



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**MEJORAMIENTO DE PAUTAS DE MANTENIMIENTO PARA MÓDULOS DE PRODUCCIÓN**

**DE CIGARRILLOS PARA TABACALERA HONDUREÑA S.A.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21341026 ALDO JAVIER BU GUZMÁN**

**ASESOR:**

**ING. DARWIN REYES HERNÁNDEZ**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**FEBRERO 2018**

# ÍNDICES

<b>I. Introducción</b> .....	1
<b>II. Planteamiento del Problema</b> .....	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Definición del problema.....	2
2.3 Preguntas de investigación.....	3
2.4 Objetivos.....	3
2.4.1 Objetivo general .....	3
2.4.2 Objetivos específicos.....	3
2.5 Justificación .....	4
<b>III. Marco Teórico</b> .....	5
3.1 Metodología de los cinco porqués.....	5
3.1.1 Pasos para realizar los cinco porqués .....	6
3.1.2 Limitaciones del proceso de los cinco porqués.....	7
3.2 Metodología espina de pescado y causa/efecto.....	8
3.2.1 Ventajas del diagrama de espina de pescado.....	10
3.2.2 Desventajas del diagrama de espina de pescado.....	10
3.2.3 Etapas para el desarrollo de el diagrama causa-efecto.....	11
3.3 Proceso de mejora continua.....	12
3.4 Analisis de modos de falla, efecto y criticidad (FMECA).....	14
3.4.1 Indice total de prioridad de riesgo (IPR) .....	15
3.4.2 Numero de prioridad de riesgo (NPR) .....	15
3.4.3 Criterio de valoracion de la severidad.....	17
3.4.4 Criterio de valoracion de la ocurrencia.....	18
3.4.5 Criterio de valoracion de la detección.....	18
3.4.6 Tabla simple para desarrollar FMECA.....	19
3.4.8 Beneficios de la implementación de FMECA .....	19
3.4.9 Donde aplicar FMECA.....	20
3.5 Términos esenciales para el mantenimiento .....	21
3.6 Módulos de produccion de cigarrillos.....	24

3.6.1 Área de hacer.....	24
3.6.2 Área de empaque.....	26
3.6.3 Área de filtros .....	28
<b>IV. Metodología.....</b>	<b>29</b>
4.1 Variables de investigación.....	29
4.1.1 Variables dependientes.....	29
4.1.2 Variables Independientes.....	29
4.2 Enfoque y Métodos.....	30
4.3 Población y Muestra.....	31
4.4 Fuentes de informacion .....	31
4.5 Cronograma de actividades .....	32
<b>V. Resultados y Análisis.....</b>	<b>33</b>
5.1 Resultados octubre manto. preventivo vrs manto correctivo.....	33
5.2 Muestra de tiempos muertos de módulo 2 del mes de octubre.....	34
5.2.1 MTBF & OEE de módulo 2 en el mes de octubre.....	36
5.3 Muestra de tiempos muertos de módulo 5 del mes de octubre.....	39
5.3.1 MTBF & OEE de módulo 5 en el mes de octubre.....	41
5.4 Costos por quiebres de módulo 2 y 5 en el mes de octubre.....	45
5.5 Análisis de quiebres y fallas.....	46
5.6 Modificación de Pautas.....	50
5.7 Mayores pérdidas por máquina.....	51
5.8 Resultados mes de noviembre.....	52
<b>VI. Conclusiones .....</b>	<b>55</b>
<b>VII. Recomendaciones .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII. Bibliografía .....</b>	<b>57</b>
ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama comparativo mantenimiento preventivo vs. correctivo .....	2
Ilustración 2. Procedimiento para estudio de depuración y actualización de pautas.....	4
Ilustración 3. Formato de los cinco porqués.....	5
Ilustración 4. Los cinco porqués.....	6
Ilustración 5. Ejemplo base de diagrama espina de pescado .....	8
Ilustración 6. Diagrama de causa efecto ideado por el ingeniero Ishikawa .....	9
Ilustración 7. Diagrama completo de espina de pescado.....	10
Ilustración 8. Diagrama espina de pescado con ramas de varios niveles.....	11
Ilustración 9. Proceso de mejora continua .....	13
Ilustración 10. Implementación de FMECA para plan de mantenimiento.....	16
Ilustración 11. Produccion de cigarrillos, área hacer .....	25
Ilustración 12. Vista completa de las máquinas de área empaque.....	27
Ilustración 13. Vista completa de las máquinas de área de filtros.....	28
Ilustración 14. Mantenimiento preventivo contra correctivo mes de octubre.....	33
Ilustración 15. Diagrama Causa/Efeccto para ruptura de acople de encoder M5.....	47
Ilustración 16. Diagrama Causa/Efeccto para engranajes con desgaste M2.....	49
Ilustración 17. Grafico de pautas creadas/modificadas en el mes de octubre.....	50
Ilustración 18. Mantenimiento preventivo contra correctivo mes de noviembre.....	53
Ilustración 19. Elaboración de instructivo de trabajo parte 1.....	59
Ilustración 20. Elaboración de instructivo de trabajo parte 2.....	60
Ilustración 21. Elaboración de instructivo de trabajo parte 3.....	61
Ilustración 22. Muestra de paros en la X1.....	62
Ilustración 23. 4350CH módulo 5.....	63
Ilustración 24. Implementación de LOTOTO.....	64
Ilustración 25. X1 módulo 5.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de valoración de la severidad.....	17
Tabla 2. Criterio de valoración de la ocurrencia.....	18
Tabla 3. Criterio de valoración de la detección.....	18
Tabla 4. Criterios para desarrollar FMECA.....	19
Tabla 5. Secciones principales de las máquinas de hacer.....	25
Tabla 6. Secciones principales de las máquinas de empaque.....	27
Tabla 7. Cronograma de actividades.....	32
Tabla 8. Muestra de paros por fallas mes de octubre en módulo 2.....	35
Tabla 9. Resultados de MTBF & OEE para módulo 2 en el mes de octubre.....	38
Tabla 10. Métricas en el mes de octubre M2.....	39
Tabla 11. Muestra de paros por fallas mes de octubre en módulo 5.....	40
Tabla 12. Resultados de MTBF & OEE para módulo 5 en el mes de octubre.....	45
Tabla 13. Métricas en el mes de octubre M5.....	46
Tabla 14. Aplicación FMECA para Eje de transmisión Max80 M2.....	48
Tabla 15. Mayores pérdidas por máquina M2.....	51
Tabla 16. Mayores pérdidas por máquina M5.....	51
Tabla 17. Métricas en el mes de noviembre M2.....	52
Tabla 18. Métricas en el mes de noviembre M5.....	52

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Índice de prioridad de riesgo.....	15
Ecuación 2: Numero de prioridad de riesgo.....	15

## GLOSARIO

- **Avería:** Daño o deterioro que impide el funcionamiento de algo.
- **Deshumidificación:** es una reducción de la humedad específica del agua en el aire, en general para proporcionar una condición más confortable.
- **Humidificación:** es una operación en la cual se da una transferencia simultanea de materia y calor sin la presencia de una fuente de calor externa.
- **IWS:** "Integrated Work System" o "Sistema de Trabajo Integrado" es un sistema utilizado por industrias manufactureras para integrar el trabajo e incrementar el rendimiento de producción basadas en el mantenimiento autónomo.
- **MTBF:** "Mean Time Between Failure" o "Tiempo Medio de Vida entre Fallos" es el tiempo en el cual el equipo permanecerá sin averías cuando trabaje en condiciones físicas sobre las que está diseñado.
- **OEE:** "Overral Equipment Effectiveness" o "Eficiencia General de los Equipos" es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.
- **SAP:** es un software ERP (Enterprise Resource Planning) diseñado para la contabilidad, gestión de almacén, gestión de clientes y gestión de producción.
- **Virus del mosaico:** es un virus ARN que infecta plantas, especialmente al tabaco y otros miembros de la familia Solanaceae.

## I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento debe ser considerado en uno de los pilares de las industrias de producción para mantener en perfectas condiciones el estado óptimo de las máquinas que poseen. Carrasco, F.J.C. (2015) afirma: "El sector del mantenimiento es preciso analizarlo desde una perspectiva de las personas implicadas. Siendo una de las actividades estratégicas en las empresas, sigue teniendo grandes deficiencias según se puede extraer de las encuestas sectoriales y de gestión de las empresas."

Tabacalera Hondureña S.A. (TAHSA) es el mayor fabricante de cigarrillos de la región latinoamericana y del caribe, satisfaciendo a los estándares más rigurosos de calidad, el cual le ha permitido obtener la certificación de calidad mundial ISO 9001. TAHSA ha sido una de las primeras empresas en incorporar el sistema IWS dedicado a integrar el trabajo de mantenimiento para prevenir paros y mejorar su rendimiento de producción e incrementar el tiempo entre paradas. Debido a la demanda de cigarrillos que existe en Latinoamérica y el caribe, TAHSA se ve comprometida a mantener su planta de producción en pleno estado óptimo.

Las pautas de mantenimiento preventivo y correctivo planificado actuales de las máquinas de manufactura de cigarrillos requieren una actualización para eliminar las tareas que ya no son necesarias y al mismo tiempo agregar aquellas que deben realizarse para nuevas máquinas. Esto se debe a que en los últimos meses la empresa ha bajado repentinamente su MTBF. El proyecto consiste en poder dar soporte a los análisis de fallas para poder determinar correctamente las pautas de mantenimiento preventivo y correctivo planificado eficaces para poder evitar paros futuros y en dado caso en la depuración de pautas de equipo que ya la empresa haya dado como obsoleto. Una buena programación de un mantenimiento preventivo evitara en gran medida trabajos correctivos no planificados con lo cual se logrará evitar, costes adicionales de materiales que el equipo necesite siguiendo las especificaciones del fabricante.

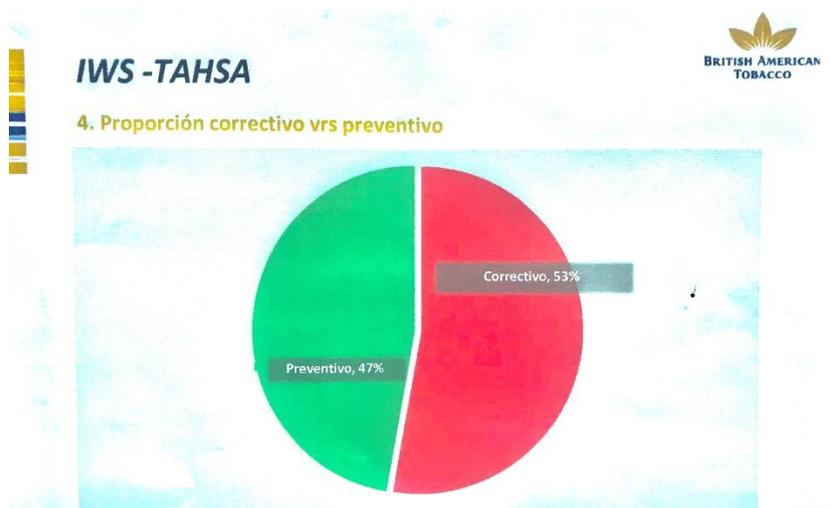
## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 ANTECEDENTES

Tabacalera Hondureña S.A. (TAHSA), cuenta con 5 módulos de producción para la elaboración de cigarrillos. Cada módulo está separado en dos secciones, hacer y empaque. La mayoría de los módulos poseen los mismos equipos de las marcas Hauni y G.D Italia teniendo algunas variantes en los motores. A cada uno de los módulos se la han ido haciendo modificaciones por el cual algunas de sus pautas quedan obsoletas al momento de realizar el mantenimiento preventivo. Estos módulos requieren la creación o actualización de dichas pautas para evitar los paros imprevistos en el momento de producción, lo cual conlleva al propósito de mi proyecto en mejorar el planeamiento del mantenimiento preventivo aumentando el OEE general de la empresa y reduciendo porcentualmente el mantenimiento correctivo no planificado.

### 2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

En estos últimos meses del año se ha incrementado el porcentaje de mantenimiento correctivo en la empresa. La falta de actualización y depuración de las pautas de mantenimiento eléctrico mecánico han dificultado el planeamiento de los mantenimientos correctivos de los módulos de producción. Al no llevar a cabo un buen mantenimiento podría traer severas consecuencias de fallas en el equipo e incrementando los costos de producción.



**Ilustración 1. Diagrama comparativo mantenimiento preventivo vs. correctivo**

Fuente: TAHSA

## **2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son las fallas más críticas de los módulos de producción y como contrarrestarlas por medio de un mantenimiento correcto?

¿Qué método de análisis de fallas sería el ideal para incrementar el MTBF?

¿En qué magnitud es afectada la producción debido al aumento de paros no programados?

## **2.4 OBJETIVOS**

Los objetivos deben expresarse con claridad para evitar posibles desviaciones en el proceso de investigación cuantitativa y ser susceptibles de alcanzarse; son las guías del estudio y hay que tenerlos presente durante todo su desarrollo. Evidentemente, los objetivos que se especifiquen requieren ser congruentes entre sí. (Hernández, 2006).

### **2.4.1 OBJETIVO GENERAL**

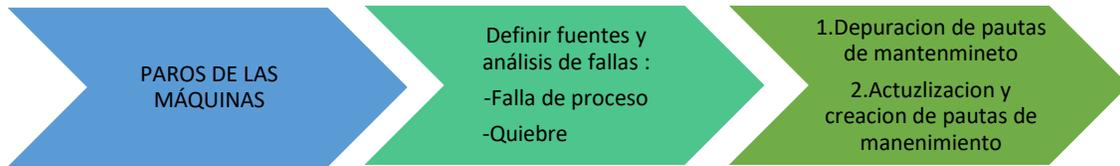
Diseñar a través de una revisión de actualización y depurado de pautas de mantenimiento preventivo para los módulos de producción de cigarrillo incrementando el MTBF.

### **2.4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Estimar los problemas en los componentes electrónicos y mecánicos para llevar un análisis de fallas.
- Definir un plan de corto y largo plazo mediante a la incorporación de frecuencia de cambio a componentes críticos de las máquinas en los módulos de producción.
- Reducir el numero de paradas o quiebres por fallas electromecánicas.

## 2.4 JUSTIFICACIÓN

Conforme a las políticas de mejora por parte del departamento de ingeniería de producción se consideró que el mantenimiento preventivo no estaba siendo 100% eficaz debido a la acumulación de operaciones de mantenimiento que se encuentran obsoletas. Las acumulaciones de quiebres de los componentes de las máquinas están afectando económicamente a la producción de cigarrillos debido a que estos son bien costosos. Para proporcionar un mantenimiento preventivo correcto se debe analizar la causa y raíz de los fallos, para eso utilizare diferentes técnicas de análisis como los cinco porqués, análisis causa-efecto, FMECA, y análisis de espina de pescado. Se determinará cuál de estas técnicas es la más eficaz para el estudio de fallas y quiebres para poder tomar decisiones correctas y evitar la suposición para mejorar generalmente el tiempo entre paros y aumentando la productividad de los módulos. Según (De Seta, 2008), "La técnica de los 5 Porqué es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Porqué es determinar la causa raíz de un defecto o problema."



**Ilustración 2. Procedimiento para estudio de depuración y actualización de pautas**

Fuente: Elaboración propia.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LOS CINCO PORQUÉS

Según (Rossy, 2015), "La técnica de 'los 5 por qué' es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Porqué es determinar la causa raíz de un defecto o problema".

Los 5 porqués tiene las siguientes cualidades:

- Ayuda a identificar rápidamente la causa-raíz de un problema general.
- Afecta positivamente en la resolución de otros problemas derivados de un árbol evolucionado de la causa-raíz.
- Es un método eficiente ya que requiere poco tiempo y energía para resolver un problema.

Esta técnica fue creada en los años 70 por Sakichi Toyoda, fundador de Toyota, nos sirve para encontrar las causas de un problema y así poder enfocar mejor su solución. Consiste en preguntarse el porqué del problema y, una vez dicha la respuesta, volver a preguntarse "¿por qué?" continuamente hasta encontrar el origen verdadero del problema.

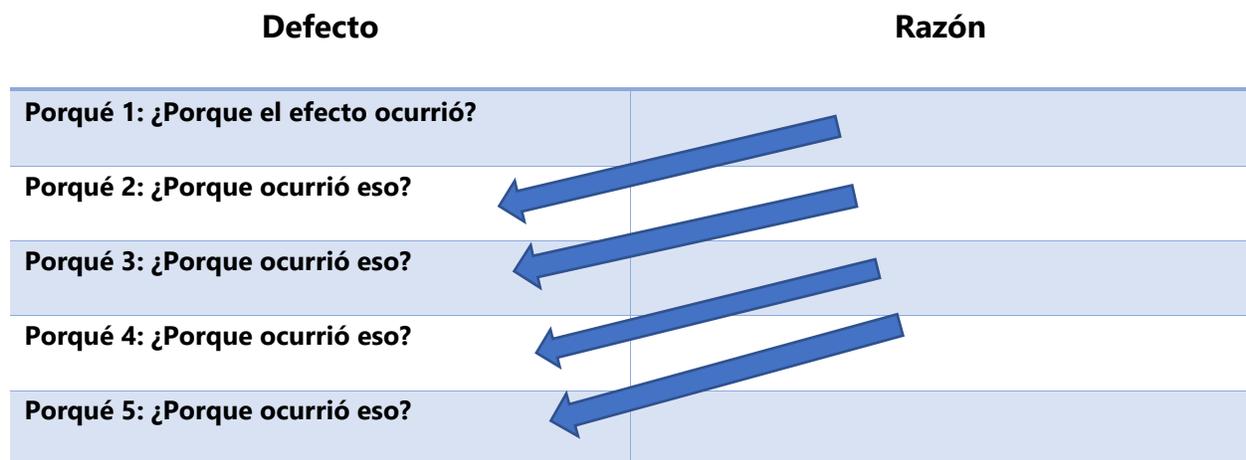


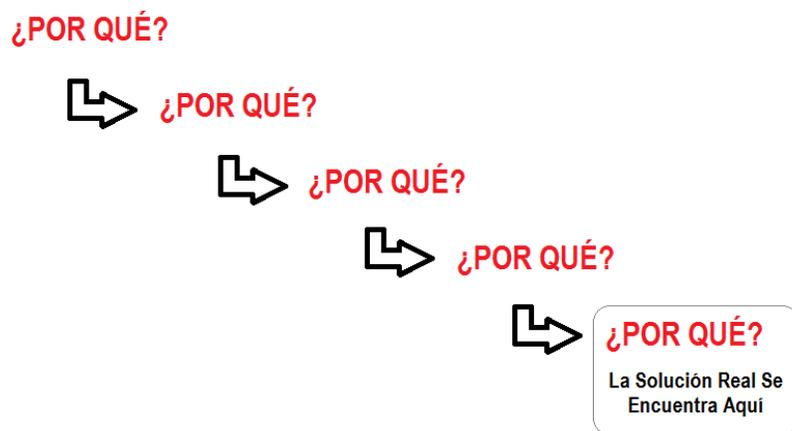
Ilustración 3. Formato de los cinco porqués.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1 PASOS PARA REALIZAR LOS CINCO PORQUÉS

Para llevar a cabo la técnica de los cinco porqués de una manera eficiente se debe seguir estos 5 pasos:

1. Realizar una lluvia de ideas apoyándose del modelo de causa-efecto.
2. Identificar las posibles causas para empezar la creación de preguntas como, por ejemplo: "¿Por qué es así? o ¿Por qué está pasando esto?".
3. Repetir el proceso de pregunta por lo menos cinco veces.
4. En dado caso que exista más preguntas esto debe a que se está buscando la raíz o problema a fondo ayudando a obtener las causas principales.
5. Durante el proceso de preguntas se debe evitar preguntar "Quien" ya que se busca enfocar a la persona en profundizar los orígenes del problema y no en la persona involucrada.



**Ilustración 4. Los cinco porqués.**

Fuente: Torjo Sagua, 2013.

Según (Torjo Sagua, 2013), "En algunos casos, la naturaleza lineal de los 5 ¿Por qué? Puede ocasionar que la gente brinque a las conclusiones y falle en encontrar la verdadera causa o causas raíz de un incidente o accidente. Mientras que esta técnica puede ser utilizada de manera exitosa para investigaciones muy básicas, tiene limitaciones de las cuales los investigadores deben estar conscientes antes de utilizarla."

### **3.1.2 LIMITACIONES DEL PROCESO DE LOS CINCO PORQUÉS**

El proceso de los cinco porqués conlleva ciertas limitaciones como:

- Tendencia a detener los síntomas más que encontrar el nivel más profundo de causa-raíz.
- Inhabilidad para ir más allá del conocimiento actual del equipo investigador.
- Falta de soporte para auxiliar al equipo investigador acerca de preguntar los adecuados ¿Por qué?
- Los resultados no son repetibles.
- Se pueden presentar derivaciones.

Con el fin de reducir la repetitividad es necesario atacar directamente la causa raíz del problema y para ello, es muy útil hacer uso de una o varias técnicas de resolución de problemas, por lo que analizaremos una a una las técnicas más importantes que pueden ayudar a mejorar nuestro Sistema de Gestión. (Morales, 2013).

Debemos tomar en cuenta que la información que recolectamos debe ser correcta ya que las suposiciones pueden llevarnos a una mala comprensión del problema, y no obtendremos los resultados correctos y esperados. Se requiere obtener la mayor cantidad de evidencia posible y lo más rápido posible. En ciertos casos el proceso de los cinco porqués no da los resultados esperados, por eso esta herramienta se puede apoyar utilizando el modelo de causa-efecto o espina de pescado para un análisis más profundo.

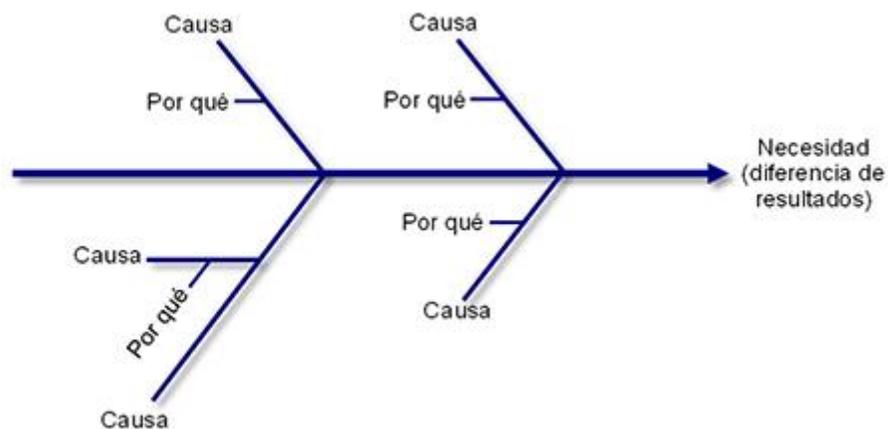
Para el análisis de los fallos y quiebres el método de los cinco porqués funciona muy bien ya que se puede profundizar la raíz el problema teniendo varios enfoques que enriquecen la investigación. Se puede partir de varios factores como por máquina, hombre, entorno, método o medida. Para mejorar las pautas de mantenimiento se debe analizar y profundizar sobre estos aspectos previamente mencionados.

### 3.2 METODOLOGIA ESPINA DE PESCADO Y CAUSA/EFEECTO

Ésta técnica nos permite analizar problemas y ver las relaciones entre causas y efectos que existen para que el problema analizado ocurra. Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad. (Kaab, 2009).

La espina de pescado se utiliza para:

- Visualizar las causas principales y secundarias del problema.
- Amplia la visión de las posibles causas de los problemas, fomentando su análisis y propuesta de soluciones.
- Contribuir en la búsqueda de mejoras de procesos.
- Modificación de procedimientos, métodos, o hábitos, con soluciones sencillas y eficaces.
- Ayuda a expandir la comprensión de un problema.
- Ayuda a controlar problemas durante el inicio y final del proceso.



**Ilustración 5. Ejemplo base de diagrama espina de pescado**

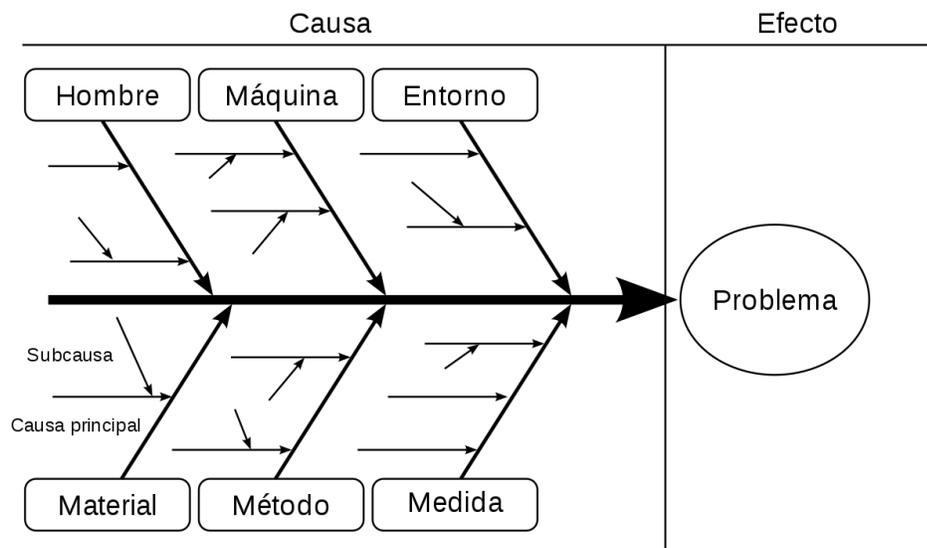
Fuente: Managing-ils

El diagrama de espina de pescado está asociado al diagrama de causa/efecto. Combinando estas herramientas nos ayuda a un análisis más profundo de los problemas.

El diagrama de causas-efecto de Ishikawa, así llamado en reconocimiento a Kaouru Ishikawa ingeniero japonés que lo introdujo y popularizó con éxito en el análisis de problemas en 1943 en la Universidad de Tokio durante una de sus sesiones de capacitación a ingenieros de una empresa metalúrgica explicándoles que varios factores pueden agruparse para interrelacionarlos. Este diagrama es también conocido bajo las denominaciones de cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o "fish-bone". (Larios G., 1989)

El diagrama de causa/efecto se utiliza para:

- Analizar y comunicar las relaciones de causa-efecto.
- Facilitar la resolución de problemas desde la causa exponiendo sus síntomas hasta la solución.



**Ilustración 6. Diagrama de causa efecto ideado por el ingeniero Ishikawa**

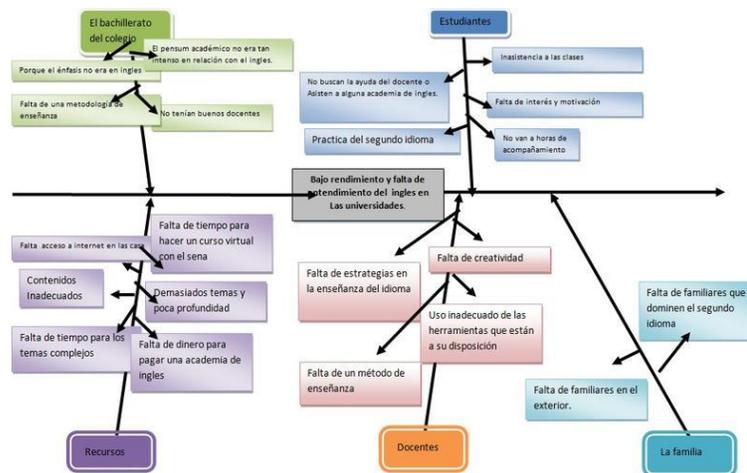
Fuente: Wikipedia.

### 3.2.1. VENTAJAS DEL DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO

- Los diagramas de espina de pescado permiten un análisis en profundidad, evitando así dejar de lado las posibles causas de una necesidad.
- La técnica de espina de pescado es fácil de aplicar y crea una representación visual fácil de entender de causas, categorías de causas y necesidades.
- Utilizando un diagrama de espina de pescado, se podrá llamar la atención del grupo sobre la "situación en su conjunto" desde el punto de vista de las causas o factores que pueden tener un efecto en un problema/necesidad.
- El diagrama de espina de pescado indica las debilidades que se pueden rectificar antes de que éstas causen mayores dificultades.

### 3.2.2. DESVENTAJAS DEL DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO

- El diagrama de espina de pescado puede presentarse muy sencillo. Sencillo, porque este tipo de diagrama puede dificultar la representación de la naturaleza de problemas y causas en situaciones muy complejas.
- Requiere de un gran espacio para poder desarrollar el diagrama de espina de pescado.



**Ilustración 7. Diagrama completo de espina de pescado**

Fuente: Grupogriego.

### 3.2.3. ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El diagrama de causa-efecto consta de las siguientes etapas:

1. Decidir el efecto que se quiere controlar y/o mejorar o un problema específico.
2. Escribir los principales factores vinculados con el efecto agrupándolos formando varias ramas.
3. Si en cada rama se presenta otros factores, proceder a crear otros niveles para obtener un diagrama bien definido.
4. Al momento de terminar el diagrama, verificar que todas las causas hayan sido identificadas.



Ilustración 8. Diagrama espina de pescado con ramas de varios niveles

Fuente: Calidad y Gestión

### 3.3. PROCESO DE MEJORA CONTINUA

“Se considera que la investigación es fundamental para entender el mundo en que vivimos, pero también para resolver los problemas que enfrentamos o simplemente para hacernos la vida más agradable. Por ejemplo, todos los objetos que usamos en la actualidad fueron inventados por alguien que tuvo la ocurrencia de ir más allá de la simple observación del mundo, al problematizar se las ingenió para proponer nuevas formas de entenderlo y sacar provecho de las cosas. Así fue como se inventaron los libros, herramientas, aparatos eléctricos, vehículos y medicinas.” (Martínez, 2012, p.13)

Un diagrama de espina de pescado y causa-efecto bien elaborado puede ayudar a la mejora continua de una empresa. Según (Gonzales, 2012), “El Proceso de mejora continua es un concepto originado a partir de mediados del siglo XX que pretende introducir mejoras en los productos, servicios y procesos. Postula una actitud general que debe ser la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso llevado a cabo.

En TAHSA siempre se busca la mejora continua de los métodos de trabajo en la fábrica. Estos análisis profundos ayudan a comprender los eventos y mecanismos para poder detectar la raíz del problema dejando a un lado los supuestos. El modelo de mejora continua para TAHSA es el IWS. El Integrated working system (IWS) consiste en crear un mantenimiento autónomo para la mejora continua, el cual abarca varios métodos de análisis, ya sea para fallas o procesos.

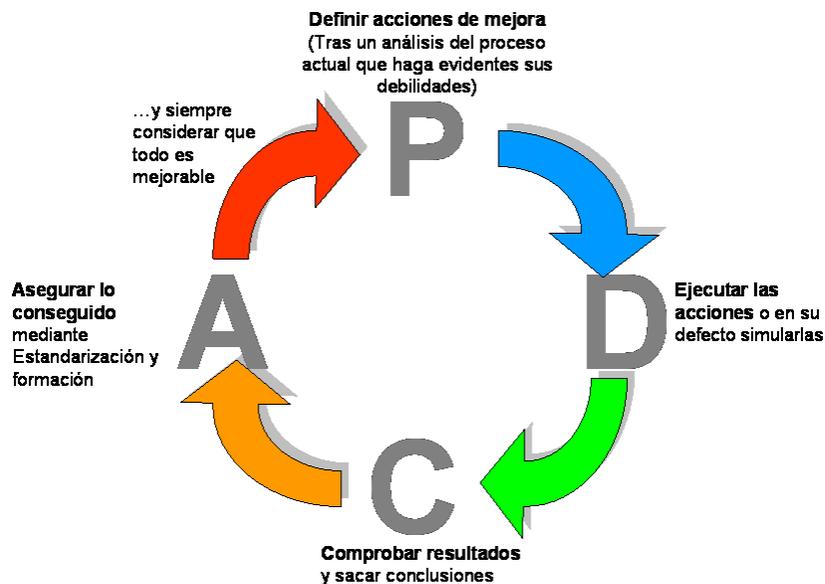
Manuel García Pantigozo (2000) Afirma: “El enfoque actual de la calidad en las organizaciones ha pasado del nivel de aseguramiento al de la mejora continua, y de esto puede dar prueba la Serie de Normas NTP-ISO 9001 que, a diferencia de su versión anterior, hace énfasis en la mejora continua de la calidad en los procesos.” (p. 89).

En la actualidad TAHSA posee la certificación NTP-ISO 9001.

Navarro Elola (2001) Afirma:

La definición de avería viene dada como el deterioro o desperfecto en cualquiera de los órganos de un aparato que impide el funcionamiento normal de este. No existe un equipo perfecto que esté libre de cualquier fallo o anomalía a lo largo de su utilización. A nivel industrial se suele entender como avería un fallo que impide que la instalación mantenga el nivel productivo. (p. 31)

Muchas veces es difícil mantenerse en sintonía con la mejora continua. El mantenimiento preventivo trata de alcanzar un resultado de cero averías, cero paradas y cero defectos cuando este es finalizado y se pone en funcionamiento la máquina. A partir de una gestión temprana de las averías se podrá alargar el ciclo de vida útil de los equipos. Con la implementación del IWS se enfoca en reducir los tiempos de intervención en la reparación de las averías y reducir los costos de producción y mantenimiento llevando todo esto a una mejora continua de la empresa.



**Ilustración 9. Proceso de mejora continua**

Fuente: Mejora Continua Total.

### **3.4. ANALISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)**

Según (Aguilar, 2010), "Se trata de un análisis de modos y efectos de falla que incluye evaluación de criticidad y análisis de causa raíz del modo de falla. Esta técnica se ha estado posicionando en la industria por estar basada en riesgo y por buscar eliminar la causa de falla, ambos requisitos de una gestión moderna de activos bajo ISO 55000 o PAS 55. El FMECA hace un análisis que cumple los requisitos de un FMEA (Análisis de Modo y Efectos de Falla), pero además identifica la causa raíz del modo de falla, su criticidad (riesgo) y una tarea para reducir o eliminar el riesgo, todo bajo un ambiente de priorización basada en riesgo."

El análisis FMECA se está empezando a implementar en TAHSA. Este método es idóneo para la actualización de pautas dado que se enfoca en el estudio de modos de falla y sus efectos, arboles de falla, arboles de eventos y riesgos que son necesarios al momento de implementar nuevas operaciones en las pautas de mantenimiento y así mismo en la depuración de pautas que no sean necesarias.

Para el mejoramiento de pautas se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Definición de la intención de la operación.
- Análisis funcional.
- Identificación de modos de falla.
- Efectos y consecuencias de la falla.
- Jerarquización del riesgo.

Cada falla que se puede presentar en una planta de proceso representa un riesgo potencial, por lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, podremos diseñar mejores acciones correctivas o preventivas. (Torres, 2011)

### 3.4.1 INDICE TOTAL DE PRIORIDAD DE RIESGO (IPR)

El FMECA es utilizado para calcular el índice de prioridad de riesgo para cada operación del mantenimiento. Se calcula bajo los siguientes criterios:

- Severidad de la falla (S): es la estimación de la gravedad del efecto del modo de la falla.
- Probabilidad de ocurrencia (O): es la probabilidad que una causa específica, resulte en un modo falla.
- Probabilidad de detección (D): es un valor para clasificar la probabilidad de encontrar la falla.

Estos criterios son analizados en una escala del 1-10, entre más alto el número más alto será la prioridad de riesgo.

$$IPR = S * O * D$$

#### **Ecuación 1. Índice de prioridad de riesgo**

Fuente: Scarpatti

### 3.4.2 NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)

El Numero de prioridad de riesgo (NPR) es el resultado de la multiplicación de los índices de severidad, ocurrencia y detección como se observa en la ecuación 1.

$$SEVERIDAD * OCURRENCIA * DETECCION = NPR$$

#### **Ecuación 2. Numero de prioridad de Riesgo**

Fuente: Scarpatti

FUNCION	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	Severidad		METODO DETECCION ACTUAL	Ocurrencia		Detección	TOTAL
				S	O		S	O		
Es una unidad de la banda base basada en la plataforma definida software de (SDR) de la radio de ZTE. Esta unidad tiene capacidad grande y puede apoyar toda clase de tecnologías inalámbricas del acceso simultáneamente, incluyendo el G/M, UMTS, CDMA, WiMax y LTE.	Daño filtros COMBA.	Deterioro de cables de puente	Daño de terminales de las RRU	7	7	Visual	7	7	7	343
	Daño de Jumpers	Mal vulcanizado	Daño de los puntos terminales de las RRU	8	8	Visual	7	7	7	448
	Niveles altos en VSWR	Falta de Revisión periódica	Falla de electrónica de los equipos, deteriorando así la calidad del servicio ofrecido al cliente en GSM	6	8	Visual	7	7	7	336
	Afectación de base de datos	No se realiza el respaldo de la base de datos en horas de bajo tráfico	Perdida de Almacenamiento por separado el respaldo de datos	7	6	Ninguna	7	7	7	294

**Ilustración 10. Implementación de FMECA para plan de mantenimiento**

Fuente: Monografías.

Al momento de darle prioridad a una pauta de mantenimiento se puede acudir al análisis de FMECA. Este nos ayuda a darle una frecuencia de operación ya sea de 1000 horas hasta 52000 horas que maneja el sistema SAP de TAHSA. El FMECA nos ayuda a estimar la ocurrencia de la operación para poder evitar futuros paros y quiebres. La severidad ayuda a definir un plan de acción basado en criterios de condiciones de operación, ubicación de componente en el equipo y estimación de costo. Tomando en consideración estos aspectos podemos reducir los costos e incrementar los tiempos entre paros.

Según (Navarro, 2007), "Las labores de mantenimiento son un importante capítulo económico en cualquier empresa dedicada a la producción de cualquier tipo de bien y que utilice algún tipo de equipos, tanto estáticos como dinámicos."

### 3.4.3 CRITERIO DE VALORACION DE LA SEVERIDAD

Efecto	EFEECTO EN EL CLIENTE Severidad del efecto en el producto	Ranking	Efecto	EFEECTO EN EL PROCESO INTERNO Severidad del efecto en el proceso
Falla que afecta los requisitos de seguridad y/o gubernamentales	El modo de falla potencial afecta el funcionamiento y seguridad del vehículo y/o involucra el incumplimiento con la regulación gubernamental sin aviso.	10	Falla que afecta los requisitos de seguridad y/o gubernamentales	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.
	El modo de falla potencial afecta el funcionamiento y seguridad del vehículo y/o involucra el incumplimiento con la regulación gubernamental con aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (vehículo inoperable sin afectar su utilización segura)	8	Interrupción mayor	100% del producto corre riesgo de ser desechado. Parada de línea o sector.
	Degradación de la función primaria (vehículo operable pero con reducción en su nivel de performance)	7	Interrupción significativa	Una parte de la producción corre riesgo de ser desechada. Desviación del proceso definido, disminución en la velocidad de la línea o mano de obra agregada.
Pérdida o degradación de la función secundaria	Pérdida de la función secundaria (vehículo operable, pero sin confort ni comodidades)	6	Interrupción moderada	100% de la producción debe ser retrabajada fuera de línea para su aceptación.
	Degradación de la función secundaria (vehículo operable, pero con confort y comodidades reducidas en su nivel de performance)	5		Una parte de la producción debe ser retrabajada fuera de la línea para su aceptación.
Molestia	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por la mayoría de los clientes (> 75%)	4	Interrupción moderada	100% de la producción debe ser retrabajada en el puesto antes de ser procesado.
	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por algunos clientes (50%)	3		Una parte de la producción debe ser retrabajada en el puesto antes de ser procesado.
	Mal aspecto o ruido. Vehículo operable. Defecto detectado por la minoría de los clientes (< 25%)	2		Inconveniente leve sobre el proceso, la operación, o al operador.
Ninguno	Ningún efecto discernible	1	Ninguno	Ningún efecto discernible

**Tabla 1. Criterio de valoración de la severidad**

Fuente: Scarpatti

Según (Franco, 2008), "La severidad es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo."

### 3.4.4 CRITERIO DE VALORACION DE LA OCURRENCIA

Probabilidad de fallar	Ocurrencia de la CAUSA	Ranking
	(cant. de incidentes por piezas / vehículos)	
Muy alta	PPM mayor o igual a 100.000	10
Alta	PPM = 50.000	9
	PPM = 20.000	8
	PPM = 10.000	7
Moderada	PPM = 2.000	6
	PPM = 500	5
	PPM = 100	4
Baja	PPM = 10	3
	PPM = 1	2
Muy baja	Falla eliminada a través de controles preventivos	1

**Tabla 2. Criterio de valoración de la ocurrencia**

Fuente: Scarpatti

### 3.4.5 CRITERIO DE VALORACION DE LA DETECCIÓN

Oportunidad de detección	Probabilidad de que el control de proceso lo detecte	Ranking	Probabilidad de detección
Sin oportunidad	No hay control de proceso. No puede detectarse o no es analizado.	10	Casi imposible
Probabilidad de detección en cualquier etapa	Falla y/o error (causa) no puede ser detectado fácilmente (ej.: auditorias al azar).	9	Muy remota
Problema detectado luego del proceso	Falla detectada, luego del proceso, por el operador a través de medios visuales, táctiles y/o auditivos.	8	Remota
Detección del problema en el origen	Falla detectada en el puesto por el operador a través de medios visuales, táctiles y/o auditivos; o luego del proceso a través de calibres de control por atributos (pasa-no pasa, torque manual, etc.).	7	Muy baja
Problema detectado luego del proceso	Falla detectado luego del proceso por el operador a través de calibres por variables o en el puesto a través de calibres de control por atributos (pasa-no pasa, torque manual, etc.).	6	Baja
Problema detectado en el origen	Falla o error (causa) detectado en el puesto por el operador a través de calibres por variables o por controles automáticos que detectan el NC y alertan al operador (luz, sirena, etc.). Calibre para el control de lanzamiento de la 1ª pieza (solo para causas de lanzamiento)	5	Probable
Problema detectado luego del proceso	Falla detectada, luego del proceso, por controles automáticos que detectan la pieza NC y previenen la transformación posterior.	4	Muy probable
Problema detectado en el origen	Falla detectada en el puesto por controles automáticos que detectan la pieza NC y previenen la transformación posterior.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Error (causa) detectado en el puesto por controles automáticos que evitan que la pieza se fabrique.	2	Muy alta
Prevención de la causa	Error (causa) prevenido a través del diseño del herramental, la máquina o la pieza. Piezas NC no pueden fabricarse porque el diseño del proceso / producto (poka yoke) lo previene.	1	Casi seguro

**Tabla 3. Criterio de valoración de la detección**

Fuente: Scarpatti

### 3.4.5 TABLA SIMPLE PARA DESARROLLAR FMECA

OCURRENCIA		GRAVEDAD		DETECION		Número de prioridad de riesgo	Puntaje equivalente IPR=1*2*3	Observaciones
Remota	1	Apenas perceptible	1	Alta	1			Acceptable
Baja	2 a 3	Poca importancia	2 a 3	Moderada	2 a 5	Bajo	1 a 50	Actuar
Moderada	4 a 6	Moderadamente grave	4 a 6	Pequeña	6 a 8	Medio	51 a 100	Actuar
Alta	7 a 8	Grave	7 a 8	Muy pequeña	9	Alto	101 a 200	Actuar
Muy alta	9 a 10	Extremadamente grave	9 a 10	Improbable	10	Muy alto	201 a 1000	Actuar

**Tabla 4. Criterios para desarrollar FMECA**

Fuente: Scarpatti

### 3.4.6 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE FMECA

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios.
- Procesos de desarrollo más cortos.
- Documenta los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente.

### 3.4.7 DONDE APLICAR FMECA

- Proceso Análisis de los procesos de manufactura y ensamble.
- Diseño Análisis de los productos antes de sean lanzados para su producción.
- Concepto Análisis de sistemas o subsistemas en las primeras etapas del diseño conceptual.
- Equipo Análisis del diseño de maquinaria y equipo antes de su compra.
- Servicio Análisis de los procesos de servicio antes de que tengan impacto en el cliente.

FMECA nos ayuda a poder hacer análisis profundo de fallas lo cual es ideal al momento de realizar un plan de mantenimiento preventivo. FMECA también ayuda a poder realizar instructivos de trabajo dándole importancia a puntos críticos de la máquina donde usualmente existen quiebres o fallas. Según (Monsalve, 2004), "Cada vez que es necesario llevar a cabo un análisis de fallas, deben seguirse unas pautas muy parecidas a lo que sería una investigación policial. Se debe buscar la mayor cantidad de antecedentes posibles, averiguando sobre aspectos de funcionamiento de las piezas falladas además de una serie de preguntas adicionales, Sin embargo, lo importante es no tocar la pieza. Esto es así porque es estrictamente necesario preservar en la medida de lo posible las evidencias que conduzcan a las causas de la falla."

Según (Sacristan, 2003), "El FMCA permite, por tanto, por un análisis de las funciones de un sistema/equipo y por un enfoque preventivo sobre el diseño del equipo analizado, obtener un dominio de la fiabilidad por optimización de dicho diseño, de los procesos de fabricación y de logística del mantenimiento. Este método, no obstante, lo podemos aplicar también en las frases de explotación, para resolver problemas reales y complicados."

### **3.5 TÉRMINOS ESENCIALES PARA EL MANTENIMIENTO**

**Acción Preventiva:** Acción tomada o a tomar para eliminar los riesgos identificados en un determinado puesto de trabajo.

**Ciclo de Vida:** Plazo de tiempo durante el cual un Ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta que es substituido o es objeto de restauración.

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente.

**Costo del Ciclo de Vida:** Coste total de un Ítem a lo largo de su vida, incluyendo los gastos de compra, operaciones de mantenimiento, mejora, reforma y retirada.

**Defecto:** Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

**Desgaste:** El agotamiento o el desprendimiento de la superficie de un material como resultado de la acción mecánica.

**Disponibilidad:** Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un Ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

**Especificaciones técnicas:** conjunto de exigencias y definiciones de carácter técnico que regulan los procesos de ejecución de obras de mantenimiento o servicios técnicos contratados a terceros.

**Fallo:** Cese de la capacidad de un elemento para desarrollar la función requerida.

Fiabilidad: se define como la "probabilidad de que el dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un período de tiempo determinado".

Herramientas: Cuando las herramientas se diseñan y fabrican específicamente para cumplir uno o más propósitos, son artefactos y tienen una función técnica.

Inspección: Tareas/servicios de mantenimiento preventivo, caracterizados por la alta frecuencia y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos de medición electrónica, térmica y/o los sentidos humanos, normalmente sin provocar indisponibilidad del equipo.

Mantenibilidad: Propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.

Mantenimiento: Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

Mantenimiento correctivo: Es la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones cuando, a consecuencia de alguna falla, han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.

Mantenimiento predictivo: Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.

Mantenimiento preventivo: Es la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos.

Máquina: Se denomina máquina a todo artefacto capaz de transformar un tipo de energía en otro. Las máquinas nos proporcionan satisfactores humanos (productos) que, en última instancia, deben calificarse como servicios.

Mejoramiento: tiene por objetivo aumentar la calidad de uno o más espacios en el establecimiento existente.

Orden de Trabajo: Instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe realizarse por la organización de Mantenimiento en la Planta.

Plan de mantenimiento: conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar mantenimiento.

Tiempo ocioso: Tiempo en el que una persona o máquina está parada, teniendo trabajo disponible. No corresponde a un período de descanso o de parada por mantenimiento, sino a un tiempo desaprovechado.

Tiempo Muerto: Es el tiempo en que un proceso no está activo, o no está produciendo nada, ya sea por mantenimiento o falla

## **3.6 MÓDULOS DE PRODUCCION DE CIGARRILLOS**

Los módulos de producción de cigarrillos se dividen en dos áreas principales:

- Maker (Hacer).
- Packer (Empaque).

### **3.6.1 ÁREA DE HACER**

El área de hacer está compuesta por tres máquinas principales que en conjunto forman la PROTOS 80ER y son:

- VE 80ER.
- SE 80ER.
- MAX80.

Las hojas de tabaco son procesadas con un tratamiento humidificación, deshumidificación otra serie de procesos en la planta de secundario para evitar el virus del mosaico. El tabaco es transportado por mediante un complejo sistema de órdenes de producción que garantiza el envío del tabaco adecuado al módulo correcto. El SACU Tobronic es el encargado de transportar el tabaco de secundario (SMD) hacia la primera sección de producción de cigarros que comienza en la sección VE. En tabaco que entra en la sección VE es envuelto por un papel especial, formando una varilla continua de cigarro. La varilla llega hasta la sección SE donde se encarga de cortar el tamaño exacto de acuerdo con las dimensiones del producto en elaboración.

Una máquina adjunto (MAX80) se encarga de ensamblar el filtro y ejecuta una serie de criterios de calidad para desechar cualquier cigarro que no cumpla cualquiera de las condiciones establecidas. Todas estas máquinas corren a una misma velocidad y tienen una capacidad de producir hasta 7,000 cigarros por minuto.



**Ilustración 11. Producción de cigarrillos, área hacer.**

Fuente: Propia

<b>VE 80ER</b>	<b>SE 80ER</b>	<b>MAX80</b>
Alimentación de tabaco	Alimentación de papel	Corte y separación de la varilla de tabaco
Distribución de tabaco	Transporte de papel e impresora.	Filtro de recepción.
Medición de tabaco	Unidad de goma	Tambores de filtros
Formación de la varilla de tabaco	Selladura de la varilla de cigarro	Tolvas de filtros
Sistema de aire VE	Corte de la varilla de cigarro	
	Transferencia de la varilla de cigarro	

**Tabla 5. Secciones principales de las máquinas de hacer.**

### 3.6.2 ÁREA DE EMPAQUE

El área de hacer está compuesta por cuatro máquinas. Pueden existir algunas variaciones en estas máquinas debido a ciertas actualizaciones que se le han hecho a los diferentes módulos de producción que se encuentran en TAHSA. Estas máquinas son:

- TU.
- X1 – X2 (Dependiendo del módulo).
- 4350 CH – C600 (Dependiendo del módulo).
- Case packer.

Una vez se ha armado el cigarro procede a la máquina TU. La TU se encarga de transportar el cigarro a la siguiente fase que consiste en el empaquetamiento. La X1 la cual se encuentra en el módulo 5 y 2, a diferencia de la X2 que se encuentra en los módulos 8, 1/9 y 6, se encarga en empaquetar la cual agrupo los cigarros provenientes de la TU y los agrupo en conjuntos generalmente de 20 cigarros para poder ser envueltos. Luego estos conjuntos son integrados a las cajetillas de cigarros hechas de cartón que posterior mente pasan a la siguiente fase de envolvimiento de papel poli. La 4350 CH pone el papel poli a la cajetilla de los cigarros luego esta máquina se subdivide en otras 2 secciones. CT y CV. En la sección CT, las cajetillas se agrupan en paquetes de 10 cajetillas. En la sección CV, coloca papel poli a las agrupaciones de 10 cajetillas para posteriormente ser empaquetadas en una caja de 50 paquetes por medio de la máquina case packer.



**Ilustración 12. Vista completa de las máquinas de área empaque.**

Fuente: Lee's trading Kunming

<b>Secciones de área de empaque</b>
Alimentador de bandeja (TU)
Hard Packer (X1)
Estampador (X1)
Cellophaner (4350 CH)
Cartoner YB65A (CT)
Envolvedor YB95A (CV)

**Tabla 6. Secciones principales de las máquinas de empaque.**

### 3.6.3 ÁREA DE FILTROS

El área de filtros está compuesta por la máquina KDF 2ER donde se hacen los filtros. El filtro se elabora dentro de la planta utilizando fibra de acetato de celulosa y papel en un proceso muy similar al del cigarro. Cada filtro contiene una cantidad precisa de material que asegura su funcionamiento como elemento filtrante y que participa activamente en la experiencia de fumado característico de las marcas que se producen en TAHSA. Algunos filtros poseen capsulas que contienen mentol u otros saborizantes.



**Ilustración 13. Vista completa de las máquinas de área de filtros.**

Fuente: Propia

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

“Las variables son discusiones que pueden darse entre individuos y conjuntos. El término variable significa características, aspecto, propiedad o dimensión de un fenómeno y puede asumir distintos valores. Se requiere precisar su valor, traduciéndola a conceptos susceptibles de medir, por tanto, conviene considerar su definición nominal, real y operativa.” (Rivero, 2008)

#### **4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES**

Estas variables dependientes son afectadas por el rendimiento general en los módulos de producción cuando un mantenimiento preventivo no se realizó correctamente y existen numerosas paradas por quiebres o fallas.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF).
- Eficiencia general de los equipos (OEE).

#### **4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Paros por quiebres.
- Paros por fallas.
- Tiempos muertos por fallas.
- Tiempos muertos por quiebres.
- Disponibilidad de repuestos.

## 4.2 ENFOQUÉ Y MÉTODOS

La investigación de métodos mixtos (investigación mixta es un sinónimo) es el complemento natural de la investigación tradicional cualitativa y cuantitativa. Los métodos de investigación mixta ofrecen una gran promesa para la práctica de la investigación. La investigación de métodos mixtos es formalmente definida aquí como la búsqueda donde el investigador mezcla o combina métodos cuantitativos y cualitativos, filosóficamente es la "tercera ola". (Onwuegbuzie, 2004).

Según (Sampieri, 2010), "La investigación cualitativa proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas. También aporta un punto de vista "fresco, natural y holístico" de los fenómenos, así como flexibilidad".

La investigación cuantitativa ha sido el más usado por ciencias como la física, química y biología. Por ende, es más propio para las ciencias llamadas "exactas o naturales". El método cualitativo se ha empleado más bien en disciplinas humanísticas como la antropología, la etnografía y la psicología social. (Pérez, 2011)

Para el proyecto de mejoramiento de pautas de mantenimiento se utilizó el método mixto ya que abarca tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo.

- Enfoque Cuantitativo: Se recopiló datos sobre costos por quiebres, cantidad de paros por quiebres y fallas por cada módulo de producción de cigarrillos que afecta tanto el MTBF como el OEE.
- Enfoque Cualitativo: Se realizaron entrevistas a técnicos eléctricos y mecánicos para adquirir conocimiento sobre las máquinas debido a que por los años de experiencia que ellos poseen, saben dónde están las secciones críticas en las máquinas de los módulos de producción de cigarrillos.

### **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Para la realización del proyecto de mejoramiento de pautas de mantenimiento se tendrá en cuenta la información suministrada por el departamento de ingeniería de producción (PED) de Tabacalera Hondureña S.A.

### **4.4 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Según (Wigodksi, 2010), "Todo proceso de búsqueda de información debe ser exhaustiva y muy cuidadosa para evitar el sesgo. Ser selectivo en la escogencia de fuentes es parte de la argumentación que debe llevar un trabajo de calidad."

Las fuentes son necesarias para poder adquirir información de apoyo para realizar una investigación científica o proyecto. Estas fuentes ayudan a guiar al investigador a la realización del proyecto y a la toma de decisiones para concluir con un proyecto bien estructurado.

- Fuentes primarias: Entrevistas al personal de TAHSA relacionados al mantenimiento preventivo y correctivo.
- Fuentes secundarias: Manuales de máquinas Hauni y G.D. Italia.

## 4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

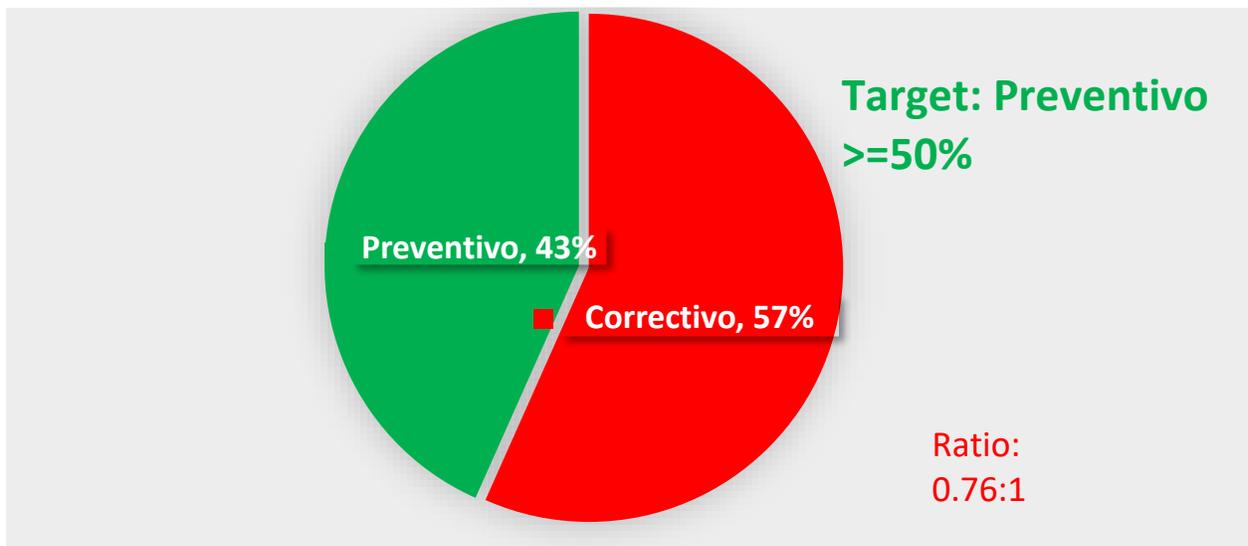
Actividades	SEMANAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Induccion de seguridad y Higiene										
Recorrido por los modulos de produccion de cigarrillos										
Entrevistas al personal de TAHSA										
Analisis de fallas										
Mantenimiento preventivo										
Recopilacion de informacion de manuales de Hauni y G.D.										
Modificacion de pautas de manto. Electrico y Mecanico										
Elaboracion de analisis causa - efecto y 5 porque										
Implementacion de FMECA										
Creacion de instructivos de trabajo										
Depuracion de pautas de manto.										
Elaboracion de resultados OEE y MBTF, antes y despues										

**Tabla 7. Cronograma de actividades**

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se obtuvo datos de los tiempos muertos y cantidad de fallos y quiebres de las máquinas de los módulos de producción 2 y 5 con muestras del mes de octubre, noviembre e inicios de diciembre. Los muestreos se seleccionaron dentro de los 60 días laborales realizados en el turno 1,2 y 3 de 12 horas cada uno. Se enfocó en solamente en los módulos 2 y 5 debido al poco tiempo para la realización de este proyecto. Cada uno de los quiebres y fallos fueron analizados profundamente siguiendo las técnicas de análisis propuestas en este proyecto. Se comparó las diferencias de el MTBF y OEE en el inicio del mes de octubre hasta a mediados de diciembre. Los equipos que presentaban fallas o paros reincidentes se modificaron sus pautas de mantenimiento con respecto a los análisis específicos de cada máquina.

### 5.1 RESULTADOS OCTUBRE MANTO. PREVENTIVO VRS MANTO CORRECTIVO



**Ilustración 14. Mantenimiento preventivo contra correctivo mes de octubre.**

Fuente: TAHSA

En la ilustración 14. Podemos observar que hay un alto índice que mantenimiento correctivo en la planta de producción de cigarrillos. Esto se debe a la alta concentración de defectos que existe de las máquinas debido a quiebres que ocurren durante el periodo de producción. Existe alrededor de 243 defectos tomando en cuenta todos los módulos de producción que están en el proceso de ser solucionados.

## 5.2 MUESTRA DE TIEMPOS MUERTOS DE MÓDULO 2 DEL MES DE OCTUBRE

Inicio	Fin	Razón de paro	Tiempo transcurrido (min)
10/3/2017 9:24	10/3/2017 9:30	FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	6.27
10/3/2017 11:17	10/3/2017 11:18	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.05
10/4/2017 8:20	10/4/2017 3:23	CONTROL INEFICAZ SALIDA CAJET. 4A RUEDA	3.05
10/9/2017 12:23	10/9/2017 12:32	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	9.05
10/9/2017 12:41	10/9/2017 12:44	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	2.95
10/9/2017 13:22	10/9/2017 13:36	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	14.32
10/9/2017 14:31	10/9/2017 14:34	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	2.85
10/10/2017 7:59	10/10/2017 8:02	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	3.07
10/10/2017 13:28	10/10/2017 13:29	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.38
10/10/2017 13:44	10/10/2017 13:48	FALLA DE IMPRESORA DOMINO	4.18
10/10/2017 14:52	10/10/2017 14:53	FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	1.28
10/11/2017 15:43	10/11/2017 15:47	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	4.27
10/11/2017 16:11	10/11/2017 16:14	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	2.7
10/11/2017 17:44	10/11/2017 17:46	FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	1.35
10/11/2017 18:33	10/11/2017 18:35	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.83
10/12/2017 4:22	10/12/2017 4:24	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.55
10/12/2017 13:06	10/12/2017 13:09	FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	2.9
10/12/2017 16:33	10/12/2017 16:34	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.27
10/13/2017 2:36	10/13/2017 2:37	FALLA DE VIDEK	1.15
10/13/2017 18:18	10/13/2017 18:20	FALLA DE VIDEK	1.28
10/13/2017 18:21	10/13/2017 18:24	FALLA DE VIDEK	3.43
10/14/2017 13:34	10/14/2017 13:52	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	17.72
10/14/2017 14:15	10/14/2017 14:40	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	24.45
10/14/2017 15:21	10/14/2017 15:32	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.75
10/14/2017 16:01	10/14/2017 16:14	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	12.20
10/15/2017 10:25	10/15/2017 10:38	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	13.08
10/15/2017 13:33	10/15/2017 13:51	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	17.65
10/15/2017 14:31	10/15/2017 14:54	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	22.70
10/16/2017 12:04	10/16/2017 12:05	FALLA DE IMPRESORA DOMINO	1.17
10/16/2017 12:07	10/16/2017 12:08	FALLA EN CONTROL PRES.ETIQ. EN ENGOMADOR	1.23
10/17/2017 8:47	10/17/2017 8:51	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	3.82
10/17/2017 9:30	10/17/2017 9:31	FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	1.03
10/18/2017 10:45	10/18/2017 11:25	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	39.82

10/19/2017 13:14	10/19/2017 13:16	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.92
10/19/2017 15:25	10/19/2017 15:26	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	1.25
10/19/2017 12:52	10/19/2017 13:14	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	21.92
10/20/2017 18:37	10/20/2017 19:03	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	26.28
10/20/2017 15:17	10/20/2017 15:19	ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	2.27
10/22/2017 3:50	10/22/2017 3:51	CONTROL INEFICAZ SALIDA CAJET. 4A RUEDA	1.33
10/23/2017 6:37	10/23/2017 6:41	FALLA DE IMPRESORA DOMINO	3.33
10/23/2017 6:43	10/23/2017 6:44	FALLA DE VIDEK	1.17
10/23/2017 8:54	10/23/2017 8:56	CONTROL INEFICAZ SALIDA CAJET. 4A RUEDA	1.47

total 297.733333

**Tabla 8. Muestra de paros por fallas mes de octubre en módulo 2.**

Fuente: TAHSA

En la tabla se muestra los diferentes tipos de fallos proporcionados por el PLC de la sección de empaque pero, también se observa una serie de paros de parada desde reserva de cigarrillos. Esto se debe que estos paros provienen de la sección de hacer de la máquina Protos 80ER, por lo tanto estos datos son consolidados de ambas secciones.

Se obtuvo una muestra de los tiempos muertos por fallas durante el mes de octubre empezando el día 3 y terminando el día 23 del mismo mes. Se seleccionaron los paros más relevantes debido hay paros que se deben a falta de materiales como etiquetas, estampillas y paros por servicio lo cuales son irrelevantes para el mejoramiento de pautas de mantenimiento preventivo. Los paros desde reserva de cigarrillos involucran una serie de quiebres los cuales tienen un mayor impacto en el tiempo muerto de la Proto 80ER los cuales se les realizó un análisis profundo para determinar la causa del problema y crear una acción de respuesta mediante a una modificación de las pautas de mantenimiento ya que estos paros son los que mayor tiempo muerto poseen. Esta muestra nos dio un total de 42 paros por fallas y atascos debido a manipulación de sensibilidad de los sensores que se encuentran en las máquinas. El tiempo total de los paros no planificados de la muestra es de 297.7333 min.

## 5.2.1 MTBF & OEE DE MÓDULO 2 EN EL MES DE OCTUBRE

El MTBF & OEE se analiza en base a cuatro categorías:

- Paradas planificadas.
- Paradas no planificadas.
- Perdidas por calidad.
- Perdidas por velocidad.

Los resultados que se mostraran a continuación son generales para poder ver un resultado verdadero del OEE & MTBF y no en base a una muestra debido que no abarcaría las categorías previamente mencionadas y daría un resultado erróneo.

<b>RESULTADOS MTBF &amp; OEE MES DE OCTUBRE</b>				
Tiempo Calendario	10,080		Días programados por semana	4.47
Tiempo excluido	3648.3			
Tiempo programado aproximado por semana (min)	6,432		Paros/día	129.98
<b>Categoría</b>	<b>Paros</b>	<b>Tiempo detenido Min/Sem</b>	<b>Perdida OEE</b>	<b>MTBF</b>
<b>Paros Planeados</b>	<b>13</b>	<b>366</b>	<b>5.69%</b>	<b>417.51</b>
LIMPIEZA TECNICA	10.4	281	4.36%	517.35
CAMBIO DE MARCA	2.0	39	0.60%	2,644.24
LIMPIEZA FIN DE SEMANA	0.2	11	0.18%	23,798.13
REUNION PROGRAMADA	0.2	36	0.55%	23,798.13
<b>Categoría</b>	<b>Paros</b>	<b>Tiempo detenido Min/Sem</b>	<b>Perdida OEE</b>	<b>MTBF</b>
<b>Paros No Planeados</b>	<b>581</b>	<b>692</b>	<b>10.8%</b>	<b>9.26</b>
AUSIENCIA ESTAMPILLA EN ENTRADA CORREA S	69	81	1.25%	78.0
CELDA S CIGARRILLOS INCOMPLETAS	64	37	0.57%	84.1
AUSENCIA ETIQUETA EN 3A RUEDA	55	64	0.99%	98.3
FIN BOBINA PAP. ALUM. IZQUIERDA	47	29	0.46%	113.3

FIN BOBINA PAP. ALUM. DERECHA	44	23	0.35%	120.8
PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	40	177	2.75%	135.2
ATASCO CANAL CENTRAL	35	52	0.81%	153.5
FALTA ALUMINIO	31	21	0.33%	172.5
AUSENCIA CIGARRILLOS EN LA TOLVA	28	22	0.35%	188.9
PARADA DE SERVICIO	23	35	0.54%	228.8
ATASCO CAJETILLA EN DISCO DE SALIDA	23	16	0.25%	228.8
REGULADOR DE PAR DISCO DE SALIDA	19	11	0.17%	286.7
FALTA ETIQUETA EN EL ENCOLADOR	12	15	0.23%	432.7
ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	10	17	0.26%	528.8
CARTER EN SALIDA ABIERTO	10	6	0.09%	528.8
FALLA DE VIDEK	9	7	0.11%	580.4
PULSADOR PARADA PAUSA PROLON. PRESIONADO	8	8	0.13%	699.9
VACIADO RESERVA CIGARRILLOS EN CURSO	6	2	0.03%	849.9
FALLO CONTROL ETIQUETA EN 3A RUEDA	6	6	0.09%	951.9
ATASCO TOLVA SALIDA 4A TAMBOR	5	3	0.05%	1,034.7
ATASCO CANAL DE SALIDA	4	1	0.02%	1,322.1
FALLA EN CONTROL PRES. ETIQ. EN ENGOMADOR	4	2	0.03%	1,322.1
CONTROL INEFICAZ SALIDA CAJET. 4A RUEDA	4	3	0.04%	1,487.4
CARTER FRONTAL INFERIOR ABIERTO	4	2	0.03%	1,487.4
PARADA DESDE CENTRALITA	3	5	0.07%	1,699.9
PESENCIA ETIQ. NO DESEADA EN ENCOLADOR	2	1	0.02%	2,163.5
PARADA DE SERVICIO X ESTAMPILLA	2	2	0.03%	2,379.8
CARTER FRONTAL ABIERTO	2	2	0.04%	2,644.2

PARADA DE SERVICIO X ETIQUETAS	2	1	0.02%	2,974.8
FALLA DE IMPRESORA DOMINO	2	3	0.05%	2,974.8
ERROR AJUSTE GANANCIA: SENSOR ETIQ. 3RA	2	0	0.01%	3,399.7
CAVIDADES VACIAS: DESCARTE INEFICIENTE	1	0	0.01%	3,966.4
ARRANQUE DE MAQUINA	1	14	0.22%	7,932.7
CORTE ENERGIA ELECTRICA	1	8	0.12%	7,932.7
CIGARRILLOS DESORDENADOS EN LA CELDA	0	0	0.00%	11,899.1
CALENTADOR 4A RUEDA NO PREPARADO	0	0	0.00%	23,798.1
PARADA DE SERVICIO X BD/PF SIGNIFICATIVA	0	10	0.16%	23,798.1
PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	0	5	0.08%	23,798.1
		<b>Minutos perdidos</b>	<b>Perdida OEE</b>	
<b>Perdida por velocidad</b>		<b>36.9</b>	<b>0.57%</b>	
	<b>Producto</b>	<b>Minutos perdidos</b>	<b>Perdida OEE</b>	
<b>Perdida por calidad</b>	<b>2.80%</b>	<b>150.47</b>	<b>2.34%</b>	
Packer	2.80%	150.47	2.34%	
Tiempo activo	5,374			
MTBF	9.3			
MTRR	1.2			
Disponibilidad	88.6%			
<b>OEE</b>	<b>80.64%</b>			

**Tabla 9. Resultados de MTBF & OEE para módulo 2 en el mes de octubre.**

Fuente: TAHSA

Métricas	
Paquetes por minuto	164
Volumen por semana	993,225
Disponibilidad (%)	88.60%
OEE	80.60%
Tiempo programado (min)	6432
MTBF (min)	9.26
Parada	580.55
Pérdida en calidad en %	0.02

**Tabla 10. Métricas en el mes de octubre M2.**

Fuente: TAHS A

### 5.3 MUESTRA DE TIEMPOS MUERTOS DE MÓDULO 5 DEL MES DE OCTUBRE

Inicio	Fin	Razon de paro	Tiempo transcurrido (min)
10/9/2017 18:30	10/9/2017 20:33	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	123.18
10/9/2017 23:12	10/9/2017 23:24	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	11.93
10/10/2017 4:54	10/10/2017 6:30	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	95.27
10/10/2017 6:30	10/10/2017 9:11	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	161.40
10/10/2017 11:04	10/10/2017 11:12	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	8.13
10/10/2017 13:00	10/10/2017 13:09	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	9.52
10/10/2017 13:53	10/10/2017 14:35	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	42.63
10/10/2017 14:53	10/10/2017 15:04	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.70
10/10/2017 15:30	10/10/2017 15:41	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.88
10/10/2017 16:01	10/10/2017 16:04	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	3.73
10/10/2017 16:48	10/10/2017 18:53	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	125.65
10/10/2017 23:36	10/10/2017 23:33	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.32
10/11/2017 0:04	10/11/2017 1:19	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	75.05
10/11/2017 6:04	10/11/2017 6:12	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	8.48
10/11/2017 6:15	10/11/2017 6:21	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	5.97
10/11/2017 6:30	10/11/2017 7:18	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	48.60
10/11/2017 7:49	10/11/2017 7:53	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	3.27
10/11/2017 8:13	10/11/2017 8:18	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	4.23
10/11/2017 12:55	10/11/2017 12:57	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	1.53
10/11/2017 16:32	10/11/2017 16:37	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	4.73
10/11/2017 19:42	10/11/2017 19:43	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	1.60
10/11/2017 20:18	10/11/2017 20:25	FALLA DE VIDEK	6.50
10/11/2017 22:40	10/12/2017 1:28	PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	167.37

10/12/2017 16:07	10/12/2017 16:57	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	50.50
10/13/2017 16:46	10/13/2017 16:56	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.15
10/13/2017 17:19	10/13/2017 17:32	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	13.12
10/13/2017 17:48	10/13/2017 18:03	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	14.68
10/13/2017 18:18	10/13/2017 18:28	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	10.87
10/13/2017 18:38	10/13/2017 18:39	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	1.40
10/13/2017 18:59	10/13/2017 19:04	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	4.57
10/13/2017 19:40	10/13/2017 19:57	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	17.12
10/13/2017 20:34	10/13/2017 20:58	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	24.25
10/13/2017 22:37	10/13/2017 22:43	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	5.37
10/13/2017 23:09	10/13/2017 23:34	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	24.72
10/14/2017 23:05	10/14/2017 23:25	PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	19.83
10/15/2017 0:39	10/15/2017 2:05	PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	85.75
10/16/2017 10:59	10/16/2017 15:23	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	264.90
10/17/2017 10:01	10/17/2017 10:42	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	40.35
10/17/2017 13:43	10/17/2017 13:54	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	11.23
10/17/2017 14:00	10/17/2017 14:03	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	3.03
10/17/2017 14:41	10/17/2017 15:07	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	26.12
10/18/2017 5:19	10/18/2017 5:35	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	15.87
10/18/2017 8:07	10/18/2017 8:13	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	6.42
10/18/2017 11:46	10/18/2017 11:49	ACCIONAMIENTO MOTOR X AVERIADO	3.07
10/18/2017 14:42	10/18/2017 14:49	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	6.72
10/18/2017 15:15	10/18/2017 15:17	FALLA DE IMPRESORA DOMINO	2.80
10/18/2017 16:21	10/18/2017 16:43	PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	21.53
10/18/2017 17:26	10/18/2017 17:37	PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	11.13
10/18/2017 11:46	10/18/2017 11:49	ACCIONAMIENTO MOTOR X AVERIADO	3.07

total 1639.23

**Tabla 11. Muestra de paros por fallas mes de octubre en módulo 5.**

Fuente: TAHSA

Como se puede observar en la tabla 10, el módulo 5 es el que más paros por fallos y quiebres posee en toda la planta de TAHSA. El tiempo total en esta muestra de paros es de 1639.23 minutos con un total de 49 paros en una fecha que cubre el 9 de octubre hasta el 18 de octubre del presente año. En comparación al módulo 2 que se tomó una muestra más grande, hay una gran diferencia con la cantidad de paros y el tiempo transcurrido de cada uno por ende esto termina afectando directamente el MTBF y OEE.

### 5.3.1 MTBF & OEE DE MÓDULO 5 EN EL MES DE OCTUBRE

RESULTADOS MTBF & OEE MES DE OCTUBRE				
Tiempo Calendario	10,080		Días programados por semana	3.22
Tiempo excluido	5447.9			
Tiempo programado aproximado por semana (mins)	4,632		Stops/day	131.13
Categoría	Paros	Tiempo detenido Min/Sem	Perdida OEE	MTBF
<b>Paros Planeados</b>	<b>14</b>	<b>396</b>	<b>8.54%</b>	<b>195.04</b>
CAMBIO DE MARCA	8	228	4.92%	321.54
LIMPIEZA TECNICA	5	157	3.38%	517.27
LIMPIEZA FIN DE SEMANA	0	11	0.24%	11,897.15
Categoría	Paros	Tiempo detenido Min/Sem	Perdida OEE	MTBF
<b>Paros No Planeados</b>	<b>422</b>	<b>1,550</b>	<b>33.5%</b>	<b>6.37</b>
CELDAS CIGARRILLOS INCOMPLETAS	72	51	1.11%	37.3
ATASCO CANAL CENTRAL	61	235	5.08%	43.7
PARADA DESDE RESERVA CIGARRILLOS	60	692	14.94%	44.9
AUSENCIA CIGARRILLOS EN LA TOLVA	33	29	0.62%	80.9
FALTAN CARTERAS	28	26	0.57%	94.4
PARADA DE SERVICIO	22	46	1.00%	120.2
JUNTA PAPEL METALIZADO DEMASIADO LARGA	22	35	0.75%	123.9
FALTA PL.CARTON EN 5A RUEDA	17	20	0.42%	158.6
ATASCO EN VOLCADOR CORREAS SALIDA X	13	19	0.40%	205.1
ATASCO CARTONES EN EL ELEVADOR	12	10	0.21%	233.3

ATASCO 5A-6A RUEDA	9	4	0.10%	313.1
FALTA REFUERZO EN 4A RUEDA	8	7	0.16%	339.9
FALLA DE VIDEK	8	10	0.22%	349.9
ATASCO CANAL DE SALIDA	7	6	0.13%	396.6
FALTA ENVOLTURA 5A RUEDA	7	10	0.21%	410.2
CARTER FRONTAL INFERIOR ABIERTO	5	12	0.26%	594.9
ATASCO SALIDA 8A RUEDA	4	13	0.29%	661.0
FALTA PAPEL DE ALUMINIO INFERIOR	4	5	0.12%	699.8
ACTUAC. PALANCA ELAST.P. CERO PL.CARTON	3	4	0.09%	793.1
CARTER FRONTAL PL.CARTON ABIERTO	3	1	0.02%	991.4
FALLO CONTROL PL.CARTON EN 5A RUEDA	2	3	0.06%	1,189.7
CARTER FRONTAL ABIERTO	2	2	0.05%	1,321.9
CARTER POSTERIOR ABIERTO	2	4	0.08%	1,321.9
FALLO CONTROL PAPEL ALUMINIO INFERIOR	2	1	0.02%	1,487.1
PARO POR ERROR SISTEMAS/MATERIALES	2	240	5.17%	1,487.1
CIGARRILLOS DESORDENADOS EN LA CELDA	2	1	0.03%	1,487.1
PAP. ALUM. FUERA DE POSICION	2	1	0.03%	1,699.6
BRAZO BOBINA PAP. ALUM. NO ARMADO	1	0	0.01%	2,974.3
CARTER ENCOLADOR SOLAPA ABIERTO	1	2	0.05%	2,974.3
PARADA DE SERVICIO X BD/PF SIGNIFICATIVA	1	49	1.05%	2,974.3
CARTER EMPALME PAPEL ALUM. ABIERTO	1	0	0.01%	2,974.3
ATASCO BAJADA ALIMENTACION PL. PL.CARTON	1	1	0.02%	2,974.3

FALLA DE IMPRESORA DOMINO	1	2	0.03%	2,974.3
PORTILLO 8A RUEDA ABIERTA	1	0	0.01%	3,965.7
FAJO NO ALINEADO	1	0	0.01%	3,965.7
FALTA BOBINA PAP. ALUM.	1	1	0.01%	3,965.7
ACTUACION REG. DE PAR ALIM. PL.CARTON	0	1	0.02%	5,948.6
FALLO CONTROL INTERIOR DEL P.ALUM.	0	0	0.01%	5,948.6
RESERVA PAP. ALUM. EN POSICION DE ALARMA	0	1	0.02%	5,948.6
CAVIDADES VACIAS: DESCARTE INEFICIENTE	0	0	0.00%	5,948.6
CARTER 1? CANAL PL.CARTON ABIERTO	0	1	0.01%	5,948.6
ATASCO ENTRADA 3ER TAMBOR	0	0	0.00%	5,948.6
FALLO CONTROL REFUERZO 4A RUEDA	0	0	0.00%	11,897.1
CORTE ENERGIA ELECTRICA	0	1	0.02%	11,897.1
EMPUJADORES TOLVA CIGARRILLOS DESACOP.	0	0	0.00%	11,897.1
MAQUINA EN MANUAL	0	0	0.01%	11,897.1
PARADA DESDE CENTRALITA	0	0	0.00%	11,897.1
CELOFANADORA INHABILITADA	0	0	0.00%	11,897.1
ACCIONAMIENTO MOTOR X AVERIADO	0	1	0.01%	11,897.1
FALTA CAJETILLA EN 5A RUEDA	0	0	0.00%	11,897.1
		<b>Minutes Perdidos</b>	<b>Perdida OEE</b>	
<b>Perdida por velocidad</b>		<b>719.0</b>	<b>15.52%</b>	
	<b>Producto</b>	<b>Minutes Perdidos</b>	<b>Perdida OEE</b>	
<b>Perdida por calidad</b>	<b>4.09%</b>	<b>109.88</b>	<b>2.37%</b>	
Packer	4.09%	109.88	2.37%	
Tiempo de actividad	2,686			

MTBF	6.4			
MTTR	3.7			
Disponibilidad	63.4%			
<b>OEE</b>	<b>40.10%</b>			

**Tabla 12. Resultados de MTBF & OEE para módulo 5 en el mes de octubre**

Fuente: TAHSA

<b>Métricas</b>	
Paquetes por min.	265
Volumen de paquetes por semana	1,124,134
Disponibilidad (%)	63.40%
OEE	40.10%
Tiempo programado (min)	4632
MTBF (min)	6.37
Paradas	421.81
Perdida en calidad en %	0.02

**Tabla 13. Métricas en el mes de octubre M5.**

Fuente: TAHSA

#### 5.4 COSTOS POR QUIEBRES DE MÓDULO 2 Y 5 EN EL MES DE OCTUBRE

Sección	Área	Módulo	Componente de máquina	Costo
Empaque	Mec	5	Boca traspaso CH	L. 5,452.68
Empaque	Mec	5	Manguera vacío etiquetas	L. 1,481.52
Hacer	Eléc	5	Encoder max80 planificado	L. 35,640.25
Hacer	Eléc	5	Alimentación pobre llenado mecha-servomotor	L. 15,691.30
Hacer	Eléc	2	Sensor presencia goma tipping	L. 1,982.03
Hacer	Eléc	2	Servomotor rodillo púas	L. 45,034.14
Hacer	Eléc	5	Acople encoder Max80	L. 1,199.00
Hacer	Eléc	5	Acople encoder Max80	L. 1,199.00
Hacer	Eléc	5	Acople encoder Max80	L. 1,199.00
Empaque	Mec	2	Boca traspaso CH	L. 5,452.68
Hacer	Eléc	5	Acople encoder Max80	L. 1,199.00
Hacer	Eléc	2	Fuente poder CPU	L. 6,899.00
Hacer	Mec	5	Legueta formador PROTOS 80 SE	L. 20,083.12
			Total	L. 142,512.72

**Tabla 14. Costos por quiebres de módulos 2 y 5 mes de octubre.**

Fuente: TAHSA

El mes de octubre se dieron varios quiebres en el módulo 5 y en menor cantidad para el módulo 2. Mediante a la recuperación de datos proporcionados por el PLC, se analizarán cada uno de los fallos y quiebres ocurridos en estos módulos dando lugar a mejoras para las pautas de mantenimiento si en dado caso se requiere. El departamento de ingeniería de producción posee un bajo presupuesto, por eso se debe reducir los costos innecesarios por quiebres para mantener buenas métricas de producción en general.

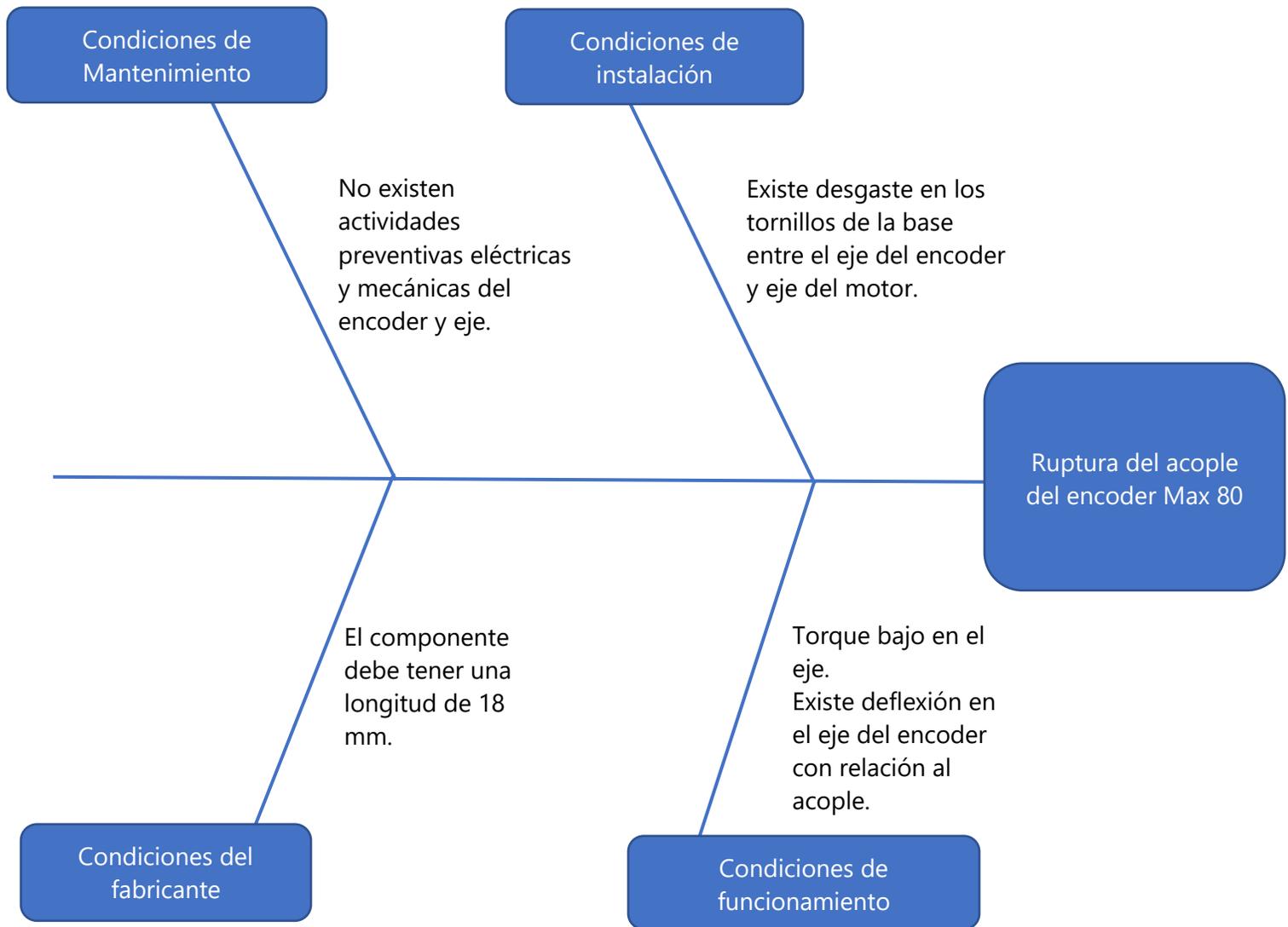
## 5.5 ANÁLISIS DE QUIEBRES Y FALLAS

Análisis de los Cinco Porqués	
Problema	Atasco Salida M5
¿Por qué (1)?	Tarjeta del encoder posiblemente esté fallando.
¿Por qué (2)?	Fallo en electroválvula.
¿Por qué (3)?	Parametros de OTIS desajustados.
¿Por qué (4)?	Sincronizacion de sensores no estaban en punto cero.
¿Por qué (5)?	Mal ajuste en la sensibilidad del sensor.
Actividad	Verificar funcionamiento del encoder y inspeccionar su tarjeta.

**Tabla 13. Aplicación de los cinco porqués para Atasco Salida M5.**

Fuente: Propia

Para este problema de Atasco en la Salida M5 se realizó el método de los cinco porqués ya que el problema es simple y no requiere un análisis profundo. Se determinó que la falla se encontraba en la tarjeta del encoder. Se modificó su respectiva pauta de mantenimiento preventivo agregando una inspección de cada 2000 horas a la tarjeta del encoder.



**Ilustración 15. Diagrama Causa/Efecto para ruptura de acople de encoder M5.**

Fuente: Propia

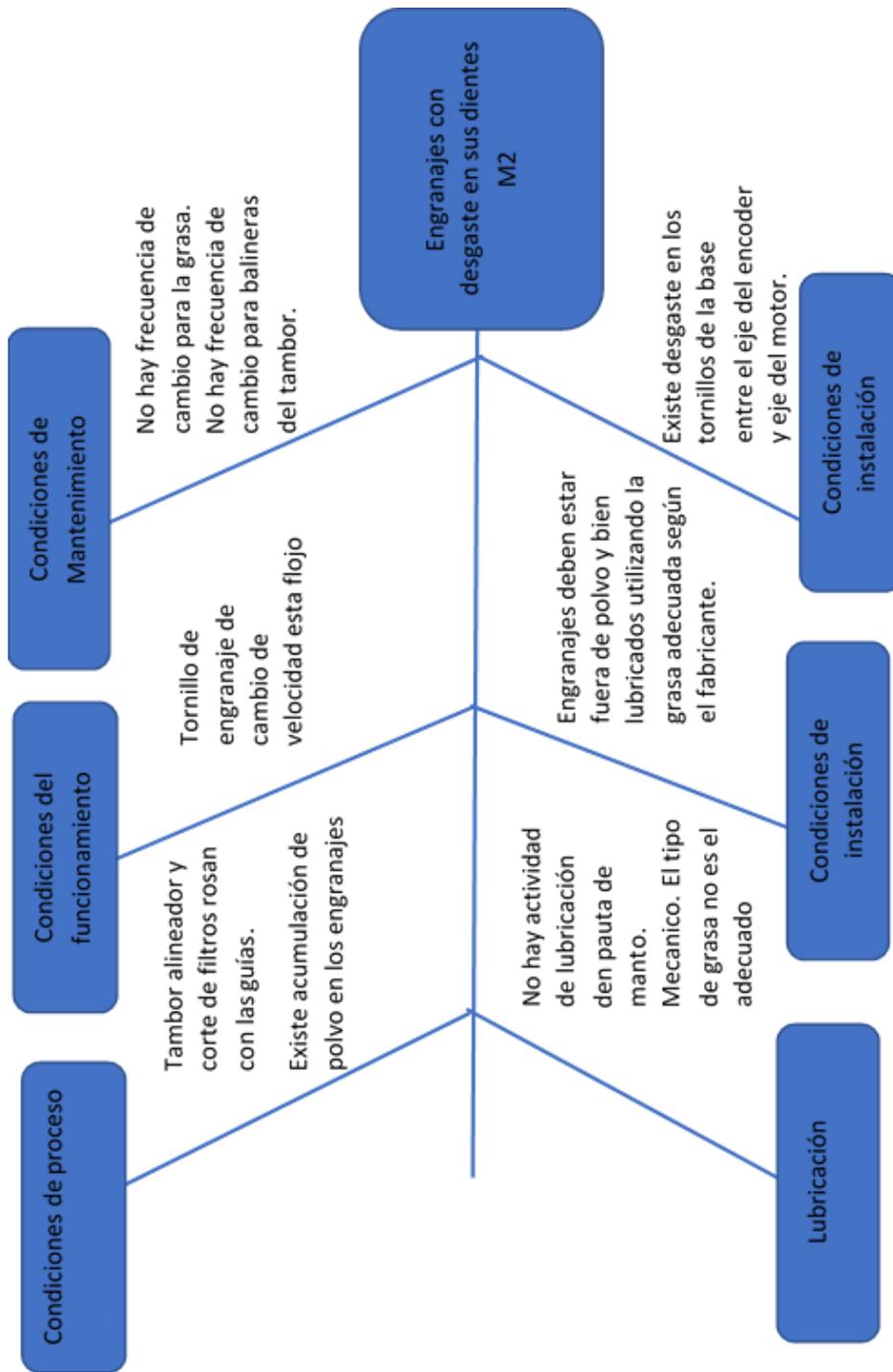
La ruptura del acople del encoder fue el problema más recurrente que ocurrió en el módulo 5. El problema ocurrió 5 veces. Se realizó el análisis de causa/efecto o espina de pescado para encontrar una posible solución al problema. Se verificó la excentricidad de los ejes y se ajustó la base del encoder, pero el problema todavía persistía. Se determinó que el acoplamiento no era adecuado para el encoder ya que existía una deflexión en uno de sus extremos lo cual ocasionaba su ruptura y finalmente se contactó a Hauni para determinar que acople sería el indicado para evitar futuros quiebres y se creó una pauta de inspección de cada 500 horas.

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Acciones recomend.	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR
Eje de transmision Max80 M2	Exceso de vibracion durante produccion	Generacion de desperdicios	Desalineacion entre rodamientos	Visual	Desarmar y comprobar ajustes	7	2	10	140
			Tornillo de sujecion del engranaje de transmision flojo	Visual	Verificacion de ajuste de tornillos al momento de finalizar el manto.	7	1	9	63
			Tambor alineador tiene juego axial en el eje	Visual	Craer pauta de mantenimiento	7	2	8	112
			Mala colocacion del separador de tambor alineador	Visual	Modificar pauta de manto.	7	1	9	63
			Ejes flexionados	Visual	Verificar excentricidad	7	3	8	168

**Tabla 14. Aplicación FMECA para Eje de transmision Max80 M2.**

Fuente: Propia

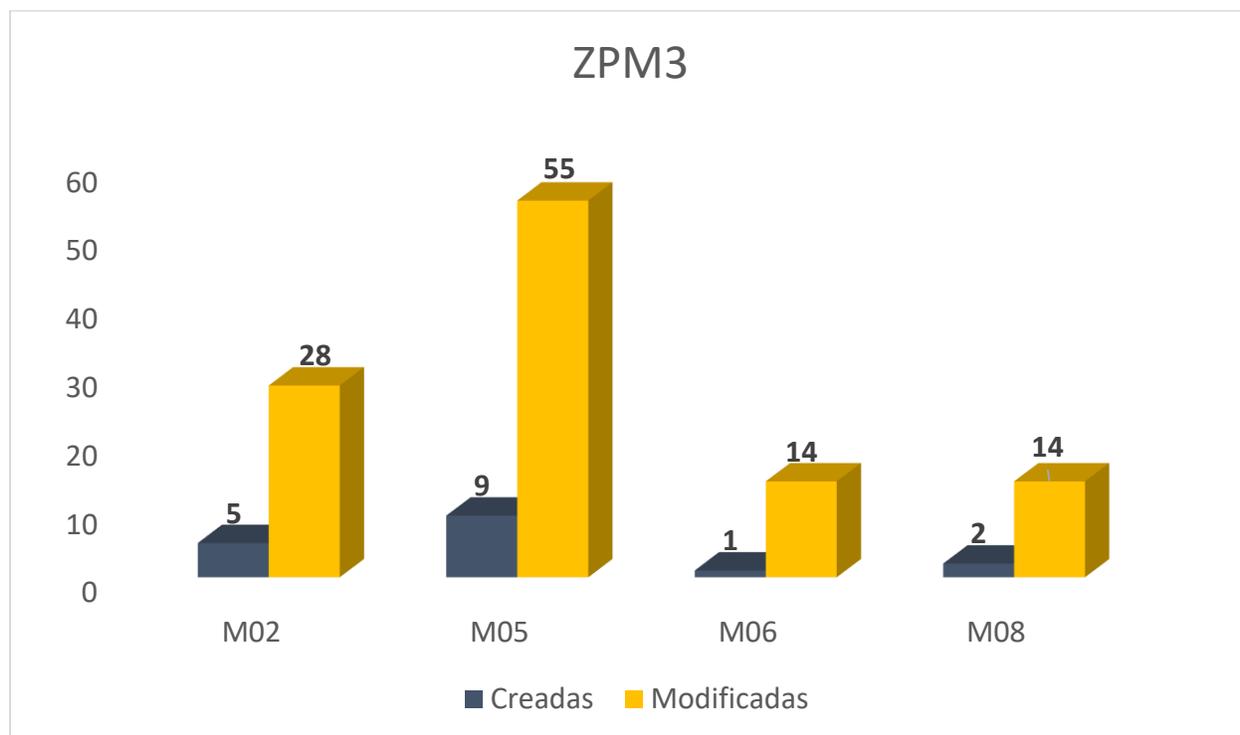
En la tabla 14 se puede observar la estructuración de FMECA. Este es un nuevo método de análisis que se está implementando para el análisis de defectos, fallas y quiebres en TAHSA. Se decidió implementar FMECA a esta falla debido que esta presentaba varios factores como posible causa de su mal funcionamiento. Esta herramienta es bien útil ya que sirve de mucho aporte al momento de crear pautas de mantenimiento preventivo y correctivo. Para la falla del eje de transmision max80 del módulo 2 se creó una pauta de mantenimiento preventivo para la parte mecánica para evitar la desalineación del eje axial de transmisión, también se modificó una pauta existente en la cual las instrucciones de operación eran erróneas y generaba una mala colocación del separador de tambor alineador.



**Ilustración 16. Diagrama Causa/Efecto para engranajes con desgaste M2.**

Fuente: Propia

## 5.6 Modificación de Pautas



**Ilustración 17. Grafico de pautas creadas/modificadas en el mes de octubre.**

Fuente: TAHSA

Los ZPM3 son actividades programadas de mantenimiento preventivo. En la ilustración 17 se puede observar que los módulos 2 y 5 poseen la mayor cantidad de actividad modificadas y creadas. La mayoría de estas modificaciones se dieron durante el proceso de mantenimiento preventivo debido a que estas presentaban algunos errores en las instrucciones de procedimiento. Estas instrucciones no concordaban con el manual de fabricante lo cual creaba paros innecesarios durante el ciclo de producción, también se tomó en consideración actividades adicionales como medir con pie de rey la posición de los sensores para posteriormente evitar estar calibrando la sensibilidad del sensor lo cual creaba problemas en la calidad de las cajetillas de los cigarrillos. Durante la realización de este proyecto se enfocó en mayor parte en los módulos 2 y 5 ya que en los módulos 6 y 8 poseían pautas que iban de acuerdo al manual de fabricante y no requerían modificación alguna.

## 5.7 MAYORES PÉRDIDAS POR MÁQUINA

Pérdidas por Máquina	
Máquina	Sección
Maker	Atasco en brazo de succión
Packer	Ausencia estampilla en entrada correa

**Tabla 15. Mayores pérdidas por máquina M2.**

Fuente: Propia

Pérdidas por Máquina	
Máquina	Sección
Maker	Sincronización expulsión -Acople encoder tambor inspección
Packer	Atasco bandejas TU

**Tabla 16. Mayores pérdidas por máquina M5.**

Fuente: Propia

En tabla 15 y 16 aparecen las máquinas con más pérdidas. Esto se debe a que cuando una máquina es parada, esta está programada para que rechace 20 cigarrillos o 20 cajetillas dependiendo de la sección, lo cual creaba desperdicios debido a la reiteración de estas fallas en los módulos, por eso se trata de mantener las máquinas en buen estado para evitar desperdicios innecesarios.

## 5.8 RESULTADOS MES DE NOVIEMBRE

<b>Métricas</b>	
Paquetes por min.	149
Volumen de paquetes por semana	1,018,747
Disponibilidad (%)	87.4%
OEE	80.4%
Tiempo programado (min)	7178
MTBF (min)	9.61
Paradas	620.00
Perdida en calidad en %	0.02

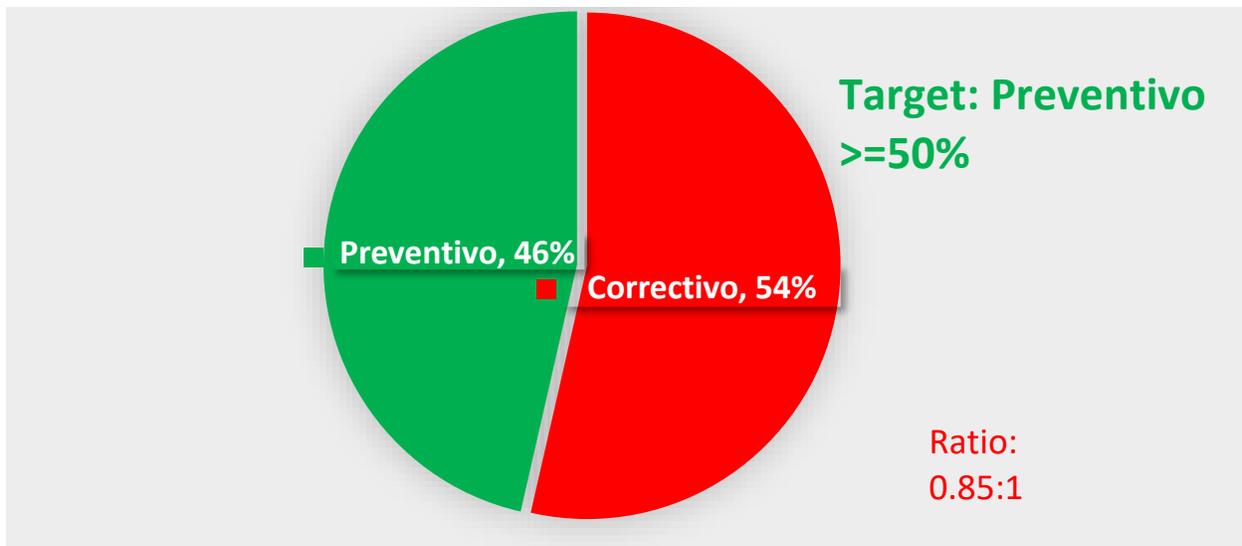
**Tabla 17. Métricas en el mes de noviembre M2.**

Fuente: TAHSA

<b>Métricas</b>	
Paquetes por min.	414
Volumen de paquetes por semana	1,595,497
Disponibilidad (%)	76.8%
OEE	65.3%
Tiempo programado (min)	4071
MTBF (min)	7.17
Paradas	413.00
Perdida en calidad en %	0.01

**Tabla 18. Métricas en el mes de noviembre M5.**

Fuente: TAHSA



**Ilustración 18. Mantenimiento preventivo contra correctivo mes de noviembre.**

Fuente: TAHSA

En las tablas e ilustraciones anteriores se ven reflejados los resultados al final del mes de noviembre. Los resultados obtenidos fueron positivos en su mayor parte. El OEE del módulo 5 aumento de 40.10% a 65.3% siendo una diferencia de 25.2% lo cual es un excelente resultado, pero todavía lejos de su estado óptimo. El OEE del módulo 2 disminuyó de 80.60% a 80.40% lo cual no afecta mucho. Ambos módulos aumentaron su MTBF manteniendo un rendimiento óptimo. El mantenimiento preventivo contra correctivo al final del mes de noviembre aumentó, pero todavía no llega al target de más de 50%, esto se debe a que el problema no solo estaba en las pautas de mantenimiento si no que en la manera que la empresa maneja el desarrollo de control de defectos. Existe una gran cantidad de defectos sin ser solucionados dejándolos estancados en la etapa de planificación. Esto termina afectando en gran manera el mantenimiento preventivo vs correctivo ya que hay falta en la planificación y control de defectos de procesos.

## VI. CONCLUSIONES

“Como conclusión se denomina la acción y efecto de concluir. Puede referirse al fin o la terminación de alguna cosa: un evento, un proceso, una serie de acontecimientos, un texto, un trabajo de investigación. En un texto o discurso, se denomina conclusión a la parte o sección final de un trabajo, en la cual se hace un breve resumen de los puntos principales abordados en el trabajo, se exponen los resultados y se destacan los hallazgos más importantes.” (Rivera, 2008).

1. Se estimó que los problemas electromecánicos requerían una mejor técnica de análisis de fallas, como contramedida se aprobó el uso de FMECA como método eficiente para determinar la causa-raíz de las fallas de proceso o quiebres que puedan ocurrir durante producción.
2. Se definieron las frecuencias de cambio a los componentes electromecánicos que no poseían uno ya que estos estaban cercanos a fallar y en su mantenimiento preventivo no estaba programado el cambio de dichos componentes, por ende, se previene quiebres inesperados a último momento cuando la producción es crítica.
3. Se redujo el numero de paradas por fallas electromecánicas dando resultados positivos en el OEE del módulo 5 de producción de cigarros y de la misma manera, incremento del porcentaje de mantenimiento preventivo vs correctivo.

## VII. RECOMENDACIONES

### **Para la empresa:**

- Mejorar el control de defectos ya que estos afectan gravemente a las métricas de producción.
- Incorporar más personal para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos debido a la cantidad de trabajo que actualmente hay en la empresa.

### **Para la universidad:**

- Implementar el uso de diagramas eléctricos y mecánicos mediante talleres o adicionar una clase de circuitos de mando ya que en la mayoría de las empresas usan los manuales de los equipos que poseen y se basan bastante en diagramas eléctricos y mecánicos.
- Cambiar la clase optativa de mantenimiento de sistemas hidráulicos y neumáticos a clase obligatoria de carrera debido que es muy importante que los estudiantes entiendan cómo funciona el mantenimiento ya que este fomenta la comprensión y el estudio de cómo funcionan las máquinas y es indispensable en las industrias.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco, F. J. C. (2015). *Análisis Del Sector Del Mantenimiento En relación a Estudios Sectoriales*. 3C Tecnología; Alcoy, 4(4), 159–174. Recuperado a partir de <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2015.v4n4e16.159-174>
- Roberto H. (2006). *Metodología de la Investigación* (3ra. Ed.). Mcgraw-Hill interamericana; México, D.F. Recuperado a partir de: [http://www.intercambiosvirtuales.org/libros-manuales/roberto-hernandez-sampieri-metodologia-de-la-investigacion-6<sup>a</sup>-edicion](http://www.intercambiosvirtuales.org/libros-manuales/roberto-hernandez-sampieri-metodologia-de-la-investigacion-6a-edicion).
- Leonardo De Seta (2008). *La técnica de los 5 por qué*. Recuperado a partir de: <https://dosideas.com/noticias/metodologias/366-la-tecnica-de-los-5-porque>
- Beatriz Ariza Rossy (2015). *Los 5 porqués de Toyota: una técnica para identificar y resolver problemas*. Recuperado a partir de: <http://filocoaching.com/los-5-porques-de-toyota-una-tecnica-para-identificar-y-resolver-problemas/>
- Torjo Sagua (2013). *El proceso de los 5 ¿Por qué?* Recuperado a partir de: <http://laenciclopediagalactica.info/2015/08/10/el-proceso-de-los-5-por-que/>
- José Iván Morales Ramírez (2013). *Técnicas de Resolución de Problemas: Los 5 Por Qué's*. Recuperado a partir de: <http://www.5consultores.com/wp-content/uploads/2014/06/WP-T%C3%A9cnicas-Resoluci%C3%B3n-de-Problemas-5-Por-Qu%C3%A9.pdf>
- Larios G., J.J. "Hacia un modelo de calidad". Grupo Editorial Iberoamérica. México, México.2004. Recuperado a partir de: <https://calidadgestion.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
- Abraham Kaab (2009). *Espina de pescado por Karoue Ishikawa*. Recuperado a partir de: <http://www.sergerente.net/espina-de-pescado-por-kaoru-ishikawa>
- Ing. Hugo Gonzales (2012). *Herramientas para la mejora continua*. Recuperado a partir de: <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/diagrama-espina-de-pescado/>

- Manuel García Pantigozo (2000). *Mejora continua de la calidad en los procesos*. Auditorías de la Calidad en la Norma ISO 9000:2000. Rev. Industrial Data – Instituto de Investigación FII – UNMSM N.º 6.
- Martínez, H. (2012). Metodología de la investigación con enfoque en competencias. Recuperado a partir de [https://issuu.com/cengagelatam/docs/metodologia de la investigacion hecator martine/1](https://issuu.com/cengagelatam/docs/metodologia_de_la_investigacion_hecator_martine/1)
- Navarro Elola L. (2001). Gestión integral de mantenimiento. Barcelona, España. Marcombo Boixareu Editores. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=10352641>
- José R. Aguilar-Otero (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 25, núm. 1, 2010. Monterrey, México. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>
- Roció Torres-Arcique (2011). *Análisis de AMFEC*. Recuperado a partir de: [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/analisis-AMFEC/id/53402492.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/analisis-AMFEC/id/53402492.html)
- Irene Franco (2008). *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales*. (4ª. Ed.) junio 2008, publicado por AIAG. Recuperado a partir de: <http://www.monografias.com/trabajos27/modo-falla/modo-falla.shtml>
- Alberto Monsalve (2004). *Análisis de fallas en la industria*. 26 N° 14 jul. 2004. ISSN 0716-291X. Recuperado a partir de: <http://www.tanamat2007.fi.mdp.edu.ar/CV%20Monsalve.pdf>
- Juan Diaz Navarro (2007). *Técnicas de mantenimiento industrial*. Calpe Institute of Technology. ISBN 8461162439, 9788461162437. Recuperado a partir de: [https://books.google.hn/books/about/T%C3%A9cnicas de mantenimiento industrial.html?id=5vE6QwAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.hn/books/about/T%C3%A9cnicas_de_mantenimiento_industrial.html?id=5vE6QwAACAAJ&redir_esc=y)

- Roberto Sampieri (2010). *Metodología de la investigación*. (5ª. Ed.) DERECHOS RESERVADOS © 2010, 2006, 2003, 1998, 1991 respecto a la quinta edición por: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Francisco Rey Sacristan (2003). *TECNICAS DE RESOLUCION DE PROBLEMAS Criterios a seguir en la producción y el mantenimiento*. Fundación confemetal. Príncipe de Vergara, 74. 28006 Madrid. ISBN 84-96169-14-6. Recuperado a partir de <https://books.google.hn/books?id=ybFi1m8lHTQC&pg=PA143&lpg=PA143&dq=AMFEC&source=bl&ots=jcrrgrcy8M&sig=utn9OXFqiEblx3BFUYbmnEJfzRc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiZ4Y7v3b XAhUGOiYKHSoMCasQ6AEIXTAJ#v=onepage&q=AMFEC&f=false>
- Daniel S. Behar Rivero (2008). *Metodología de la investigación*. Ediciones Shalom. ISBN 978-959-212-783-7. Recuperado a partir de: <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>
- Onwuegbuzie, A. J. (2004). *Métodos mixtos para la investigación*. Recuperado a partir de: <http://practicadocentemexico.blogspot.com/2013/03/metodos-de-investigacion-mixto-un.html>
- Zulay Pereira Pérez. (2011). *Métodos para la investigación científica*. *Revista Electrónica Vol. XV, N° 1, [15-29], ISSN: 1409-42-58, enero-junio, 2011* Recuperado a partir de: <http://www.redalyc.org/html/1941/194118804003/>
- Jacqueline Wigdoski (2010). *Fuentes primarias y secundarias*. Recuperado a partir de: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/fuentes-primarias-y-secundarias.html>
- Ricardo Rivera (2008). *Investigación científica industrial*. Recuperado a partir de: <https://www.significados.com/investigacion-cientifica-industrial.html>

## ANEXOS

 <b>BRITISH AMERICAN TOBACCO</b>	<b>Instrucción de Trabajo</b>		Fecha:	Número:	Revisión:
			Aprobador:		
1080 Encoder 3A97 CT	Modulo 8	Equipo: 4350 CT			
Responsable: Raul Ramos		Pauta: Electrico Empaque		Registro:	
<b>Aspectos de seguridad: Usar el EPP guantes y gafas de seguridad.</b>					
Item	Pág.	Secuencia de procedimientos para operacion 1080 Encoder 3A97 CT	Herramientas		
1	2	Apagar el PLC.	N/A		
2	3	Quitar el protector del encoder.	Llave Allen M5		
3	4	Inspeccion de el encoder.	Llave Allen M5/M3		
4	5	Limpieza de el encoder.	Contact Cleaner, pistola de aire comprimido, trapo, alcohol		
5	6	Ensamblar de nuevo el protector del encoder.	Llave Allen M5		

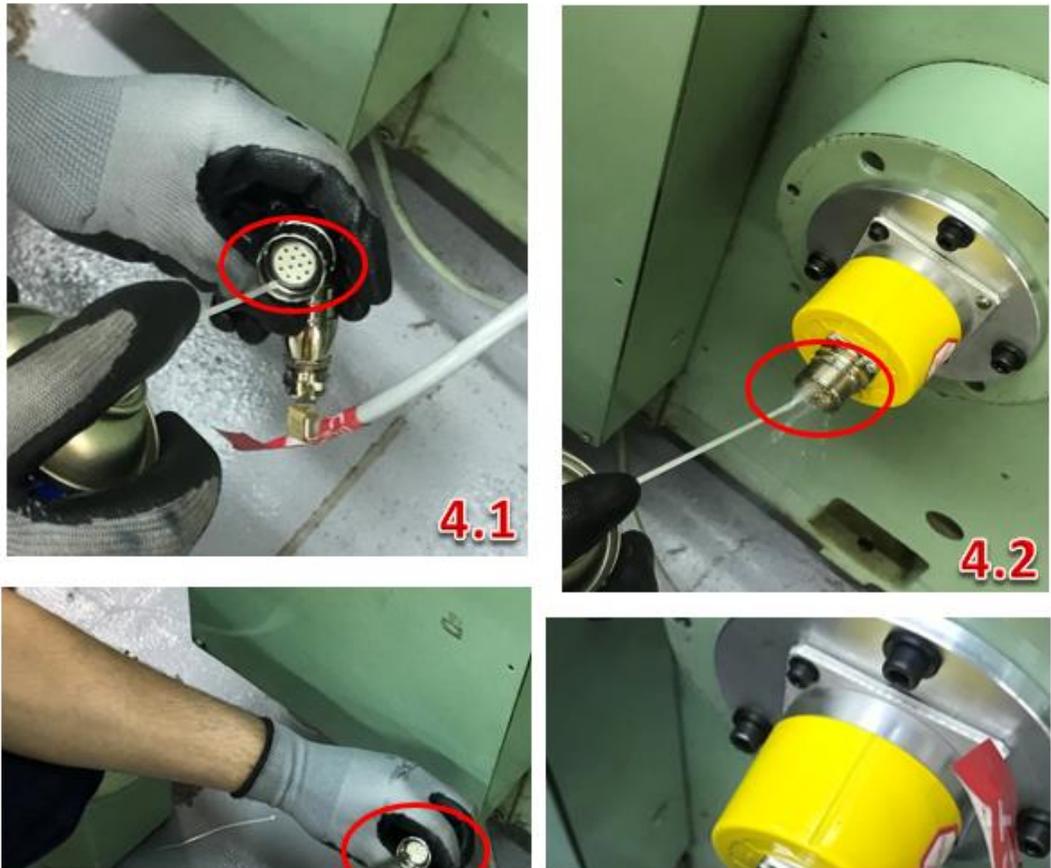
**Ilustración 19. Elaboración de instructivo de trabajo parte 1.**

Fuente: Propia

	<h2>Instrucción de Trabajo</h2>	Fecha:	Número:	Revisión:
		Aprobador:		
1080 Encoder 3A97 CT		Equipo: 4350 CT		
ACTIVIDAD: Apagar el PLC				
Item	Secuencia de Realización	Herramientas		
1.1	Antes de proceder a destapar el protector de el encoder, verificar que el PLC esta apagado.	N/A		
Imágenes				
				

**Ilustración 20. Elaboración de instructivo de trabajo parte 2.**

Fuente: Propia

	<b>Instrucción de Trabajo</b>	Fecha:	Número:	Revisión:
		Aprobador:		
1080 Encoder 3A97 CT		Equipo: 4350 CT		
ACTIVIDAD: Limpieza de el encoder				
Item	Secuencia de Realización	Herramientas		
4.1	Limpiar la terminal de conexion del encoder.	Contact Cleaner		
4.2	Limpiar la conexion de la base.	Contact Cleaner		
4.3	Con aire comprimido soplar la terminal de conexion del encoder y su base.	Pistola de aire comprimido		
4.4	Enroscar en encoder, asegurarse que este bien centrado y sujetado.	N/A		
4.5	Limpiar el encoder con trapo limpio	Alcohol, Trapo		
<b>Imágenes</b>				
				

**Ilustración 21. Elaboración de instructivo de trabajo parte 3.**

Fuente: Propia

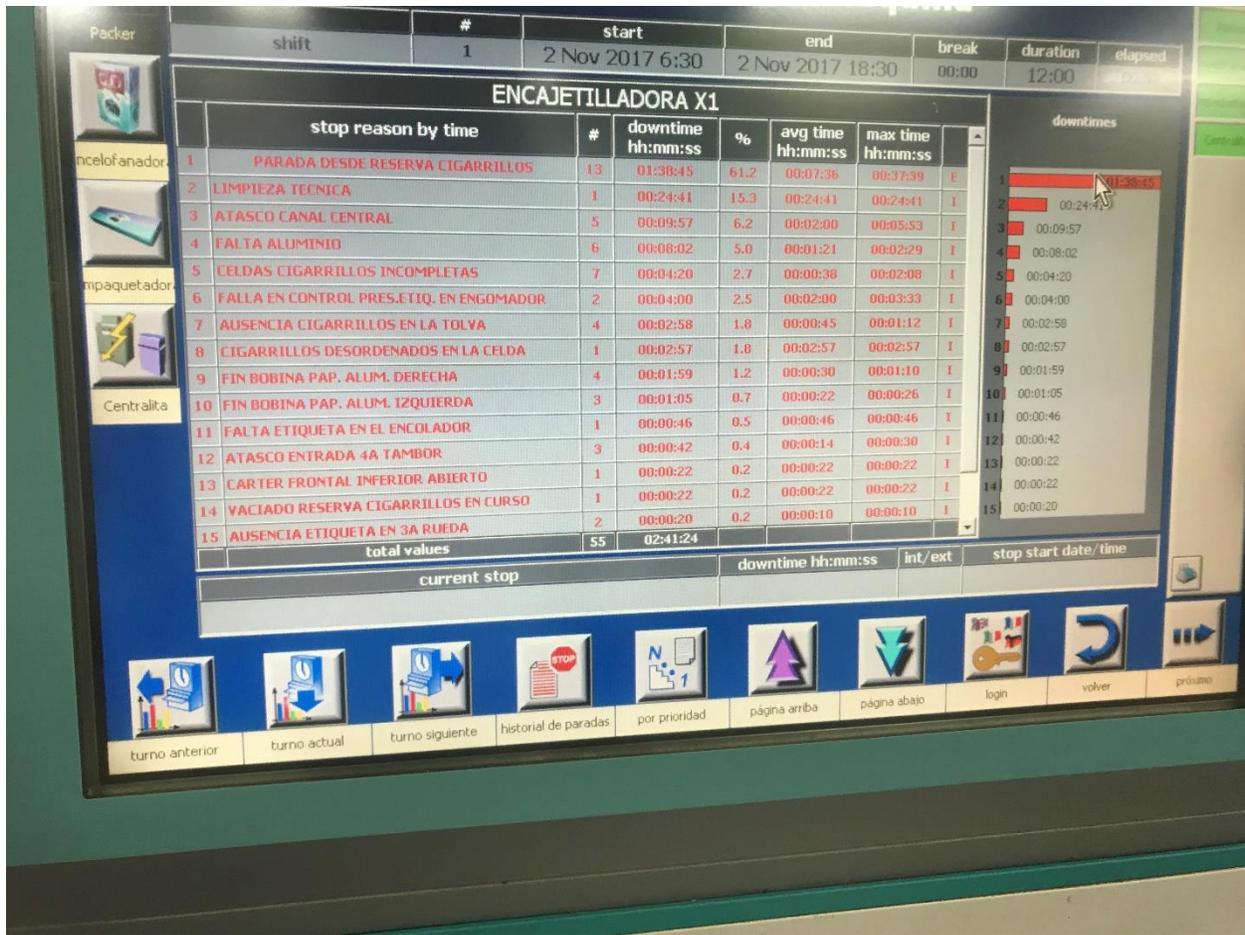
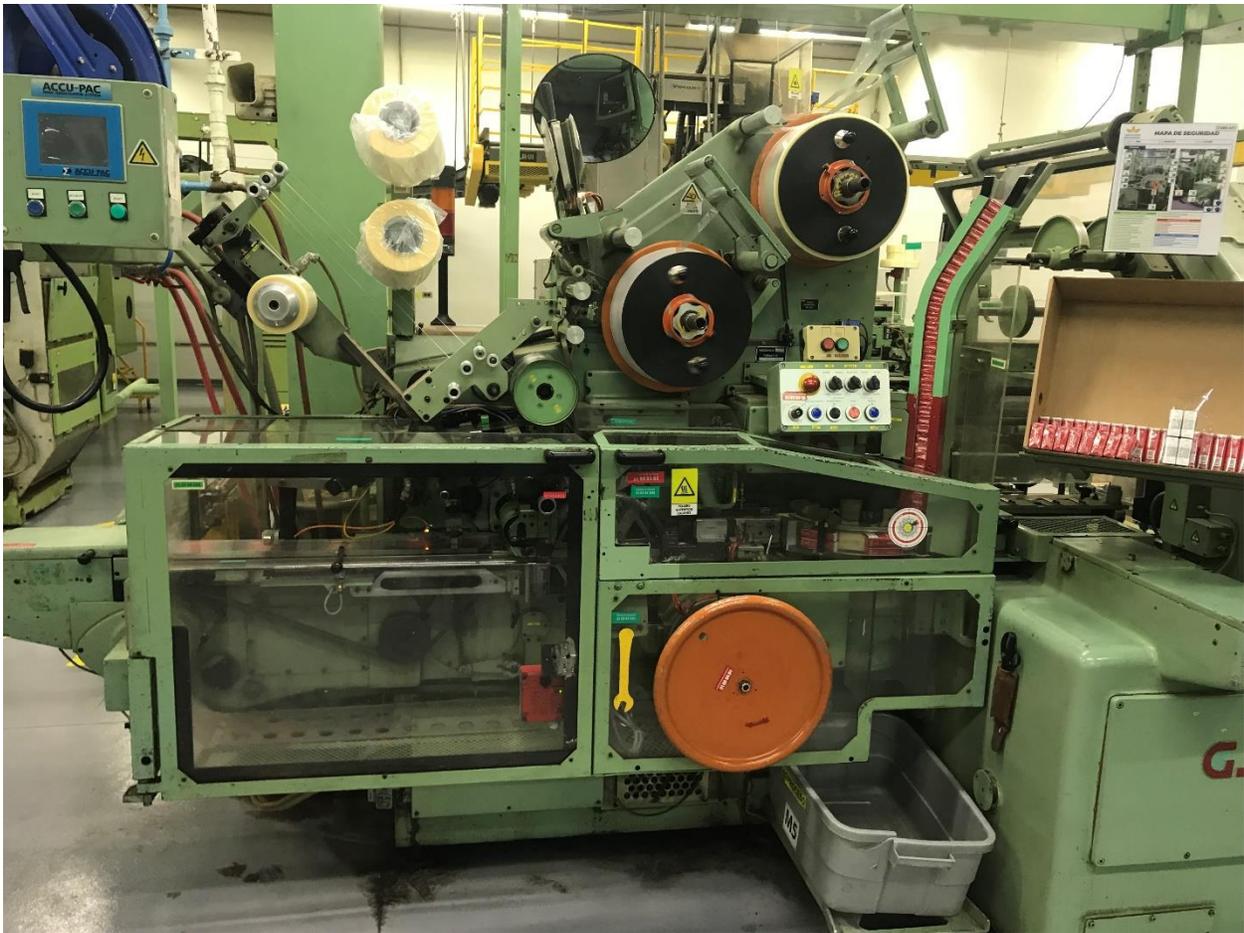


Ilustración 22. Muestra de paros en la X1.

Fuente: Propia



**Ilustración 23. 4350CH módulo 5.**

Fuente: Propia



**Ilustración 24. Implementación de LOTOTO.**

Fuente: Propia



**Ilustración 25. X1 módulo 5.**

Fuente: Propia