

Randolfo Joel Chacón Barahona

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Randolfo Joel Chacón Barahona

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

**F-03-11-2021-05**  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Experto Metodológico  
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO  
**ACUERDO NÚMERO: 17-10-2022-548**

El / La Evaluador(a) Final del Trabajo de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

**CONSIDERANDO:**

Que el / La Metodólogo(a) en Investigación Científica, ha dado su aprobación preliminar al trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento y me ha informado que el documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico al titular que formuló el mismo; de lo cual deviene procedente asignarle la puntuación correspondiente.

**POR TANTO:**

Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativa aplicable,

**ACUERDA:**

Emitir el Acuerdo de Asignación de Punteo al Trabajo de Graduación de mérito, de la manera siguiente:

1. Asignar **Setenta y cinco (75)** sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: **“PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO HONDO, ZACAPA.”**, formulado por **Randolfo Joel Chacón Barahona**, titular del carné **11-048-0012**; inscrito en la **Facultad de Ingeniería de ésta universidad**.
2. Se ordena imprimir el trabajo de graduación que se especifica en el punto anterior.
3. Trasladar tres copias físicas y un archivo digital del trabajo de graduación a la Presidencia del Consejo Académico, para los efectos subsiguientes.
4. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 17 de octubre de 2022



Oscar Reynaldo Zuñiga Cambara  
Ingeniero Ambiental,  
Magíster in Scientiis en Investigación con énfasis en Proyectos  
Experto(a) Metodológico (a)

OSCAR REYNALDO ZUÑIGA CAMBARA  
INGENIERO AMBIENTAL  
MAGISTER IN SCIENTIIS EN INVESTIGACIÓN  
CON ÉNFASIS EN PROYECTOS  
COLEGIADO 4277



F-14-04-2020-14  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Asesoría de tesis  
ACUERDO DE APROBACIÓN PRELIMINAR DE TESIS

El Asesor en Metodología del Programa de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO

Que he asesorado y firmado el trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento, y siendo que a mi criterio dicho documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico a quien formuló el mismo

POR TANTO:

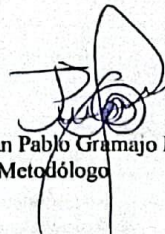
Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativas aplicables,

ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Aprobación Preliminar de Trabajo de Graduación, de la manera siguiente:

1. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: "PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO HONDO, ZACAPA.", formulado por Randolpho Joel Chacón Barahona titular del carné 11-048-0012, inscrito en la Facultad de Ingeniería de esta Universidad.
2. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación de acuerdo a los criterios técnicos que considere convenientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 16 de agosto de 2022

  
Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda  
Metodólogo

ING AGR JUAN PABLO  
GRAMAJU PINEDA  
Col 7,203



F-18-06-2018-01  
Universidad Rural de Guatemala  
Programa de Graduación  
Carta de aprobación  
Asesor General Metodológico  
Guatemala, 16 de agosto de 2022

Asunto: Aprobación del informe final  
de graduación y solicitud de conformación  
de Tribunal Examinador.

Señor Coordinador General:

Tengo a honra dirigirme a usted, con la finalidad de informarle que, como Asesor General Metodológico del trabajo denominado: "Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.", a cargo del estudiante: Randolpho Joel Chacón Barahona; Carné: 11-048-0012; perteneciente al grupo: 307-047-17; apruebo el informe final de graduación y solicito que se integre El Tribunal Examinador de esta tesis.

Me valgo de la ocasión para presentarle a usted, muestras distinguidas de mi consideración y estima.

Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda  
Asesor General  
Metodológico

ING AGR JUAN PABLO  
GRAMAJO PINEDA  
COL. 7.203

C.C. Archivo personal

Señor  
Coordinador General  
Programa de Graduación  
Universidad Rural de Guatemala  
Presente

## **Prólogo**

El presente trabajo de tesis “Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa”. Pretende en primer lugar cumplir el requisito del programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables en grado académico de licenciado.

En segundo lugar, presenta una solución a la problemática que enfrenta Papelera Internacional S. A., donde se llevó a cabo una investigación en la planta de producción ubicada en el kilómetro 129 ruta al atlántico, municipio de Río Hondo, Zacapa. Esta empresa se dedica a la producción de papel higiénico, producto que es de primera necesidad por lo que su demanda aumenta constantemente, esto provoca que el Departamento de Producción con mucha frecuencia rebase su capacidad y con dificultad hace frente a dicha demanda.

Desde su fundación Papelera Internacional S. A. ha invertido en la adquisición de maquinaria y equipo que le permite ofrecer productos de calidad y satisfacer la creciente demanda del mercado, pero, aunque cuenta con Departamento de Mantenimiento para dicha maquinaria, continuamente se presentan paros no programados que entorpecen el cumplimiento de sus objetivos de producción.

De ahí surge la oportunidad para realizar esta investigación en la que se aplica una serie de cuestionamientos al nivel gerencial y nivel medio del Departamento de Mantenimiento. Se obtiene las razones principales por las cuales la maquinaria y equipo eléctrico generan fallas y dificultan el cumplimiento de la producción planificada. De igual forma se consiguen los mecanismos que deben implementarse para solucionar la problemática estudiada.



## **Presentación**

Con el efecto de la globalización y automatización de procesos, para toda industria se ha vuelto crítico el tema de alcanzar las metas de producción para cumplir con sus clientes y así lograr el crecimiento de la empresa.

El proceso de producción con frecuencia presenta muchas dificultades con la maquinaria debido a que generalmente trabajan veinticuatro horas al día los siete días de la semana, lo que genera desgastes a distintas piezas, sobrecalentamiento y daños en diferentes partes de la maquinaria y provoca que las máquinas se detengan por paros no programados, lo que repercute a su vez en tiempos perdidos y decremento de la producción.

En Papelera Internacional S. A. con frecuencia el Departamento de Producción solo se detiene en ocasiones para realizar mantenimientos preventivos y correctivos, es aquí donde juega un papel muy importante el realizar un mantenimiento adecuado, bien establecido y profesional, esto con el objetivo de asegurar que no se generen problemas en la maquinaria que interrumpan la producción en tiempos no establecidos.

La investigación realizada tiene como objeto de estudio al Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S. A. debido a que es el área que conoce de primera mano sobre las causas que provocan paros no programados de la maquinaria y repercuten en el incumplimiento de producción.

La aplicación adecuada y responsable de la propuesta que ofrece esta investigación contribuirá a resolver la problemática de producción que vive actualmente Papelera Internacional S. A. y permitirá que alcance las metas establecidas y consecutivamente mejorar todos los parámetros de la empresa.

## Índice general

Prólogo

Presentación

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Planteamiento del problema.....	2
I.2. Hipótesis.....	3
I.3. Objetivos.....	3
I.3.1. General.....	3
I.3.2. Específicos.....	3
I.4. Justificación.....	4
I.5. Metodología.....	6
I.5.1. Métodos.....	6
I.5.1.1. Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.....	6
I.5.1.1.1. Método deductivo.....	6
I.5.1.1.2. Método analítico.....	6
I.5.1.1.3. Método de marco lógico.....	7
I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis.....	7
I.5.1.2.1. Método inductivo.....	7
I.5.1.2.2. Método estadístico.....	8
I.5.1.2.3. Método sintético.....	8
I.5.2. Técnicas.....	8
I.5.2.1. Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.....	8
I.5.2.1.1. Lluvia de ideas.....	9
I.5.2.1.2. Observación directa.....	9
I.5.2.1.3. Investigación documental.....	9
I.5.2.1.4. Entrevista.....	10
I.5.2.2. Técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis.....	10
I.5.2.2.1. Censo.....	10
I.5.2.2.2. Encuestas.....	10

I.5.2.2.3. Técnica de análisis. ....	11
I.5.2.2.4. Coeficiente de correlación. ....	11
I.5.2.2.5. Ecuación de línea recta. ....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	13
II.1. Industria. ....	13
II.2. Historia Industria Papelera. ....	16
II.3. Antecedentes Papelera Internacional S. A. ....	18
II.4. Maquinaria y Equipo. ....	20
II.4.1. Motores eléctricos. ....	21
II.4.1.1. Clasificación de los motores eléctricos. ....	22
II.4.1.2. Partes de un motor eléctrico. ....	22
II.4.1.3. Funcionamiento de un motor eléctrico. ....	23
II.5. Proceso de la fabricación de papel. ....	23
II.5.1. Recolección de papel. ....	25
II.5.2. Preparación de pasta. ....	26
II.5.3. En la máquina de papel. ....	33
II.6. Fallas. ....	39
II.6.1. Falla en motores. ....	40
II.6.2. Variadores. ....	41
II.7. Metodología 5S. ....	42
II.7.1. SEIRI-Clasificar y seleccionar. ....	42
II.7.2. SEITON-Ordenar. ....	43
II.7.3. SEISO-Limpieza. ....	43
II.7.4. SEIKETSU-Estandarizar. ....	43
II.7.5. SHITSUKE-Disciplina. ....	43
II.7.6. Importancia de las 5S. ....	44
II.8. Mantenimiento. ....	44
II.8.1. Tipos de Mantenimientos. ....	44
II.8.1.1. Mantenimiento Correctivo. ....	45

II.8.1.1.1. Ventajas del mantenimiento correctivo.....	46
II.8.1.1.2. Desventajas del mantenimiento correctivo. ....	46
II.8.1.2 Mantenimiento preventivo. ....	47
II.8.1.2.1. Ventajas del mantenimiento preventivo.....	49
II.8.1.2.2. Desventajas del mantenimiento preventivo.....	49
II.8.1.3. Mantenimiento Predictivo. ....	49
II.8.1.3.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.....	51
II.8.1.3.2. Desventajas del mantenimiento predictivo. ....	51
II.9. Mantenimiento Productivo Total (TPM). ....	51
II.9.1. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). ....	52
II.9.2. Etapas del Mantenimiento Productivo Total (TPM). ....	53
II.9.3. La implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). ....	55
II.10. Importancia del mantenimiento a las maquinas. ....	57
II.11. Programa de mantenimiento. ....	58
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	59
III.1. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente o el efecto.....	60
III.2. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente o la causa.....	67
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	75
IV.1. Conclusiones.....	75
IV.2. Recomendaciones. ....	77
Bibliografías	
Anexos	

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>	<b>contenido</b>	<b>página</b>
Cuadro 1.	Comportamiento de la producción de la empresa. ....	60
Cuadro 2.	Razones de la baja de la producción en la empresa. ....	61
Cuadro 3.	Posibles medios a implementar para la solución de la problemática de la producción. ....	62
Cuadro 4.	La empresa cuenta con personal calificado para realizar los mantenimientos. ....	63
Cuadro 5.	Gerentes que tienen conocimiento sobre el mantenimiento productivo total. ....	64
Cuadro 6.	La empresa cuenta con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas. ....	65
Cuadro 7.	Gerentes que tienen disposición a desarrollar una reingeniería para mejorar la producción de la empresa. ....	66
Cuadro 8.	Supervisores que cuentan con procedimiento adecuado para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico. ....	67
Cuadro 9.	El personal eléctrico posee un plan para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico. ....	68
Cuadro 10.	Frecuencia de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico. ....	69
Cuadro 11.	El personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento adecuado a la maquinaria y equipo eléctrico. ....	70
Cuadro 12.	La empresa cuenta con registro histórico del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria. ....	71
Cuadro 13.	El departamento eléctrico cuenta con una programación anual de mantenimiento de cada máquina dentro de la empresa. ....	72
Cuadro 14.	Existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria y equipo eléctrico. ....	73
Cuadro 15.	Supervisores que cuentan con los recursos y equipo necesario para el desarrollo del mantenimiento de la maquinaria y equipo eléctrico. ....	74

## Índice de gráficas

<b>Gráfica</b>	<b>contenido</b>	<b>página</b>
Gráfica 1.	Comportamiento de la producción de la empresa. ....	60
Gráfica 2.	Razones de la baja de la producción en la empresa.....	61
Gráfica 3.	Posibles medios a implementar para la solución de la problemática de la producción. ....	62
Gráfica 4.	La empresa cuenta con personal calificado para realizar los mantenimientos.....	63
Gráfica 5.	Gerentes que tienen conocimiento sobre el mantenimiento productivo total. ....	64
Gráfica 6.	La empresa cuenta con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas.....	65
Gráfica 7.	Gerentes que tienen disposición a desarrollar una reingeniería para mejorar la producción de la empresa. ....	66
Gráfica 8.	Supervisores que cuentan con procedimiento adecuado para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico. ....	67
Gráfica 9.	El personal eléctrico posee un plan para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.....	68
Gráfica 10.	Frecuencia de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico .....	69
Gráfica 11.	El personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento adecuado a la maquinaria y equipo eléctrico.....	70
Gráfica 12.	La empresa cuenta con registro histórico del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria. ....	71
Gráfica 13.	El departamento eléctrico cuenta con una programación anual de mantenimiento de cada máquina dentro de la empresa.....	72
Gráfica 14.	Existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria y equipo eléctrico.....	73
Gráfica 15.	Supervisores que cuentan con los recursos y equipo necesario para el desarrollo del mantenimiento de la maquinaria y equipo eléctrico. ....	74

## Índice de imágenes

<b>Imagen</b>	<b>contenido</b>	<b>página</b>
Imagen 1.	Patio de almacenaje materia prima.....	26
Imagen 2.	Molinos o Pulpers.....	28
Imagen 3.	Limpiadores Screen de alta densidad. ....	29
Imagen 4.	Limpiadores de baja densidad.....	30
Imagen 5.	Celda de destintado.....	31
Imagen 6.	Espesador o Lavadoras. ....	32
Imagen 7.	Refinador.....	34
Imagen 8.	Secador Yankee.....	36
Imagen 9.	Reel o carrete.....	37

## **I. INTRODUCCIÓN**

Por medio de este trabajo de investigación conformado por cuatro capítulos se pretende encontrar las principales causas por las cuales la producción de Papelera Internacional S. A. no muestra mejoras en su rendimiento y posteriormente crear un plan de contingencia capaz de mitigar el efecto de paradas no programadas e incrementar la producción, a la vez que se garantiza la calidad de operación.

Los principales temas a desarrollar en esta investigación son mediante el marco lógico por el cual se busca establecer el problema central, hipótesis y árbol de objetivos. Para la obtención de datos se aplicaron diferentes técnicas de investigación entre las principales están la observación, las entrevistas y el análisis de bases de datos que son descritas en la metodología utilizadas para formular y comprobar la hipótesis planteada que conforma el capítulo uno.

Así mismo el capítulo dos es el marco teórico que contiene los temas y sub temas relacionados a esta investigación centrándose en la industria papelera y el mantenimiento industrial. Donde se describe el proceso para la producción de papel implementado por Papelera Internacional S. A. y se define en qué consiste el mantenimiento productivo total ya que está estrechamente relacionado con la propuesta de solución.

Para la verificación del marco lógico el capítulo tres contiene la comprobación de la hipótesis que consta de los cuadros y graficas obtenidos del vaciado de las encuestas aplicadas para el análisis respectivo que permite generar las conclusiones y recomendaciones necesarias para disminuir los problemas encontrados descritos en el capítulo cuatro.

Por último, se encuentra la bibliografía utilizada para la creación del marco teórico y los anexos que son la base para la elaboración del capítulo uno y tres.



### **I.1. Planteamiento del problema.**

Es claro que toda industria moderna busca la rentabilidad de sus productos, por lo que se pone mucho énfasis en los costos que se generan al momento de producirlos, los cuales se ven ligados al precio costo que se compone de costos fijos y costos variables, estos últimos son los que se ven afectados por las constantes paradas no programadas a causa de falla de maquinaria y equipo eléctrico.

Aunque para la producción los costos fijos no tienen mayor predominio ya que estos como su nombre lo indican casi nunca tienen cambio, los costos variables tienden a fluctuar porque dependen de la hora maquina dividido la cantidad de artículos producidos y ocasionan que el objetivo de producción se altere. Consecuentemente afectan la rentabilidad de la empresa al no alcanzar la producción planificada de los últimos cinco años, lo cual incrementa el precio de cada artículo y por ende reduce las ganancias de la empresa.

Para que la producción de una empresa sea óptima influyen muchos factores, pero los principales son la maquinaria, el recurso humano y la materia prima. Para esta investigación el factor que sobresale es la maquinaria y equipo eléctrico que posee la empresa debido a que es la causante principal de generar regularmente paros no programados por fallas que entorpecen su funcionamiento. El recurso humano que conforma al Departamento de Mantenimiento se ve constantemente rebasado en su capacidad para resolver las fallas que se presentan diariamente y provocan el aumento de los tiempos perdidos de producción al afectar la eficiencia de las máquinas.

La inexistencia de programa para el mantenimiento que contribuya en la reducción de fallas en las máquinas y equipo eléctrico, así como también brinde al personal del Departamento de Mantenimiento y Producción las herramientas y procedimientos a seguir para mejorar la eficiencia de sus operaciones, es la causa principal de la problemática que estudia esta investigación.

## **I.2. Hipótesis.**

Es la conjetura a la que se llega luego de analizar la información obtenida de la problemática que acontece en Papelera Internacional S. A.

“El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”

¿Es la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) la causa de fallas en la maquinaria y equipo eléctrico que genera incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años?

## **I.3. Objetivos.**

Representan el propósito que mediante la realización de este estudio se espera cumplir al implementar la propuesta de solución que resuelva la problemática encontrada en Papelera Internacional S. A.

Los objetivos que pretende alcanzar esta investigación son los siguientes:

### **I.3.1. General.**

Cumplir con la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.

### **I.3.2. Específicos.**

Evitar fallas en la maquinaria y equipo eléctrico de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.

#### **I.4. Justificación.**

Toda empresa con fines de lucro tiene como principal objetivo la reducción de costos en la producción, los cuales se ven influenciados negativamente por los constantes paros de maquinaria y fallas que se presentan en los equipos eléctricos.

El deficiente mantenimiento o la ausencia del mismo tiene como resultado paros no programados de las líneas de fabricación que genera para la empresa pérdidas de producción al igual que incurre en gastos que repercuten en el presupuesto mensual. Por otro lado, provoca deficiente uso del recurso humano que podría ser empleado en mejoras de la planta o nuevos proyectos dentro de la misma.

Cabe mencionar que Papelera Internacional S. A. cuenta con instrumentos para el monitoreo de la maquinaria y equipo eléctrico, pero carece de un adecuado proceso para implementar las técnicas y estrategias necesarias para realizar un correcto mantenimiento que contribuya en la eliminación de tiempos perdidos y garantice que los objetivos de la producción de la planta se cumplan de forma eficiente.

En el anexo ocho de este trabajo de investigación se describe los resultados obtenidos al aplicar la técnica de proyección de la línea recta, con la que por medio de operaciones matemáticas se predice cómo será el comportamiento entre dos variables.

Los datos utilizados para obtener las proyecciones corresponden a las toneladas de papel que no fue posible producir y que impiden que la meta anual de producción se alcance. En este caso se aplica para investigar qué ocurrirá con el incumplimiento de producción de Papelera Internacional S.A. si continúa con el mismo comportamiento de producción de los años del 2017 al 2021.

En lo que respecta a las cantidades de la proyección sin implementar la propuesta, se observa que los resultados no son alentadores, se proyecta que para el siguiente año

después del estudio se tendrá incumplimiento de la producción de 5,252.69 toneladas de papel en el año y si continua con esta trayectoria dentro de cinco años el incumplimiento de la producción será de 7,629.46 toneladas, lo que evidencia la urgencia de tomar acciones para evitar que siga en aumento las pérdidas de producción.

Por el contrario, al implementar la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en mantenimiento productivo total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, la proyección con propuesta arroja que el incumplimiento de la producción en toneladas se reduce diez por ciento en el primer año y progresivamente disminuye cinco por ciento más, hasta lograr reducir el treinta por ciento en el quinto año.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el año 2026 al completarse la implementación del proyecto únicamente se perdería el tres por ciento de la producción planificada, por lo que se puede garantizar que la producción para los años venideros sería satisfactoria y adicional se tendría máquinas y equipo eléctrico con una vida útil más prolongada y de mayor eficiencia.

Es de suma importancia que cada uno de los niveles involucrados en el proceso de producción y mantenimiento se comprometan con el cumplimiento de la propuesta de solución para obtener los resultados positivos que se describen en la proyección de la línea recta.

Esta investigación pretende suministrar los lineamientos y procedimientos correctos para que Papelera Internacional S.A. disminuya considerablemente las fallas y paros no programados en la maquinaria y equipo eléctrico derivado del aprovechamiento eficiente de los recursos y la implementación de una cultura laboral de previsión y compromiso con la calidad.

## **I.5. Metodología.**

Los mecanismos y acciones aplicadas para describir el problema de esta investigación tienen su base en el marco lógico que consiste en indagar, demostrar y exponer los resultados obtenidos.

### **I.5.1. Métodos.**

Existen distintos modelos de procedimientos a implementar para establecer las rutas a seguir y el fin que se pretende lograr en un trabajo de investigación. A continuación, se detallan los métodos que se aplicaron en este trabajo.

#### **I.5.1.1. Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.**

Están ligados en el proceso creativo que pretendía establecer la hipótesis, puesto que esta suposición es básica para orientar el trabajo que envuelve la investigación.

##### **I.5.1.1.1. Método deductivo.**

Con este método se parte de una suposición general que mediante su análisis permite obtener conclusiones que luego a través de la implementación de técnicas de investigación se podrán comprobar o negar.

De ahí que se considere que Papelera Internacional S.A. tiene carencias en su producción debido al deficiente mantenimiento que se realiza a las máquinas y equipo eléctrico, por lo que se pretende establecer cuál es la medida idónea a implementar para solucionar la problemática.

##### **I.5.1.1.2. Método analítico.**

Por medio de la observación y análisis de estadísticas obtenidas de la producción anual de los últimos cinco años de Papelera Internacional S. A. se considera que padecen de cierta problemática que afecta el cumplimiento de sus metas en producción, por lo que es necesario realizar las correspondientes mejoras para optimizar su desempeño.

Con la implementación del método analítico se descompone esta problemática para identificar cuál es la causa principal, de igual forma se esclarece la causa intermedia y el efecto o consecuencia que se pretende resolver con la propuesta planteada.

#### **I.5.1.1.3. Método de marco lógico.**

Una vez se identificó el problema de esta investigación se utilizó la estructura del marco lógico para crear el objetivo general y específico. Se establecieron los indicadores que son la evidencia de que la propuesta planteada para solucionar la problemática es efectiva y se eligieron los medios de verificación que servirán para monitorear los avances que logre.

Además, la estructura del marco lógico también cuenta con los supuestos que pronostican la participación activa y positiva de parte del recurso humano con que cuenta Papelera Internacional S. A. en los Departamentos de Mantenimiento y Producción, así como también el apoyo indispensable que los altos mandos muestren en la aprobación e implementación de la propuesta que este trabajo de investigación presenta y que por consecuente pretende el logro de tres resultados para su cumplimiento.

#### **I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis.**

Se implementaron los métodos más afines que permitieran de manera efectiva comprobar la hipótesis planteada. Los utilizados principalmente son los siguientes.

##### **I.5.1.2.1. Método inductivo.**

Pretende formular conclusiones generales a partir de la particularidad de las premisas que conforman la problemática que se aborda en esta investigación. Con este método se obtiene que Papelera Internacional S. A. sobrelleva fallas entre las que se puede mencionar la falta de capacitación para el personal, maquinaria obsoleta,

mantenimientos deficientes, entre otros, las cuales repercuten directamente en las metas de producción.

#### **I.5.1.2.2. Método estadístico.**

Con este método se realizó la recolección, recuento, presentación, síntesis y análisis de los datos cuantitativos que se utilizaron para la confirmación de la hipótesis. Se tomó en cuenta las estadísticas del incumplimiento de la producción anual, fallas de maquinaria y equipo, tiempos perdidos, también la tabulación y análisis de las opiniones manifestadas en las encuestas realizadas al personal estrechamente ligado a la problemática de Papelera Internacional S.A.

#### **I.5.1.2.3. Método sintético.**

A través de este método se puede seleccionar lo más importante de todos los datos recolectados para la investigación y resaltar las particularidades que son de mayor valor para concretar el trabajo. Es así como se enfoca la investigación únicamente en los datos que corresponden a las cantidades que no se lograron producir en los últimos cinco años y se delimitan las preguntas de las boletas de investigación que permiten la comprobación de la hipótesis.

### **I.5.2. Técnicas.**

En el desarrollo de esta investigación se implementaron herramientas que facilitarían la obtención y análisis de los datos e información necesaria para crear conclusiones y recomendaciones que dieran solución a la problemática abordada en este trabajo. Las técnicas implementadas a lo largo de la investigación son las siguientes.

#### **I.5.2.1. Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.**

De inicio se implementaron las técnicas que permitieran la elaboración de la hipótesis, que corresponden a los cimientos que proveen las guías para el desarrollo de la investigación, entre estas técnicas tenemos:

#### **I.5.2.1.1. Lluvia de ideas.**

Representa la primera técnica implementada para identificar el tópico en que se basaría el trabajo a realizar y se utiliza a lo largo de las etapas que lo conforman. Aplica no solo para la formulación de la hipótesis sino también para establecer los objetivos, metodología, temas que conforman el marco teórico, creación de preguntas para las encuestas y por último en la creación de propuestas que resolverán la problemática.

#### **I.5.2.1.2. Observación directa.**

Por medio de la observación directa se recopiló información que no se puede medir a través de cuestionarios, resulta una herramienta útil para identificar la cultura laboral que se desarrollaba de manera cotidiana previo a esta investigación en el Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S.A.

Por otro lado, se implementó la observación directa para la elaboración de las etapas que conforman el proceso de fabricación de papel el cual se describe en el marco teórico.

#### **I.5.2.1.3. Investigación documental.**

El Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S. A. cuenta con un formato el cual se llena cada vez que ocurre una avería en algún equipo, donde se marca cuál fue la causa del daño al equipo y qué problemas presentó a la planta dicha avería; incluye el tiempo perdido que se llevó corregir la falla y cuántas áreas pararon su proceso por esta situación.

Esta información se utilizó para la toma de decisiones en esta investigación a fin de encontrar la verdadera razón por la cual la maquinaria y el equipo eléctrico se dañan constantemente y por consiguiente encontrar una solución a esta problemática, para garantizar el cumplimiento de las metas trazadas por la empresa.



Asimismo, se consultó diversas bibliografías para la elaboración de los temas que conforman el marco teórico y que también sirvieran de fundamento para la elaboración de propuestas que dieran solución a la problemática que afecta a Papelera Internacional S. A.

#### **I.5.2.1.4. Entrevista.**

Gracias a esta herramienta se cuenta con la información del proceso de fabricación de papel que se realiza en Papelera Internacional S. A. que se encuentra descrito en el marco teórico. También fue empleada para obtener las opiniones de la gerencia de planta y gerente de producción.

#### **I.5.2.2. Técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis.**

A continuación, se detallan las herramientas aplicadas en el proceso para comprobar la hipótesis planteada.

##### **I.5.2.2.1. Censo.**

Se realizó un censo porque la población a estudiar es menor de treinta y cinco individuos. Para la recolección de datos se tomó en cuenta a la totalidad del personal de los niveles jerárquicos de gerencia de planta y gerencia de producción que representan la población para la comprobación del efecto o variable dependiente y los mandos medios del Departamento de Mantenimiento en Papelera Internacional S. A. que está conformado por ocho supervisores quienes representan la opinión para la comprobación de la causa.

##### **I.5.2.2.2. Encuestas.**

Por medio de las boletas de investigación se recolectó los datos para la confirmación de la hipótesis y por consiguiente la elaboración de conclusiones y recomendaciones que contiene este trabajo, para proveer las posibles acciones correctivas que permitan a la empresa corregir los problemas que afectan su desempeño.

En el anexo cuatro se encuentra la boleta de investigación que pretende comprobar la variable dependiente siguiente: Incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años. Dirigida a la gerencia de planta y gerencia de producción.

La boleta de investigación que se presenta en el anexo cinco tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente, Inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa. Dirigida a ocho supervisores que conforman el nivel medio del Departamento de Mantenimiento.

#### **I.5.2.2.3. Técnica de análisis.**

Esta herramienta es útil para la revisión y reducción de datos obtenidos en el proceso de investigación. Permite que los datos puedan manejarse para la elaboración de conclusiones y resultados.

#### **I.5.2.2.4. Coeficiente de correlación.**

El coeficiente de correlación es una fórmula que nos permite conocer el grado de afinidad que existe entre dos variables cuantitativas, entre más cerca este de la unidad la relación es más fuerte y entre más se acerque a cero existe menos relación.

Para aplicaciones prácticas y saber si la investigación es significativa este valor resultante debe estar entre un rango, las variables estudiadas en este caso es años analizados y la cantidad en toneladas de incumplimiento en la producción de cada uno de estos, el valor debe ser entre +- 0.8 y menor a 1, para esta investigación el resultado fue: 0.973621787 lo cual indica que sí es factible continuar con la investigación ya que el resultado confirma que la producción anual sufre una

disminución, por lo que los resultados son significativos para la resolución de la problemática.

#### **I.5.2.2.5. Ecuación de línea recta.**

Esta es una operación matemática muy utilizada en diferentes campos de la investigación como por ejemplo en la estadística y se utiliza para saber cómo es el comportamiento entre dos variables, en este caso es aplicada para investigar qué ocurrirá con la producción de Papelera Internacional S.A. de continuar con el mismo comportamiento de producción de los años del 2017 al 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

### II.1. Industria.

Es el conjunto de maquinaria, materias primas y recurso humano que transforman un producto primario en uno terciario. Dicho de otra manera, la industria es la que convierte materiales, recursos, o bienes por medio de la mecanización para obtener un producto que no existe en la naturaleza, como por ejemplo el azúcar, originalmente se encuentra en la naturaleza como caña de azúcar y después de haber pasado por un proceso industrial complejo se convierte en granos de azúcar la cual conocemos para el consumo. (Casado Galván, 2019)

De acuerdo a los diferentes puntos de vista la industria puede dividirse de varias formas, pero en este caso la clasificaremos de la siguiente manera:

**De acuerdo al tamaño:** Esta se divide a su vez en tres ramas, pequeña, mediana y grande. Donde la pequeña puede ser la fabricación de queso y crema en un domicilio o las panaderías que regularmente son negocios familiares. (Thompson, 2007)

En la mediana industria pueden entrar las generadoras de electricidad, mueblerías donde hacen uso de maquinarias para realizar el proceso de manufactura, aserraderos donde utilicen maquinarias y fábricas de gas. (Thompson, 2007)

Y en las grandes industrias podemos mencionar la automotora, las cerveceras, tecnológicas, entre otras, estas normalmente se encuentran en diferentes países alrededor del mundo. (Thompson, 2007)

**Por la actividad que realizan:** Esta se divide en dos grandes ramas, que están estrechamente relacionadas, pues la extractiva ofrece la materia prima que la manufacturera necesita para realizar su proceso de creación que dará como resultado un producto elaborado con valor agregado.

La industria extractiva también conocida como industria primaria, pues obtienen sus productos de los tres reinos directamente: animal, vegetal y mineral, son todas aquellas empresas dedicadas a obtener sus productos normalmente de la tierra, sin llevar un proceso de transformación debido a que el producto en bruto es realmente el producto a la venta, por ejemplo las mineras que extraen níquel, plata, cobalto, plomo, oro, la industria agropecuaria que cultiva sus productos y las cosechas ya son el producto para la venta, la industria de la carne que literalmente su producto final es simplemente el destace de las carnes. (Acevedo, 2010)

Por su parte la industria manufacturera depende directamente de la industria primaria porque es quien le provee los insumos para realizar sus productos finales, esta es la rama de las empresas que se dedican a convertir un producto primario el cual lo pasan por un proceso de transformación para obtener el producto final; tal como la industria petroquímica a la cual le venden el petróleo crudo y esta lo transforma en los diferentes tipos de combustibles y lubricantes que se comercializan a nivel mundial. (Acevedo, 2010)

**Por el tiempo de vida del producto:** Estas industrias se dividen en corta y larga duración. En el primer caso tenemos la industria alimenticia, los productos que ellos fabrican tienen uno o varios usos y el producto se termina, también cabe mencionar la industria petrolera ofrece productos que se consumen inmediatamente, la industria farmacéutica la cual ofrece sus productos para aliviar y curar algunos tipos de enfermedades, pero cuyos productos son de consumo inmediato. Normalmente estos productos tienen un costo relativamente bajo, pero de un único uso o pocos usos. (Riquelme, 2016)

También existen las industrias que fabrican sus productos para un periodo de vida útil largo, como ejemplo la industria automovilística productos que tienen muchos años de vida en el mercado, también las fábricas de herramientas las cuales sí se les da un

uso adecuado tendrán muchos años para emplear este producto y se mantendrá en buenas condiciones. Estos productos son mucho más costosos que los de corta duración, pero así es también su periodo de vida útil. (Riquelme, 2016)

**En base al tipo de proceso que realizan:** Para realizar el proceso de manufactura existen tres tipos: continuo, repetitivo e intermitente.

Para el proceso continuo en una empresa se puede dar como ejemplo el caso donde una misma pieza pasa por muchas etapas para poder realizar el producto final, en cada etapa se realizan modificaciones importantes que se adicionan a la pieza. (Escobar Tellez & Lazacano Ortega, 2005)

Tal como ocurre en la industria que fabrica motores de vehículos, es una línea muy grande con muchos procesos complejos y de precisión, cabe agregar también que estos procesos son los más automatizados que existen por que realizan productos en serie uno tras otro con poco tiempo de perdida, normalmente son robots que realizan estos trabajos supervisados por el ser humano. (Escobar Tellez & Lazacano Ortega, 2005)

El proceso repetitivo en una industria es el que se fabrica por lotes y tiene un sofisticado proceso de montaje, tal caso es el de la fabricación de equipos eléctricos, llevan un proceso de montaje hasta finalizar el producto, pero esto se repite una y otra vez hasta fabricar la cantidad requerida por los clientes. (Escobar Tellez & Lazacano Ortega, 2005)

Y los productos que son realizados de manera intermitente como lo son los barcos los aviones, la maquinaria pesada como retroexcavadoras y camiones gigantes, los cuales no tienen tanta demanda como un vehículo particular, por esta razón estos son fabricados casi siempre bajo pedido especial, con ciertas características específicas

que hacen diferencias de un proveedor con otro. (Escobar Tellez & Lazacano Ortega, 2005)

## **II.2. Historia Industria Papelera.**

Según la historia, en la antigüedad fue más complicado almacenar y trasladar la información a las futuras generaciones, por ejemplo, los mayas en Guatemala utilizaron las rocas a las cuales le tallaban figuras y jeroglíficos por medio de las cuales podían almacenar los datos que necesitaban o querían recordar, de la misma manera lo hicieron los Toltecas en México, los Incas en la ciudad de Machu Picchu en el Perú, entre otros. (Bleiberg, 1969)

Existen registros donde se describe que “en la antigüedad los egipcios inventaron el primer papel hecho a base de una planta que se encontraba en abundancia a las orillas del río Nilo, esta planta llamada papiro que es de donde se deriva el nombre actual papel”. (Yubero, 2011)

“Se elaboraba del tallo de la planta, se cortaba en tiras finas y tras ponerlas en remojo durante dos semanas se prensaban con un rodillo para eliminar el agua; luego se disponían las láminas horizontal y verticalmente, y se volvía a prensar, dejándola secar para que la savia actuase como adhesivo; por último, se frotaba suavemente con una concha, para que quedara dispuesto para su uso. La unidad de medida del papiro era la plagula (hoja), unas 20 hojas se pegaban entre sí, para alcanzar un largo de cinco metros. Excepcionalmente podían llegar a 40 metros”. (Yubero, 2011)

Los papiros fueron utilizados por muchos años y entre los más conocidos están los papiros médicos de Egipto donde podían almacenar la información de distintos tipos de enfermedades que existieron y el proceso que realizaban para su curación, en los que se mencionan plantas, ritos y amuletos que fueron los procedimientos que

utilizaban para sus curaciones a través de sacrificios y suplicas a sus deidades. (Yubero, 2011)

Luego en el año II A.C. en la biblioteca de la ciudad Pérgamo perteneciente a Turquía descubrieron que no solo sobre el papiro se podía escribir, sino que sobre pieles de corderos y otros animales con un proceso de curtido, desbastado y suavizado también se podían fabricar lienzos sobre los cuales se podía escribir con más facilidad que en el papiro y es a lo que llamaron pergaminos, dándole realce al nombre del lugar donde fue descubierto. (Kreiman, 2019)

Pero fueron los chinos a quienes se les atribuye la creación de los primeros papeles como los conocemos actualmente, específicamente se le atribuye a Ts'ai Lun a quien se le conoce como el padre del papel. Después esta técnica original fue mejorada y distribuyeron este producto por China, Corea, Vietnam, y Japón, ya en el año 550 tenían documentos escritos sobre papel. (Cantavalle, 2019)

Se dice que los árabes conocieron el producto y tomaron como prisioneros algunas personas que conocían la técnica de fabricación de papel y aprovecharon para absorberles el conocimiento y explotarlo para su fabricación. España fue el primer país de occidente en conocer el papel. El documento más antiguo que se conoce escrito en papel de España es el Misal de Silo. (Cantavalle, 2019)

La primera fábrica de papel en Europa estuvo en una ciudad de Játiva. A Italia llegó en el siglo XIII, después de un siglo en Toscana ya había varias fábricas de papel que incorporaron un mecanismo movido por agua para el proceso de molido de fibras. (Cantavalle, 2019)

En la actualidad el papel es una hoja delgada elaborada por medio de fibras vegetales, el cual lleva un complejo proceso de transformación a través de maquinaria hasta



transformarla en la hoja de papel que conocemos actualmente. Este producto final se ha vuelto de primera necesidad pues se utiliza en todas las áreas de la vida moderna. (Cantavalle, 2019)

### **II.3. Antecedentes Papelera Internacional S. A.**

Fue fundada en mil novecientos ochenta y cuatro con su primera máquina de papel de segunda mano importada desde Austria denominada Maquina 1, en esa fecha no contaba con mucha tecnología, la variación de velocidad era aun con embrague magnético y la transmisión de velocidad a las diferentes partes de la maquina se lograba por medio de fajas de pieles de animal y poleas, algunas de madera. Esta máquina tenía la versatilidad de trabajar papeles planos y papeles suaves, aunque su velocidad fuese limitada a las conocidas actualmente, pero fue la pionera en la fabricación de papel en Río Hondo, Zacapa. (Entrevista G. G., 2021)

Años más tarde adquirieron la segunda máquina que tampoco contaba con mucha tecnología, era de dimensiones más pequeñas, pero más versátil para producir diferentes tipos de papel. Es así como crecieron y capacitaron personal en el mundo de papeles reciclados, con esta máquina producían papel higiénico y servilletas de color azul, amarillo, rosa y colores pastel. (Entrevista G. G., 2021)

En mil novecientos ochenta y ocho adquirieron la tercera maquina con tecnología mejorada y automatización, contaba con sistema de control de velocidad por dispositivos electrónicos llamados Drives los cuales manejaban motores de corriente continua, un programador lógico programable que se encargaba de controlar la sincronización de velocidades, protecciones, y funciones que el operador realizaba desde un panel con botones conectados a este controlador programable, esta máquina trabajaba a una velocidad de ochocientos cincuenta metros por minuto de papel y cuenta con la capacidad de trabajar productos naturales y blancos. (Entrevista G. G., 2021)

Gracias a la adquisición de Maquina 3 Papelera Internacional S. A. consiguió un empuje para su rápido crecimiento en la producción, lo que permitió que se hiciera frente a la creciente demanda de productos higiénicos. A pesar de los años esta máquina es actualmente una de las más confiables, razón por la cual la gerencia ha invertido en tecnología moderna de control de velocidad para que ahora funcione desde paneles táctiles mucho más amigables para realizar funciones de mantenimiento y operación. (Entrevista G. G., 2021)

En la búsqueda de ampliar la capacidad de producción adquirieron en el año dos mil cuatro la cuarta máquina que producía papeles cien por ciento de fibras vírgenes de alta calidad con tecnología TAD (Through Air Drying) que consistía en realizar el secado a través de aire. Para ese entonces el mercado guatemalteco no tenía demanda de este tipo de producto, por lo que la empresa invirtió capital para hacerle modificaciones que le permitieran trabajar con papeles de fibras recicladas. Casi una década después fue descartada de las máquinas de producción porque en su lugar montaron el primer molino de alta tecnología adquirido por la empresa. (Entrevista G. G., 2021)

Con la visión de crecimiento y mejora continua Maquina 5 fue instalada en el año dos mil catorce, esta máquina tiene la capacidad de producir a mil ochocientos metros por minuto papeles de quince gramos. Cuenta con un sistema de control llamado DCS (Centro de control distribuido), variadores de frecuencia de alta tecnología y un sistema de control automatizado que controla todo la maquina a través de computadores desde un centro de mando, cuenta con un registro histórico de variables de proceso, histórico de fallas y sistema automático de diagnóstico de averías eléctricas. (Entrevista G. G., 2021)

La última adquisición instalada en dos mil dieciocho es Maquina 6, tiene capacidad de producir hasta dos mil metros de papel por minuto en papeles de quince gramos,

cuenta con la última tecnología de control electrónico, con un sistema integrado de control de calidad que es capaz de analizar el gramaje del papel y la humedad, con la función de hacer cambios automáticamente para alcanzar el valor de peso base solicitado por el operador. (Entrevista G. G., 2021)

#### **II.4. Maquinaria y Equipo.**

Antes de la creación de la maquinaria y equipo el hombre inició el proceso de manufactura únicamente con sus manos como herramienta, luego implementó el uso de herramientas accionadas únicamente con la fuerza que ejercía su cuerpo. Desde la revolución industrial a nuestros días la maquinaria y equipo ha sufrido grandes transformaciones y mejoras continuas. (Bardahl, 2020)

Con la revolución industrial se han logrado grandes desarrollos en todas las áreas industriales, esto llevó a los inversionistas a pensar en métodos más eficientes para producir más rápido y a bajo costo, lo que obliga a las empresas a implementar las máquinas con el objetivo de aumentar su capacidad productiva y hacer frente al constante aumento de la demanda.

Con la mira de producir más y mejor se han creado máquinas que permiten elaborar un producto de forma continua, en menor tiempo y se reduce la mano de obra que ahora tiene la exigencia de ser calificada. Esto beneficia a las organizaciones ya que obtienen mayor cantidad de producto terminado a menor costo y aumenta la posibilidad de obtener mayor utilidad. (Bardahl, 2020)

La maquinaria y equipo representan el activo fijo que la empresa utiliza para la fabricación de un producto o la ejecución del servicio que ofrecen. Suelen constituir una de las mayores inversiones en las que incurre la organización, lo que las convierte en altamente valiosas por lo que es vital prolongar su vida útil y poder así recuperar la inversión que se realiza al momento de adquirirla. (admin, 2014)

Existe diversidad de maquinaria y equipo de la que puede disponer una empresa de acuerdo a la actividad de manufactura a la que se dedica, lo que supone la libertad de elegir la que mejor se adapte a sus necesidades y al capital que dispone para invertir. (admin, 2014)

En base al proceso que realiza la maquinaria puede clasificarse en liviana porque se utiliza para procesos pequeños y también puede ser pesada porque se usa en procesos complejos que requieren mecanismos más sofisticados y automatizados. (admin, 2014)

#### **II.4.1. Motores eléctricos.**

Desde la aparición de la electricidad, la industria se ha incrementado en valores extremadamente grandes y esto es también gracias a la invención del motor eléctrico, el cual a nivel mundial es el equipo más utilizado para hacer funcionar las maquinas modernas indiferentemente de la aplicación. Casi todas las maquinas funcionan por medio de motores eléctricos y están tan involucrados en los procesos de manufactura en muchas plantas con procesos continuos de veinticuatro horas prácticamente durante todo el año. (Intecap, 2007)

Dado que trabajan casi todo el tiempo se detienen normalmente solo por mantenimiento o cuando presentan alguna falla, ya que si un motor eléctrico se daña en una maquina generalmente se detiene la operación hasta que sea sustituido o reparado por el personal de mantenimiento, lo cual hace a los motores eléctricos un punto crítico a tomar en cuenta dentro de los equipos que generan paradas no programadas de las máquinas con más frecuencia. (Intecap, 2007)

Un motor eléctrico es una maquina electromecánica que convierte energía eléctrica en energía mecánica giratoria, la cual esta acoplada generalmente por medio de poleas y fajas, acoples directos o acoples flexibles, estos a su vez están conectados por lo

general a bombas, motor reductores o juego de poleas las cuales hacen el movimiento a la maquina a la que están acoplada. (Intecap, 2007)

#### **II.4.1.1. Clasificación de los motores eléctricos.**

Estas máquinas rotativas se dividen en:

**Motores universales:** Son los que pueden funcionar con corriente continua o con corriente alterna, generalmente son motores pequeños de uso doméstico como licuadoras, secadoras, barrenos algunos ventiladores entre otros. (Intecap, 2007)

**Motores de corriente continua:** Este tipo de motores fueron los primeros en aparecer en el mercado los cuales pueden funcionar únicamente con corriente directa se caracterizan por tener par constante, esto quiere decir que es el mismo torque a cualquier velocidad que trabaja claramente dentro del régimen de diseño, estos aún se encuentran en algunas industrias pero empiezan a cambiarse por motores de corriente alterna debido a que requieren demasiado mantenimiento por tener piezas que sufren desgaste y necesitan ventilación forzada como enfriamiento para poder operar de manera continua. (Intecap, 2007)

**Motores de corriente alterna:** Son los más utilizados a nivel mundial en la industria actual, existen de diversas capacidades y están diseñados para trabajo continuo. Pueden funcionar únicamente con corriente alterna y se caracterizan por tener bajo nivel de mantenimiento. Es importante resaltar que para que un motor de corriente alterna trabaje adecuadamente debe dimensionarse acorde a la potencia requerida y el tipo de índice de protección. (Intecap, 2007)

#### **II.4.1.2. Partes de un motor eléctrico.**

Las partes de un motor eléctrico trifásico de tipo Jaula de Ardilla los cuales son los más comunes en la industria moderna, son las siguientes: (Intecap, 2007)

**Rotor:** Está formado por un grupo de chapas unidas a presión y cortocircuitadas entre si las cuales forman como una jaula, de allí el nombre de rotor Jaula de ardilla, al centro de rotor está un eje el cual es el que transfiere la fuerza mecánica giratoria. (Intecap, 2007)

**Núcleo o estator y embobinado:** Es otro enchapado unido a presión con espacios donde está alojado el cable esmaltado para bobina, estos arroyamientos se conocen comúnmente como bobinas las cuales son las encargadas de generar los campos magnéticos que provocan el movimiento del rotor. (Intecap, 2007)

**Escudos y cojinetes:** Los escudos es el área donde está montado el cojinete el cual a su vez sostiene el rotor centrado en el estator, y los cojinetes son elemento móvil que consta de dos partes fijas las cuales están montadas la parte interna en el eje del rotor y la parte externa en los escudos, que entre estas dos partes móviles se encuentran unas bolas de acero refinadas las cuales hacen que la fricción entre el escudo y el estator se minimice. (Intecap, 2007)

#### **II.4.1.3. Funcionamiento de un motor eléctrico.**

Funcionan por electromagnetismo, esto se produce cuando la electricidad es aplicada a las bobinas estas son magnetizadas con dos polos, positivo y negativo, estos campos magnéticos polarizados a su vez transfieren el mismo campo magnético de la bobina al rotor, estos dos son campos magnéticos iguales que generan que uno se repela con el otro y obliga al rotor a girar, en ese momento ocurre nuevamente el mismo fenómeno en la siguiente sección del rotor una y otra vez hasta alcanzar su velocidad nominal que fue diseñado hasta ser des-energizado. (Intecap, 2007)

#### **II.5. Proceso de la fabricación de papel.**

La creciente competitividad en la industria obliga a que las fábricas incrementen la presión en puntos como la calidad, la creación de nuevos productos, expandir el

mercado, innovación constante, pero sobre todo y lo más importante siempre será lo relacionado con la producción.

Gracias a los avances tecnológicos las empresas dedicadas a la fabricación de papel pueden ofrecer diversidad de productos a los consumidores, pero para este trabajo de investigación únicamente se hace mención de las dos clases que están ligados al proceso de fabricación que realiza Papelera Internacional S. A.

**Papeles planos:** son los papeles que se venden en las librerías para diferentes utilidades tales como libros, revistas, documentos de oficina, entre otros. Se fabrican en diferentes tamaños y algunos casos de distintos colores, este tipo de papel comúnmente se conoce como bond. Para Papelera Internacional S. A. representa la materia prima que utiliza en la elaboración de su producto final.

**Papeles suaves:** estos son llamados así porque su textura es de carácter suave al contacto con la piel, entre los cuales se puede mencionar, toallas, servilletas y papeles higiénicos. Son el producto final que Papelera Internacional S. A. ofrece al mercado.

En el transcurso de los años el hombre ha encontrado diversas formas de fabricar el material que le sirva para dejar plasmada información por medio del lenguaje escrito y al día de hoy la industria papelera sigue en la búsqueda de conseguir la materia prima que le permita producir papel de calidad y que continuamente aumente su rentabilidad con la mantención de la calidad. Las principales fibras que se utilizan en la fabricación de papel son:

**Fibras vírgenes:** están creadas a partir de árboles jóvenes, normalmente de eucalipto que son procesados con la intención de ser utilizados en la industria de papeles suaves. De estas se obtiene el tipo de papel que sufre su primera y única transformación en papel higiénico.

**Fibras secundarias:** estas se fabrican a través de papeles que ya fueron utilizados anteriormente como: libros, revistas, periódicos, cuadernos, facturas entre otros, que son reciclados para transformarlos en la materia prima que permitirá la producción de papel que se elabora en un proceso diferente al de fibras vírgenes.

Debido a que Papelera Internacional S. A. se dedica a la fabricación de papel higiénico derivado de fibras secundaria a continuación se describe cada una de las etapas que deben completarse para obtener el producto terminado.

### **II.5.1. Recolección de papel.**

El proceso de fabricación a través de fibras secundarias en Papelera Internacional S.A. inicia con la recolección de toneladas de papel, libros, revistas entre otros de las calles de la República de Guatemala y Centroamérica, estas son transportadas y almacenadas como pacas de papel en patios adecuados y aprobados para el almacenaje de dichas materias primas. (Entrevista P. O., 2021)

Por medio de centros de acopio las personas individuales, escuelas, instituciones, colegios y empresas dedicadas a reciclar reciben una remuneración a cambio del papel que desechan y que se convierte para la empresa recicladora en la materia prima que es trasladada a las instalaciones de Papelera Internacional S. A. Por medio del reciclaje se pretende contribuir a la preservación del medio ambiente y generar una fuente de ingresos a quienes se dedican a la recolección de papel y cartón para venderlo con el propósito de tener un ingreso monetario. (Entrevista P. O., 2021)

En Guatemala existe una división dedicada a la recolección de papel llamada Red Ecológica, la cual brinda un porcentaje de la materia prima y el otro porcentaje se importa de los países vecinos como Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, y Panamá. También de Chile y Canadá. (Entrevista P. O., 2021)



Una vez se recibe la materia prima es almacenada en los patios donde se etiqueta e identifica por lotes de acuerdo a la calidad del papel que se cataloga con forme a la cantidad de tintas o impresiones que llevan las hojas de papel, por ejemplo, hojas de oficina es primera calidad y revistas donde los impresos son demasiado coloridos es de tercera calidad. Esta clasificación también sirve para asignar el precio por tonelada que se paga por el papel reciclado. (Entrevista P. O., 2021)

**Imagen 1. Patio de almacenaje materia prima.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

**II.5.2. Preparación de pasta.**

El proceso de la fabricación de papel inicia con el corte de árboles de una edad media entre los diez y los veinte años para que sus fibras aun estén blandas, estos troncos son cortados en trozos pequeños los cuales después son molidos en molinos que

realizan el proceso de desfibrilación de la madera, estas fibras pasan a una etapa que se conoce con el nombre de destintado, donde se le extrae la sabia a la madera y pasa por algunos procesos de blanqueo de las fibras, que será trasladada a lo largo del proceso de producción. (Entrevista P. O., 2021)

Papelera Internacional S.A. se dedica a elaborar papel principalmente a base de materia prima conformada por papeles reciclados y para algunos productos utilizan cierta formulación de fibras vírgenes, estas fibras son importadas desde Costa Rica, Venezuela, y Canadá. (Entrevista P. O., 2021)

Cabe mencionar que el producto de fibra virgen es adquirido a empresas certificadas que cumplen con normativas ambientales, lo que permite que sean auto sostenibles. Cuentan con grandes extensiones de terreno para la siembra, cuidado y cosecha de árboles que se aprovechan para convertirse en papel, por medio de un ciclo que garantiza la disponibilidad de materia prima porque al momento de finalizar de cortar la última área, la primera ya está nuevamente lista para ser aprovechada. (Entrevista P. O., 2021)

**Etapa de molido:** Las pacas de papel son llevadas a unos molinos grandes llamados pulpers, los cuales tienen mucha similitud a una licuadora gigante, donde se le agrega agua y papel reutilizado, este proceso lleva entre veinte a treinta minutos de molido acorde al tipo de papel. (Entrevista P. O., 2021)

Cada carga procesada de un pulper anda alrededor de cuatro toneladas de papel, después de molido es descargado al primer equipo de limpieza llamado contaminex e intensamax los cuales son los primeros dos coladores para separar plásticos de gran tamaño, tela adherida a pastas de libros, ganchos de fólderres entre otros. Después de este proceso la pasta de papel es almacenada en tanques para continuar sus etapas de limpieza. (Entrevista P. O., 2021)

## Imagen 2. Molinos o Pulpers.



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

**Primera etapa de limpieza:** La pasta de papel es enviada de los tanques por toda una serie de procesos de limpieza llamado limpiadores de alta densidad (High Density Cleaner, HDC) que tienen una forma de cono de helado donde se genera un torbellino por medio de chorros de agua insertados tangencialmente alrededor del cono, esto genera que los materiales pesados, grapas, clavos, alambres se queden en el asiento del cono. (Entrevista P. O., 2021)

Por medio de un sistema de control automatizado hace el ciclo de limpieza y depuración de basura, los tiempos son configurables muy fácilmente desde un computador por el operador, de acuerdo al tipo de producto de fibra secundaria que se utilice, este ciclo de limpieza lo realiza a través de válvulas de cuchilla las cuales

operan por medio de actuadores neumáticos controlados secuencialmente por el DCS que opera toda esta planta. (Entrevista P. O., 2021)

Después de esto pasa por una cámara de imanes donde se atrapan los pedazos metálicos que no pudo limpiar el HDC de esta manera se evita que dañe equipos. (Entrevista P. O., 2021)

**Limpieza por Screen:** En este momento pasan por una serie de limpiadores llamados screen los cuales son como coladores por donde pasan las fibras, estos coladores con forme avanzan las fibras por el proceso se hacen más finas para conseguir la mejor separación de fibras con otros materiales.

**Imagen 3. Limpiadores Screen de alta densidad.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

Cuentan con un sistema de control automático que mide en tiempo real la presión a través de transmisores que están instalados en la entrada y salida del producto, cuando estos detectan una diferencial configurada por el operador, los equipos se pasan a la etapa de auto limpieza, que no es más que abrir una purga y realizar un lavado con alta presión internamente para destapar los orificios obstruidos por contaminantes que deben eliminarse. (Entrevista P. O., 2021)

Esta etapa está conformada por cuatro secciones durante las cuales las maquinas por medio de un motor eléctrico hacen girar un impulsor y hace que las fibras de papel pasen por una canasta con agujeros y ranuras que solo permite el paso del material aceptado para pasar a la siguiente sección de manera consecutiva. (Entrevista P. O., 2021)

#### **Imagen 4. Limpiadores de baja densidad.**



Fuente: Papelera Internacional S. A., 2021

A continuación, pasa nuevamente por una serie de tres etapas de limpiadores de baja densidad (Low Density Cleaner, LDC) que tienen una función muy parecida a los limpiadores de alta densidad. En esta etapa se separan más las fibras de otros contaminantes del papel reciclado cuando genera un remolino las cuales tienen forma de conos de helado, lo que permite que las partículas más pesadas y grumos que se hayan pasado por limpiadores screen se queden en estas tres etapas. (Entrevista P. O., 2021)

**Eliminación de tintas a las fibras secundarias:** Las fibras de papel van a una consistencia de uno por ciento y transportado por medio de bombas a una maquina llamada celda de destintado, aquí se realiza el proceso de limpieza de tintas y el color a las fibras de papel, esto se logra al aplicar floculante la cual es una enzima que separa las tintas de la fibra del papel. (Entrevista P. O., 2021)

**Imagen 5. Celda de destintado.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

Esta celda de destintado tiene varias etapas de bombeo hacia su interior que inyecta miles de burbujas de aire. Estas burbujas hacen que el floculante, las tintas e impurezas de las fibras floten las cuales hacen sobre flujo al área de rechazo, permite de esta manera la eliminación de las tintas. (Entrevista P. O., 2021)

**Lavado y espesado de las fibras de papel:** En esta etapa las fibras pasan a una maquina llamada espesador o lavadoras que drena gran cantidad de agua al ser pasada por unas mallas con agujeros finos, donde llega la consistencia a menos de uno por ciento y sale después de la lavadora entre siete y ocho por ciento de consistencia, característica con la que debe cumplir para que se pueda continuar con el proceso de producción. (Entrevista P. O., 2021)

**Imagen 6. Espesador o Lavadoras.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

Este término se utiliza para describir que tan espesa o que tan rala esta la mezcla de papel y agua, una baja consistencia indica que hay demasiada agua en cierta cantidad de fibra. De lo contrario una alta consistencia hace referencia que hay menor cantidad de agua y más fibra de papel esto hace una apariencia más espesa, por lo que debe verificarse que este en la consistencia optima que el proceso necesita. (Entrevista P. O., 2021)

**Almacenaje de la pasta de papel:** Estas fibras ya pasadas por el proceso de destintado son almacenadas en tanques cuidadosamente fabricados para esta función. Luego de almacenarse en tanques más grandes se bombea al tanque de cada una de las máquinas de fabricación de papel. (Entrevista P. O., 2021)

### **II.5.3. En la máquina de papel.**

De los tanques de máquina la pasta de papel se encuentra entre cuatro y medio a cinco por ciento de consistencia es bombeada a una última etapa de limpieza, otro screen o canasta limpiadora la cual elimina las ultimas posibles fibras que no se pudieron desprender entre ellas al formarse en grumos. (Entrevista P. O., 2021)

Aparte de destintado, también hay otros pulper que muelen fibras vírgenes las cuales son manipuladas en porcentajes de acuerdo a la formulación del tipo de papel que necesitan utilizar, esta fibra es bombeada a tanques adicionales los cuales se mesclan en otro tanque antes de ser llevados a la máquina. (Entrevista P. O., 2021)

**Refinado de la fibra:** Ahora pasan a un equipo que la función consiste en despeluzar cada una de las fibras de papel para que estas puedan entrelazarse entre ellas, este equipo lo conocen como refinador parece un molino manual con su juego de discos operado por un motor eléctrico el cual regula su carga eléctrica acorde a la cantidad de refinación que necesitan, característica que debe cumplir para continuar con el proceso de producción. (Entrevista P. O., 2021)



**Imagen 7. Refinador.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

**Cambio de gramaje del papel:** Las fibras pasan a la succión de una bomba llamada fan pump (bomba de ventilador), la cual toma agua de un tanque tangencialmente, esta regula la fibra de papel por medio de una válvula de control que se abre o cierra para permitir el ingreso de mayor cantidad de papel a la bomba y de esta manera se cambia el gramaje del papel de manera proporcional, esta bomba mezcla el agua con la fibra a una proporción del uno por ciento de fibra y un noventa y nueve por ciento de agua. (Entrevista P. O., 2021)

**Caja de formación y drenado de exceso de agua:** Estas fibras llegan a una caja al inicio de la máquina de papel llamada caja de formación la cual hace que la aplicación sea uniforme en una mesa de formación. (Entrevista P. O., 2021)

La mesa de formación es una malla muy fina, consta en su primera etapa de un rodillo perforado por el cual se le aplica vacío esto hace que el agua sea succionada hacia el rodo y hace que las fibras de papel que venían suspendidas en el agua queden unas sobre las otras. (Entrevista P. O., 2021)

Después pasa otra etapa de cajas de vacío las cuales terminan de quitar el exceso de agua y finalizar de poner las fibra unas sobre otras y como se menciona en la etapa de refinado de fibras el refinador realizó el despeluce de las fibras lo que permite que se enlacen entre ellas de esta forma es que se unen las fibras y forman la hoja del papel, pero por el momento está muy húmeda por lo que después de esta malla la hoja es tomada por otra sección. (Entrevista P. O., 2021)

En la sección llamada fieltro se despega la hoja de la malla y la lleva hacia un segundo rodo perforado llamado prensa de succión la cual le quita la mayor cantidad de agua a esta hoja antes de ser despegada del fieltro y pegada a un cilindro gigante llamado Yankee. (Entrevista P. O., 2021)

**Secado de la hoja de papel:** Secador yankee o secador de papel, es un cilindro hueco al que se le ingresa vapor saturado para calentar su superficie por medio de la condensación del vapor convertido en agua, la cual genera una película de agua caliente mantiene la uniformidad de la temperatura externa de este secador. (Entrevista P. O., 2021)

Por medio de este proceso el papel es secado a base de transferencia térmica, además sobre el yankee están otros dos secadores conocidos como quemadores que utilizan diésel, los cuales calientan el aire entre cuatrocientos y quinientos grados que es soplado a la superficie de la hoja que se seca sobre el Yankee, Este le genera un efecto de suavidad al papel, lo hace un poco esponjoso, para garantizar la comodidad del consumidor. (Entrevista P. O., 2021)

**Imagen 8. Secador Yankee.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

**Enrollado de bobinas de papel:** La hoja de papel seca se despegga del cilindro secador por medio de unas cuchillas aceradas y este papel es enrollado sobre un eje que se mueve por un último cilindro llamado reel o carrete, donde se enrolla el papel. (Entrevista P. O., 2021)

En esta etapa también se realiza el crepado de papel, este nombre se le da a la elasticidad que tiene el papel a la hora de aplicarle tensión longitudinalmente al intentar romperlo. Esto se logra cuando se regula una diferencia de velocidad entre el secador yankee y el reel, entre más crepado se requiera, se tendrá que bajar más velocidad al reel, de esta manera se hace más elástico el papel. Lo que garantiza que se cumpla con las características necesarias para continuar con el proceso de producción. (Entrevista P. O., 2021)

De aquí salen las bobinas que tienen un peso aproximado de una y media toneladas, son almacenadas en bodegas especialmente acondicionadas para el resguardo apropiado de las mismas. Luego serán trasladadas a las diferentes maquinas convertidoras que realizan el producto terminado, convirtiéndolas en pequeños rollos de papel, sanitizados apropiadamente, empaquetados en sus diferentes presentaciones y almacenados para su despacho a los clientes. (Entrevista P. O., 2021)

**Imagen 9. Reel o carrete.**



Fuente: Papelera Internacional S. A. 2021.

Esta etapa del proceso tiene una derivación porque las fibras llegan a la maquina con una consistencia entre cinco a cinco y medio por ciento, eso quiere decir que el noventa y cuatro por ciento restante es agua que se canaliza en un tanque que luego se traslada a través de bombas a una maquina llamada Poseidón encargada de clarificar el agua por medio de inyección de aire y polímero se logra las fibras de papel

restante del proceso flote y suban a la superficie para ser arrastradas por unas paletas que trasladan este lodo a un tanque donde es llevado a su proceso respectivo, y el agua es reutilizada nuevamente en el proceso de molido de papel en los hidrapulpers. (Entrevista P. O., 2021)

Una de las características de las plantas papeleras es que necesitan mucha agua para funcionar, por tal razón es aprovechada de la mejor manera. El agua recuperada se pasa a través de sistemas de tratamiento para ser utilizadas nuevamente de esta manera se contribuye al ahorro de agua para cumplir con el compromiso que la empresa tiene para el cuidado del medio ambiente.

La planta donde se realizó esta investigación tiene dos tipos de tecnología de máquinas papeleras, la primera se llama de mesa plana que era la tecnología antigua de máquinas de papel y la otra es llamada crescent former (formador de media luna), la cual ya no tiene caja de formación, ni elevada, sino que es regulada por un lazo de control de presión a través de un variador de frecuencia y un motor. Pero el resto del proceso es completamente idéntico a la máquina de mesa plana. (Entrevista P. O., 2021)

Papelera Internacional S. A. actualmente cuenta con tres máquinas de papel, pero para efectos de esta investigación se tomaron solo dos las cuales son Maquina 3, es la más antigua con capacidad de producción de cuarenta toneladas diarias de semielaborado y Maquina 5 es moderna con capacidad de producción de ochenta toneladas de papel hacen la capacidad de producción de ciento veinte toneladas de papel diario, estos datos son hasta el año dos mil veintidós en el que se realiza la investigación. (Entrevista P. O., 2021)

Papelera Internacional S. A. está comprometida con la mejora de su maquinaria y equipo, para lo que busca continuamente invertir en la adquisición de nuevas máquinas que aumenten su capacidad de producción. (Entrevista P. O., 2021)

## **II.6. Fallas.**

Suceso de origen interno o externo que representa la detención parcial o total del funcionamiento de las maquinas o equipos, impide que complete la actividad para la que fue diseñada. (pcmanagement, 2001)

Las fallas pueden clasificarse de diferentes maneras, ya sea que se tome en cuenta que la origina, la frecuencia en que se presenta o en cuál etapa del ciclo de vida de la maquina es que se produce. La razón principal para clasificarlas consiste en dominar la información necesaria para elaboración de un plan de mantenimiento, por lo que es importante identificarlas correctamente para darles la solución idónea. (pcmanagement, 2001)

Con frecuencia cuando ocurre una falla solo se concentran esfuerzos para darle solución y permitir que la maquina no detenga su producción. Con mucha dificultad se dedica el tiempo a buscar cuáles son las causas que provocaron la falla en un principio.

Es cierto que existen fallas que fácilmente se identifica lo que la provocó, pero para los casos de fallas que pasan con mucha frecuencia y representan un alto costo vale la pena dedicar el tiempo y los recursos que sean necesarios para identificar lo que las provoca. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

Con el propósito de aplicar las medidas preventivas de mantenimiento idóneas para cada falla que se presente, a fin de disminuir su incidencia se debe contar con la información de las causas que lo provocan para lo que tendrán que recopilar los datos siguientes:

- a. Informe con hora, turno, operador encargado, acciones implementadas para resolver la falla.

- b. Detalle de las condiciones de cualquier suministro externo que la maquina o equipo necesita para funcionar adecuadamente. Podemos mencionar la limpieza, temperatura, estabilidad de la energía eléctrica, entre otros.
- c. Control de los mantenimientos preventivos realizados con anterioridad.
- d. Detalle de otros fallos ocurridos en periodos anteriores.
- e. Condiciones internas en que trabaja el equipo. Son las variables que se generan en la operación cotidiana de la maquina como temperatura, velocidad, presión, capacidad de producción, entre otras. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

### **II.6.1. Falla en motores.**

Como el motor eléctrico es el equipo más utilizado en todos los procesos industriales también de esta manera son propensos a generar numerosas fallas. Dentro de las causantes de tiempos perdidos por daños a estos equipos, las principales fallas de estos equipos se dividen en:

**Ambiente agresivo:** En la industria existen condiciones que se denominan agresivas, entre estas podemos mencionar alta temperatura del área a trabajar, contaminación de polvo en el ambiente, demasiada humedad en el ambiente y líquidos corrosivos. Estos agentes externos al motor provocan daño generalmente en el aislamiento del motor que crea un corto circuito entre las bobinas del motor o genera una falla a tierra que daña el motor. (Allen-Bradley, 2015)

**Selección inadecuada:** Con frecuencia ocurre cuando no se elige correctamente el motor con las características técnicas al área de trabajo, al tipo de carga el ambiente en el que estará instalado. (Allen-Bradley, 2015)

**Fallas mecánicas y eléctricas:** Este tipo de fallas generalmente ocurren por falta de mantenimiento o un mantenimiento inadecuado, un ejemplo de falla mecánica es el

daño de un cojinete, esto ocurre generalmente por quedarse sin lubricante, puede ser también porque sufrió una instalación inadecuada que puede llegar a ser una mala práctica muy común de mantenimiento. (Allen-Bradley, 2015)

Las fallas eléctricas generalmente se dan por pérdida del aislamiento entre bobinas, las cuales generan corto circuito entre ellas y dañan el motor completamente, esto con frecuencia ocurre por exceso de lubricante o falta de barnizado en los mantenimientos. (Allen-Bradley, 2015)

### **II.6.2. Variadores.**

En los días actuales todas las industrias utilizan los variadores de frecuencia en muchas de las partes de las máquinas, debido a que les da la facilidad de modificar la velocidad de su máquina lo que la hace más versátil. Así también estos equipos eléctricos son fuente de fallos, principalmente el daño a los variadores de frecuencia es generado por no tener un mantenimiento programado adecuado. (Allen-Bradley, 2015)

Entre las fallas que generalmente ocurren en un variador de frecuencia son las siguientes:

**Daño a módulo de potencia:** Ocurre generalmente por alta temperatura de los dispositivos electrónicos SCR'S (Rectificadores Controlados de Silicio) generado por daño u obstrucción de los ventiladores. (Allen-Bradley, 2015)

**Daño a módulo de control:** Se dan por variaciones de voltaje o condiciones inadecuadas de instalación, ejemplo de ello es un lugar con presencia de polvo en el ambiente. Habitualmente estos equipos electrónicos necesitan un gabinete o estar instalados en un cuarto eléctrico hermético y con aire acondicionado a una



temperatura adecuada para prolongar la vida útil de estos equipos. (Allen-Bradley, 2015)

**Fallas de comunicación:** estos equipos están controlados por una central de procesamiento de la maquina quien controla por medio de un protocolo de comunicación entre controlador lógico programable y variadores de frecuencia. (Allen-Bradley, 2015)

Estas fallas de comunicación ocurren normalmente cuando, las condiciones no son las adecuadas de instalación, polvo, humedad o calor están presentes. Puede ocurrir también por daño al módulo de comunicación instalado por una variación en el voltaje de alimentación. (Allen-Bradley, 2015)

## **II.7. Metodología 5S.**

Consiste en cinco fases que se pueden implementar en cualquier tipo de ambiente laboral, ya sea en una oficina o una planta industrial. Pretende el aprovechamiento eficiente de los recursos, espacios físicos y optimización de procesos laborales. (Rey Sacristán F. , 2005)

Las primeras tres etapas son de carácter operativo, orientadas específicamente al entorno físico y las dos últimas están centradas en el actuar de las personas que trabajarán acorde a esta metodología. (Rey Sacristán F. , 2005)

### **II.7.1. SEIRI-Clasificar y seleccionar.**

En esta fase se debe delimitar el área que será sujeta a inspección para identificar todos los materiales, equipos y demás enseres que son propias del lugar de trabajo, se establece los que son útiles para los procesos que se realizan dentro del área y cuales no son de utilidad para eliminarlos. Únicamente se conserva lo necesario para el ahorro de espacio y el aprovechamiento de los recursos. (Rey Sacristán F. , 2005)

### **II.7.2. SEITON-Ordenar.**

Se crea un sistema para ordenar el área de trabajo, que facilite el acceso a los materiales necesarios, debidamente identificada y de fácil comprensión para las personas que las utilizarán. Requiere formar el hábito de mantener cada cosa en su lugar después de ser utilizada para reducir el tiempo de ejecución de la labor a realizar. (Rey Sacristán F. , 2001)

### **II.7.3. SEISO-Limpieza.**

Es efectuar de manera rutinaria la eliminación de partículas, residuos o agentes que degraden la higiene del área de trabajo. Realizar continuamente la limpieza del lugar permite familiarizarse con el entorno y las condiciones de la maquinaria y equipo de cada espacio, esto facilita la detección de situaciones anómalas que deberán corregirse para restablecer el orden. (Rey Sacristán F. , 2005)

### **II.7.4. SEIKETSU-Estandarizar.**

Detallar por escrito cada una de las actividades que se deben cumplir cotidianamente para garantizar un área de trabajo limpia y ordenada al momento de realizarse determinado mantenimiento. Se debe especificar el tiempo promedio, persona responsable de ejecutar la tarea y los materiales y herramientas a utilizar. (Rey Sacristán F. , 2005)

### **II.7.5. SHITSUKE-Disciplina.**

Consiste en formar el hábito de trabajar bajo los lineamientos y normativa establecidas para crear ambientes de trabajo seguros, limpios y ordenados. Esta etapa es la más conflictiva debido a que la cultura laboral latinoamericana carece de la disciplina necesaria para adoptar las 5S a sus rutinas de vida. (Rey Sacristán F. , 2005)

Por lo que se debe hacer mucho énfasis en crear el hábito en los trabajadores y mostrarle los beneficios que le brindará en su área de trabajo y vida cotidiana.

Requiere supervisión, reforzamiento continuo y motivación para que el personal adopte esta metodología y la aplique rutinariamente en el desarrollo de sus labores. (Rey Sacristán F. , 2005)

#### **II.7.6. Importancia de las 5S.**

Implementar las 5S en una industria influye directamente en el ámbito de seguridad laboral porque disminuye los accidentes laborales, también facilita la realización de las labores asignadas, permite la ejecución más eficiente de las tareas y se crea ambientes laborales atractivos, porque siempre será agradable trabajar en un lugar limpio.

#### **II.8. Mantenimiento.**

Después de la revolución industrial el hombre se ha percatado que las maquinas no son eternas, ni autónomas, estas necesitan de los cuidados de alguien más para el buen funcionamiento, es así como nace la palabra mantenimiento que según la Real Academia Española se define como: “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan funcionar adecuadamente de forma continua”. (Real Academia Española, 2020)

##### **II.8.1. Tipos de Mantenimientos.**

Para que en una empresa se mantenga un constante proceso de producción es imperativo que las máquinas y equipo eléctrico que posee funcionen correctamente y sin contratiempos. Con la finalidad de lograr un proceso continuo el mantenimiento juega un papel fundamental, puede generar beneficios o pérdidas de acuerdo al tipo que la empresa desee implementar. (Fernández Álvarez, 2018)

Con mucha frecuencia las empresas ignoran la variedad de mantenimientos que se pueden implementar y la importancia de conocer y adoptar el más idóneo a las máquinas y equipos con las que cuenta en su proceso productivo.

### **II.8.1.1. Mantenimiento Correctivo.**

Se define el mantenimiento correctivo como aquel conjunto de operaciones que permite que una determinada maquina vuelva a trabajar en óptimas condiciones después de un tiempo de paro, por la falla de una o varias de sus partes, a causa del desgaste o fatiga. (Bravo & Barrantes, 1989)

Este es el tipo de mantenimiento más antiguo, debido a que se reacciona hasta que el equipo o maquinaria está fuera de servicio, la cual se dañó y deja de producir, es en ese momento cuando se procede a realizar los cambios de piezas que se necesiten. A este tipo de mantenimiento también se le llama mantenimiento tipo bombero, el cual solo se dedica a apagar los fuegos que aparecen por diferentes partes de la fábrica. (Bravo & Barrantes, 1989)

Regularmente cuando se emplea el mantenimiento correctivo, hasta este momento los mecánicos o eléctricos se acercan a la maquina con la avería e inician a buscar la falla, pero casi siempre no cuentan con el repuesto, esto provoca mayor tiempo perdido. Por ejemplo, un cojinete por no cambiarlo antes de que se dañara completamente, afecta otras áreas de la maquinaria, como ejes, impulsores, motores, cajas reductoras entre otros, y se vuelve un problema aún más grande del que hubiera sido inicialmente. (Bravo & Barrantes, 1989)

En muchas ocasiones por la premura de poner en marcha la maquinaria detenida los trabajos no los realizan con el tecnicismo necesario, se dará un ejemplo de fallas en maquinaria por utilizar únicamente el mantenimiento correctivo. (Bravo & Barrantes, 1989)

**Ejemplo de un mantenimiento correctivo por ruidos en maquinaria:** Algunos operadores y personas de mantenimiento se percatan de algún ruido en una sección de la máquina, pero nadie le pone el interés necesario y hacen comentarios graves tales

como que trabaje hasta que se dañe, después de un tiempo este cojinete por ejemplo de un rodo llega el momento que se atoró completamente.

Esta falla provoca que los balines internos ya no tengan movimiento y obliga a la pista interna o externa a moverse en lugar de los valeros, esto genera alta temperatura, desgastes en el eje o en la caja del cojinete, provoca que este eje se caliente tanto que termina partiéndose, el rodo se caerá sobre otras partes de la máquina y causa la rotura de la misma, acrecienta la gravedad del asunto e incrementa el costo y el tiempo para poder restablecer la máquina y continuar con la producción.

Por el contrario, si se le presta atención al ruido diferente que presenta la máquina, se identifica el origen y programa el cambio de este cojinete el cual puede realizarse en un tiempo aproximado de dos horas, se evita que el tiempo perdido se convierta en muchas horas e incluso días acorde a la magnitud de la avería y se impide el aumento exponencial de los costos del producto final.

#### **II.8.1.1.1. Ventajas del mantenimiento correctivo.**

- a. Representa menos costos al inicio de la operación.
- b. Menos mano de obra.
- c. Menor inventario de repuestos.
- d. Producciones iniciales altas.
- e. Reducción de tiempos de paros de producción inicialmente al no realizarse paros programados.

#### **II.8.1.1.2. Desventajas del mantenimiento correctivo.**

- a. Aumento del tiempo perdido por paros no programados.
- b. Falta de repuestos en almacén, por no prever qué necesita la máquina.
- c. Aumento en los costos de mantenimiento por horas extras de trabajo.
- d. Fatiga innecesaria a los colaboradores.

- e. Aumento del costo unitario de los productos terminados.
- f. Destrucción prematura de la maquinaria.

### **II.8.1.2 Mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo es un sistema ordenado formado por operaciones, que permiten trabajar a una industria (planta) y al equipo, con el máximo de eficiencia, al mínimo costo. (Bravo & Barrantes, 1989)

También se dice que el mantenimiento preventivo es el que se realiza antes que una pieza o repuesto llegue a su fin de la vida útil programada por el fabricante, como por ejemplo los rodamientos que se calcula la cantidad de horas de funcionamiento en base a una formula dada por la ISO 281 la cual estipula un noventa por ciento de confiabilidad esto por ejemplo si el cálculo nos dio como resultado una vida útil de tres años, al cumplir ese tiempo se debe de cambiar aunque aún no presente daños aparentes. (Bravo & Barrantes, 1989)

Los factores a tomar en cuenta para la vida útil en el caso de un cojinete son los siguientes:

- a. Instalación adecuada.
- b. Condiciones de operación.
- c. Tipo de carga de trabajo.
- d. Velocidad de trabajo.
- e. Tipo de cojinete.

Normalmente cuando una empresa adquiere una maquina nueva incluye varios manuales: manual de usuario, manual técnico, manual de piezas de recambio, y manual de mantenimiento, en donde establece el fabricante los tiempos de recambio de cada una de las partes de la maquinaria.

Habitualmente las empresas que trabajan con el tipo de mantenimiento preventivo tienen cada uno de los manuales de las maquinas los cuales les fueron de utilidad para realizar la planificación del mantenimiento acorde a los tiempos establecidos por el fabricante, y en base a esto cambian cada una de las partes en las paradas de mantenimiento establecidas, de esta manera se conserva el buen funcionamiento de la maquinaria.

**Ejemplo de un mantenimiento preventivo en el recambio de cojinetes:** en una máquina de papel se llegó el tiempo establecido de recambio de los cojinetes de cada uno de los diferentes rodos tanto del área de malla como el área de fieltro.

El Departamento de Mantenimiento tiene previamente programado este cambio después de dos años de operación de dicha maquinaria tiempo establecido por el fabricante, cuenta con cada uno de los repuestos que anticipadamente preparó para disponer de ellos el día de la parada programada.

Se organizan seis frentes de trabajo para atacar más puntos en paralelo y de esta manera conseguir menor tiempo de paro de maquinaria, tentativamente se tarda ocho horas realizar el cambio de cojinetes para que nuevamente la maquinaria opere normalmente y favorece para que no se presenten paradas no programadas.

Para realizar este mantenimiento se necesitó mayor cantidad de recurso humano para abordar las partes de la máquina con el mismo tiempo de operación que debían ser cambiadas, por lo que necesita mayor inversión para la compra de los repuestos a utilizar, lo que representa un mayor desembolso monetario y de forma inmediata para la compañía.

Cabe mencionar que el tiempo de vida del cojinete se puede prolongar si se realiza las lubricaciones en los tiempos y cantidades adecuadas.

#### **II.8.1.2.1. Ventajas del mantenimiento preventivo.**

- a. Se evita que las piezas se dañen completamente por lo que hace más fácil su recambio.
- b. Prolonga la vida útil de la maquinaria en buenas condiciones.
- c. Se evitan paradas no programadas de la maquinaria.
- d. Mejora la eficiencia de la planta porque no tiene maquinas paradas por fallas imprevistas.

#### **II.8.1.2.2. Desventajas del mantenimiento preventivo.**

- a. Aumento de costos por mantenimiento y cambio de piezas que aún estaban en buenas condiciones.
- b. Aumento del número de mantenimientos a una maquinaria en un año, por no coincidir en el tiempo de recambio unas piezas con otras.

#### **II.8.1.3. Mantenimiento Predictivo.**

Este mantenimiento consiste en aplicar herramientas de medición que monitoreen constantemente las máquinas y equipos para identificar las anomalías que se perciban en su funcionamiento cotidiano. (García Garrido, Manual del jefe de mantenimiento, 2020)

Pretende predecir el tiempo de vida útil que le queda a las piezas y poder así planificar con anterioridad el cambio de las que están por terminar su tiempo de ejecución y no represente un paro no programado o el cambio de repuestos que todavía pueden utilizarse por más tiempo. (García Garrido, Manual del jefe de mantenimiento, 2020)

Debe tomarse en cuenta los parámetros establecidos por el fabricante para identificar las anomalías y prestar especial cuidado a las vibraciones, cambio en la temperatura, consumos de energía, ruidos, entre otros. (García Garrido, Manual del jefe de mantenimiento, 2020)



Es el tipo de mantenimiento intermedio entre el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo, toma parámetros de operación normal desde que el equipo es nuevo, realiza mediciones que se guardan en bases de datos para su futuro análisis y se compara con parámetros que están fuera de lo normal. Para realizar este tipo de análisis se utiliza equipo especializado tal como cámaras termográficas, estetoscopios, equipo de medición de vibraciones, ultrasonido, entre otras.

Gracias a los parámetros obtenidos de cada uno de estos equipos se puede tomar la decisión de cambio de alguna pieza antes de que ésta falle y aprovechar al máximo el tiempo de vida útil.

**Ejemplo de un mantenimiento predictivo:** continuamos con el ejemplo de la máquina de papel la cual lleva dos años de operación tal y como se presentó en el ejemplo de mantenimiento preventivo, pero en este caso se tomaron parámetros previos de operación de la maquinaria tales como amperaje, temperatura, ruidos, vibraciones y otros.

De esta manera se establece fácilmente que se requiere el cambio de algunos cojinetes que se encontraban en las áreas más hostiles de la máquina, como lo es el agua y las partículas suspendidas en el aire, da como resultado que requiera cambiar solo los cojinetes de dos rodos del área de la malla y de un rodo del área del fieltro, para este mantenimiento se presentan tres frentes de trabajo y cuatro horas de paro de maquina por mantenimiento.

Con este mantenimiento la maquina trabaja de manera adecuada y confiable, como resultado elimina fallas no programadas. También se destaca que solo es necesario la mitad de colaboradores y el costo de repuestos se disminuye considerablemente en comparación al mantenimiento preventivo porque se aprovecha al máximo la vida útil de cada uno de los cojinetes y se reduce los costos de adquisición.

#### **II.8.1.3.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.**

- a. Reducción de costos por cambio de repuestos innecesarios.
- b. Reducción de tiempo por paros programados largos.
- c. Se aprovecha al máximo la vida útil de los equipos.

#### **II.8.1.3.2. Desventajas del mantenimiento predictivo.**

- a. Inversión en equipo de diagnóstico.
- b. Inversión en capacitación a personal que utilizará los equipos.

### **II.9. Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

Consiste en la implementación de nuevas creencias, costumbres, procedimientos y estrategias orientadas a lograr que el mantenimiento que se realice a las máquinas y equipos que posee una empresa, garantice mayor rendimiento, mejor productividad, disminución de costos, productos de calidad y mejora continua. (Rey Sacristán, 2001)

Siempre que se considera el cambio de cultura en una organización se inicia a partir de la gerencia, ya que ellos son quienes poseen la autoridad para tomar decisiones que repercuten en todos los niveles de la institución. Así mismo es quien elige en qué áreas se deberá invertir y los proyectos que conviene implementar. Pero en la adopción de la filosofía del TPM convencer a la gerencia de lo necesario que es implementarla y los grandes beneficios que trae es solo un pequeño paso de todo lo que implica su correcto desarrollo dentro de la organización. (Rey Sacristán, 2001)

El Mantenimiento Productivo Total tiene la versatilidad de ser aplicado en cualquier organización que se dedique a la manufactura porque su finalidad es lograr la excelencia en el mantenimiento moderno por medio de cumplimiento de estándares, mejorar continuamente los procesos, fomentar la participación de cada miembro que interviene en la producción, así como la realización de funciones productivas y la innovación de sistemas. (Rey Sacristán, 2001)

Para que el TPM cumpla con los resultados que promete, la piedra angular consiste en capacitar al personal operativo para que conozcan a perfección la máquina que operan, con tal magnitud que conforme a la experiencia puedan tomar decisiones que mejoren su funcionamiento. Es necesario contar con personal que analice las fallas, busque como resolverlas y aplique a su vez las medidas que prevengan paros de emergencia siempre en la búsqueda de la mejorar continua. (Rey Sacristán, 2001)

Es imperativo que se cuente con el hábito de analizar los problemas que se presentan y entorpecen el cumplimiento del Programa TPM. Por medio del análisis se debe buscar que los procesos mejoren su eficiencia para eliminar por completo las fallas, defectos de calidad y accidentes laborales. Esto solo se puede lograr como consecuencia del buen funcionamiento de las máquinas y los equipos al reducir las paradas por averías imprevistas y la disminución del tiempo que implica resolverlas. (Rey Sacristán, 2001)

#### **II.9.1. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

El proceso implica la modificación de las funciones ya existentes de fabricación, mantenimiento y calidad, para que se adapten a los estándares del TPM. De ser necesario se agregarán nuevas funciones y se eliminarán las que no son útiles. (Rey Sacristán, 2001)

Además, el mantenimiento preventivo es la clave para garantizar la eliminación de paros no programados y la disminución de los tiempos que se llevan las reparaciones de las fallas que se presentan de forma imprevista. (Rey Sacristán, 2001)

Por otro lado, deberá cultivarse en el personal el compromiso de ser parte activa en el mantenimiento de las máquinas y equipos, por medio de constante capacitación y motivación adecuada, lograr que se sientan capaces de sugerir mejoras en los procesos

de mantenimiento gracias a la especialización que tendrán de sus funciones. (Rey Sacristán, 2001)

### **II.9.2. Etapas del Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

Un proyecto de TPM puede tardar hasta cinco años para su adecuada implementación. Dentro de las actividades principales para su puesta en marcha se debe realizar lo siguiente. (Rey Sacristán, 2001)

Una vez que se inicia con la idea de implementar en la empresa un programa TPM se debe plasmar cuáles serán las políticas y estrategias que lo guiarán, así como también los objetivos que serán el impulso para orientar los esfuerzos. No puede faltar la motivación y acompañamiento necesario para encausar, corregir y completar el programa. (Rey Sacristán, 2001)

Todo el proceso de implementación del programa TPM, debe establecerse de forma escrita con carácter formal y obligatorio para saber de dónde se parte, cuál es el destino y cómo se conseguirá. (Rey Sacristán, 2001)

También es necesario la toma de datos históricos que consiste en la recolección de información de las máquinas y equipos que contenga las cantidades producidas diariamente, tiempo productivo, tiempo dedicado al mantenimiento diario, fallas que se presentaron y el tiempo que tomaran al corregirlas. Estos datos son de utilidad para conocer el funcionamiento de las máquinas y equipos. (Rey Sacristán, 2001)

El siguiente paso consiste en estructurar los grupos de primera línea. Debe estar formado por los operadores de máquina, personal de mantenimiento y la unidad encargada de supervisar y auditar el cumplimiento de las actividades que conforman el programa. El reto está en lograr que todos los involucrados compartan la motivación

compromiso y participación para adoptar esta nueva cultura que pretende la mejora continua. (Rey Sacristán, 2001)

Después se establece el plan de mantenimiento preventivo programado con duración de treinta a sesenta minutos, que define las actividades de mantenimiento que se aplicaran cotidianamente para garantizar el correcto funcionamiento y disminuir o de preferencia eliminar los paros no programados. Es en esta etapa en la que se crea e implementa las rutinas del automantenimiento que consiste en la realización de actividades cotidianas elementales de mantenimiento preventivo tales como engrase, limpieza, inspección y control. El responsable de cumplirlas será el operador de máquina. (Rey Sacristán, 2001)

Desde luego la etapa siguiente consiste en la constante capacitación del personal. Se debe especializar a los operadores del funcionamiento de la máquina y equipos que opera, y de las actividades de mantenimiento que deberá realizar.

La implementación de un programa de TPM representa un aumento de las funciones que deberá realizar el operador de maquina por lo que debe estructurarse su puesto de trabajo para que disponga del tiempo necesario para realizar los automantenimientos. (Rey Sacristán, 2001)

Para contar con el recurso humano capaz y motivado es necesario invertir en su formación para que adquiera las aptitudes que le ayudarán a cumplir con las funciones específicas que se requieren en un proyecto de TPM. Así también es de vital importancia que los colaboradores desarrollen el sentido de pertenecía hacia la empresa para garantizar que estarán dispuestos de asumir el compromiso y responsabilidad de cumplir eficientemente con sus labores. Esto se logra por medio de los incentivos adecuados que se adapten a las necesidades de los colaboradores y también crear un ambiente laboral saludable. (Rey Sacristán, 2001)

### **II.9.3. La implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

Un programa de TPM pretende que las funciones de mantenimiento se acoplen a las funciones de producción. Esta es la razón por la que para el cumplimiento del programa las áreas protagonistas serán las siguientes: (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Nivel Operador:** Los operadores de producción adoptan dentro de sus funciones la limpieza, ajustes, vigilancia de parámetros y reparan desperfectos sencillos. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Nivel Técnico:** Se designa a una persona con capacitación técnica del Departamento de Mantenimiento para que se encargue de resolver fallas que no están dentro de la clasificación del automantenimiento y que requieren avanzados conocimientos para resolverse. También funge como asesor y guía en caso de presentar duda el operador de la máquina. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Departamento de Mantenimiento:** No está ligado a la estructura del Departamento de Producción. Su propósito es realizar intervenciones mayores en las que se requiera cambios de piezas finas, montajes de gran magnitud, ajustes delicados, entre otros. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

“Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) desarrolló un método en siete pasos cuyo objetivo es lograr el cambio de actitud indispensable para el éxito del programa”. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Fase 1. Aseo inicial.** En esta fase se busca limpiar la máquina de polvo y suciedad, a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles. Se implementa además un programa de lubricación, se ajustan sus componentes y se realiza una puesta a punto

del equipo (se reparan todos los defectos conocidos). (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Fase 2. Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas.**

Una vez limpia la maquina es indispensable que no vuelva a ensuciarse y caer en el mismo estado. Se deben evitar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento irregular (fugas de aceite, por ejemplo), se mejora el acceso a los lugares difíciles de limpiar y lubricar y se busca reducir el tiempo que se necesita para estas dos funciones básicas (limpiar y lubricar). (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Fase 3. Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación:**

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción. Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto que las actividades de limpieza, lubricación, y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Fase 4. Inspecciones generales.**

Conseguido que el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallos menores y fallos en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**Fase 5 Inspecciones autónomas.**

En esta quinta fase se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan listas de chequeo (check list) de las máquinas realizadas por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del

mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**“Fase 6 Orden y armonía en la distribución:** La estandarización y la procedimentación de actividades es una de las esencias de la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management, TQM), que es la filosofía que inspira tanto el TPM como el JIT (Just in time, justo a tiempo). Busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, inspección, lubricación, mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, gestión de la herramienta y del repuesto, etc.”. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

**“Fase 7. Optimización y autonomía en la actividad.** La última fase tiene como objetivo desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la empresa: se registra sistemáticamente el tiempo entre fallos, se analizan éstos y se proponen soluciones. Y todo ello, promovido y liderado por el propio equipo de producción”. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

## **II.10. Importancia del mantenimiento a las maquinas.**

Con la finalidad de prolongar más la calidad de vida una persona necesita practicarse periódicamente chequeos médicos para detectar o diagnosticar un mal funcionamiento en su organismo por medio de estudios que el medico interpreta para dar las recomendaciones de qué hacer, qué tomar y por cuánto tiempo.

De la misma forma las maquinas también necesitan el continuo monitoreo, inspección y mediciones correspondientes al área de trabajo para diagnosticar de manera temprana un funcionamiento inadecuado en las máquinas para aplicar las correcciones necesarias que contribuyan a prolongar su vida útil. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)



Todo sufre desgastes, envejecimiento, pérdida de fuerza, tensión, entre otros, cada uno de estos malos funcionamientos provocan que la maquinaria deje de funcionar de manera correcta, hace que el producto terminado no tenga la calidad necesaria para su venta y la empresa incurra en el aumento de costos y pérdida de rentabilidad. Esta es la razón para realizar mantenimiento a todas las máquinas y con esto asegurar el buen funcionamiento de cada una de sus partes. (García Garrido, Ingeniería de mantenimiento, 2009-2012)

### **II.11. Programa de mantenimiento.**

Un programa es un conjunto de proyectos que a su vez son un conjunto de actividades que buscan la obtención de un fin. Por lo que se puede definir un programa de mantenimiento como un conjunto de proyectos que buscan a través de varias actividades alcanzar la meta de mantener el buen funcionamiento de la maquinaria. (Jurado Godoy, 2007)

En un programa de mantenimiento se debe describir objetivamente cada uno de los planes que se realizarán, establecer con detalle qué actividades se llevarán a cabo y con qué materiales se debe contar para su realización. Es necesario documentar toda esta información porque será de gran utilidad al momento de evaluar los resultados y hacer las correcciones convenientes. (Jurado Godoy, 2007)

Para garantizar su efectividad, dentro de las actividades a realizar en un programa de mantenimiento deberá describirse la manera en que se pretende realizar la presentación y difusión entre el personal que será encargado de su cumplimiento. Dentro de las posibles actividades de socialización se puede mencionar las reuniones, folletos, pizarras de información o capacitación individualizada. Tendrá que definirse el tiempo que tomará esta actividad, asignar la persona encargada de impartir la información a los colaboradores y describir el material didáctico que se pretenda utilizar. (Jurado Godoy, 2007)

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

A continuación, se presentan los cuadros y gráficas obtenidas de la investigación realizada para comprobar la hipótesis “El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”.

La técnica aplicada para la delimitación es censo debido a que se aplicó encuesta a la gerencia de planta y gerencia de producción de Papelera Internacional S. A. para obtener la información que comprueba la variable dependiente y con las respuestas de las encuestas aplicadas a los ocho supervisores que conforman el Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S. A., se cuenta con la información para evidenciar la variable independiente.

Del cuadro y gráfica 1 al 7, se refiere a la comprobación del efecto o variable dependiente; del cuadro y gráfica 8 al 15; se obtienen los datos para comprobar la variable independiente o causa principal.

Se hace la observación que con el cuadro y gráfica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con el cuadro y gráfica 8 se comprueba la variable independiente, contenidas en la hipótesis formulada. Con cien por ciento de nivel de confianza y cero por ciento de error.

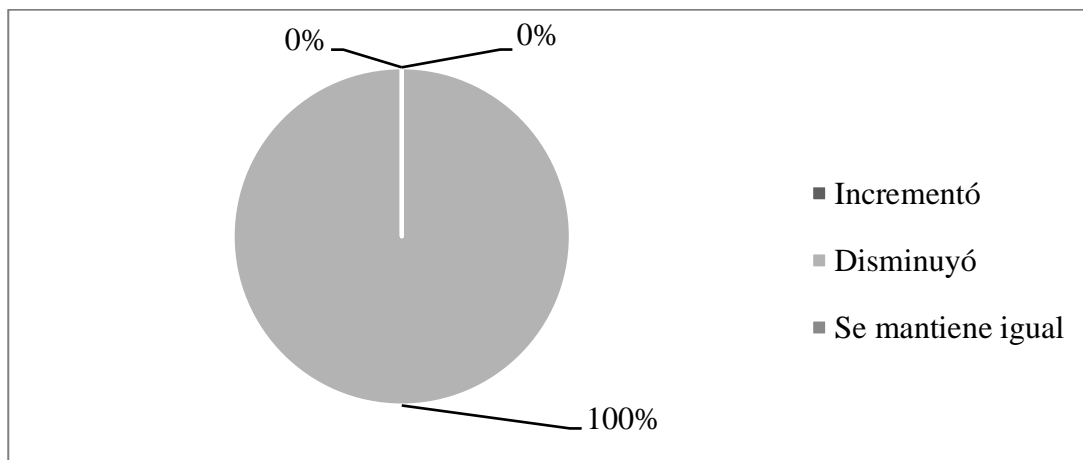
**III.1. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente o el efecto.**

**Cuadro 1. Comportamiento de la producción de la empresa.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor absoluto</b>	<b>Valor relativo (%)</b>	<b>Valor relativo (%) acumulado</b>
Incrementó	0	0	0
Disminuyó	2	100	100
Se mantiene igual	0	0	100
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 1. Comportamiento de la producción de la empresa.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

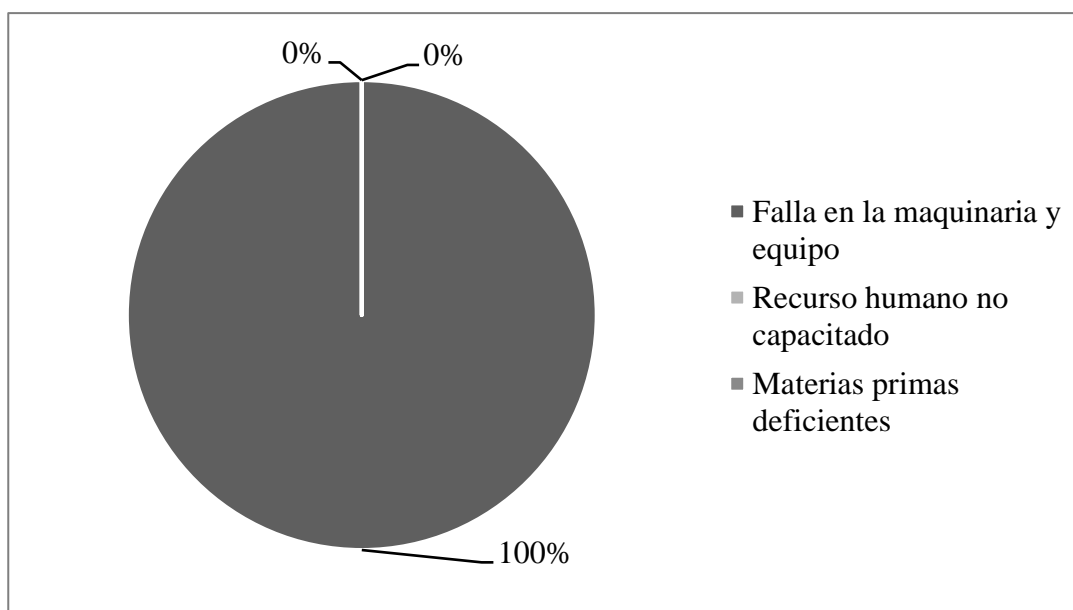
**Análisis:** Como se aprecia en el cuadro y gráfica anteriores, la totalidad de los encuestados manifestaron que la producción de la empresa disminuyó en los últimos cinco años, lo que contribuye a comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 2. Razones de la baja de la producción en la empresa.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo (%) acumulado
Falla en la maquinaria y equipo	2	100	100
Recurso humano no capacitado	0	0	100
Materias primas deficientes	0	0	100
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 2. Razones de la baja de la producción en la empresa.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

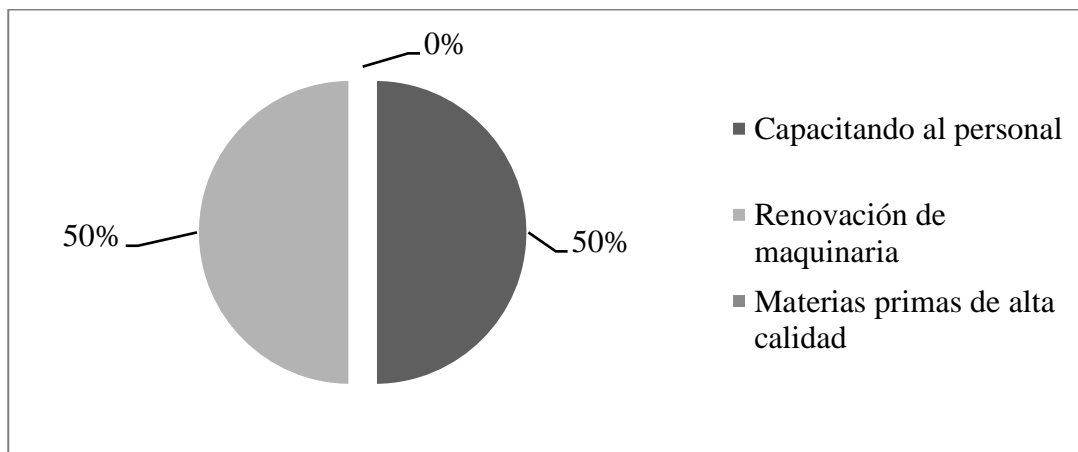
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados manifestó que la baja producción de la empresa tiene relación directa con las fallas presentadas en la maquinaria y equipo, por ende, se ayuda a comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 3. Posibles medios a implementar para la solución de la problemática de la producción.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo (%) acumulado
Capacitando al personal	1	50	50
Renovación de maquinaria	1	50	100
Materias primas de alta calidad	0	0	100
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 3. Posibles medios a implementar para la solución de la problemática de la producción.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

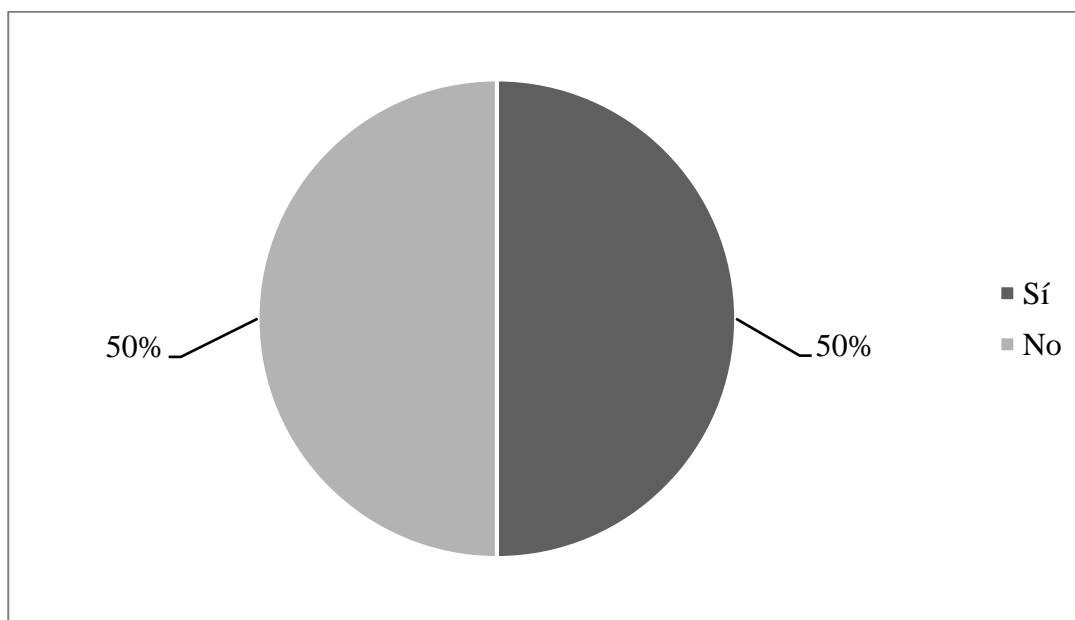
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, la mitad de los entrevistados manifiesta que las posibles acciones a desarrollar para la solución de la problemática actual de la baja producción es la capacitación del personal y el resto manifiesta que se debe renovar la maquinaria y equipo de producción, lo que apoya a comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 4. La empresa cuenta con personal calificado para realizar los mantenimientos.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor absoluto</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
Sí	1	50
No	1	50
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 4. La empresa cuenta con personal calificado para realizar los mantenimientos.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

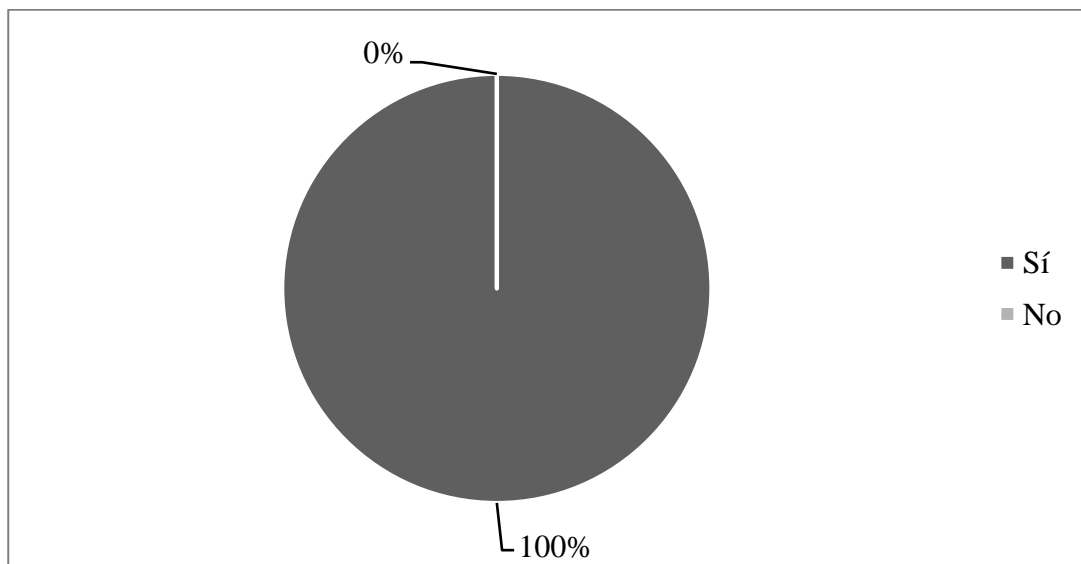
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y grafica anterior, la mitad de los entrevistados manifiesta que la empresa posee personal calificado para el desarrollo de las actividades, sin embargo, la otra parte manifiesta lo contrario. lo que contribuye a comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 5. Gerentes que tienen conocimiento sobre el mantenimiento productivo total.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor absoluto</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
Sí	2	100
No	0	0
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 5. Gerentes que tienen conocimiento sobre el mantenimiento productivo total.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

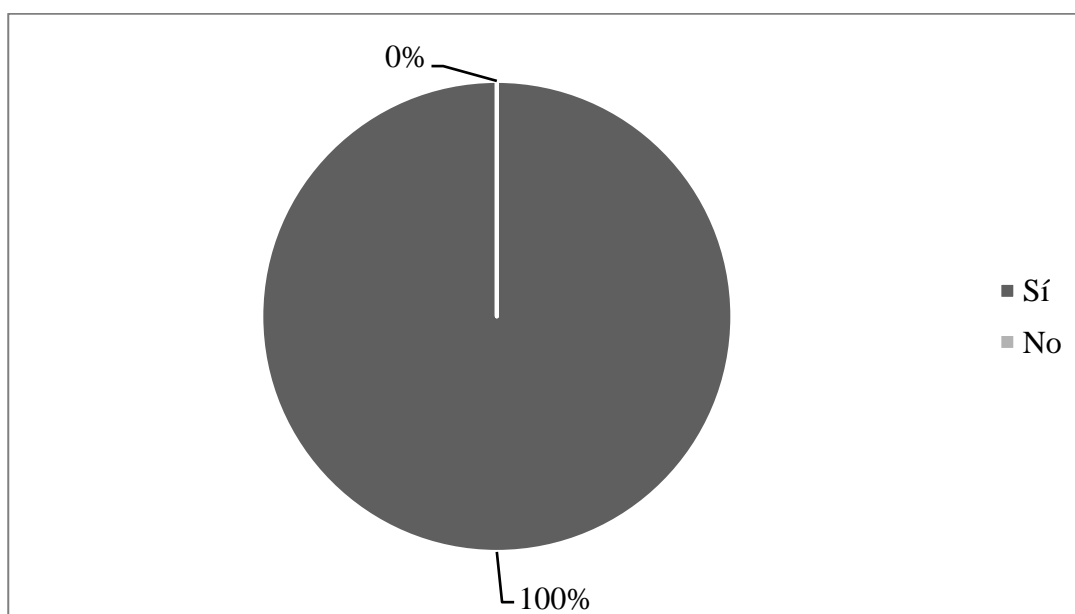
**Análisis:** En el cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados manifiesta que conoce sobre mantenimiento productivo total, aunque consideran que se presentan algunas debilidades en su implementación y que no han aplicado anteriormente los conocimientos que poseen sobre este tema. De esta manera se aporta para comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 6. La empresa cuenta con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	2	100
No	0	0
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 6. La empresa cuenta con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Análisis:** Como muestra el cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados considera que la empresa cuenta con el personal y equipo de producción para alcanzar las metas de producción establecidas, por lo que apoya para comprobar la variable dependiente.

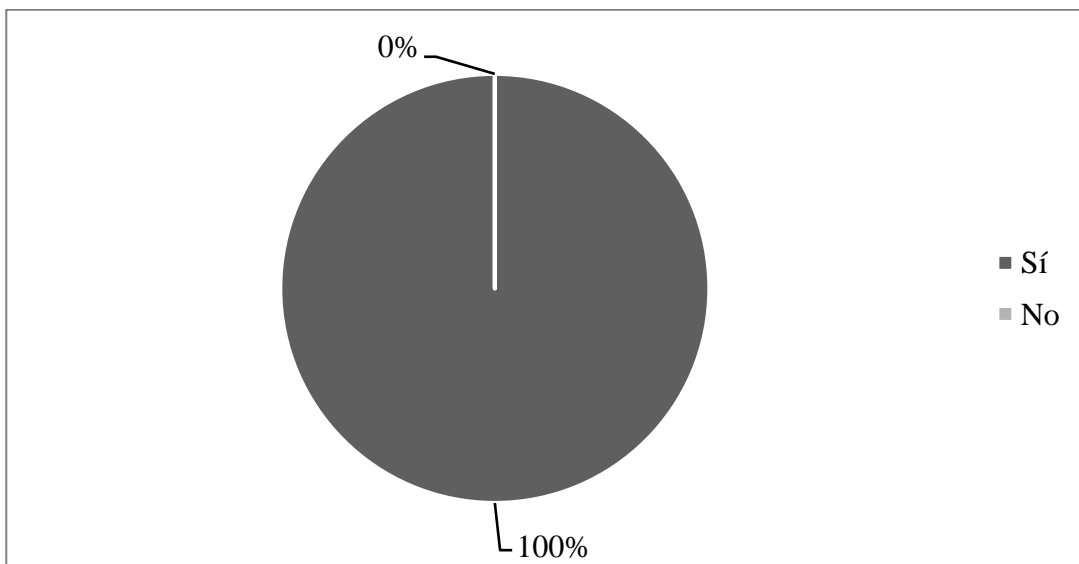


**Cuadro 7. Gerentes que tienen disposición a desarrollar una reingeniería para mejorar la producción de la empresa.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	2	100
No	0	0
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 7. Gerentes que tienen disposición a desarrollar una reingeniería para mejorar la producción de la empresa.**



Fuente: Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados manifiesta estar de acuerdo en someter a un proceso de reingeniería a la empresa para mejorar la producción y alcanzar las metas establecidas, pero primero deben conocer el plan de trabajo y en cuanto tiempo se verían resultados para su aprobación y de esta manera contribuye a comprobar la variable dependiente.

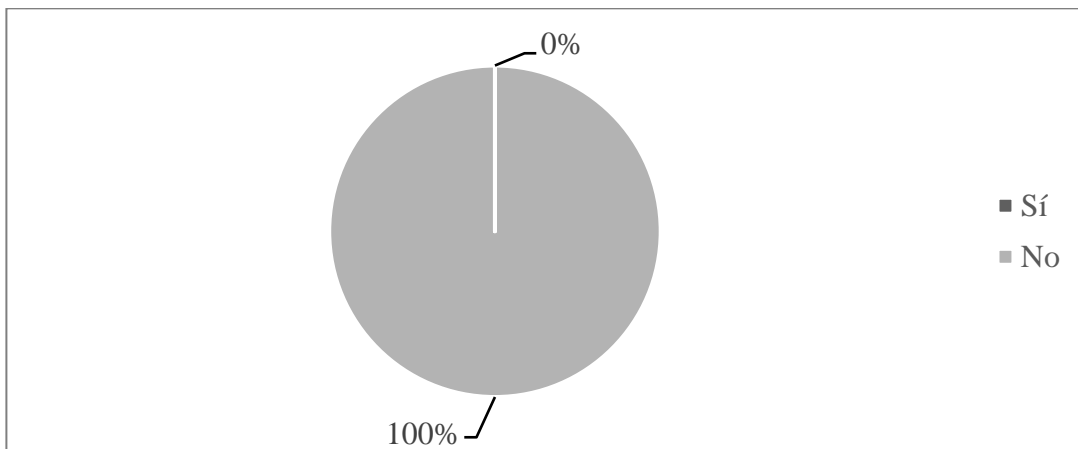
**III.2. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente o la causa.**

**Cuadro 8. Supervisores que cuentan con procedimiento adecuado para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	8	100
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 8. Supervisores que cuentan con procedimiento adecuado para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

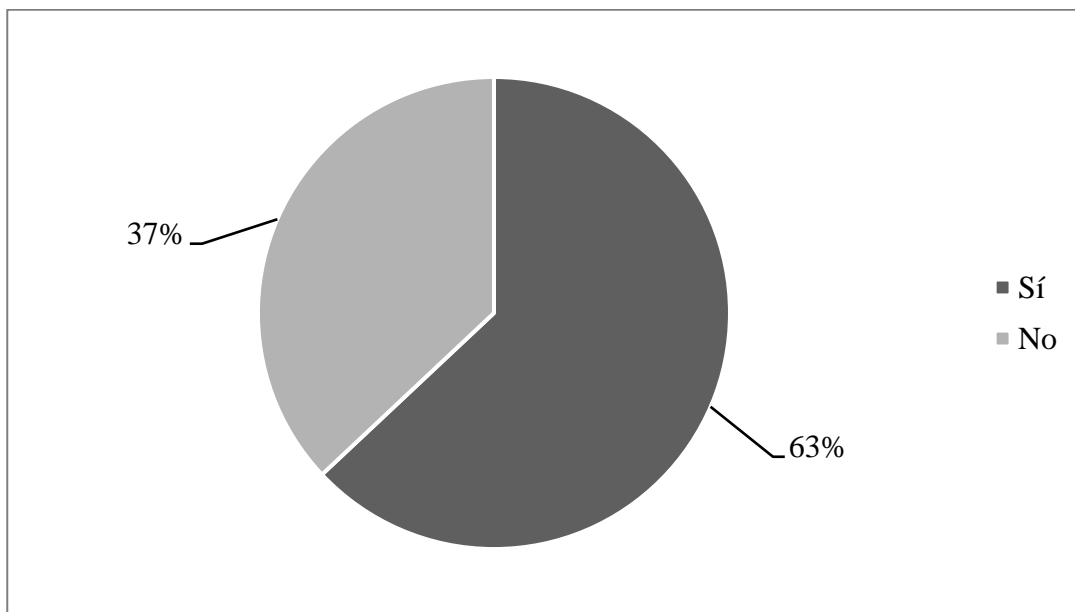
**Análisis:** Los entrevistados manifiesta en su totalidad que no se cuenta con el procedimiento adecuado para desarrollar el mantenimiento que permitan estandarizar las actividades en tiempo y calidad de la maquinaria y equipo, lo que contribuye a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 9. El personal eléctrico posee un plan para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor absoluto</b>	<b>Valor relativo %</b>
Sí	5	63
No	3	37
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 9. El personal eléctrico posee un plan para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

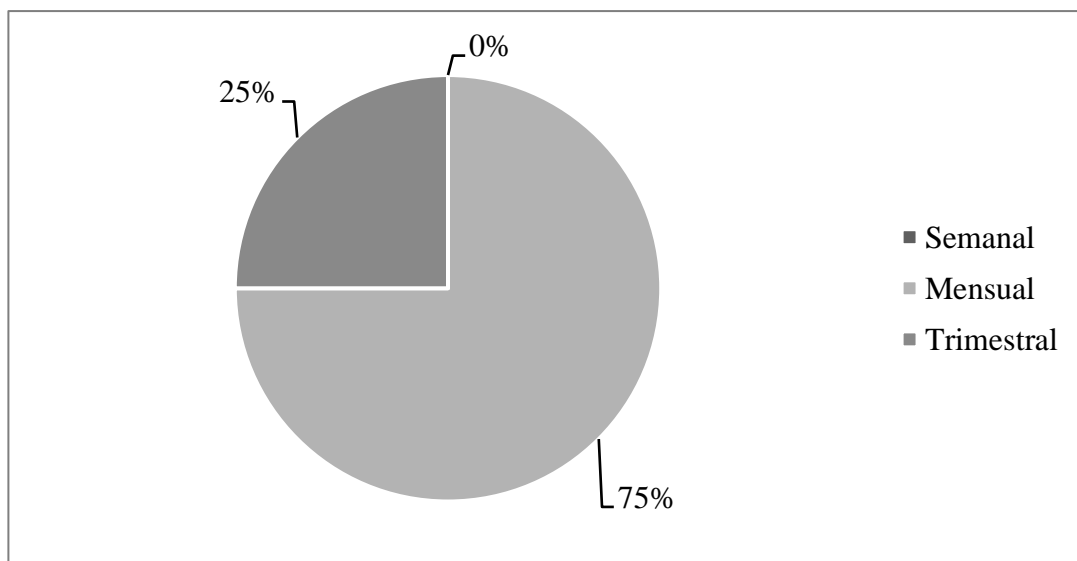
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior la mayoría de los entrevistados manifiesta que el personal eléctrico sí posee un plan para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo, aunque la parte restante indica que no lo poseen, por lo que ayuda a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 10. Frecuencia de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo (%) acumulado
Semanal	0	0	0
Mensual	6	75	75
Trimestral	2	25	100
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 10. Frecuencia de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

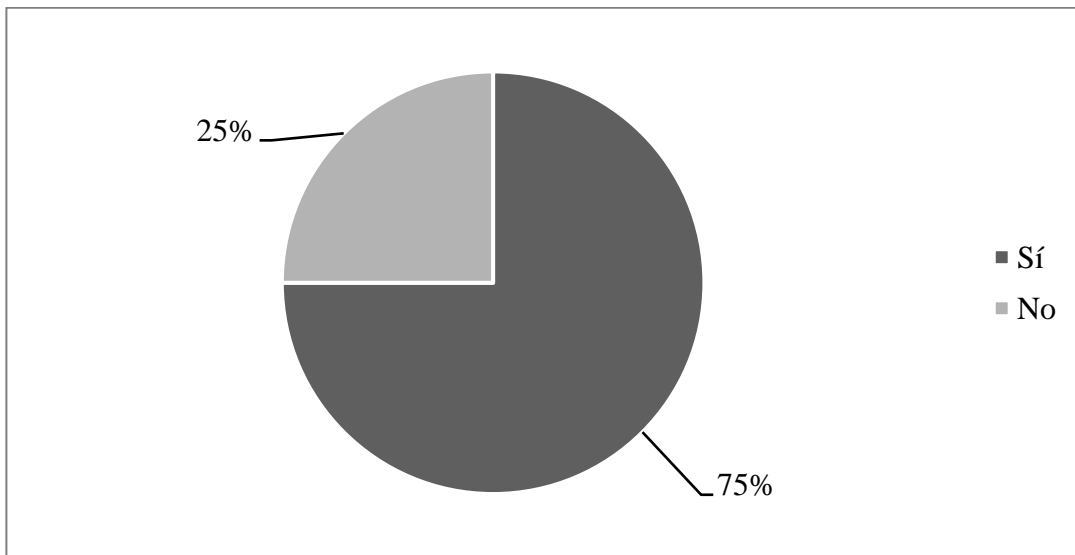
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior la tres cuartas partes de los entrevistados manifiesta que se desarrollan mantenimientos a la maquinaria y equipo mensualmente, sin embargo, el resto de los entrevistados indica que se desarrollan con frecuencia trimestral, de esta manera contribuye a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 11. El personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento adecuado a la maquinaria y equipo eléctrico.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor absoluto</b>	<b>Valor relativo (%)</b>
Sí	6	75
No	2	25
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021

**Gráfica 11. El personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento adecuado a la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021

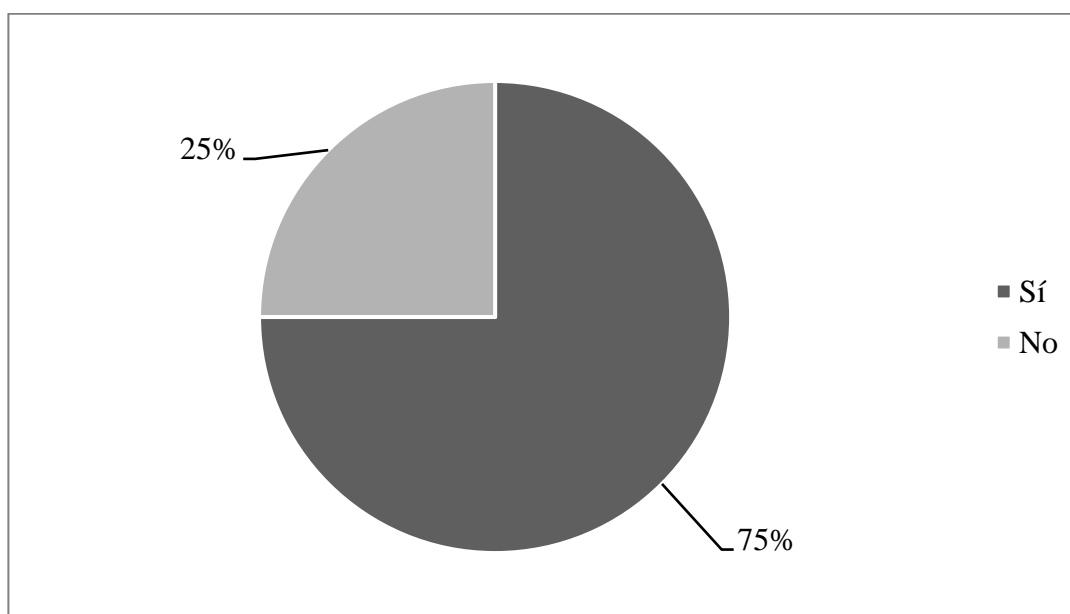
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, tres cuartas partes de los entrevistados manifiesta que efectivamente el personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento, sin embargo, el resto de entrevistados responden que no reciben capacitación, lo que apoya a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 12. La empresa cuenta con registro histórico del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	6	75
No	2	25
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 12. La empresa cuenta con registro histórico del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

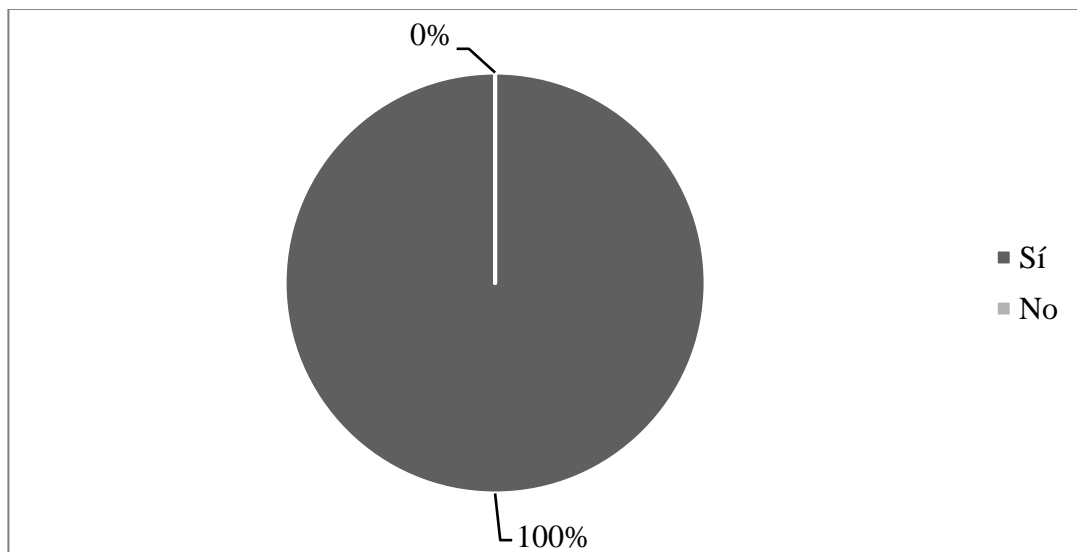
**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior tres cuartas partes de los entrevistados afirma que la empresa cuenta con registro histórico del mantenimiento y reparaciones de la maquinaria, únicamente una cuarta parte niega que se lleve el registro, lo que apoya a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 13. El departamento eléctrico cuenta con una programación anual de mantenimiento de cada máquina dentro de la empresa.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	8	100
No	0	0
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 13. El departamento eléctrico cuenta con una programación anual de mantenimiento de cada máquina dentro de la empresa.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

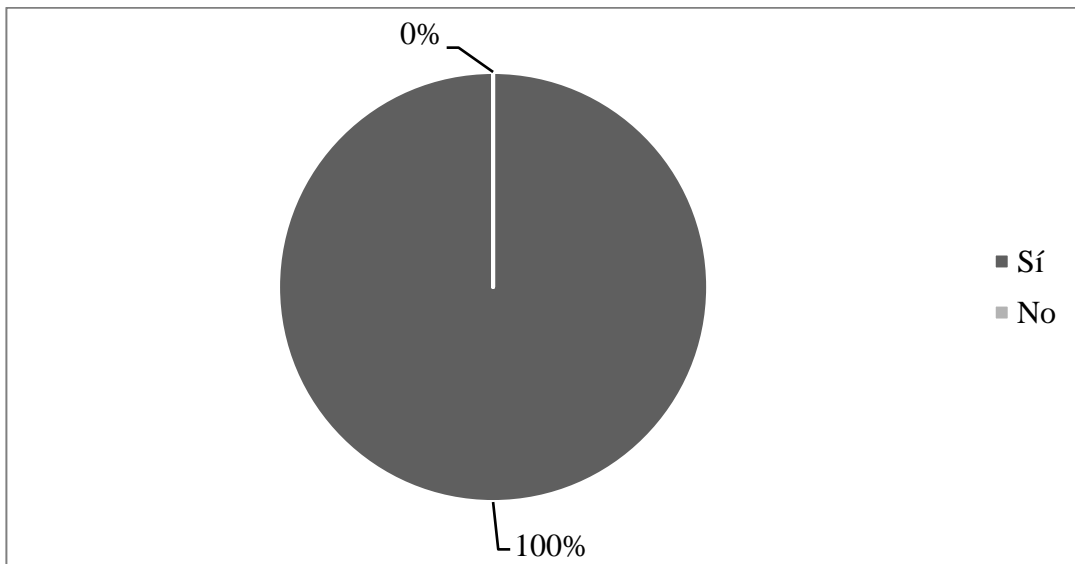
**Análisis:** como se observa en el cuadro y gráfica anterior la totalidad de los entrevistados manifiesta que sí cuentan con una programación anual de mantenimiento de cada máquina dentro de la empresa, lo que contribuye a comprobar la variable independiente.

**Cuadro 14. Existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria y equipo eléctrico.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	8	100
No	0	0
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 14. Existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados manifiesta que existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria, aunque los resultados demuestran que aun con este control de los parámetros las maquinas continúan con fallas frecuentemente, por lo que apoya a comprobar la variable independiente.

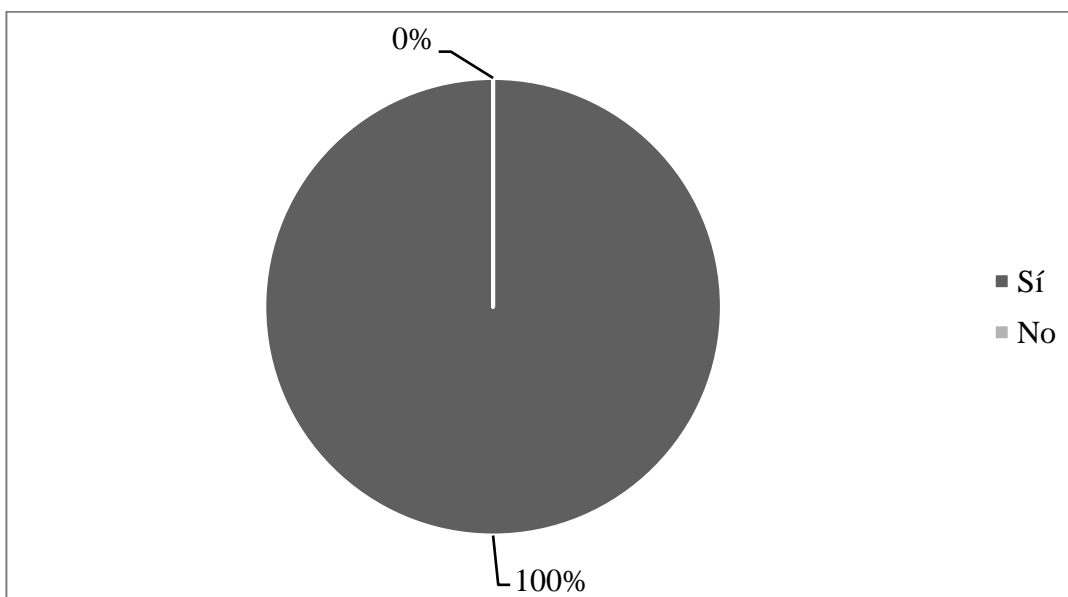


**Cuadro 15. Supervisores que cuentan con los recursos y equipo necesario para el desarrollo del mantenimiento de la maquinaria y equipo eléctrico.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	8	100
No	0	0
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Gráfica 15. Supervisores que cuentan con los recursos y equipo necesario para el desarrollo del mantenimiento de la maquinaria y equipo eléctrico.**



Fuente: Supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, enero de 2021.

**Análisis:** De acuerdo al cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los entrevistados manifiesta que se cuenta con los recursos y equipo necesario para el desarrollo del mantenimiento de la maquinaria y equipo eléctrico, lo que ayuda a comprobar la variable independiente.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan los aspectos que se establecen con base en los hallazgos más importantes dentro de la investigación realizada, para proveer una propuesta de solución idónea.

### **IV.1. Conclusiones.**

- 1) Se comprueba la hipótesis planteada “El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”. Con el cien por ciento de nivel de confianza y cero por ciento de error.
  
- 2) La producción de la empresa en los últimos cinco años ha disminuido y provoca el incumplimiento de las metas establecidas anualmente.
  
- 3) Las constantes fallas de la maquinaria y equipo repercuten en el incumplimiento de la producción.
  
- 4) No se cuenta con el personal capacitado correctamente para operar adecuadamente la maquinaria y equipo.
  
- 5) El personal encargado de realizar mantenimientos carece del conocimiento para aplicar procedimientos de mantenimiento eficientes que disminuyan las fallas de la maquinaria y equipo.
  
- 6) La gerencia de planta y producción poseen los conocimientos sobre el mantenimiento productivo total (TPM), aunque con anterioridad no aplicaran sus

conocimientos resulta de beneficio para la implementación de la propuesta de solución.

7) Aunque la empresa cuenta con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas, carece de la capacitación necesaria para implementar un programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM).

8) De parte de la gerencia se cuenta con la disposición de aplicar cambios dentro de la empresa para lograr mejoras en la producción. Pero se necesita del compromiso y participación del personal operativo tanto de mantenimiento como de producción.

9) No existe un manual de procedimientos para el mantenimiento a equipo especializado eléctrico y mecánico, lo que provoca incrementos de fallas prematuras en los equipos.

10) El Departamento de Mantenimiento cuenta con un plan de mantenimiento anual deficiente porque no se basa en las recomendaciones de los fabricantes, lo que conlleva una deficiencia en los mantenimientos desarrollados.

11) La frecuencia con la que se realiza los mantenimientos a la maquinaria y equipo no es el idóneo porque no sigue las recomendaciones del fabricante y tampoco se cumple con la periodicidad necesaria para aplicar mantenimiento autónomo como lo establece un programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM).

12) No existe unanimidad para confirmar si el personal de nuevo ingreso recibe inducción para proveer mantenimiento a la maquinaria y equipo por lo que podría considerarse que no se capacita al cien por ciento del personal de nuevo ingreso.

13) Aunque se cuenta con registros históricos del mantenimiento y reparación de la maquinaria, no todo el personal del Departamento de Mantenimiento se involucra en la elaboración de los registros porque no conocen de su existencia.

14) El Departamento de Mantenimiento cuenta con un programa anual que les indica la fecha para realizar los mantenimientos programados, pero carece de la precisión necesaria para que los mantenimientos sean efectivos y disminuyan las fallas en la maquinaria y equipo.

15) Se cuenta con el personal encargado de obtener, almacenar y analizar parámetros de reparación de la maquinaria, pero estos parámetros no son utilizados para darle seguimiento a las fallas frecuentes, ni sirven para corregir o reforzar los mantenimientos programados.

16) Existe un desaprovechamiento de los recursos y equipos que posee la empresa para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo.

#### **IV.2. Recomendaciones.**

1) Implementar un programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM). Por medio del cual se disminuirá las fallas y se reducirá los tiempos perdidos para incrementar la producción anual.

2) Involucrar al personal operativo de producción en el mantenimiento de la máquina con las rutinas de limpieza e inspección, para asegurar que se cumple con el mantenimiento autónomo.

3) Adecuar los mantenimientos acordes a las necesidades de la planta y al desempeño de los equipos. Crear rutinas de mantenimiento a equipos críticos a los que diariamente se debe dar seguimiento con el fin de evitar daños.

4) Rediseñar las funciones de los operadores de maquinaria y equipo, para que se incluya el mantenimiento autónomo que será su responsabilidad al implementarse el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM).

5) Capacitar al personal de mantenimiento sobre los manuales brindados por el fabricante de la maquinaria y equipo. De igual forma se debe capacitar para que puedan aplicar el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM)

6) Aprovechar el conocimiento de la gerencia sobre el tema de Mantenimiento productivo total (TPM) para que impartan capacitación al personal operativo de producción y mantenimiento en la etapa de difusión de la propuesta.

7) Capacitar al personal de producción para que conozcan cómo funciona la maquinaria que operan y sepan cuál es la rutina correcta de mantenimiento autónomo que deberán aplicar de acuerdo con el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM)

8) Crear una cultura de compromiso y participación para cumplir con el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM). Para que su puesta en marcha sea satisfactoria y se obtengan los resultados esperados.

9) Elaborar manuales de procedimientos para efectuar los mantenimientos a cada una de las secciones de la maquinaria, esto con el objetivo de que todos los colaboradores cuenten con un formato estándar de cómo se debe realizar de manera correcta un trabajo y buscar de forma activa evitar así daños prematuros en la maquinaria y equipo que posee la empresa.

10) Difundir a todo el personal de los departamentos de mantenimiento y producción el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM), para que conozcan sobre su existencia y se capaciten de la información que necesitan para realizar mantenimientos efectivos.

11) Programar la frecuencia de los mantenimientos a la maquinaria y equipo de acuerdo a las recomendaciones establecidas en los manuales del fabricante, para que los mantenimientos preventivos sean con la periodicidad que disminuya las fallas y reduzca los tiempos perdidos.

12) Realizar inducción y capacitación acorde a cada área de trabajo para que las funciones que debe realizar puedan ser garantizadas y de buena calidad. Dejar constancia de la inducción por medio de un formato de asistencia y evaluación de temas vistos al momento de realizar la inducción firmada por el nuevo colaborador.

13) Capacitar al personal de mantenimiento y producción sobre los formatos que deberán llenar para dejar registro de los mantenimientos aplicados en cada turno.

14) Rediseñar el programa de mantenimiento existente para la maquinaria y equipo eléctrico basándose en Mantenimiento productivo total (TPM)

15) Establecer de carácter obligatorio documentar las fallas y los tiempos perdidos generados, y realizar un estudio semanal en conjunto con personal de producción y mantenimiento para analizar cuáles son las causas que generan estas fallas para atacarlas desde la raíz y así gradualmente reducir las fallas al mínimo.

16) Proveer al personal de los departamentos de producción y mantenimiento de los conocimientos necesarios para que maniobren la maquinaria y equipo de forma correcta, para eliminar los tiempos perdidos por errores de operación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, J. (22 de abril de 2010). [elcontadorvirtual.blogspot.com](http://elcontadorvirtual.blogspot.com). Obtenido de [http://elcontadorvirtual.blogspot.com/2010/04/clasificacion-de-las-empresas-segun-su\\_22.html](http://elcontadorvirtual.blogspot.com/2010/04/clasificacion-de-las-empresas-segun-su_22.html)
2. admin. (2 de julio de 2014). PROYMEC. Recuperado el 24 de mayo de 2021, de <https://proymec.es/blog/maquinaria-industrial/>
3. Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2016). 5S Para la mejora continua. España: Cims.
4. Allen-Bradley. (2015). PowerFlex Digital DC Drive. auto-edición.
5. Bardahl. (2020). Bardahl Industria. Recuperado el 24 de Mayo de 2021, de <https://www.bardahlindustria.com/historia-maquinaria-industrial-1>
6. Bleiberg, G. (1969). Diccionario de Historia de España, 2ª edición. Ed. de la Revista de Occidente. España. Obtenido de <https://www.nubeluz.es/hispanoamerica/maya.html>
7. Bravo, R., & Barrantes, A. (1989). Administración del mantenimiento industrial. Costa Rica: EUNED.
8. Cantavalle, S. (5 de abril de 2019). [pixartprinting.es](http://pixartprinting.es). Recuperado el 24 de 2 de 2019, de <https://www.pixartprinting.es/blog/historia-papel/>
9. Casado Galván, I. (diciembre de 2019). [www.eumed.net/rev/cccss/06/icg27.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/06/icg27.htm). Obtenido de [www.eumed.net/rev/cccss/06/icg27.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/06/icg27.htm)
10. Conte, E. M. (4 de marzo de 2013). Clasificación de la industria. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de <http://organizacion-industrial2.blogspot.com/2010/03/industrial.html>.
11. Entrevista, G. G. (Febrero de 2021). Antecedentes Papelera Internacional S. A. (R. J. Chacon B., Entrevistador)
12. Entrevista, P. O. (Febrero de 2021). Fabricación de papel a través de fibras secundarias. (R. J. Chacón B., Entrevistador)
13. Escobar Tellez, F., & Lazacano Ortega, M. D. (2005). [fcasua.contad.unam.mx](http://fcasua.contad.unam.mx). Obtenido de

<http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/contaduria/3/1360.pdf>

14. Fernández Álvarez, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean, Trabajo Fin de Máster. auto-edición.
15. García Garrido, S. (5 de 3 de 2009-2012). Ingeniería de mantenimiento. Madrid: renovetec.
16. García Garrido, S. (2020). Manual del jefe de mantenimiento. Madrid: renovetec.
17. García Garrido, S. (2009). Ingeniería de Mantenimiento Técnicas avanzadas de gestión del mantenimiento en la industria. Madrid: Renovetec.
18. Gómez De León, F. C. (5 de 3 de 1998). Tecnología del Mantenimiento Industrial. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.
19. Historia-biografia.com. Simón Bolívar [online]. (julio de 2017). Recuperado el 13 de mayo de 2021, de <https://historia-biografia.com/historia-del-papel/>
20. Intecap. (2002). Instalación y mantenimiento de motores eléctricos trifásicos . Guatemala: auto-edición.
21. Intecap. (2007). Máquinas Eléctricas Rotativas. Guatemala: auto-edición.
22. Jurado Godoy, O. E. (2007). Tesis Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una maquina empacadora de cereales. Guatemala: auto-edición.
23. Kreiman, A. (4 de julio de 2019). Pérgamo donde se invento el pergamino. Recuperado el 24 de 2 de 2019, de <https://sobreturquia.com/2009/10/08/pergamino-donde-se-invento-el-pergamino/>
24. Méndez Cajas, P. C. (2006). Propuesta para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total, Administrado por el Sistema de planificación de manufactura, en una industria de elaboración de productos de limpieza. Guatemala: auto-edición.
25. Milano Hernandez, T. F. (2005). Planificación y gestión del Mantenimiento Industrial. Venezuela: auto-edición.
26. Muñoz Abella, M. B. (2003). Mantenimiento Industrial. Leganés: auto-edición.



27. pcmanagement. (julio de 2001). pcmanagement.es. Recuperado el 13 de mayo de 2021, de [http://www.pcmangement.es/editorial/management\\_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf](http://www.pcmangement.es/editorial/management_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf)
28. Real Academia Española. (2020). dle.rae.es. Recuperado el 13 de mayo de 2021, de <https://dle.rae.es/mantenimiento>
29. Rey Sacristán, F. (2001). Mantenimiento Total de la Producción (TPM). (F. Editorial, Ed.) Madrid: FC Editorial. Recuperado el 8 de 4 de 2019
30. Rey Sacristán, F. (2005). Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Madrid: FC Editorial.
31. Riquelme, M. (8 de Agosto de 2016). webyempresas.com. Obtenido de <https://www.webyempresas.com/tipos-de-productos-industriales-y-su-duracion/>
32. Rivera Rubio, E. M. (2011). Tesis Sistema de gestión del mantenimiento industrial. Lima-Peru: auto-edición.
33. Thompson, I. (febrero de 2007). promonegocios.net. Obtenido de <https://www.promonegocios.net/empresa/pequena-empresa.html>
34. Yubero, F. (2 de julio de 2011). lanaveva.wordpress.com. Obtenido de <https://lanaveva.wordpress.com/2011/07/02/8447/>

## ANEXOS

f-30-07-2019-01

### Anexo 1. Modelo De Investigación y Proyectos: Dominó

No. de Grupo: **307-047-17**

*(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)*

**Elaborado por:**    Randolfo Joel Chacón Barahona  
                          **Carné:** 11-048-0012

**Para:**            Programa de Graduación de la  
                          Universidad Rural de Guatemala

**Fecha:**        16 de agosto de 2022

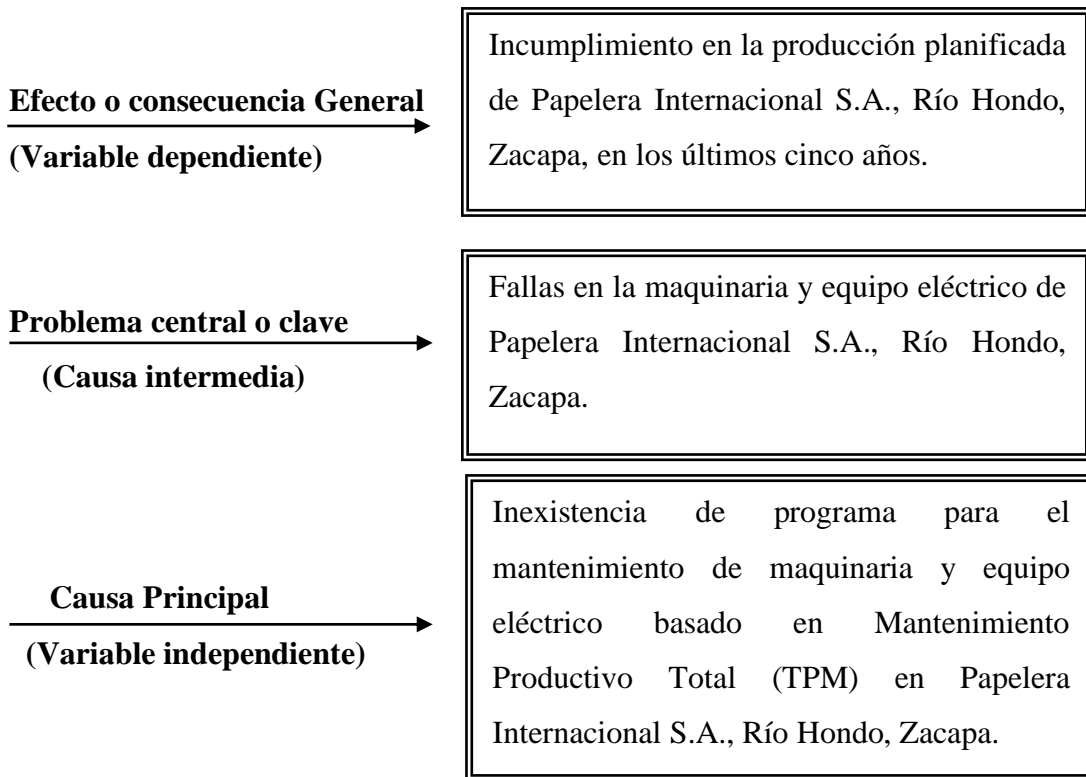
Problema	Propuesta	Evaluación
<p><b>1) Efecto o variable dependiente</b> Incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años.</p>	<p><b>4) Objetivo general</b> Cumplir con la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.</p>	<p><b>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</b> <b>Indicadores:</b> Al primer semestre después de la ejecución de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) se cumple con la producción planificada en un 95%. <b>Verificadores:</b> Reportes diarios de producción, fallas y aumento en la producción. <b>Cooperantes o Supuestos:</b> Los Gerentes de Planta y de Producción cooperan con la ejecución de actividades del Mantenimiento Productivo Total (TPM).</p>
<p><b>2) Problema central</b> Fallas en la maquinaria y equipo eléctrico de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.</p>	<p><b>5) Objetivo específico</b> Evitar fallas en la maquinaria y equipo eléctrico de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.</p>	
<p><b>3) Causa principal o variable independiente</b> Inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.</p>	<p><b>6) Nombre</b> Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.</p>	<p><b>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</b> <b>Indicadores:</b> Al primer semestre después de la ejecución de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) se evitan fallas en la maquinaria y equipo eléctrico en un 95%. <b>Verificadores:</b> Reportes diarios de producción, fallas y aumento en la producción. <b>Cooperantes o Supuestos:</b> El personal operativo de producción y mantenimiento contribuyen con la ejecución de actividades del Mantenimiento Productivo Total (TPM).</p>
<p><b>7) Hipótesis</b> “El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”.</p>	<p><b>12) Resultados o productos</b> *Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”. * Se dispone de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM). * Se dispone del programa de socialización y sensibilización al personal operativo.</p>	
<p><b>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</b> 1. ¿Cómo se ha comportado la producción de la empresa en los últimos cinco años? 1.1. Incrementó ___ 1.2. Disminuyó ___ 1.3. Se mantiene igual ___ 2. ¿Cuál considera que es la razón de la baja en la producción de los últimos cinco años? 2.1. Fallas en la maquinaria y equipo ___ 2.2. Recurso humano no capacitado ___</p>	<p><b>13) Ajuste de costos y tiempo (por separado)</b> (No aplica)</p>	

<p>2.3. Materias primas deficientes____</p> <p>3. ¿De acuerdo a su experiencia qué medios se pueden implementar para solucionar la problemática de la producción?</p> <p>3.1. Capacitando al personal _____</p> <p>3.2. Renovación de maquinaria _____</p> <p>3.3. Materias primas de alta calidad _____</p> <p>Será dirigida a los 2 Gerentes de Planta y de Producción de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa; mediante un censo.</p>	
<p><b>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</b></p> <p>1. ¿El departamento cuenta con un procedimiento adecuado para realizar el mantenimiento a las máquinas y equipo eléctrico de la empresa? Sí____ No____</p> <p>2. ¿El departamento eléctrico posee un plan para realizar el mantenimiento a las máquinas y equipo eléctrico? Sí____ No____</p> <p>3. ¿Con qué frecuencia se le brinda mantenimiento a la maquinaria y equipo de la empresa? 3.1. Semanal ____ 3.2. Mensual ____</p> <p>3.3. Trimestral _____</p> <p>Será dirigida a los 8 supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa; mediante un censo.</p>	<p><b>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias</b></p> <p>Forma de presentar resultados: El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”. A1 An</p> <p>R2: Se dispone de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM). A1 An</p> <p>R3: Se dispone del programa de socialización y sensibilización al personal operativo. A1 An</p>
<p><b>10) Temas del Marco Teórico</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Industria.</li> <li>2. Historia Industria Papelera.</li> <li>3. Proceso de la fabricación de papel.</li> <li>4. Tipos de Mantenimientos.</li> <li>5. Mantenimiento Productivo Total (TPM).</li> <li>6. Programa de mantenimiento.</li> </ol>	
<p><b>11) Justificación:</b></p> <p>El investigador debe de establecer la importancia de su tema de tesis proyectando el incumplimiento en la producción planificada con y sin la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM).</p>	

## Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos

### Árbol de problemas

**Tópico.** Fallas en la maquinaria y equipo eléctrico



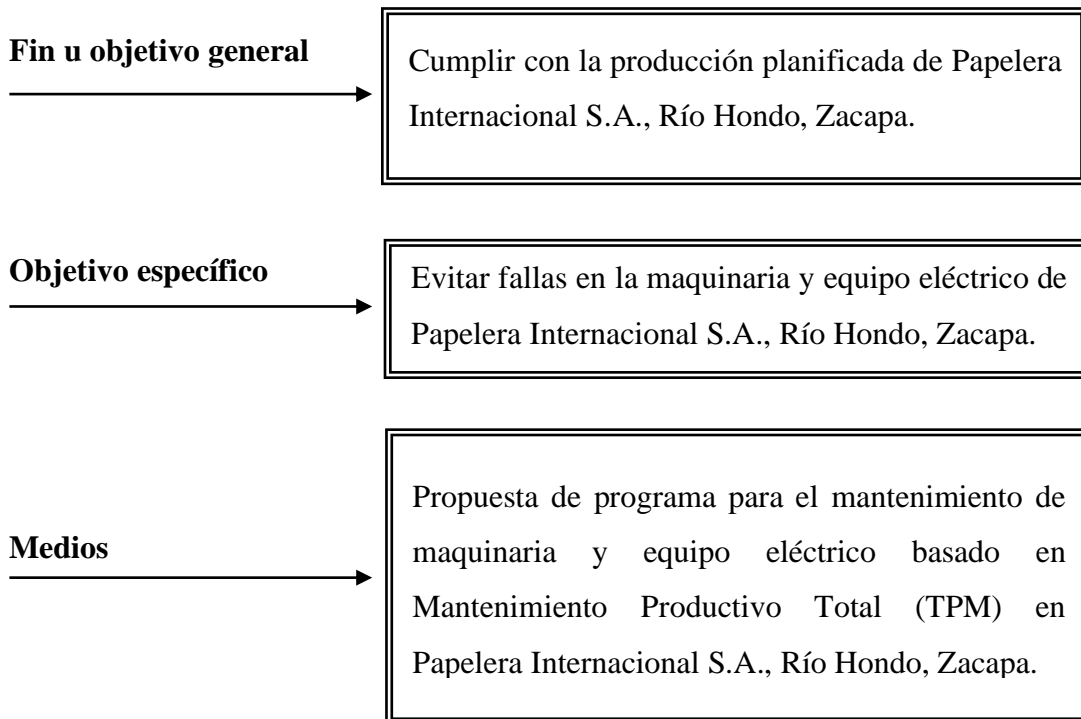
### Hipótesis

“El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”.

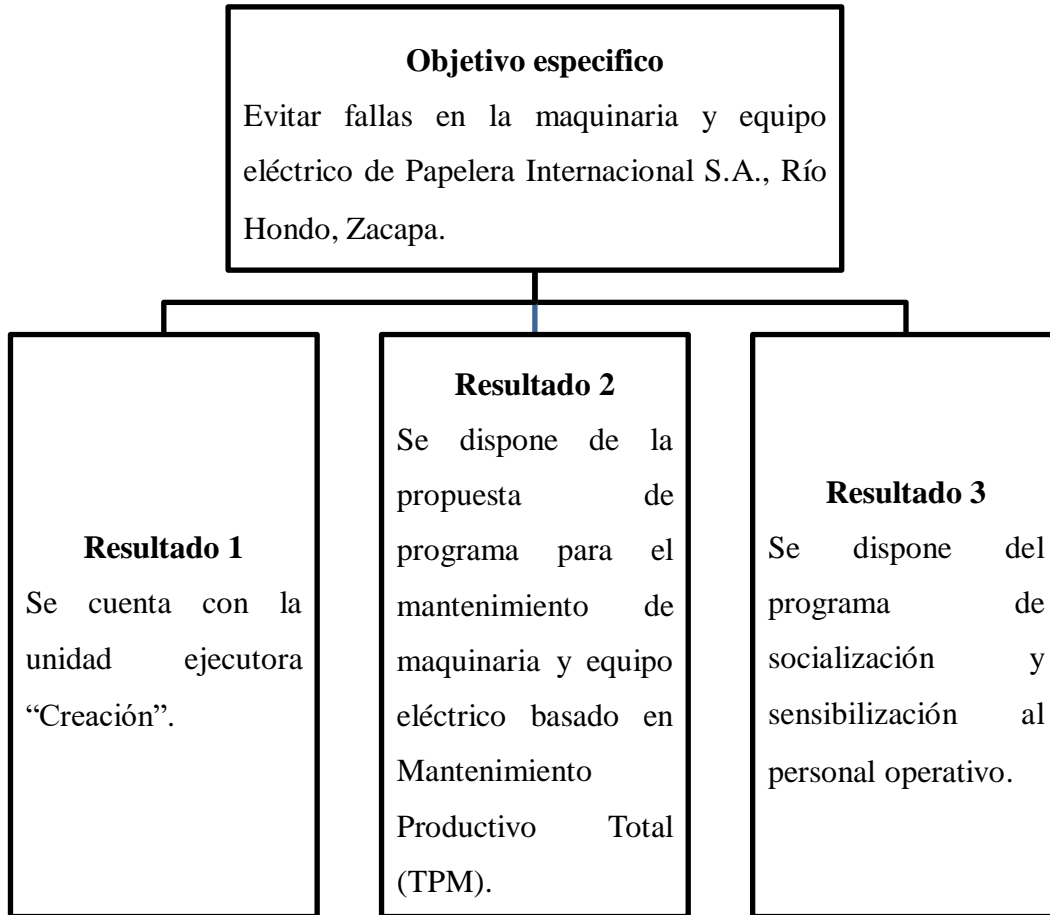
¿Es la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) la causa de fallas en la maquinaria y equipo eléctrico que genera incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años?

### Árbol de objetivos

Se presenta la estructura de un árbol de objetivos el cual se enfoca en cumplir los objetivos de producción que la empresa tiene como meta implementar el mantenimiento productivo total.



**Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática**



**Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de graduación

Boleta de investigación

Variable dependiente

Objetivo: esta boleta de investigación pretende comprobar la variable dependiente siguiente: Incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años.

Esta boleta censal está dirigida al Gerente de Planta y Gerente de Producción de Papelera Internacional S.A. ubicada en el kilómetro 129 ruta al Atlántico, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Instrucciones: a continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder la opción que considere correcta cuando se le indique.

1. ¿Cómo se ha comportado la producción de la empresa en los últimos cinco años?

a. Incrementó \_\_\_\_\_

b. Disminuyó \_\_\_\_\_

c. Se mantiene igual \_\_\_\_\_

2. ¿Cuál considera que es la razón de la baja en la producción de los últimos cinco años?

Fallas en la maquinaria y equipo \_\_\_\_\_

Recurso humano no capacitado \_\_\_\_\_

Materias primas deficientes \_\_\_\_\_

3. ¿De acuerdo a su experiencia qué medios se pueden implementar para solucionar la problemática de la producción?

a. Capacitando al personal \_\_\_\_\_

b. Renovación de maquinaria \_\_\_\_\_

c. Materias primas de alta calidad \_\_\_\_\_

4. ¿Cuenta la empresa con personal calificado para el desarrollo de las actividades específicas de producción y mantenimiento en cada área?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

5. ¿Sabe usted de qué trata el mantenimiento productivo total (TPM)?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

6. ¿Cuenta la empresa con el personal y equipo de producción para dar cumplimiento a las expectativas proyectadas anualmente?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

7. ¿Estaría dispuesto a realizar un proceso de reingeniería con el objetivo de mejorar la producción de su empresa?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_



## **Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de graduación

Boleta de investigación

Variable independiente

Objetivo: esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente, Inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.

Esta boleta censal está dirigida a los supervisores de mantenimiento de Papelera Internacional S.A. ubicada en el kilómetro 129 ruta al Atlántico, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Instrucciones: a continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder la opción que considere correcta cuando se le indique.

1. ¿Cuenta con un procedimiento adecuado para el desarrollo de mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico de la empresa?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

2. ¿El personal eléctrico posee un plan para el desarrollo del mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

3. ¿Con qué frecuencia se le brinda mantenimiento a la maquinaria y equipo de la empresa?

a. Semanal \_\_\_\_\_

b. Mensual \_\_\_\_\_

c. Trimestral \_\_\_\_\_

4. ¿El personal de nuevo ingreso recibe inducción o capacitación para proveer el mantenimiento adecuado a las máquinas y los equipos eléctricos?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

5. ¿La empresa cuenta con registros históricos del mantenimiento y las reparaciones de la maquinaria?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

6. ¿Contará el departamento eléctrico con una programación anual o mensual definida de mantenimiento a cada una de las maquinarias existentes?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

7. ¿Existe personal destinado a obtener, almacenar y analizar los parámetros de reparación de la maquinaria y equipo eléctrico?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

8. ¿Cuentan con los recursos y equipo necesarios para el desarrollo del mantenimiento a la maquinaria y equipo eléctrico de la empresa?

a. Sí \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

## **Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de muestra.**

Para la comprobación y/o rechazo de la hipótesis planteada que supone que “El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”. Se realizó el procedimiento que se describe a continuación.

Para realizar la investigación de la problemática en Papelera Internacional S. A. no se realizó cálculo de la muestra porque se empleó encuestas a la población total cuyas acciones tienen incidencia en los resultados obtenidos para el cumplimiento de la producción. Se tomó en cuenta que la población total encuestada es menor de treinta y cinco, por lo que la técnica aplicada para la investigación es un Censo.

Se encuestó a gerencia de planta y gerencia de producción con un total de dos unidades de muestreo para comprobar el efecto general o variable dependiente, la boleta de investigación consta de siete preguntas.

Para la comprobación de la causa principal o variable independiente se realizaron encuestas a los supervisores de mantenimiento con un total de ocho unidades de muestreo, la boleta de investigación consta de ocho preguntas.

**Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.**

El coeficiente de correlación es una fórmula que nos permite conocer el grado de afinidad que existe entre dos variables cuantitativas, entre más cerca este de uno la relación es más fuerte y entre más se acerque a cero existe menos relación.

Para aplicaciones prácticas y saber si la investigación es significativa este valor resultante debe estar entre un rango, las variables estudiadas en este caso es años analizados y la cantidad en toneladas de incumplimiento en la producción de cada uno de estos, el valor debe ser entre +- 0.8 y menor a 1.

**Cálculo del coeficiente de correlación**

Requisito: Coeficiente de correlación:  $> \pm 0.80 \leq 1$

<b>Año</b>	<b>X (años)</b>	<b>Y (Incumplimiento de la producción en Toneladas)</b>	<b>XY</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Y<sup>2</sup></b>
2017	1	2224.74	2224.737	1	<b>4949454.719</b>
2018	2	2697.55	5395.1	4	<b>7276776.003</b>
2019	3	3826.32	11478.96	9	<b>14640724.74</b>
2020	4	4114.88	16459.52	16	<b>16932237.41</b>
2021	5	4487.04	22435.2	25	<b>20133527.96</b>
<b>Totales</b>	15	17350.527	57993.517	55	<b>63932720.84</b>

<b>n=</b>	<b>5</b>
<b><math>\sum X=</math></b>	<b>15</b>
<b><math>\sum XY=</math></b>	<b>57993.517</b>
<b><math>\sum X^2=</math></b>	<b>55</b>
<b><math>\sum Y^2=</math></b>	<b>63932720.84</b>
<b><math>\sum Y=</math></b>	<b>17350.527</b>
<b><math>n\sum XY=</math></b>	<b>289967.585</b>
<b><math>\sum X*\sum Y=</math></b>	<b>260257.905</b>
<b>Numerador=</b>	<b>29709.68</b>
<b><math>n\sum X^2=</math></b>	<b>275</b>
<b><math>(\sum X)^2=</math></b>	<b>225</b>
<b><math>n\sum Y^2=</math></b>	<b>319663604.2</b>
<b><math>(\sum Y)^2=</math></b>	<b>301040787.2</b>
<b><math>n\sum X^2-(\sum X)^2=</math></b>	<b>50</b>
<b><math>n\sum Y^2-(\sum Y)^2=</math></b>	<b>18622817.02</b>
<b><math>(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=</math></b>	<b>931140851.1</b>
<b>Denominador:</b>	<b>30514.60062</b>
<b>r=</b>	<b>0.973621787</b>

**Fórmula:**

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Comentario: De acuerdo a los cálculos realizados para esta investigación el resultado fue: 0.973621787 lo cual indica que sí es factible continuar con la investigación ya que el resultado confirma que la producción anual sufre una disminución, por lo que los resultados son significativos para la resolución de la problemática.

**Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección.**

**Ecuación de la línea recta.**

$$y = a + bx$$

<b>Año</b>	<b>X (años)</b>	<b>Y (Incumplimiento de la producción en Toneladas)</b>	<b>XY</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Y<sup>2</sup></b>
2017	1	2224.74	2224.737	1	<b>4949454.719</b>
2018	2	2697.55	5395.1	4	<b>7276776.003</b>
2019	3	3826.32	11478.96	9	<b>14640724.74</b>
2020	4	4114.88	16459.52	16	<b>16932237.41</b>
2021	5	4487.04	22435.2	25	<b>20133527.96</b>
<b>Totales</b>	<b>15</b>	<b>17350.527</b>	<b>57993.517</b>	<b>55</b>	<b>63932720.84</b>

<b>n=</b>	<b>5</b>
<b>∑X=</b>	<b>15</b>
<b>∑XY=</b>	<b>57993,517</b>
<b>∑X<sup>2</sup>=</b>	<b>55</b>
<b>∑Y<sup>2</sup>=</b>	<b>63932720,8</b>
<b>∑Y=</b>	<b>17350,527</b>
<b>n∑XY=</b>	<b>289967,585</b>
<b>∑X*∑Y=</b>	<b>260257,905</b>
<b>Numerador de b:</b>	<b>29709,68</b>
<b>Denominador de b:</b>	
<b>n∑X<sup>2</sup>=</b>	<b>275</b>
<b>(∑X)<sup>2</sup>=</b>	<b>225</b>

**Fórmulas:**

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	<b>50</b>
<b>b=</b>	<b>594,1936</b>
<b>Numerador de a:</b>	
$\sum Y =$	<b>17350,527</b>
$b * \sum X =$	<b>8912,904</b>
<b>Numerador de a:</b>	<b>8437,623</b>
<b>a=</b>	<b>1687,5246</b>

<b>Formulas:</b>
$\sum y - b\sum x$
<b>a =</b> $\frac{\quad}{\quad}$
<b>n</b>

**Proyección sin propuesta mediante la línea recta por año.**

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y=a+(b*x)</math></b>				
<b>Y=</b>	<b>a</b>	<b>+</b>	<b>(b * x)</b>	
<b>Y=(2022)</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>X</b>
<b>Y=(2022)</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>6</b>
<b>Y=(2022)</b>	<b>5252.69</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y=a+(b*x)</math></b>				
<b>Y=</b>	<b>a</b>	<b>+</b>	<b>(b * x)</b>	
<b>Y (2023)=</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>X</b>
<b>Y (2023)=</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>7</b>
<b>Y (2023)=</b>	<b>5846.88</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y=a+(b*x)</math></b>				
<b>Y=</b>	<b>a</b>	<b>+</b>	<b>(b * x)</b>	
<b>Y (2024)=</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>X</b>
<b>Y (2024)=</b>	1687.5246	+	594.1936	<b>8</b>
<b>Y (2024)=</b>	<b>6441.07</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

Ecuación de la línea recta $Y=a+(b*x)$				
Y=	a	+	(b * x)	
<b>Y (2025)=</b>	1687.5246	+	594.1936	X
<b>Y (2025)=</b>	1687.5246	+	594.1936	9
<b>Y (2025)=</b>	<b>7035.27</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

Ecuación de la línea recta $Y=a+(b*x)$				
Y=	a	+	(b * x)	
<b>Y (2026)=</b>	1687.5246	+	594.1936	X
<b>Y (2026)=</b>	1687.5246	+	594.1936	10
<b>Y (2026)=</b>	<b>7629.46</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

**Proyección con propuesta mediante la línea recta por año.**

Año a proyectar	=	Año anterior	más o menos después de la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
<b>Y(2022)</b>	=	Y(2021)	-	10%	=
<b>Y(2022)</b>	=	4487.04	-	448.704	<b>4038.34</b>
<b>Y(2022)</b>	=	<b>4038.34</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

<b>Y(2023)</b>	=	Y(2022)	-	15%	=
<b>Y(2023)</b>	=	4038.34	-	605.7504	<b>3432.59</b>
<b>Y(2023)</b>	=	<b>3432.59</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

<b>Y(2024)</b>	=	Y(2023)	-	20%	=
<b>Y(2024)</b>	=	3432.59	-	686.51712	<b>2746.07</b>
<b>Y(2024)</b>	=	<b>2746.07</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		



<b>Y(2025)</b>	=	Y(2024)	-	25%	=
<b>Y(2025)</b>	=	2746.07	-	686.51712	<b>2059.55</b>
<b>Y(2025)</b>	=	<b>2059.55</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

<b>Y(2026)</b>	=	Y(2025)	-	30%	=
<b>Y(2026)</b>	=	2059.55	-	617.865408	<b>1441.69</b>
<b>Y(2026)</b>	=	<b>1441.69</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas</b>		

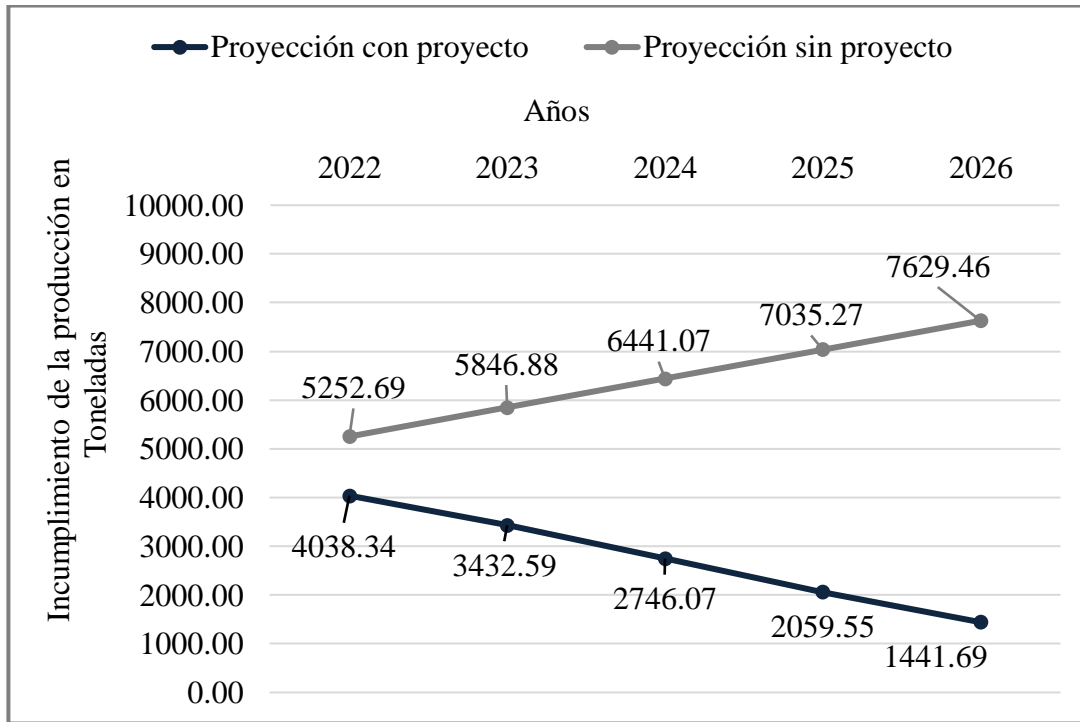
Fuente: Chacón R., agosto de 2021.

#### Cuadro comparativo sin y con proyecto.

<b>Año</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas Proyección sin proyecto</b>	<b>Incumplimiento de la producción en Toneladas Proyección con proyecto</b>
2022	5252.69	4038.34
2023	5846.88	3432.59
2024	6441.07	2746.07
2025	7035.27	2059.55
2026	7629.46	1441.69

Fuente: Chacón R., agosto de 2021.

**Gráfica del comportamiento de la problemática sin y con proyecto.**



Fuente: Chacón R., agosto de 2021.

**Proyección de la línea recta:** Esta es una operación matemática muy utilizada en diferentes campos de la investigación como por ejemplo en la estadística y se utiliza para saber cómo es el comportamiento entre dos variables. En este caso es aplicada para investigar qué ocurrirá con la producción de Papelera Internacional S.A. si continúa con el mismo comportamiento de producción de los años del 2017 al 2021.

Los datos utilizados para obtener las proyecciones corresponden a las toneladas de papel que no fue posible producir como consecuencia de paros no programados de la maquinaria y que impiden que la meta anual de producción se alcance.

En lo que respecta a las cantidades de la proyección sin implementar la propuesta, se observa que los resultados no son alentadores, se proyecta que para el siguiente año

después del estudio se tendrá incumplimiento de la producción de 5,252.69 toneladas de papel en el año y si continua con esta trayectoria dentro de cinco años el incumplimiento de la producción será de 7,629.46 toneladas, lo que evidencia la urgencia de tomar acciones para evitar que siga en aumento las pérdidas de producción.

Por el contrario, al implementar la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en mantenimiento productivo total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, la proyección con propuesta arroja que el incumplimiento de la producción en toneladas se reduce diez por ciento en el primer año y progresivamente disminuye cinco por ciento más, hasta lograr reducir el treinta por ciento en el quinto año.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el año 2026 al completarse la implementación del proyecto únicamente se perdería el tres por ciento de la producción planificada, por lo que se puede garantizar que la producción para los años venideros sería satisfactoria y adicional se tendría máquinas y equipo eléctrico con una vida útil más prolongada y de mayor eficiencia.

Randolfo Joel Chacón Barahona.

**TOMO II**

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Randolfo Joel Chacón Barahona

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANTENIMIENTO DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO ELÉCTRICO BASADO EN MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN PAPELERA INTERNACIONAL S.A., RÍO  
HONDO, ZACAPA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el grado académico de  
Licenciado en Ingeniería Industrial con  
énfasis en Recursos Naturales  
Renovables.

## **Prólogo**

El presente trabajo de tesis “Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa”. Pretende en primer lugar cumplir el requisito del programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables en grado académico de licenciado.

En segundo lugar, presenta una solución a la problemática que enfrenta Papelera Internacional S. A., donde se llevó a cabo una investigación en la planta de producción ubicada en el kilómetro 129 ruta al atlántico, municipio de Río Hondo, Zacapa. Esta empresa se dedica a la producción de papel higiénico, producto que es de primera necesidad por lo que su demanda aumenta constantemente, esto provoca que el Departamento de Producción con mucha frecuencia rebase su capacidad y con dificultad hace frente a dicha demanda.

Desde su fundación Papelera Internacional S. A. ha invertido en la adquisición de maquinaria y equipo que le permite ofrecer productos de calidad y satisfacer la creciente demanda del mercado, pero, aunque cuenta con Departamento de Mantenimiento para dicha maquinaria, continuamente se presentan paros no programados que entorpecen el cumplimiento de sus objetivos de producción.

De ahí que surge la oportunidad para realizar esta investigación en la que se aplica una serie de cuestionamientos al nivel gerencial y nivel medio del Departamento de Mantenimientos. Se obtiene las razones principales por las cuales la maquinaria y equipo eléctrico generan fallas y dificultan el cumplimiento de la producción planificada. De igual forma se consigue los mecanismos que deben implementarse para solucionar la problemática estudiada.



## **Presentación**

Con el efecto de la globalización y automatización de procesos, para toda industria se ha vuelto crítico el tema de alcanzar las metas de producción para cumplir con sus clientes y así lograr el crecimiento de la empresa.

El proceso de producción con frecuencia presenta muchas dificultades con la maquinaria debido a que generalmente trabajan veinticuatro horas al día los siete días de la semana, lo que genera desgastes a distintas piezas, sobrecalentamiento y daños en diferentes partes de la maquinaria y provoca que las máquinas se detengan por paros no programados, lo que repercute a su vez en tiempos perdidos y decremento de la producción.

En Papelera Internacional S. A. con frecuencia el Departamento de Producción solo se detiene en ocasiones para realizar mantenimientos preventivos y correctivos, es aquí donde juega un papel muy importante el realizar un mantenimiento adecuado, bien establecido y profesional, esto con el objetivo de asegurar que no se generen problemas en la maquinaria que interrumpan la producción en tiempos no establecidos.

La investigación realizada tiene como objeto de estudio al Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S. A. debido a que es el área que conoce de primera mano sobre las causas que provocan paros no programados de la maquinaria y repercuten en el incumplimiento de producción.

La aplicación adecuada y responsable de la propuesta que ofrece esta investigación contribuirá a resolver la problemática de producción que vive actualmente Papelera Internacional S. A. y permitirá que alcance las metas establecidas y consecutivamente mejorar todos los parámetros de la empresa.

## Índice general

Prólogo

Presentación

I. RESUMEN..... 1

II CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....14

II.1 Conclusión .....14

II.2 Recomendación .....14

ANEXOS

## I. RESUMEN

Este texto consiste en un resumen de la tesis “Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa”, que pretende solucionar la problemática del incumplimiento en la producción planificada en los últimos cinco años en Papelera Internacional S.A. Dentro de los temas principales se describen los siguientes.

Planteamiento del problema: Es claro que toda industria moderna busca la rentabilidad de sus productos, por lo que se pone mucho énfasis en los costos que se generan al momento de producirlos, los cuales se ven ligados al precio costo que se compone de costos fijos y costos variables, estos últimos son los que se ven afectados por las constantes paradas no programadas a causa de falla de maquinaria y equipo eléctrico.

Aunque para la producción los costos fijos no tienen mayor predominio ya que estos como su nombre lo indican casi nunca tienen cambio, los costos variables tienden a fluctuar porque dependen de la hora maquina dividido la cantidad de artículos producidos y ocasionan que el objetivo de producción se altere.

Consecuentemente afectan la rentabilidad de la empresa al no alcanzar la producción planificada de los últimos cinco años, lo cual incrementa el precio de cada artículo y por ende reduce las ganancias de la empresa.

Para que la producción de una empresa sea óptima influyen muchos factores, pero los principales son la maquinaria, el recurso humano y la materia prima. Para esta investigación el factor que sobresale es la maquinaria y equipo eléctrico que posee la empresa debido a que es la causante principal de generar regularmente paros no programados por fallas que entorpecen su funcionamiento. El recurso humano que

conforma al Departamento de Mantenimiento se ve constantemente rebasado en su capacidad para resolver las fallas que se presentan diariamente y provocan el aumento de los tiempos perdidos de producción al afectar la eficiencia de las máquinas.

La inexistencia de programa para el mantenimiento que contribuya en la reducción de fallas en las máquinas y equipo eléctrico, así como también brinde al personal del Departamento de Mantenimiento y Producción las herramientas y procedimientos a seguir para mejorar la eficiencia de sus operaciones es la causa principal de la problemática que estudia esta investigación.

Hipótesis: Es la conjetura a la que se llega luego de analizar la información obtenida de la problemática que acontece en Papelera Internacional S. A.

“El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”

¿Es la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) la causa de fallas en la maquinaria y equipo eléctrico que genera incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años?

Objetivos: Representan el propósito que mediante la realización de este estudio se espera cumplir al implementar la propuesta de solución que resuelva la problemática encontrada en Papelera Internacional S. A.

Los objetivos que pretende alcanzar esta investigación son los siguientes:

General: Cumplir con la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.

Específicos: Evitar fallas en la maquinaria y equipo eléctrico de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.

Justificación: Toda empresa con fines de lucro tiene como principal objetivo la reducción de costos en la producción, los cuales se ven influenciados negativamente por los constantes paros de maquinaria y fallas que se presentan en los equipos eléctricos.

El deficiente mantenimiento o la ausencia del mismo tiene como resultado paros no programados de las líneas de fabricación que genera para la empresa pérdidas de producción al igual que incurre en gastos que repercuten en el presupuesto mensual. Por otro lado, provoca deficiente uso del recurso humano que podría ser empleado en mejoras de la planta o nuevos proyectos dentro de la misma.

Cabe mencionar que Papelera Internacional S. A. cuenta con instrumentos para el monitoreo de la maquinaria y equipo eléctrico, pero carece de un adecuado proceso para implementar las técnicas y estrategias necesarias para realizar un correcto mantenimiento que contribuya en la eliminación de tiempos perdidos y garantice que los objetivos de la producción de la planta se cumplan de forma eficiente.

En el anexo ocho de este trabajo de investigación se describe los resultados obtenidos al aplicar la técnica de proyección de la línea recta, con la que por medio de operaciones matemáticas se predice cómo será el comportamiento entre dos variables.

Los datos utilizados para obtener las proyecciones corresponden a las toneladas de papel que no fue posible producir y que impiden que la meta anual de producción se

alcance. En este caso se aplica para investigar qué ocurrirá con el incumplimiento de producción de Papelera Internacional S.A. si continúa con el mismo comportamiento de producción de los años del 2017 al 2021.

En lo que respecta a las cantidades de la proyección sin implementar la propuesta, se observa que los resultados no son alentadores, se proyecta que para el siguiente año después del estudio se tendrá incumplimiento de la producción de 5,252.69 toneladas de papel en el año y si continua con esta trayectoria dentro de cinco años el incumplimiento de la producción será de 7,629.46 toneladas, lo que evidencia la urgencia de tomar acciones para evitar que siga en aumento las pérdidas de producción.

Por el contrario, al implementar la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en mantenimiento productivo total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, la proyección con propuesta arroja que el incumplimiento de la producción en toneladas se reduce diez por ciento en el primer año y progresivamente disminuye cinco por ciento más, hasta lograr reducir el treinta por ciento en el quinto año.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el año 2026 al completarse la implementación del proyecto únicamente se perdería el tres por ciento de la producción planificada, por lo que se puede garantizar que la producción para los años venideros sería satisfactoria y adicional se tendría máquinas y equipo eléctrico con una vida útil más prolongada y de mayor eficiencia.

Es de suma importancia que cada uno de los niveles involucrados en el proceso de producción y mantenimiento se comprometan con el cumplimiento de la propuesta de solución para obtener los resultados positivos que se describen en la proyección de la línea recta.

Esta investigación pretende suministrar los lineamientos y procedimientos correctos para que Papelera Internacional S.A. disminuya considerablemente las fallas y paros no programados en la maquinaria y equipo eléctrico derivado del aprovechamiento eficiente de los recursos y la implementación de una cultura laboral de previsión y compromiso con la calidad.

Metodología: Los mecanismos y acciones aplicadas para describir el problema de esta investigación tienen su base en el marco lógico que consiste en indagar, demostrar y exponer los resultados obtenidos.

Métodos: Existen distintos modelos de procedimientos a implementar para establecer las rutas a seguir y el fin que se pretende lograr en un trabajo de investigación. A continuación, se detallan los métodos que se aplicaron en este trabajo.

Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis: Están ligados en el proceso creativo que pretendía establecer la hipótesis, puesto que esta suposición es básica para orientar el trabajo que envuelve la investigación.

Método deductivo: Con este método se parte de una suposición general que mediante su análisis permite obtener conclusiones que luego a través de la implementación de técnicas de investigación se podrán comprobar o negar.

De ahí que se considere que Papelera Internacional S.A. tiene carencias en su producción debido al deficiente mantenimiento que se realiza a las máquinas y equipo eléctrico, por lo que se pretende establecer cuál es la medida idónea a implementar para solucionar la problemática.

Método analítico: Por medio de la observación y análisis de estadísticas obtenidas de la producción anual de los últimos cinco años de Papelera Internacional S. A. se

considera que padecen de cierta problemática que afecta el cumplimiento de sus metas en producción, por lo que es necesario realizar las correspondientes mejoras para optimizar su desempeño.

Con la implementación del método analítico se descompone esta problemática para identificar cuál es la causa principal, de igual forma se esclarece la causa intermedia y el efecto o consecuencia que se pretende resolver con la propuesta planteada.

Método de marco lógico: Una vez se identificó el problema de esta investigación se utilizó la estructura del marco lógico para crear el objetivo general y específico. Se establecieron los indicadores que son la evidencia de que la propuesta planteada para solucionar la problemática es efectiva y se eligieron los medios de verificación que servirán para monitorear los avances que logre.

Además, la estructura del marco lógico también cuenta con los supuestos que pronostican la participación activa y positiva de parte del recurso humano con que cuenta Papelera Internacional S. A. en los Departamentos de Mantenimiento y Producción, así como también el apoyo indispensable que los altos mandos muestren en la aprobación e implementación de la propuesta que este trabajo de investigación presenta y que por consecuente pretende el logro de tres resultados para su cumplimiento.

Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis: Se implementaron los métodos más afines que permitieran de manera efectiva comprobar la hipótesis planteada. Los utilizados principalmente son los siguientes.

Método inductivo: Pretende formular conclusiones generales a partir de la particularidad de las premisas que conforman la problemática que se aborda en esta investigación. Con este método se obtiene que Papelera Internacional S. A. sobrelleva



fallas entre las que se puede mencionar la falta de capacitación para el personal, maquinaria obsoleta, mantenimientos deficientes, entre otros, las cuales repercuten directamente en las metas de producción.

Método estadístico: Con este método se realizó la recolección, recuento, presentación, síntesis y análisis de los datos cuantitativos que se utilizaron para la confirmación de la hipótesis. Se tomó en cuenta las estadísticas del incumplimiento de la producción anual, fallas de maquinaria y equipo, tiempos perdidos, también la tabulación y análisis de las opiniones manifestadas en las encuestas realizadas al personal estrechamente ligado a la problemática de Papelera Internacional S.A.

Método sintético: A través de este método se puede seleccionar lo más importante de todos los datos recolectados para la investigación y resaltar las particularidades que son de mayor valor para concretar el trabajo. Es así como se enfoca la investigación únicamente en los datos que corresponden a las cantidades que no se lograron producir en los últimos cinco años y se delimitan las preguntas de las boletas de investigación que permiten la comprobación de la hipótesis.

Técnicas: En el desarrollo de esta investigación se implementaron herramientas que facilitarían la obtención y análisis de los datos e información necesaria para crear conclusiones y recomendaciones que dieran solución a la problemática abordada en este trabajo. Las técnicas implementadas a lo largo de la investigación son las siguientes.

Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis: De inicio se implementaron las técnicas que permitieran la elaboración de la hipótesis, que corresponden a los cimientos que proveen las guías para el desarrollo de la investigación, entre estas técnicas tenemos:

Lluvia de ideas: Representa la primera técnica implementada para identificar el tópico en que se basaría el trabajo a realizar y se utiliza a lo largo de las etapas que lo conforman. Aplica no solo para la formulación de la hipótesis sino también para establecer los objetivos, metodología, temas que conforman el marco teórico, creación de preguntas para las encuestas y por último en la creación de propuestas que resolverán la problemática.

Observación directa: Por medio de la observación directa se recopiló información que no se puede medir a través de cuestionarios, resulta una herramienta útil para identificar la cultura laboral que se desarrollaba de manera cotidiana previo a esta investigación en el Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S.A.

Por otro lado, se implementó la observación directa para la elaboración de las etapas que conforman el proceso de fabricación de papel el cual se describe en el marco teórico.

Investigación documental: El Departamento de Mantenimiento de Papelera Internacional S. A. cuenta con un formato el cual se llena cada vez que ocurre una avería en algún equipo, donde se marca cuál fue la causa del daño al equipo y qué problemas presentó a la planta dicha avería; incluye el tiempo perdido que se llevó corregir la falla y cuántas áreas pararon su proceso por esta situación.

Esta información se utilizó para la toma de decisiones en esta investigación a fin de encontrar la verdadera razón por la cual la maquinaria y el equipo eléctrico se dañan constantemente y por consiguiente encontrar una solución a esta problemática, para garantizar el cumplimiento de las metas trazadas por la empresa.

Asimismo, se consultó diversas bibliografías para la elaboración de los temas que conforman el marco teórico y que también sirvieran de fundamento para la

elaboración de propuestas que dieran solución a la problemática que afecta a Papelera Internacional S. A.

Entrevista: Gracias a esta herramienta se cuenta con la información del proceso de fabricación de papel que se realiza en Papelera Internacional S. A. que se encuentra descrito en el marco teórico. También fue empleada para obtener las opiniones de la gerencia de planta y gerente de producción.

Técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis: A continuación, se detallan las herramientas aplicadas en el proceso para comprobar la hipótesis planteada.

Censo: Se realizó un censo porque la población a estudiar es menor de treinta y cinco individuos. Para la recolección de datos se tomó en cuenta a la totalidad del personal de los niveles jerárquicos de gerencia de planta y gerencia de producción que representan la población para la comprobación del efecto o variable dependiente y los mandos medios del Departamento de Mantenimiento en Papelera Internacional S. A. que está conformado por ocho supervisores quienes representan la opinión para la comprobación de la causa.

Encuestas: Por medio de las boletas de investigación se recolectó los datos para la confirmación de la hipótesis y por consiguiente la elaboración de conclusiones y recomendaciones que contiene este trabajo, para proveer las posibles acciones correctivas que permitan a la empresa corregir los problemas que afectan su desempeño.

En el anexo cuatro se encuentra la boleta de investigación que pretende comprobar la variable dependiente siguiente: Incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años. Dirigida a la gerencia de planta y gerencia de producción.

La boleta de investigación que se presenta en el anexo cinco tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente, Inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa. Dirigida a ocho supervisores que conforman el nivel medio del Departamento de Mantenimiento.

Técnica de análisis: Esta herramienta es útil para la revisión y reducción de datos obtenidos en el proceso de investigación. Permite que los datos puedan manejarse para la elaboración de conclusiones y resultados.

Coefficiente de correlación. El coeficiente de correlación es una fórmula que nos permite conocer el grado de afinidad que existe entre dos variables cuantitativas, entre más cerca este de la unidad la relación es más fuerte y entre más se acerque a cero existe menos relación.

Para aplicaciones prácticas y saber si la investigación es significativa este valor resultante debe estar entre un rango, las variables estudiadas en este caso es años analizados y la cantidad en toneladas de incumplimiento en la producción de cada uno de estos, el valor debe ser entre  $\pm 0.8$  y menor a 1, para esta investigación el resultado fue: 0.973621787 lo cual indica que sí es factible continuar con la investigación ya que el resultado confirma que la producción anual sufre una disminución, por lo que los resultados son significativos para la resolución de la problemática.

Ecuación de línea recta: Esta es una operación matemática muy utilizada en diferentes campos de la investigación como por ejemplo en la estadística y se utiliza para saber cómo es el comportamiento entre dos variables, en este caso es aplicada para

investigar qué ocurrirá con la producción de Papelera Internacional S.A. de continuar con el mismo comportamiento de producción de los años del 2017 al 2021.

Propuesta para solucionar la problemática: A continuación, se presentan las diversas actividades y pasos que deben realizarse para la elaboración y puesta en marcha de la “Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa” que pretende el logro de tres resultados para resolver la problemática que aborda esta investigación.

Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”: Para el cumplimiento de este resultado se debe seleccionar un grupo de colaboradores que cumplan con las características para poner en marcha el reto de la implementación y dirección del programa de mantenimiento a maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Actividad 1. Crear unidad ejecutora: Es la etapa inicial para la puesta en marcha de la propuesta. Este equipo de trabajo será el encargado de realizar los pasos de creación, planificación y control del programa de mantenimiento y de capacitar al personal operativo de mantenimiento y producción, así como también de darle seguimiento para que se logren los resultados deseados.

Actividad 2. Espacio Físico: No es necesario crear un espacio físico para la unidad ejecutora debido a que los miembros que deben integrarla son colaboradores de la empresa que ya cuentan con el área establecida para realizar sus funciones y con el mobiliario y equipo con el que trabajan cotidianamente. Se recomienda que para llevar a cabo las reuniones deberán utilizar la sala de reuniones con la que la empresa cuenta. Esto representa que no se incurrirá en costos adicionales para equipar a la unidad ejecutora.

Actividad 3. Material y equipo: Para su funcionamiento la unidad ejecutora necesitará de los siguientes materiales: carteles, volantes, hojas papel bond para imprimir los formatos, tablillas.

Actividad 4. Gestión de recursos económicos: Todos los gastos que incurra la unidad ejecutora deben cargarse al rubro de gastos de mantenimiento. Será decisión de la gerencia si considera necesario ampliar el presupuesto para que no se sobregire o adaptar estos nuevos gastos a los que ya se ha presupuestado en años anteriores.

Resultado 2. Se dispone de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM): Consiste en realizar las actividades de auditorías necesarias para preparar las condiciones idóneas para la elaboración y puesta en marcha del programa de mantenimiento.

Actividad 1. Auditoria de estructura física de la maquinaria y equipo eléctrico: Para la elaboración de un programa de mantenimiento es primordial conocer el estado actual de las maquinas, por lo que se debe disponer de las personas y el tiempo para realizar una revisión meticulosa.

Esta auditoria debe hacerse de manera detallada en conjunto con el personal de producción. Anotar cada uno de los puntos que se encontraron deficientes, para posteriormente hacer planes de acción que permitan restaurarlos, se recalca la importancia de darles seguimiento para que se resuelvan en su totalidad.

En los equipos eléctricos es necesario como primer paso elaborar un listado de cada uno de los equipos eléctricos, deben identificarse tanto en campo como en el cuarto eléctrico. Evaluar cuál es el estado de desgaste de sus piezas y establecer de acuerdo al manual del fabricante cuál es el ciclo de vida de cada una de estas partes.

Realizar inspección de existencia de polvo, humedad y mediciones de aislamiento. Detallar las partes de la máquina, y anotar los equipos o instalaciones que estén fuera de los parámetros de trabajo normal, para buscar una solución lo antes posible y restaurar todas las partes de la máquina.

Actividad 2. Establecer procedimientos de mantenimiento: Consiste en el estudio de los procedimientos con los que cuenta el personal de mantenimiento al momento de realizar la auditoria. Deben definirse detalladamente para identificar las áreas donde se harán mejoras.

Actividad 3. Puesta en Marcha: Esta actividad es la etapa dinámica de la propuesta porque las dos anteriores consisten en planificación y análisis, pero a partir de este punto se realiza la transformación de las rutinas de trabajo y se pretende un cambio en la cultura laboral del personal involucrado.

Resultado 3. Se dispone del programa de socialización y sensibilización al personal operativo: Este resultado es crucial para la implementación de la propuesta, ya que de la adecuada sensibilización y capacitación del personal dependerán los resultados que se obtengan luego de la puesta en marcha del programa de mantenimiento.

Actividad 1. Capacitar a la unidad ejecutora sobre sus funciones en la implementación y control del programa de mantenimiento: Darles a conocer cada una de sus funciones, obligaciones y actividades dentro de esta unidad, es importante que cada uno de los integrantes comprenda a la perfección qué debe hacer en cada una de las etapas.

Actividad 2. Sensibilización y capacitación del personal operativo: El cumplimiento de esta actividad requiere de mucha disposición, energía y dedicación por parte de la unidad ejecutora para que trasladen al personal operativo la información de este proyecto y se logren contagiar de positivismo, motivación y buena disposición.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan los aspectos que se establecen con base en los hallazgos más importantes dentro de la investigación realizada, cuya finalidad es la confirmación de la hipótesis y el cumplimiento de los objetivos para proveer una propuesta de solución idónea.

### **II.1. Conclusión.**

1) Se comprueba la hipótesis planteada “El incumplimiento en la producción planificada de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa, en los últimos cinco años, por las fallas en la maquinaria y equipo eléctrico; es debido a la inexistencia de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM)”. Con el cien por ciento de nivel de confianza y cero por ciento de error.

### **II.2. Recomendación.**

1) Implementar un programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento productivo total (TPM).” Por medio del cual se disminuirá las fallas y se reducirá los tiempos perdidos para incrementar la producción anual.

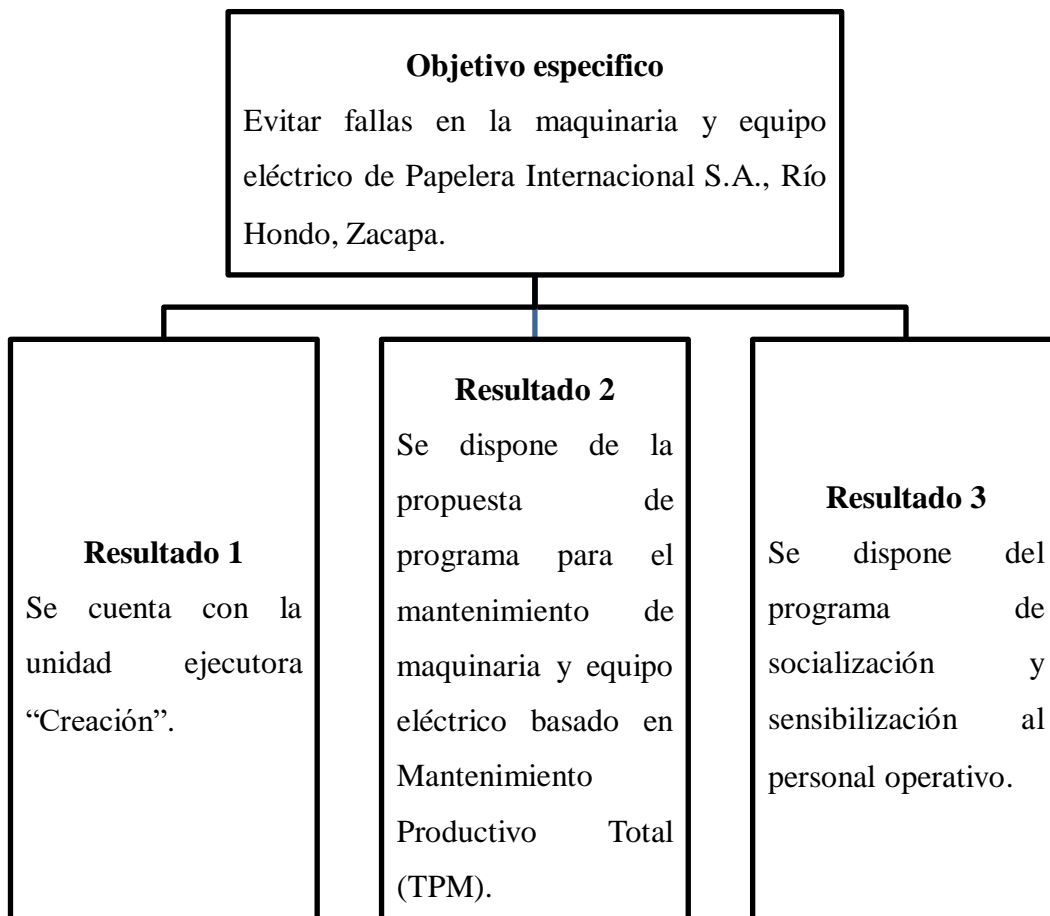


## ANEXOS

### Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática

A continuación, se presentan las diversas actividades y pasos que deben realizarse para la elaboración y puesta en marcha de la “Propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa” que pretende el logro de tres resultados para resolver la problemática que aborda esta investigación.

#### Diagrama del medio de solución de la problemática.



**Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”.**

Para el cumplimiento de este resultado se debe seleccionar un grupo de colaboradores que cumplan con las características para poner en marcha el reto de la implementación y dirección del programa de mantenimiento a maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM).

**Actividad 1. Crear unidad ejecutora.**

Es la etapa inicial para la puesta en marcha de la propuesta. Este equipo de trabajo será el encargado de realizar los pasos de creación, planificación y control del programa de mantenimiento y de capacitar al personal operativo de mantenimiento y producción, así como también de darle seguimiento para que se logren los resultados deseados.

**Actividad 2. Espacio Físico.**

No es necesario crear un espacio físico para la unidad ejecutora debido a que los miembros que deben integrarla son colaboradores de la empresa que ya cuentan con el área establecida para realizar sus funciones y con el mobiliario y equipo con el que trabajan cotidianamente. Se recomienda que para llevar a cabo las reuniones deberán utilizar la sala de reuniones con la que la empresa cuenta. Esto representa que no se incurrirá en costos adicionales para equipar a la unidad ejecutora.

**Actividad 3. Material y equipo.**

Para su funcionamiento la unidad ejecutora necesitara de los siguientes materiales: carteles, volantes, hojas papel bond para imprimir los formatos, tablillas.

**Actividad 4. Gestión de recursos económicos.**

Todos los gastos que incurra la unidad ejecutora deben cargarse al rubro de gastos de mantenimiento. Será decisión de la gerencia si considera necesario ampliar el

presupuesto para que no se sobregire o adaptar estos nuevos gastos a los que ya se ha presupuestado en años anteriores.

**Resultado 2. Se dispone de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

Consiste en realizar las actividades de auditorías necesarias que permitan preparar las condiciones idóneas para la elaboración y puesta en marcha del programa de mantenimiento.

**Actividad 1. Auditoria de estructura física de la maquinaria y equipo eléctrico.**

Para la elaboración de un programa de mantenimiento es primordial conocer el estado actual de las máquinas, por lo que se debe disponer de las personas y el tiempo para realizar una revisión meticulosa.

Esta auditoria debe hacerse de manera detallada en conjunto con el personal de producción. Anotar cada uno de los puntos que se encontraron deficientes, para posteriormente hacer planes de acción que permitan restaurarlos, brindándoles la atención necesaria que garantice su cumplimiento.

En los equipos eléctricos es necesario como primer paso elaborar un listado de cada uno de los equipos eléctricos, deben identificarse tanto en campo como en el cuarto eléctrico. Evaluar cuál es el estado de desgaste de sus piezas y establecer de acuerdo al manual del fabricante cuál es el ciclo de vida de cada una de estas partes.

Realizar inspección de existencia de polvo, humedad y mediciones de aislamiento. Detallar cada una de las partes de la máquina, y hacer anotaciones de los equipos o instalaciones que estén fuera de estándar o fuera de los parámetros de trabajo normal, para buscar una solución lo antes posible y restaurar todas las partes de la máquina.

## **Actividad 2. Establecer procedimientos de mantenimiento.**

Consiste en el estudio de los procedimientos con los que cuenta el personal de mantenimiento al momento de realizar la auditoria. Deben definirse detalladamente para identificar las áreas donde es necesario mejorarlos, modificarlos o sustituirlos.

### **Paso 1. Evaluación Pre.**

Identificar cuáles son los procedimientos de mantenimiento que realiza el personal cotidianamente al presentarse una falla en la maquinaria y equipo eléctrico.

- a. Análisis de manuales: Cada máquina tiene sus propios manuales que el fabricante entrega cuando se pone en marcha una máquina, estos se estudian para hacer un manual de mantenimiento general de la máquina.
- b. En caso una maquina o equipo no tenga manual del fabricante se debe armar el manual de la máquina con cada una de sus secciones, realizar descripción del proceso de la maquinaria, sus partes, funcionamiento, piezas de desgaste, puntos de lubricación, piezas de recambio, frecuencia y tipo de mantenimiento que debe aplicarse.
- c. Estudiar Planos: analizar cada uno de los planos de ubicación de la máquina y secciones auxiliares, analizar si está ubicada en el mejor lugar, evaluar mejoras para facilitar acceso de personas y equipo para la propia operación o mantenimientos futuros.
- d. Observación del proceso de producción: Es de vital importancia que cada una de las personas que integran la unidad ejecutora pueda conocer de manera profunda el proceso de producción de papel, no solo como parte del conocimiento por el puesto, sino que esto facilitará la toma de decisiones y la creación de sugerencias para mejorar el proceso.

- e. Identificar las herramientas y equipos necesarios con los que cuentan para realizar mantenimientos, evaluar que se encuentren en buenas condiciones y que sean los adecuados.
- f. Establecer los procedimientos actuales que se aplican para el mantenimiento por medio de la observación y entrevistas. Qué herramientas utilizan, cómo lo hacen, qué dificultades se presentan a la hora de realizar el mantenimiento, cuánto tiempo se demoran, quién se encarga de facilitar los repuestos, entre otros.
- g. Identificar el equipo de seguridad con el que cuenta el personal para realizar el mantenimiento, que garantice su seguridad e integridad. De no contar con el equipo adecuado es necesario equiparlos lo antes posible, esto ayudara a reducir grandemente el índice de accidentabilidad en la empresa.
- h. Identificar la persona encargada de planificar mantenimiento preventivo, monitoreo, establecer registros y darle seguimiento: Es necesario detectar a la persona adecuada para realizar la tarea de preventivo, tanto eléctrico como mecánico. Estas personas deben ser indagadoras en cada una de las condiciones de operación y se debe capacitar para que lleve el control y monitoreo de los equipos, crear y alimentar base de datos de mediciones de parámetros de operación.
- i. Equipo de diagnóstico: Los equipos básicos para realizar el diagnostico preventivo en una industria son medidor de temperatura laser, estetoscopio para medición de ruidos en cojinetes y partes móviles, pero también hay equipos especializados como por ejemplo cámaras termográficas para detectar puntos calientes en conexiones eléctricas. Medidores de vibraciones para poder detectar daños de manera prematura a cojinetes, y estos equipos claramente necesitan capacitaciones y especialización previa para ser utilizados y dar diagnósticos certeros.

- j. Frecuencia de mantenimientos programados: Este parámetro normalmente es extraído de los manuales del fabricante, pero es de vital importancia evaluar la frecuencia que estos mantenimientos se han realizado anteriormente para tener una buena referencia al compararlo con el manual del fabricante.
- k. Análisis de tiempos perdidos: Pretende identificar la frecuencia de las fallas, analizar cada una de las causas y poner planes de acción y cronograma de ejecución para solventar estas fallas.

A partir que el programa de mantenimiento se implemente es imperativo que se practique de forma diaria, disponer de la información necesaria que se analizará posteriormente para corregir las fallas que se presenten hasta reducirlas lo más posible.

### **Paso 2. Establecer los procedimientos correctos.**

Con la información recolectada del paso uno, se procede a generar los documentos correspondientes con las rutinas corregidas, establecer la frecuencia de mantenimientos menores y mayores con el cronograma de mantenimiento y recambio acorde a lo que el fabricante recomienda en los manuales.

Crear rutinas para el Departamento de Mantenimiento preventivo que se apliquen semanal, mensual y trimestralmente de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a la experiencia de los supervisores o gerente de mantenimiento. Cada rutina de inspección debe de ser avalada por el supervisor de máquina y deberán ser archivadas por el analista de mantenimiento para utilizarse en toma de decisiones posteriores.

### **Paso 3. Creación de cronogramas.**

- A. Cronograma maestro que debe mostrar el listado de máquinas y la planificación durante el año para realizar mantenimiento. En este documento no se enumeran

tareas, ni tiempos, solamente los meses y a qué máquinas les corresponde mantenimiento cada mes.

- B. Cronograma de mantenimiento periódico para cada máquina, que describe cada una de las actividades que se realizarán de mantenimiento separadas por cada área: mecánica, eléctrica, instrumentación, electrónica. También especifica los recursos y el tiempo de ejecución de cada tarea, en este cronograma incluyen las recomendaciones extraídas de los manuales de operación de la máquina acorde a la frecuencia establecida.
- C. Cronograma de mantenimientos especial programa los años que el fabricante recomiende el cambio de piezas críticas pero que no tienen la misma frecuencia de desgaste que las comunes.
- D. Cronograma de puesta en marcha de la implementación de cada una de las etapas del programa de mantenimiento a maquinaria y equipo eléctrico basado en TPM en Papelera Internacional S. A. Dentro de las actividades que debe contemplar se describen las siguientes:
  - a. Presentar programa de mantenimiento a gerencia.
  - b. Capacitar a la unidad ejecutora para la implementación y control del programa de mantenimiento.
  - c. Capacitación a personal operativo del Departamento de Producción, seguridad industrial y mantenimiento de las funciones a realizar para el cumplimiento del programa de mantenimiento.
  - d. Puesta en marcha del programa de mantenimiento correspondiente a las actividades del personal de producción y mantenimiento.
  - e. Control y verificación del cumplimiento efectivo del programa de mantenimiento.

#### **Paso 4. Elaboración de Presupuesto.**

Preparar un presupuesto general donde esté incluido la compra de cada uno de los equipos y herramientas que tiene carencia la empresa para el diagnóstico de variables de equipos, como medidores de vibraciones, temperatura, termografía, alineación, análisis de gases de calderas, también herramientas para realizar el adecuado mantenimiento a cada una de las maquinas.

Deberá incluir el costo que tendrá la implementación del programa de mantenimiento en cada una de las etapas y su permanencia, para que los altos mandos evalúen los beneficios versus los costos en que se incurrirá, con el propósito de lograr el cumplimiento de las metas de producción.

#### **Actividad 3. Puesta en Marcha.**

Esta actividad es la etapa dinámica de la propuesta porque las dos anteriores consisten en planificación y análisis, pero a partir de este punto se realiza la transformación de las rutinas de trabajo y se pretende un cambio en la cultura laboral del personal involucrado.

#### **Paso 1. Presentación a Gerencia.**

Se realiza la presentación inicialmente del punto donde la empresa está antes de la implementación de la propuesta, luego se imparte una breve explicación de lo que representa el Mantenimiento Productivo Total, así como las ventajas y complicaciones que se puedan presentar.

Exponer el cronograma de implementación y los costos incurridos para la implementación de este programa, con el cual se le presentan las proyecciones de mejora en la producción. La presentación debe llamar la atención de los altos mandos y proveerla información que les facilite contar con todos los factores necesarios para la toma de decisión.



**Paso 2. Implementación nuevas funciones y rutinas de trabajo del personal operativo.**

Deberá realizarse paulatinamente la implementación por área, luego de impartir la capacitación a cada departamento de sus nuevas funciones y de las rutinas corregidas. De acuerdo al cronograma de capacitación se debe realizar una semana de prueba y corrección para que el personal se adapte a los cambios y ponga en práctica los nuevos conocimientos adquiridos.

También se debe entregar a cada miembro un manual completo y un manual resumido de cada una de sus funciones y los procedimientos correctos para realizar las rutinas de mantenimiento, tomar asistencia de esta reunión y hacerlos firmar un compromiso con la empresa.

**Paso 3. Evaluación y correcciones.**

Cada supervisor deberá llevar un control adecuado de cada una de las actividades que realizan sus trabajadores, los formatos actualizados y tabulados para que se puedan analizar de manera rápida y tomar la mejor decisión.

Los miembros de la unidad ejecutora deberán verificar que cada uno de los involucrados en el programa de mantenimiento cumpla a cabalidad sus obligaciones, y que realicen los procedimientos adecuados a cada tarea asignada. Esto debe comprobarse por medio de formatos de chequeo y control que deberán llenarse y ser firmados por el jefe inmediato.

**Resultado 3. Se dispone del programa de socialización y sensibilización al personal operativo.**

Este resultado es crucial para la implementación de la propuesta, ya que de la adecuada sensibilización y capacitación del personal dependerán los resultados que se obtengan luego de la puesta en marcha del programa de mantenimiento.

**Actividad 1. Capacitar a la unidad ejecutora sobre sus funciones en la implementación y control del programa de mantenimiento.**

Darles a conocer cada una de sus funciones, obligaciones y actividades dentro de esta unidad, es importante que cada uno de los integrantes comprenda a la perfección qué debe hacer en cada una de las etapas, cómo proceder cuando se presenten discrepancias, a quién se debe abocar, qué procedimiento utilizar, y qué plan se debe de poner en marcha a la hora de encontrar obstáculos en el desarrollo del programa.

**Actividad 2. Sensibilización y capacitación del personal operativo.**

La sensibilización juega un papel crucial porque es el tiempo que permite dejar claras cuáles son las razones por las que la empresa tomó la decisión de implementar el programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) y principalmente cuáles serán los beneficios que obtendrá la empresa en general y claramente los colaboradores cuando el programa funcione de manera adecuada.

Una vez que el personal ya cuente con los conocimientos generales del programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM), a continuación, debe realizarse la capacitación de las modificaciones que sufrirán las funciones del puesto que desempeñaban con anterioridad.

## Anexo 2. Matriz de estructura lógica

Es un instrumento que sirve para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta derivada de esta investigación, y los resultados obtenidos después de su implementación.

<b>Componentes del plan</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos y Cooperantes</b>
<b>Objetivo general.</b> Cumplir con la producción planificada en Papelera Internacional S. A. ubicada en el municipio de Río Hondo, Zacapa.	Al cuarto año después de la ejecución de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) se cumple con la producción planificada en un 95%.	Reportes diarios de producción, fallas y aumento en la producción.	Los Gerentes de Planta y de Producción cooperan con la ejecución de actividades del Mantenimiento Productivo Total (TPM).
<b>Objetivo Específico.</b> Evitar fallas en la maquinaria y equipo eléctrico de Papelera Internacional S.A., Río Hondo, Zacapa.	Al cuarto año después de la ejecución de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) se evitan fallas en la maquinaria y equipo eléctrico en un 95%.	Reportes diarios de producción, fallas y aumento en la producción.	El personal operativo de producción y mantenimiento contribuyen con la ejecución de actividades del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

<p><b>Resultado 1.</b> Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”.</p>			
<p><b>Resultado 2.</b> Se dispone de la propuesta de programa para el mantenimiento de maquinaria y equipo eléctrico basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM).</p>			
<p><b>Resultado 3.</b> Se dispone del programa de socialización y sensibilización al personal operativo.</p>			

Fuente: Chacón R., agosto de 2021.