descripción	Responsable	Fecha de inicio
1	Desarrollo de trabajo estandarizado para ajuste de cuñas	Vicente Hernández Vázquez	01 noviembre
2	Capacitación de personal de técnico de los tres turnos	Vicente Hernández Vázquez	01 noviembre
3	Incluir en matriz de competencias DHCDF002 como requisito de habilidad técnica del personal técnico	Liliana López Pérez / Rafael Serrano Oropeza	01 noviembre
4	Desarrollo de trabajo estandarizado para rebajar cuñas	Fausto Gamboa Hernández	01 noviembre
5	Capacitación de personal técnico y taller mecánico	Fausto Gamboa Hernández	01 noviembre
6	Desarrollo de trabajo estandarizado para ajuste de anti vibrador	Ignacio López Castillo/ Ricardo Tolentino Segovia	01 noviembre
7	Capacitación de operadores de los tres turnos	Ricardo Tolentino Segovia	01 noviembre
8	Incluir en matriz de competencias DHCDF002 como requisito de habilidad técnica del operador	Ricardo Tolentino Segovia	01 noviembre

<b>9</b>	Bajar rebaba de torretas y maquina una vez por hora	Ricardo Segovia	Tolentino	01 noviembre
<b>10</b>	Incluir instrucción en formato de 5'S	Ricardo Segovia	Tolentino	01 noviembre
<b>11</b>	Difusión a operadores de toda la planta	Ricardo Segovia	Tolentino	01 noviembre
<b>12</b>	Capacitación a los operadores sobre el cargo de tiempo muerto	Ricardo Segovia	Tolentino	01 noviembre

Fuente: Elaboración propia

Como principal aportación se logró el objetivo de reducir el porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento en la línea 607 y a nivel planta, ya que en los meses de octubre y noviembre según los resultados del Down Time Global se obtuvo un porcentaje que superó el objetivo. Se recomienda llevar a cabo los planes de acción permanentes para permanecer dentro del promedio del porcentaje de tiempos muertos y evitar paros de línea que tiene como consecuencia la baja producción.

Como el proyecto fue finalizado con éxito, conociendo las variables y causas de mayor impacto se recomienda que se realice su expansión en otras líneas que esté presentando fallas similares.

Se realizó un análisis mediante la metodología de Gemba Walk para conocer las causas y fallas que afectan el proceso. El equipo de trabajo fue la parte más importante del proyecto debido a que con el apoyo de todos los integrantes fue posible analizar y detectar las fallas que se estaban presentando en la línea, se lograron conocer las fallas de mayor impacto ubicadas en el área de tornos y centro de barrenado, con estos resultados se procedió a realizar los planes de acción de cada una de las fallas encontradas.

## CONCLUSIONES

De manera general, la implementación de la metodología Kaizen en la empresa manufacturera arrojó buenos resultados, gracias a la contribución del equipo de trabajo se logró la reducción del porcentaje de tiempos muertos en la línea 607. Como primer punto se prestó especial atención la situación actual de las condiciones de la línea para su posterior análisis y registro de acciones correctivas.

Se logró el control del proceso, lo cual se vio reflejado en las tasas semanales de producción, ya que en los meses de agosto, septiembre y octubre la línea 607 presentó mejor desempeño con respecto a productividad, de no haber sido implementada la mejora, estaría tomándose tiempo extra para cumplir con la producción semanal de cada turno.

Desde el punto de vista organizacional este proyecto pudo ofrecer ideas desde una perspectiva diferente, la implementación de mejoras que reduzcan el porcentaje de tiempos muertos por mantenimiento es beneficioso para la empresa, la optimización del tiempo representa la oportunidad de aprovechar ese tiempo en otras actividades para aumentar la productividad global de la organización.

Desde el punto de vista profesional, el desarrollo de un proyecto que elimine una deficiencia en una operación de trabajo, significa el desarrollo de nuevas habilidades, de aprender a

solucionar problemas, de trabajar en equipo, de analizar una problemática, lo cual fortalece el perfil, brindando mayor preparación y mejores oportunidades en las organizaciones.

La experiencia adquirida durante el desarrollo del proyecto es que cuando se trabaja en equipo el logro es mucho más de lo que se espera, al estar en un ambiente de trabajo, hace que se tenga una personalidad proactiva realizando el trabajo eficientemente, así como también tener el sentido de la responsabilidad al tener que presentar un trabajo, las cuales depende de las habilidades y conocimientos que uno posee.

#### **AGRADECIMIENTOS**

A la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo de este proyecto.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Hernández S, R. (2014). Metodología de la investigación. Mexico: Mc Graw Hill.
- Imai, M. (1997). Gemba Kaizen. México: Mc Graw Hill.
- Niebel, W., y Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. México: Mc Graw Hill.

## OPTIMIZACIÓN DE COSTOS LOGÍSTICOS EN EMPRESAS DE RECICLAJE MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO HÚNGARO

### OPTIMIZATION OF LOGISTICS COSTS IN RECYCLING COMPANIES THROUGH THE APPLICATION OF THE HUNGARIAN METHOD

YASMIN SOTO LEYVA<sup>1</sup>  
JOSÉ MIGUEL MARTÍNEZ CARRASCO<sup>2</sup>  
GUADALUPE SÁNCHEZ CALDERÓN<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En la última década la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) se ha incrementado con un índice del 8.2% anualmente, en México una familia integrada por 5 elementos genera aproximadamente un total de 0.79 kg/habitante/día (Rojas y Rodríguez, 2013)., trayendo consigo la apertura de plantas de reciclaje que brinden un segundo uso a estos RSU, estos centros de acopio son destinados a la recolección, almacenamiento y transporte trayendo consigo altos costos logísticos, en experiencia de Berenguer y Trista (2006) las organizaciones de reciclaje son importantes suministradoras de insumos para la fabricación de distintos artículos o equipos de larga duración, de igual manera aportan al desarrollo sostenible mediante la protección del medio ambiente y el ahorro de recursos materiales y energía. El caso analizado se suscita en una empresa de reciclaje ubicada en el Estado de México., en esta organización se expone un costeo logístico que asciendo al 30% de los costos generales, surgiendo la imperante necesidad de disminuirlos mediante la aplicación de una metodología cuantitativa (Método húngaro) que optimice y valide las rutas de asignación., ahora bien la presente aplicación se desarrolla en tres etapas: Etapa 1) Investigación exploratoria, Etapa 2) Investigación descriptiva, Etapa 3) Investigación aplicada, cada una de estas fases tienen un alcance económico visualizado con la reducción de los costos logísticos en un decremental del 11% y el establecimiento de la ruta idónea para el transporte y recolección de sólidos reciclables (chatarra de acero, plástico y otros materiales de segundo uso) dentro de la región y área de influencia.

**Palabras clave:** Costos logísticos, Reciclaje, Chatarra, Método Húngaro.

---

<sup>1</sup> Docente de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. yasmin.sl@huauchinango.tecnm.mx. ORCID 0000-0003-2652-7065. CVU CONACYT 951464.

<sup>2</sup> Alumno de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310054@huauchinango.tecnm.mx

<sup>3</sup> Alumna de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango. Huauchinango. Puebla. g20310075@huauchinango.tecnm.mx.

## **ABSTRACT**

In the last decade, the generation of urban solid waste (RSU) has increased at an rate of 8.2% annually, in Mexico a family made up of 5 elements generates approximately a total of 0.79 kg/inhabitant/day (Rojas and Rodríguez, 2013) ., bringing with it the opening of recycling plants that provide a second use to these RSU, these collection centers are intended for collection, storage and transportation, bringing with them high logistics costs, in the experience of Berenguer and Trista (2006) the organizations Recycling companies are important suppliers of inputs for the manufacture of different articles or long-lasting equipment, in the same way they contribute to sustainable development by protecting the environment and saving material resources and energy. The case analyzed arises in a recycling company located in the State of Mexico. In this organization, a logistics costing is exposed that amounts to 30% of the general costs, arising the prevailing need to reduce them through the application of a quantitative methodology (Hungarian method) that optimizes and validates the assignment routes. Now, the present application is developed in three stages: Stage 1) Exploratory research, Stage 2) Descriptive research, Stage 3) Applied research, each of these phases have a scope visualized with the reduction of logistics costs in a decremental of 11% and the establishment of the ideal route for the transportation and collection of recyclable solids (steel scrap, plastic and other second-use materials) within the region and area of influence.

**Keywords:** Logistics costs, Recycling, Scrap, Hungarian Method.

## **INTRODUCCIÓN**

La planta recicladora de materiales y desechos inorgánicos se encuentra ubicada geográficamente en el Estado de México (Véase Figura 1. Planta de reciclaje), está organización de transformación ocupa un puesto muy importante dentro de las empresas pertenecientes a este giro, trayendo consigo que se requiera una preparación eficaz y una mayor apertura en los procesos operativos. Este corporativo de reciclaje está interesado en mejorar los tiempos de entrega y disminuir los costos logísticos para trasportar la chatarra, la cual se segmenta en cuatro categorías: Categoría 1) Lámina, Categoría 2) Estructuras, Categoría 3) Material colado, Categoría 4) Botes, Categoría 5) Plásticos (PET), Categoría 6) Papel y Cartón.

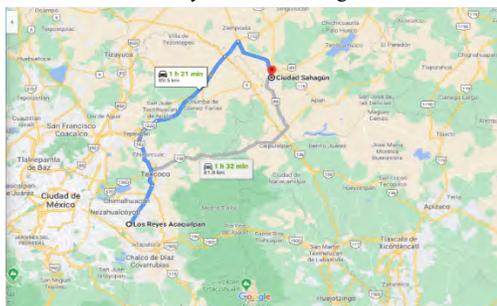


**Figura 1.** Planta de reciclaje. Fuente: Elaboración propia

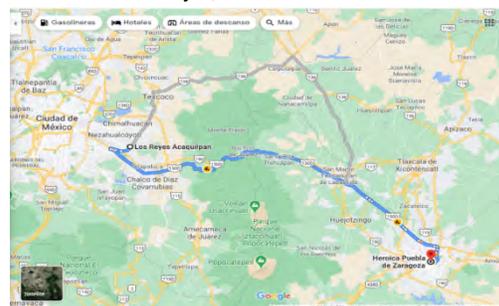
La empresa analizada se encarga de recolectar los RSU de segundo uso y transformarlos en objetos útiles de cualquier magnitud y masa variable, con la finalidad de minimizar espacios, tiempo y esfuerzos; el principal objetivo del proceso de transformación contribuye significativamente a disminuir los efectos de los residuos sólidos en el entorno medioambiental actual, disminuyendo la contaminación de agua, aire y el medio territorial donde se encuentra ubicada. Entre los materiales más comunes que se reciclan, se encuentran el acero, automóviles viejos, electrodomésticos, latas y clavos, botellas de plástico, papel y cartón, cabe recalcar que las latas de bebidas son los objetos más comunes de reciclar, estos RSU son fabricados a partir de zinc, hojalata y aluminio., este proceso de fabricación es uno de los métodos industriales con mayor grado de contaminación, ya que para obtener una sola tonelada se requieren 15, 000 kW/h. Reciclando estos metales se mejora la calidad del aire, disminuyen los emisores de gases efecto invernadero, generando un descenso de los residuos destinados a la incineración y disminuyendo sustancias tóxicas y peligrosas, contribuyendo a disminuir residuos de chatarra que acaban en vertederos. Al reciclar chatarra, se reduce significativamente la contaminación de agua, aire y los desechos de la minería en un 70%. Asimismo, obtener aluminio reciclado reduce un 95% la contaminación del aire, ahorra un 90% de la energía., ahora bien, de la misma manera esta empresa recicla residuos inorgánicos los cuales tienen su origen en un estado no biológico, es decir son aquellos que no pueden ser degradados naturalmente, ya que sufren una descomposición demasiado lenta, puesto que provienen de minerales y productos sintéticos. Algunos pueden hacerlo, pero tras el paso de los años y con la liberación de sustancias contaminantes nocivas para la salud y para el medioambiente, por esta razón los residuos inorgánicos están catalogados como residuos no biodegradables. En todo caso, es importante recalcar que la gran mayoría de los residuos inorgánicos son reciclables y pueden volver a utilizarse en la cadena de producción y consumo.

Con respecto a la logística de distribución la planta recicladora se encarga de distribuir su material a 4 lugares distintos los cuales son, Apizaco ubicada geográficamente en Tlaxcala, Ciudad Sahagún ubicada geográficamente en Pachuca, Estado de Puebla, y Estado de Veracruz. (Véase Figura 2. Estados de distribución de material procesado, punto de origen a destino). Esta empresa dispone de 4 diferentes medios de transporte para entregar el material en condiciones óptimas y asegurar un traslado seguro, estos medios de transporte son: Camión, Tráiler de caja unitaria, Tráiler full y Camión con Góndola.

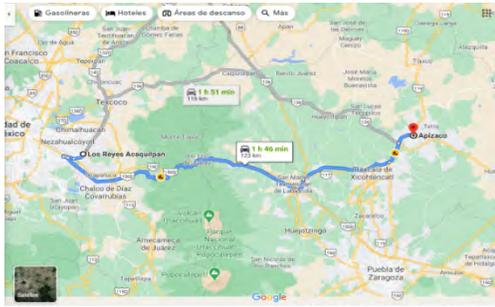
Los Reyes la Paz a Sahagún



2. Los Reyes, la Paz a Puebla



Los Reyes la Paz a Apizaco



4. Los Reyes la Paz a Veracruz

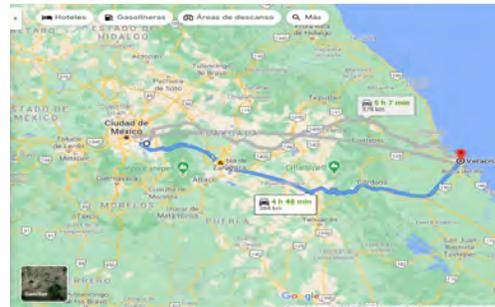


Figura 2. Estados de distribución de material procesado, punto de origen a destino. Fuente: Elaboración propia

El proceso de distribución asciende actualmente a \$251,803.26 mensuales, implicando una derrama económica del 30% de los costos generales, por tal motivo surge la necesidad de optimizar el proceso de traslado mediante la asignación correcta de las unidades de transporte, aprovechando las capacidades de la consolidación de carga (tonelada), el nivel de mantenimiento y las habilidades operativas de los conductores, estas variables se conjuntan para la selección de la metodología cuantitativa de transporte para la optimización, siendo el método húngaro el que cumple en su mayoría la captación de las variables mencionadas, en experiencia de Lozano (2010) esta metodología ofrece una asignación de cantidades de acuerdo a los requerimientos de la demanda y a las necesidades operativas, se contempla que para la aplicación de este sistema de evaluación cuantitativo se aplican tres pasos básicos, permitiendo el desarrollo de algoritmos auxiliares como la bipartita asociada, acoplamiento auxiliar y acoplamiento máximo (Leyva, Carrillo y Díaz, 2005). Al aplicar esta metodología de costeo logístico se disminuyó el 11% de los costos generales y se aprovechó al máximo las variables que forman parte de la consolidación de carga, de igual forma el beneficio obtenido aporta a las estrategias de expansión de la planta de reciclaje, debido a que harán uso del modelo general para la apertura de rutas de distribución futuras.

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:

El incremento poblacional en México y el mundo trae consigo la generación de cantidades exorbitantes de residuos, los cuales para su continua producción requieren de procesos nocivos para el medio ambiente y la vida que habita en el planeta tierra, es bien sabido que estos procesos productivos contaminan las distintas fuentes de vida que proveen al ser humano de recursos, por lo descrito anteriormente es de vital importancia conservar y generar organizaciones que contribuyan al desarrollo sostenible a través de lo ODS contemplados en la agenda 2030, de manera específica el ODS número 6 y el ODS 12 están orientados al fortalecimiento de las organizaciones dedicadas a la conservación y preservación del medio ambiente, si hablamos del ODS 6 enfocamos los esfuerzos al agua limpia y el saneamiento de las áreas comunes donde la sociedad comparte distintas actividades colaborativas, mientras que el ODS 12 fomenta la generación de sistemas de producción y consumos responsables., ahora bien, existe diversidad de empresas que en su mayoría se enfocan únicamente al cumplimiento de un ODS, pero en la búsqueda constante del cumplimiento e

interacción del ODS 6 y 12 encontramos a las organizaciones de reciclaje las cuales diseñan y llevan a cabo la recolección de los residuos inorgánicos y mediante procesos de transformación con un menor nivel de afectación le brindan una segunda vida a estos materiales previamente desechados, es importante considerar que estas empresas de reciclaje generan costos mayores en el ámbito de la logística debido a que están constituidas por dos áreas: Área de almacenamiento y recolección y área de fundición/subprocesos de transformación, los mayores costos logísticos que se exponen son debido al recorrido de las rutas asignadas entre estas dos áreas, estos costeos toman en cuenta el consumo de combustible, el pago de mano de obra, los procesos de mantenimiento, el desgaste de los neumáticos, etc. Por tal razón en la presente aplicación se genera un proceso de optimización mediante la asignación de unidades de carga (Tráiler Full, Tráiler de Caja Unitaria Camión Torton, Camión con Góndola) para que la empresa de reciclaje analizada disminuya los costos logísticos que ascienden al 30% de los costos generales, es conveniente mencionar que la optimización se llevó a cabo aplicando el algoritmo húngaro, el cual resulta ser una herramienta cuantitativa dentro del área de Investigación de Operaciones que disminuye notablemente los costos, apoyándose de la interacción de las siguientes variables de: a) Costos por km recorrido, b) Distancias, c) Tiempo. La aplicación de la metodología mencionada contribuirá a que la organización se mantenga en el mercado competitivo y siga contribuyendo al desarrollo sostenible con las acciones en pro del medio ambiente, se considera que si los costos no disminuyen esta empresa deberá de realizar reacomodos en su estructura organizacional y productiva, estos cambios implican despido de personal, venta de las unidades de transporte actuales, y si los costos aumentan un posible cierre temporal o definitivo de la organización.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Disminuir los costos logísticos de las empresas de reciclaje mediante el desarrollo del método húngaro, para designar las unidades de transporte ideales para transportar los RSU a las 4 plantas principales de fundición de RSU, optimizando las variables de capacidad de carga, mantenimiento de unidades de transporte y capacidades de mano de obra, manejando las políticas de operación logísticas dictadas por la organización de transformación.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecimiento del sistema actual de trabajo de la empresa de reciclaje.
- Análisis de variables con mayor intervención en los costeos logísticos.
- Desarrollo de metodología de optimización (método húngaro).

## **REFERENTE TEÓRICO**

### **Organizaciones de reciclaje**

Las empresas de reciclaje son aquellas empresas industriales que transforman los materiales o elementos utilizados y desechados para darle una nueva utilidad mediante los procesos físicos, químicos o mecánicos la transformación de los residuos o basura en nuevos productos o materia prima la cual será utilizada para otra actividad de esta forma busca reducir sus costos mediante la implementación de prácticas ambientales siendo una de ellas el reciclaje. Según Barrientos (2010) define al proceso de reciclaje como un procedimiento de trabajo físicoquímico mecánico que consiste en el reciclaje total o parcial de materiales o productos usados para obtener productos nuevos con el fin de obtener un beneficio mutuo con la sociedad.

### **Materiales de reciclaje**

Los principales materiales que se reciclan son los que están elaborados de materiales que se pueden moldear como lo es el vidrio, papel, cartón, aluminio, latas, etc. García (2015) afirma que los materiales reciclados son considerados como los pilares de la protección ambiental, ya que incluyen la recolección y procesamiento de fibras y elementos secundarios, lo que significa que se reduce la tasa de extracción de recursos primarios contribuyendo así al fortalecimiento de la naturaleza. El crecimiento, el desarrollo, el progreso tecnológico y la protección del medio ambiente son hechos que existen y son necesarios para mejorar la calidad de vida de los seres vivos, por lo que deben ser compatibles y buscar la forma de armonizar estos conceptos y desarrollarse de manera que se cumplan los requerimientos de la actual situación difieren entre sí, contemplando que las industrias deben mantener y mejorar la calidad de vida.

### **Costos logísticos**

Los costos logísticos son la suma de todos los costes asociados a la manipulación de las mercancías en la cadena logística, desde el despacho de los proveedores hasta la entrega de los productos a los clientes finales. Algunas de las actividades claves que afectan los costos logísticos son: Almacenamiento y transporte de productos, manejo de inventarios, pago de operadores, etc. Ballou (2004) los define como aquellos costos en que incurre la empresa u organización para garantizar un servicio óptimo a los clientes y proveedores, mediante la clasificación de costos de distribución, costos de suministro físico y costo de servicios al cliente conforme a la diferenciación de costos fijos o costos variables siendo aquellos que fluctúan en relación directa con el volumen de producción.

### **Método Húngaro**

El método húngaro fue creado por Harold W. Kuhn (Kuhn,1995), esta metodología cuantitativa se utiliza para la optimización de problemas de asignación, el algoritmo húngaro construye una solución del problema primal., partiendo de una solución no factible supraóptima (solución dual) buscando la factibilidad en cada iteración con base en las relaciones de las soluciones primal-dual. Su principal beneficio es la asignación de tareas o trabajos a los recursos mediante la minimización de los costes totales o del tiempo necesario para su realización.

## Medios de transporte

El transporte juega un papel importante dentro de la cadena de logística, esencialmente en los procesos de aprovisionamiento y distribución a su vez tienen relación con los procesos productivos y, por esta razón, no puede aislarse el transporte de la cadena logística. El transporte es un elemento importante de la planificación y gestión del diseño. Un sistema integrado de gestión logística que le permite mover materias primas, productos terminados e incluso personas a través de la cadena de transporte. Portales (2001) menciona que el transporte es el movimiento de materiales o productos empezando por el punto donde se produce hasta el punto donde se consume, el objetivo principal del transporte es colocar los productos a disposición de los usuarios para ser utilizados al momento de requerirlo., ahora bien el movimiento de mercancías se lleva a cabo a través de cuatro medios básicos de transporte: ferrocarril, carretera, marítimo y aéreo, la constante búsqueda de mayor economía busca la interacción de servicios mixtos que se utilizan en combinación de medios (Pauicos, Navascués y Yubero, 2000).

## Principios de optimización

El principio de optimización se basa en minimizar o maximizar una función, mediante la definición de objetivos., cambiando el valor del conjunto de restricciones mensurable. En cuanto a logística, los procesos de optimización son orientados a la minimización del costo total y la maximización de la utilización. De la misma manera las principales limitaciones son los costos de inventario, costos generales, tiempo de respuesta y los costos de ventas perdidas (Warunyuwong y Arayapan, 2009, p. 32).

## METODOLOGÍA

La metodología planteada para la presente aplicación se desarrolla en las tres siguientes (Véase Figura 3. Metodología aplicada).

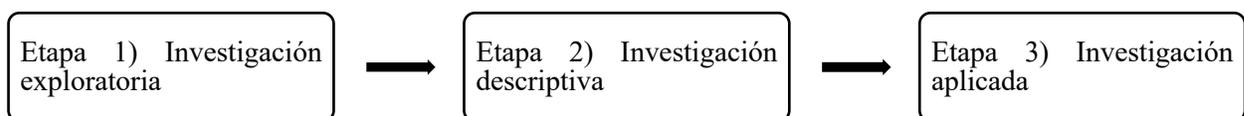
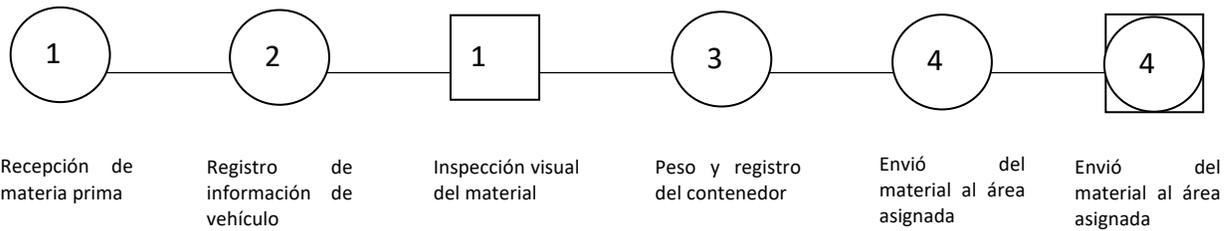


Figura 3. Metodología aplicada. Fuente: Elaboración propia

### Etapa 1) Investigación exploratoria

Zafra (2006) indica que la investigación exploratoria se efectúa cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes, desde la perspectiva de distintas variables, factores o aspectos que intervienen o hacen variar la situación del problema, de acuerdo a lo descrito anteriormente se procede a generar la secuencia idónea del proceso para profundizar en la metodología de recepción de chatarra (Véase Figura 4. Secuencia de actividades operativas, recepción de chatarra), teniendo como objetivo identificar los tiempos operativos y establecer el sistema de trabajo óptimo para disminuir los tiempos ociosos de los operadores de transporte, optimizando una de las variables significativas indicadas por la gerencia del área de logística, misma que se ve reflejada en el pago de salarios que incluyen pagos de horas extras.



**Figura 4.** Secuencia de actividades operativas, recepción de chatarra. Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar es indispensable realizar una clasificación del material que es considerado como chatarra por lo cual procederemos a realizar la segmentación indicando el tipo de material y la cantidad promedio que se recibe para su posterior envío a las plantas de fundición o subprocesos de transformación. (Véase Tabla 1. Clasificación de materiales)

**Tabla 1.** Clasificación de materiales

Tipo de material	Cantidad de materiales entrante (Toneladas)
Laminas	186
Estructuras	60
Latas	10
Plástico PET	55
Papel	62
Cartón	71

Fuente: Elaboración propia

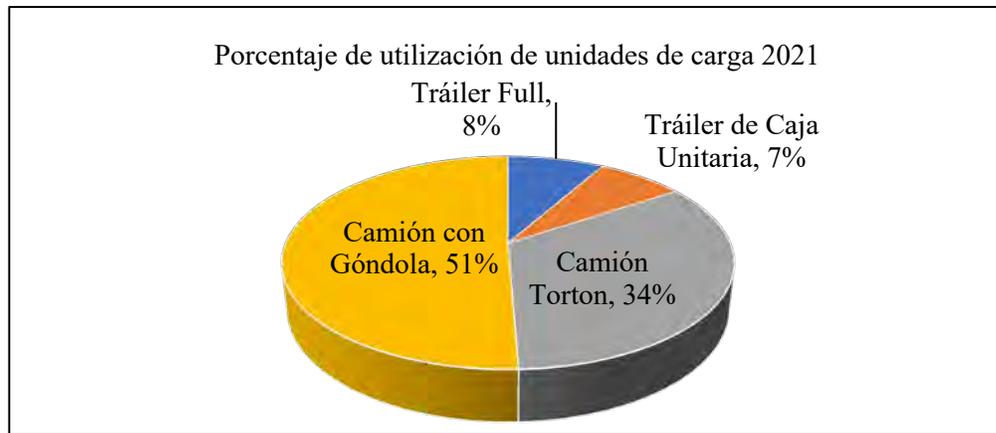
## Etapa 2) Investigación descriptiva

En experiencia de Tinto (2013), el modelo de investigación descriptiva se conforma por el análisis detallado y cuantitativo de las variables que intervienen en el proceso, para el caso analizado estas variables se dividen en dos grupos, el primer grupo hace referencia a los factores de carga de los medios de transporte (Véase Tabla 2. Variables cuantitativas de medios de transporte), y el segundo bloque indica el porcentaje de utilización de los medios de transporte de acuerdo a los envíos registrados con un histórico mensual (Véase Gráfico 1. Porcentaje de utilización de unidades de carga 2021).

**Tabla 2.** Variables cuantitativas de medios de transporte

Medio de transporte	Capacidad de carga (Toneladas)	Velocidad de desplazamiento (Km/h)
Tráiler Full	< 70 toneladas	< 70 Km/h
Tráiler de Caja Unitaria	< 40 toneladas	< 80 km/h
Camión Torton	< 20 toneladas	< 90 km/ h
Camión con Góndola	< 30 toneladas	< 80 km/h

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico 1.** Porcentaje de utilización de unidades de carga 2021.  
 Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en esta etapa exponen las capacidades y costos que interviene para la asignación idónea de rutas, mismos datos que serán de gran utilidad para la implementación del método húngaro.

### **Etapa 3) Investigación aplicada**

Una vez que se aplicaron las etapas anteriores, y considerando que se tiene información suficiente se válida la información a través del costeo logístico por ruta considerando las distancias de recorrido y los costos que implican las siguientes variables: 1) Costos de mano de obra, 2) Costos de combustible, 3) Costos de desgaste de neumáticos, 4) Costos de mantenimiento, 5) Costos de personal de custodia, 6) Pago de casetas (aplica cuando lo requiere la urgencia de entrega de pedido), el costeo logístico por unidad de transporte se muestra a continuación (Véase Tabla 3. Costeo logístico mensual).

**Tabla 3.** Costeo logístico mensual

	Los Reyes la Paz a Sahagún	Los Reyes, la Paz a Puebla	Los Reyes la Paz a Apizaco	Los Reyes la Paz a Veracruz
Tráiler Full	\$ 3,054.86	\$ 3,660.19	\$ 3,283.20	\$ 10,652.51
Tráiler de Caja Unitaria	\$ 2,765.71	\$ 3,313.75	\$ 2,972.44	\$ 9,644.25
Camión Torton	\$ 12,571.43	\$ 15,062.50	\$ 13,511.11	\$ 43,837.50
Camión con Góndola	\$ 18,857.14	\$ 22,593.75	\$ 20,266.67	\$ 65,756.25

Fuente: Elaboración propia

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARCIALES O FINALES.**

Conforme a los datos presentados en las etapas metodológicas se procede a realizar el cálculo unitario de desplazamiento, los costos unitarios resultantes se muestran en la siguiente tabla (Véase Tabla 4. Costos unitarios de desplazamiento por ruta).

**Tabla 4.** Costos unitarios de desplazamiento por ruta

Origen		Plantas de fundición/subproceso de transformación (Destino)			
		Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
Corporativo de reciclaje	Camión Torton	0.175	0.245	0.155	0.27
	Camión con Góndola	0.176	0.216	0.14	0.26
	Tráiler de Caja Unitaria	0.167	0.21	0.15	0.326
	Tráiler Full	0.141	0.166	0.127	0.258

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a realizar el método húngaro siguiente la secuencia siguiente:

Paso 1) Determinar los costos menores por cada columna/ restar el costo menor a cada uno de los elementos que integran el renglón (Véase Tabla 5. Paso 1. Método Húngaro).

**Tabla 5.** Paso 1. Método Húngaro

Origen		Apizaco	Puebla	Sahagún	Veracruz	Costo menor	Apizaco	Puebla	Sahagún	Veracruz
Empresa de reciclaje	Camión Torton	0.175	0.245	0.155	0.27	0.155	0.02	0.09	0	0.115
	Camión con Góndola	0.176	0.216	0.14	0.26	0.14	0.036	0.076	0	0.12
	Tráiler de Caja Unitaria	0.167	0.21	0.15	0.326	0.15	0.017	0.06	0	0.176
	Tráiler Full	0.141	0.166	0.127	0.258	0.127	0.014	0.039	0	0.131

Fuente: Elaboración propia

Paso 2) Determinar los costos menores por cada columna/ restar el costo menor a cada columna (Véase Tabla 6. Paso 2. Método Húngaro).

**Tabla 6. Paso 2. Método Húngaro**

Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz	Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
0.02	0.09	0	0.115	0.006	0.051	0	0
0.036	0.076	0	0.12	0.022	0.037	0	0.005
0.017	0.06	0	0.176	0.003	0.021	0	0.061
0.014	0.039	0	0.131	0	0	0	0.016
0.014	0.039	0	0.115				

Fuente: Elaboración propia

Paso 3) Asignación de líneas (Véase Tabla 7. Paso 3. Método Húngaro).

**Tabla 7. Paso 3. Método Húngaro**

Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
0.006	0.051	0	0
0.022	0.037	0	0.005
<del>0.003</del>	<del>0.021</del>	<del>0</del>	<del>0.061</del>
0	0	0	0.016

Fuente: Elaboración propia

Paso 4) Aseguramiento de cobertura de costos unitarios (Véase Tabla 8. Paso 4. Método Húngaro).

**Tabla 8. Paso 4. Método Húngaro**

Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz	Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
0.006	0.051	0	0	0.003	0.048	0	0
0.022	0.037	0	0.005	0.019	0.034	0	0.005
0.003	0.021	0	0.061	0	0.018	0	0.061
0	0	0	0.016	0	0	0.003	0.019

Fuente: Elaboración propia

Paso 5) Reasignación de líneas (Véase Tabla 9. Paso 5. Método Húngaro).

**Tabla 9. Paso 5. Método Húngaro**

Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
0.003	0.048	0	0
0.019	0.034	0	0.005
<del>0</del>	<del>0.018</del>	<del>0</del>	<del>0.061</del>
0	0	0.003	0.019

Fuente: Elaboración propia

Paso 6) Asignación óptima (Véase Tabla 10. Paso 6. Método Húngaro).

**Tabla 10.** Paso 6. Método Húngaro

Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz	Apizaco	Puebla	Ciudad Sahagún	Veracruz
0.003	0.048	0	0				0.27
0.019	0.034	0	0.005			0.14	
0	0.018	0	0.061	0.167			
0	0	0.003	0.019		0.166		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado obtenido se determina que el transporte terrestre ideal para cada uno de las plantas de fundición o subprocesos de transformación es el siguiente (Véase Tabla 11. Asignación de medios de transporte para optimizar costos logísticos):

Tabla 11. Asignación de medios de transporte para optimizar costos logísticos

Plantas de fundición o subprocesos de transformación	Medio de transporte de óptimo
Veracruz	Camión Torton
Ciudad Sahagún	Camión con Góndola
Apizaco	Tráiler de Caja Unitaria
Puebla	Tráiler Full

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar el beneficio económico alcanzado se refleja en la disminución del 19% de los costos generales con respecto al 30% que representan los costos logísticos para la empresa de reciclaje, exponiendo un decremental de 11%, es decir con la designación óptima de las unidades de transporte se obtiene un costo de \$159, 475.664, generando un ahorro promedio que equivale a \$92,327.596.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos que se derivan de la presente aplicación muestran la importancia de las temáticas de optimización dentro de las organizaciones empresariales, para el caso analizado se expone una metodología de trabajo basada en los tres niveles de investigación que forman parte del método científico, estos niveles son aplicados para conocer el proceso de reciclaje, determinar las variables cuantitativas y cualitativas, medir las variables cuantitativamente y valorar los costos logísticos a los que ascienden los procesos de distribución en el medio empresarial, considero que el método húngaro ser una herramienta efectiva y de fácil aplicación para desarrollar mejoras en las plantas de reciclaje, esto en respuesta al beneficio económico alcanzado el cual asciende al 19% de los costos generales, la asignación de medios de transporte traerá efectos colaterales positivos que serán visibles en: 1) Mantenimientos correctivos de menor costo y menor periodicidad, 2) Disminución de cambios de piezas en los medios de transporte de mayor uso, 3) Consumo de combustible de

acuerdo al nivel de utilización de cada unidad de carga (equilibrio de cargas), 4) Menor pago de horas extras (monitoreo de tiempos de entrega). De manera general optimizar los costos logísticos con herramientas correspondientes a la Investigación de Operaciones aportó un beneficio cuantitativo en el entorno económico y operativo de la empresa de reciclaje estudiada.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Huachinango y a la Academia de Ingeniería Industrial por las facilidades prestadas para la elaboración del presente capítulo de libro.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación, México.
- Barrientos, J. (2010). *El reciclaje en Venezuela: Muchas iniciativas y pocos resultados*. Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas. Venezuela.
- Berenguer H, M y Trista M, J.J. (2006). *El reciclaje, la industria del futuro*. Ciencia en su PC, núm. 3, Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba, Cuba.
- García, R. (2015). *El reciclaje, como estrategia para el incremento del empleo, aplicación económica de residuos y el cuidado del medio ambiente*. Revista de los desarrollos locales sostenibles ISSN, 3.
- Kuhn, H. W. (1955). *The Hungarian method for the assignment problem*. Naval Research Logistics Quarterly, 2(1-2), 83–97.
- Leyva, H., Carrillo F y Diaz J. (2005). *Memorias De La XV Semana Regional De Investigación Y Docencia En Matemáticas*
- Lozano J., (2010). *Comparación de Métodos de Distribución en Planta para Centros de Trabajo. Aplicado en Empresa del Sector Metalmecánico*.
- Paucos, J., Navascués, R., y Yubero E, M. (2000). *Manual de logística integral*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Rojas C. A y Rodríguez B, R. (2013). *Experiencia de participación comunitaria para el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos en México*. Global Health Volumen 22. journals.sagepub.com. Issue 2 <https://doi.org/10.1177/1757975914543576>.
- Tinto A, J. A. (2013). *El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen*. Provincia, Núm. 29. Pág. 135-173. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

- Zafra G, O. (2006) Tipos de Investigación. Revista Científica General José María Córdova. Vol. 4. Núm. 4. Pág. 13-14. Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova". Bogotá, Colombia.
- Warunyuwong, P., y Arayapan, k. (2009). Aplicación de Modelado de Optimización en Logística de Entrada.



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI)

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (978-607-59328)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.

Presentación en medio electrónico digital: Descargable

La imagen de portada cuenta con licencia autorizada.

Formato PDF 13 MB

Fecha de aparición 18/11/2022

ISBN 978-607-59328-5-9