



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

### **“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LA EMPRESA INPAPEL PATRIA CIA. LTDA. PROPUESTA ALTERNATIVA”**

**GUANGA QUISHPE FANNY TERESA  
MEDINA VIÑÁN YESENIA ESTEFANÍA**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-12-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**GUANGA QUISHPE FANNY TERESA**

Titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD  
(RCM) EN LA EMPRESA INPAPEL PATRIA CIA. LTDA. PROPUESTA  
ALTERNATIVA ”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Manuel Fernando González Puente  
**DIRECTOR**

---

Dr. Marco Antonio Haro Medina  
**ASESOR**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-12-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**MEDINA VIÑAN YESENIA ESTEFANIA**

Titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD  
(RCM) EN LA EMPRESA INPAPEL PATRIA CIA. LTDA. PROPUESTA  
ALTERNATIVA ”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Manuel Fernando González Puente  
**DIRECTOR**

---

Dr. Marco Antonio Haro Medina  
**ASESOR**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** GUANGA QUISHPE FANNY TERESA

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LA EMPRESA INPAPEL PATRIA CIA. LTDA. PROPUESTA ALTERNATIVA”

**Fecha de Examinación:**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Manuel Fernando González Puente <b>DIRECTOR</b>			
Dr. Marco Antonio Haro Medina <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MEDINA VIÑAN YESENIA ESTEFANIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LA EMPRESA INPAPEL PATRIA CIA.LTDA. PROPUESTA ALTERNATIVA ”

**Fecha de Examinación:**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Manuel Fernando González Puente <b>DIRECTOR</b>			
Dr. Marco Antonio Haro Medina <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Guanga Quishpe Fanny Teresa**

---

**Medina Viñan Yesenia Estefanía**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotras, Yesenia Estefanía Medina Viñan y Fanny Teresa Guanga Quishpe, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Guanga Quishpe Fanny Teresa**  
Cédula de identidad: 060396536-9

---

**Medina Viñan Yesenia Estefanía**  
Cédula de identidad: 060464855-0

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedicó principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Wilson y Elsa que estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, a mis hermanos que fueron el pilar fundamental en mi vida, a mi novio por sus palabras, apoyo y confianza, ya que gracias a ellos he llegado a cumplir uno de mis más grandes sueños.

**Fanny Teresa Guanga Quishpe.**

Dedico éste trabajo de titulación a Dios por permitirme cumplir una de mis metas, a mi madre por ser la persona que siempre ha estado conmigo durante toda mi trayectoria estudiantil, por ser una madre ejemplar, enseñándome a no rendirme ante nada, demostrando su amor en todo momento, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, a mi padre por su cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos Carlos Byron y Luis por estar junto a mí brindándome todo su apoyo y aconsejándome en los momentos más difíciles.

A mis hermanas Mónica y Carolina Quinto quienes en todo momento supieron brindarme palabras de apoyo.

A todos ustedes con amor

**Yesenia Estefanía Medina Viñan.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por darme la fuerza para seguir superándome día tras día.

Agradezco a mis padres por confiar y creer en mí, son mi mayor ejemplo de constancia, bondad y amor.

Al Personal que labora en la empresa Inpapel Patria Cia.Ltda, en especial al Ing. Mario López, por su tiempo y ayuda, facilitándonos toda la información necesaria para la realización de este trabajo de titulación.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Fernando González y al Dr. Marco Haro, por su gran ayuda y colaboración durante el desarrollo del presente trabajo.

**Fanny Teresa Guanga Quishpe.**

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, a mis padres por todo su esfuerzo, apoyo y confianza depositada en mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, al Ing. Fernando Gonzáles tutor y Dr. Marco Haro asesor del trabajo de titulación, quienes con su apoyo y colaboración permitieron la culminación del mismo.

Al Ing. Armando Espinoza, por abrirnos las puertas de su prestigiosa empresa Inpapel Patria Cía. Ltda. y brindarnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo de titulación.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

**Yesenia Estefanía Medina Viñan.**

## CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Justificación .....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo general. ....	3
1.3.2	Objetivos específicos: .....	3
<b>2.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
2.1	Importancia del mantenimiento .....	4
2.1.1	Evolución del mantenimiento.....	4
2.1.2	Objetivos del mantenimiento.....	5
2.1.3	Misión del mantenimiento .....	5
2.2	Gestión de mantenimiento .....	6
2.2.1	Por qué debemos gestionar el mantenimiento .....	6
2.2.3	Para que se lleva a cabo una evaluación técnica. ....	7
2.2.4	tipso de evaluaciones técnicas. ....	8
2.3	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).....	9
2.3.1	Análisis de criticidad. ....	9
2.3.2	Método del flujograma de análisis de criticidad (cualitativo). ....	9
2.4	Mantenimiento y RCM .....	12
2.4.1	Las siete preguntas básicas .....	12
2.4.2	Funciones y parámetros de funcionamiento. ....	13
2.4.3	Fallas funcionales .....	14
2.4.4	Modos de falla .....	14
2.4.4.1	Las causas de los fallos.....	15
2.4.5	Efectos de falla .....	16
2.4.6	Consecuencias de las fallas.....	16
2.5	Aplicando el proceso de RCM.....	17
2.5.1	Planeamiento .....	17
2.5.2	Grupos de revisión.....	18
2.5.3	Facilitadores.....	19
2.5.4	Los resultados de un análisis RCM .....	19
2.6	Que logra el RCM.....	19
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>23</b>
3.1	Información de Inpapel Cía. Ltda. ....	23
3.1.1	Presentación general. ....	23
3.1.2	Características de la macro localización de Inpapel Cía. Ltda. ....	23
3.1.3	Características de la micro localización de Inpapel Cía. Ltda.....	24
3.1.4	Filosofía institucional .....	24
3.1.4.1	Misión.....	24
3.1.4.2	Visión.....	25
3.1.4.3	Valores institucionales.....	25
3.1.5	Organigrama estructural de Inpapel Cía. Ltda.....	25
3.2	Descripción de la planta de producción.....	27
3.2.1	Proceso de producción.....	27

3.2.2	Estado técnico de los equipos de Inpapel Cía. Ltda. ....	31
3.3	Evaluación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento .....	34
3.3.1	Fases 1: Análisis preliminar de la planta. ....	34
3.3.2	Fase 2: Determinación del tipo de evaluación. ....	35
3.3.3	Fase 3: Aspectos a evaluar.....	35
3.3.4	Fase 4: Preparación de la evaluación.....	36
3.3.5	Fase 5: Análisis de los resultados de la evaluación .....	36
3.3.6	Resumen del cuestionario de evaluación.....	41
3.3.7	Resumen de los aspectos más críticos encontrados.....	43
<b>4.</b>	<b>APLICAR LA METODOLOGÍA RCM PARA EVALUAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS.....</b>	<b>47</b>
4.1	Análisis cualitativo de los equipos de Inpapel Cía. Ltda. ....	47
4.1.1	Resultados del análisis de criticidad .....	52
4.1.2	Fichas técnicas de los equipos críticos .....	54
4.2	Hoja de información de RCM .....	60
4.3	Hoja de decisión RCM .....	63
4.4	Plan de mantenimiento de los equipos críticos de Inpapel Cía. Ltda. ....	65
<b>5.</b>	<b>PROPUESTA ALTERNATIVA .....</b>	<b>66</b>
5.1	Recomendación de mejoras para el sistema de gestión de mantenimiento .....	66
5.2	Gestión de los recursos humanos.....	66
5.2.1	Visión.....	66
5.2.2	Misión.....	66
5.2.3	Objetivos.....	66
5.2.4	Organigrama del departamento de mantenimiento.....	67
5.2.5	Hojas de detalle de funciones .....	67
5.3	Gestión de la documentación.....	73
5.3.1	Personal encargado de las tareas de mantenimiento.....	73
5.3.2	Órdenes de trabajo. ....	74
5.3.3	Reportes de ejecución de trabajos de mantenimiento.....	75
5.3.4	Registro de actividades de mantenimiento. ....	76
5.3.5	Ficha técnica. ....	77
5.3.6	Ficha de control de órdenes de trabajo. ....	77
5.3.7	Ficha de requisición de repuestos y accesorios .....	78
5.3.8	Ficha de control de paros.....	79
5.3.9	Ficha de reporte mensual de mantenimiento correctivo.....	79
5.4	Gestión de los equipos .....	80
5.4.1	Inventario de equipos con su respectiva codificación. ....	80
5.5	Gestión de los trabajos.....	82
5.5.1	RCM. ....	82
5.5.2	Plan de mantenimiento. ....	82
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
6.1	Conclusiones.....	83
6.2	Recomendaciones .....	83
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Estado técnico mediante entrevistas .....	31
2. Estado técnico del motor de la máquina will 1 .....	32
3. estado técnico del motor de .....	33
4. Ponderación de los criterios evaluados .....	36
5. Organización general .....	36
6. Métodos y sistemas de trabajo .....	37
7. Control técnico de instalaciones y equipos .....	38
8. Gestión de la carga de trabajo .....	38
9. Compra, logística de repuestos y equipos .....	39
10. Organización del taller de mantenimiento .....	40
11. Documentación técnica .....	41
12. Personal y formación .....	41
13. Resumen del cuestionario .....	42
14. Resumen de los aspectos más críticos .....	43
15. Matriz de criticidad .....	47
16. Listado de equipos para el análisis de criticidad .....	48
17. Seguridad y salud .....	48
18. Medio ambiente .....	49
19. Calidad y productividad .....	49
20. Producción .....	50
21. Tiempos de operación .....	50
22. Intervalos entre actividades .....	51
23. Tiempo y costos de mantenimiento .....	51
24. Resultados del análisis de criticidad .....	53
25. E.C.H. WILL 1 .....	54
26. E.C.H. WILL 3 .....	55
27. Guillotina .....	56
28. Offset GTO - 46 .....	57
29. Horno UV .....	58
30. Hoja de información RCM .....	60

31. Hoja de decisión RCM.....	63
32. Plan inicial de mantenimiento.....	65
33. Hoja de detalle de funciones del jefe de mantenimiento .....	68
34. Hoja de detalle de funciones del técnico eléctrico.....	70
35. Hoja de detalle de funciones del técnico mecánico .....	71
36. Hoja de detalle de funciones del auxiliar de mecánica.....	72
37. Orden de trabajo.....	74
38. Reporte de ejecución de trabajos de mantenimiento .....	75
39. Ficha técnica. ....	77
40. Ficha de control de órdenes de trabajo .....	78
41. Ficha de requisición de repuestos y accesorios .....	78
42. Ficha de control de paros .....	79
43. Ficha de reporte mensual de mantenimiento correctivo .....	80
44. Codificación de la maquinaria de la institución.....	81

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Modelo de flujograma de criticidad.....	10
2. Grupo de revisión de RCM.....	18
3. Micro localización Inpapel Cía. Ltda. ....	24
4. Edificio estructural Inpapel Cía. Ltda.....	24
5. Organigrama estructural de Inpapel Cía. Ltda.....	26
6. Colocación de la bobina de papel .....	27
7. Rayado de las hojas.....	27
8. Corte y conteo en pliegos.....	28
9. Colocación de tapas y contratapas.....	28
10. Trazado a tamaño individual.....	29
11. Perforado y espiralado. ....	29
12. Redondeado .....	30
13. Apilado.....	30
14. Empaquetado y sellado. ....	31
15. Cualificación de la evaluación .....	42
16. Flujograma de criticidad .....	52
17. Organigrama del departamento de mantenimiento .....	67
18. Modelo de codificación de equipos. ....	80

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

AC	Análisis de criticidad
RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad
AMEF	Análisis de modos y efectos de fallo

## LISTA DE ANEXOS

- A. Planos Inpapel Cia. Ltda.
- B. Cuestionario de autoanálisis
- C. Máquinas para el analisis de vibraciones.
- D. Análisis de vibraciones del motor de la cosedora de cuadernos
- E. Análisis de vibraciones del motor de la espiraladora
- F. Análisis de vibraciones del motor de la grapadora manual
- G. Análisis de vibraciones del motor de impresora offset
- H. Análisis de vibraciones del motor del compresor
- I. Análisis de vibraciones del motor de la redondeadora de esquinas
- J. Análisis de vibraciones del motor de la perforadora
- K. Análisis termográfico del horno de la máquina Will 3
- L. Plan de mantenimiento RCM

## RESUMEN

El presente proyecto técnico, tiene como objetivo evaluar la gestión de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en la empresa Inpapel Patria Cía. Ltda. mediante un modelo de evaluación se encontró las falencias que actualmente posee el departamento de mantenimiento, esto se lo realizo a través de la evaluación de la documentación con la utilización de la norma ISO 15489, además de una encuesta tipo auditoria. Para diagnosticar la situación actual de las maquinas se realizó un análisis predictivo a las mismas para posteriormente ejecutar un análisis de criticidad, determinando los equipos más críticos a los cuales se aplicara la metodología RCM, para luego elaborar las hojas de información y decisión, las cuales contienen funciones principales, modos de falla, efectos de falla y sus causas potenciales; todo esto con la finalidad de elaborar el plan de mantenimiento de los equipos que conforman el proceso productivo de la planta, el cual está constituido por actividades, frecuencias y responsables requeridos para cada acción. La propuesta alternativa se realizó para recomendar mejoras en el sistema de gestión de mantenimiento mediante la aplicación efectiva de la misma, lo cual genero beneficios para la empresa y un impacto positivo en el departamento de mantenimiento, llevando a la empresa al progreso continuo. Por lo tanto se recomienda implementar la propuesta, que ayude a tomar decisiones y a estructurar un plan de mantenimiento preventivo que resulte efectivo.

**PALABRAS CLAVE:** <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO>, <MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD>, <ANÁLISIS DE CRITICIDAD>, <ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLO>, <PLAN DE MANTENIMIENTO RCM>

## **ABSTRACT**

The present technical Project aims to evaluate the maintenance management applying the maintenance methodology base on the reliability RCM (Reliability Center Maintenance) at Inpapel Patria Cía. Ltda. enterprise. Failures were found by means an evaluation pattern of the documentation by using standard ISO 15489 and survey of audit. A predictive analysis of the machines was carried out to diagnose the current situation of them, so that a critique analysis can be executed and to determine the most critical equipment to be applied the RCM methodology. Afterwards, information and decision sheets containing main functions, failure mode, failure effects and its main causes were carried out in order to elaborate the equipment maintenance plan for the productive plant process. This plant contains activities, frequencies and responsible people required for each action. This alternative proposal was carried out to improve the maintenance management system by means of an effective application. It generated benefits for the enterprise and a positive impact in the maintenance department, so that this enterprise could reach a continuous progress. We recommend to implement this proposal to make decisions and organize an effective – preventive maintenance plan.

Keywords: <Maintenance Management>, <Maintenance based on the reliability>, <Critique analysis>, <Failure mode effects analysis>, <Maintenance plan RCM (Reliability center maintenance)>.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

Transcurría el año 1962, cuando Riobamba, lucía próspera, llena de gente amable, pero por sobre todo trabajadora.

Don Rubén Espinoza y su esposa, la Sra. América Saltos, juntando los ahorros de toda su vida, decidieron instalar una pequeña imprenta, y para ello compraron una máquina Heidelberg plana para realizar todo tipo de impresiones, haciendo alarde de su convicción cívica la denominaron “Imprenta Patria”.

Imprenta Patria fue la imprenta más grande de Riobamba por muchos años, era el lugar por donde muchos artesanos pasaron para aprender el oficio. Inicialmente funcionó en las calles Primera Constituyente y España, donde es actualmente el Consejo Provincial frente al Parque Sucre.

Tras 20 años de arduo trabajo, aparece en 1979, INPAPEL PATRIA CIA. LTDA, se adquirieron rayadoras manuales el cual debía trazar el papel, hoja por hoja. Imaginen todos los cuadernos se hacía manualmente, desde el rayado, contado de hojas, grapado, y terminado.

Los hermanos Espinoza, Don Manuel y Don Rubén iniciaron este negocio pero finalmente fue don Rubén quien lo llevó adelante, esto le permitió comprar todo el paquete accionario y convertirse en el único propietario fundador de la compañía, quien además fue el Gerente, hasta ceder esta responsabilidad a sus hijos, allá por el año de 1993.

En la actualidad se tiene tres naves, la primera de almacenamiento de materia prima, la segunda, en donde se realiza las operaciones de producción, y la tercera, en donde se guarda toda la mercadería para ser inventariada y comercializada, a todo el territorio nacional

Se ha incorporado una nueva imagen corporativa, se ha invertido en nueva maquinaria, en capacitación al personal, brindando las mejores condiciones laborales para que los trabajadores se sientan seguros y cumplan de mejor manera sus tareas, en fin, se conserva la calidad de siempre, y se trabaja en un nuevo sueño para el futuro.

## **1.2 Justificación**

Actualmente, la gestión del mantenimiento supone no sólo una parte importante del presupuesto de las compañías, sino que además se hace fundamental para conseguir la eficiencia de los equipos y por tanto del proceso productivo.

Enfocando la gestión del mantenimiento como un factor clave para garantizar la disponibilidad y confiabilidad del proceso productivo, las organizaciones tienen la tarea de establecer y gestionar las actividades del mantenimiento de manera que se maximice la utilización de los recursos y se logren los objetivos planteados dentro del marco de calidad y conservación del medio ambiente establecido.

A fin de garantizar los puntos expuestos anteriormente se desarrolla el presente trabajo de titulación para determinar la situación actual de la gestión del mantenimiento de la empresa INPAPEL PATRIA CIA. LTDA, utilizando una herramienta de gestión como es RCM, lo cual es de vital importancia, pues coloca a la empresa a la vanguardia al adoptar una herramienta de optimización, basada en los nuevos enfoques gerenciales.

La necesidad de plantear la evaluación de los procesos de mantenimiento en base a las mejores prácticas incidirá en la mejora de los mismos, ya que mediante su análisis se podrán establecer los estándares a seguir, en beneficio de la organización y su plan estratégico de negocio, esto con el fin de que la empresa pueda continuar siendo una de las compañías pioneras en su ramo. Al diagnosticar el desempeño de la gestión del mantenimiento, facilitará la toma de decisiones a los diferentes niveles de la organización, al establecer los objetivos estratégicos que llevados a la acción, permitan convertir a la función mantenimiento en una capacidad estratégica, dando mayor eficacia en la respuesta ante las exigencias de disponibilidad en los puntos críticos de las operaciones.

### **1.3      Objetivos**

1.3.1      *Objetivo general.* Evaluar la gestión de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en la empresa INPAPEL PATRIA CIA. LTDA. Propuesta alternativa.

1.3.2      *Objetivos específicos:*

Analizar la situación actual de la empresa.

Diagnosticar el sistema actual de gestión de mantenimiento.

Aplicar la metodología de RCM para evaluar el sistema de gestión de los equipos.

Establecer la propuesta alternativa.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Importancia del mantenimiento

En la actualidad, la industria se ve obligada alcanzar altos valores de producción con niveles elevados de calidad, debido a que existe demasiada competencia en el mercado, es por tal razón que debemos enfocarnos en la importancia que tiene el mantenimiento dentro de las empresas.

Según Leandro Torres, la finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible. Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, etc. (TORRES, 2010)

2.1.1 *Evolución del mantenimiento.* Con el transcurrir del tiempo el mantenimiento ha ido cambiando debido al aumento de la tecnología, estos cambios provocan una mayor complejidad de la maquinaria donde aparecen nuevas técnicas de mantenimiento dando un nuevo enfoque a la organización. Es por ello que el mantenimiento debe reaccionar a nuevas expectativas, dando mayor importancia a los aspectos de seguridad y medio ambiente, teniendo un discernimiento entre la conexión del mantenimiento y la calidad del producto, con esto se logra un incremento en la disponibilidad de los equipos y una reducción significativa de los costos. Con las nuevas investigaciones, la idea básica del mantenimiento está cambiando, ya que con la aparición de mejores técnicas del mantenimiento las máquinas tienen mayor tiempo de funcionamiento y menor número

de fallos estableciendo de esta forma una alta disponibilidad en los equipos.

2.1.2 *Objetivos del mantenimiento.* Los objetivos del mantenimiento deben alinearse con los de la empresa, éstos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área, para la maximización de la efectividad del sistema y debe estar encaminada a los siguientes aspectos. (TORRES, 2010)

- Incrementar disponibilidad
- máxima seguridad
- reducción de costos
- menor impacto ambiental

2.1.3 *Misión del mantenimiento.* El Mantenimiento Industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos, y demás infraestructura empresarial, mediante programas de prevención y predicción de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo de sus condiciones operativas con la política de cero defectos, para cumplir sus cuatro objetivos fundamentales: (GARCÍA, 2012)

- **CONSERVACIÓN DE LOS ACTIVOS FÍSICOS.** Mediante desarrollo de las técnicas administrativas y de mantenimiento más eficaces, para conservar en el largo plazo la vida útil de los equipos productivos, acordes con los requerimientos económicos.
- **DISPONIBILIDAD DE LOS ACTIVOS FÍSICOS.** Mediante el desarrollo de normas y procedimientos que promuevan de manera eficiente, segura y económica la máxima disponibilidad técnica y operativa de los equipos de acuerdo con los requisitos de producción.
- **ADMINISTRACIÓN EFICAZ DE LOS RECURSOS.** Mediante la mejora de los procesos, procedimientos y estándares que mejor promuevan el uso eficiente, eficaz y económico de todos los recursos tangibles e intangibles de la organización.

- **DESARROLLO DEL TALENTO HUMANO.** Por medio de programas de formación y capacitación permanentes, sistemas de competencias, Coaching, Empowerment, gerencia del desempeño y Gestión Global del Conocimiento.

Resumiendo los planteamientos anteriores (GARCÍA, 2012) precisa la misión del mantenimiento como: “Preservar las funciones principales de todos los activos de la compañía, a lo largo de su ciclo de vida, a satisfacción de los propietarios, los usuarios, los clientes y la sociedad; seleccionando e implementando las mejores prácticas para enfrentar las fallas y mitigar sus consecuencias; con el compromiso efectivo de todas las personas de la organización, debidamente formadas, para desarrollar sus funciones en la búsqueda permanente de la Excelencia Operacional”.

## **2.2 Gestión de mantenimiento**

Son todas aquellas actividades de diseño, planificación y control destinadas a reducción de los costos asociados al mal funcionamiento de los equipos. Entre estas actividades se incluyen, a las funciones que se asocian al mantenimiento, como los estudios de la posibilidad de renovación de los equipos, elaboración de modificaciones que ayuden a fiabilizar y flexibilizar el funcionamiento y la formación del personal de producción para la realización de sus funciones. (ARAUJO, 2008)

2.2.1 *Por qué debemos gestionar el mantenimiento.* ¿No es más fácil y más barato acudir a reparar un equipo cuando se avería y olvidarse de planes de mantenimiento, estudio de fallas, sistemas de organización, que incrementan notablemente la mano de obra indirecta? Veamos es necesario gestionar el mantenimiento: (GARCÍA, 2010)

A. Porque la competencia obliga a rebajar costos. Por lo tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible:

- Estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta.
- Analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa.

- Estudiar el consumo y stock de materiales que se emplean en mantenimiento.
- Aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

B. Porque han aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar, para estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también cómo desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación. Algunas técnicas son: TPM, RCM, Sistemas GMAO y diversas técnicas de Mantenimiento Predictivo.

C. Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección

D. Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.

2.2.2 *Qué es la evaluación técnica.* una evaluación técnica es una especie de fotografía instantánea del estado técnico en el que se encuentra una instalación en su conjunto y cada uno de los equipos y sistemas que lo componen. evalúa pues bien el estado en que se encuentra una instalación industrial después de finalizada la construcción de ésta, bien la degradación que ha sufrido ésta con el pasar del tiempo o incluso la posibilidad de sufrir un grave incidente. puede decirse que la evaluación técnica sirve para determinar todos los fallos que presenta una planta industrial en un momento determinado e incluso la posibilidad de que se presenten fallos a corto o mediano plazo.

2.2.3 *Para qué se lleva a cabo una evaluación técnica.* La evaluación técnica es una actividad que requiere de la intervención de técnicos experimentados de determinados medios y herramientas e incluso someter a la instalación a determinadas pruebas. Por ello, ya puede llegar a representar cierto coste.

2.2.4 *Tipos de evaluaciones técnicas.* La evaluación técnica es un trabajo que puede abordarse con mayor o menor nivel de profundidad. no siempre se requiere un análisis profundo de la instalación, por lo que dependiendo de la finalidad que se pretenda con ella o incluso, con el tiempo o documentación de que se dispone. dependiendo con la profundidad con la que se realiza esta evaluación puede hablarse de al menos los cuatro tipos de evaluación que se indica a continuación.

2.2.4.1 *Evaluación elemental.* Esta evaluación consiste básicamente en una inspección visual y una revisión ligera de la documentación. se llevan a cabo cuando la evaluación no tiene grandes implicaciones económicas, cuando no se dispone de los recursos necesarios o cuando, por alguna razón, no se puede llevar a cabo una inspección de mayor profundidad. eso si hay que tener en cuenta que la fiabilidad de los resultados es baja, ya que los diferentes aspectos a evaluarse no se han estudiado en detalle.

2.2.4.2 *Evaluación básica.* además de la inspección sensorial y de la revisión de determinada documentación básica, se incluyen una serie de entrevistas con los responsables técnicos de las instalaciones e incluso la recopilación de datos básicos en la sala de control donde se centraliza las señales de la planta.

2.2.4.3 *Evaluación detallada.* este tipo de evaluación corresponde con lo que se lleva a cabo en la mayoría de las ocasiones, especialmente cuando la evaluación técnica ya tiene unas implicaciones económicas importantes, lo que ocurre por otro lado en la mayoría de las ocasiones.

En este caso, la evaluación se compone de las siguientes actividades:

- Inspección sensorial detallada de mucho más alcance y minuciosidad de que las indicadas en los dos casos anteriores.
- Revisión detallada de documentación avanzada. No se trata ahora de una documentación elemental, sino que es documentación cuya recopilación supone dedicar tiempo y recursos.

- Entrevistas con los responsables técnicos, es una parte muy importante de la evaluación ya que son charlas que se mantienen con el director de la planta, los jefes de operación y de mantenimiento.
- Recopilación de datos en la sala de control.

2.2.4.4 *Evaluación exhaustiva.* además de todo lo indicado en el caso anterior, supone la realización de una serie de pruebas, tanto en campo como en sala de control. las pruebas en campo suelen ser predictivas, como la realización de termografía o el análisis de ultrasonidos. las pruebas a realizarse en la sala de control supone colocar los equipos en determinados puntos o realizar algunas maniobras para estudiar el comportamiento de las máquinas.

## 2.3 **Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).**

2.3.1 *Análisis de criticidad.* Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan (WOODHOUSE, 1994)

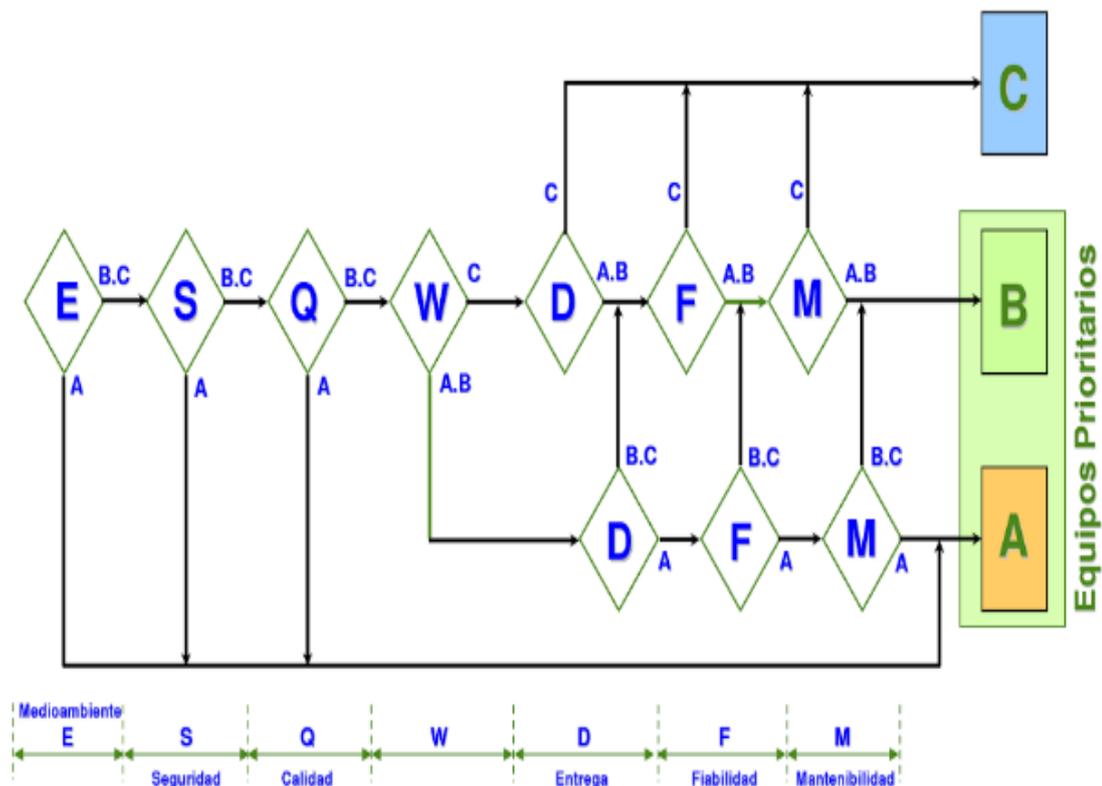
Según (CRESPO, 2012) el término “crítico” y la propia definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones dependiendo del objetivo que se está tratando de jerarquizar. El análisis de criticidad permite establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de sistemas y equipos de un proceso de producción complejo, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Desde esta óptica existe una gran diversidad de posibles criterios que permiten evaluar la criticidad de un activo de producción. Los motivos de priorización pueden variar según las oportunidades y las necesidades de la organización.

2.3.2 *Método del flujograma de análisis de criticidad (cualitativo).* En este primer método el autor (CRESPO, 2012) presenta una técnica que hace referencia a un análisis

puramente cualitativo sobre la jerarquía de equipos de producción. Como podemos observar en la figura 1, el resultado del proceso es una clasificación de nuestros equipos en tres categorías: A, B, C, siendo los equipos tipo A los equipos de mayor prioridad. Para llegar a esa clasificación final se procede de forma secuencial a realizar una serie de preguntas al equipo natural de trabajo conformado en la empresa a tal fin.

La secuencia marca la importancia que da el equipo de trabajo a cada atributo que se analiza a la hora de establecer la prioridad del mismo. De alguna forma, el orden en la secuencia marca el peso que damos en nuestra gestión a cada uno de los atributos. (CRESPO, 2012)

**Figura 1.** Modelo de flujograma de criticidad.



**Fuente:** CRESPO, 2012

De cada pregunta existen tres respuestas posibles A, B ó C que nos sirve para caracterizar al equipo. Por ejemplo: (CRESPO, 2012)

- La primera pregunta hace referencia al medio ambiente (E), un equipo se podría considerar como de categoría A, si un fallo del mismo puede provocar que la

empresa tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades públicas por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente ( por ejemplo: una fuga de amoníaco). el equipo sería de categoría B si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa (por ejemplo, una fuga de sosa que se controla con la red de aguas de la empresa). finalmente un equipo se podría considerar de categoría C si un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación medio ambiental.

- Las cuestiones de seguridad (S) se consideran a continuación. Los activos de categoría "A" serán aquellos cuyos fallos pueden producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo. Los fallos en activos de la categoría "B" podría causar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia de trabajo. Una vez más, los activos de la categoría "C" son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas;
- La calidad (Q) es la siguiente cuestión que debe evaluarse utilizando el flujograma. El procedimiento para esta evaluación es muy similar al que ya hemos llevado a cabo para la evaluación medio ambiental de los equipos. Los fallos de calidad también puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar el producto al cliente final (los consumidores en nuestro caso de estudio). Categoría A se dedica ahora a los activos que pudieran sufrir este tipo de fallo. Categoría "B" y "C" sería que los activos que, cuando no se mantienen adecuadamente, podría sufrir fallos que producen sólo una consecuencia interna o que no ocasionan ningún impacto, respectivamente;
- El tiempo de trabajo de un activo (W) también puede condicionar su criticidad. En este caso de estudio, los activos que trabajan a tres turnos serán de categoría "A". Los activos con dos turnos de trabajo estarán bajo categoría "B". Finalmente, cuando los activos de producción tienen en programación un solo turno de trabajo al día, los incluiremos en la categoría "C". En algunas ocasiones el trabajo extra que se requiere para el mantenimiento correctivo de activos, como media, también se puede considerar dentro de este criterio. Los activos que requieren una gran

cantidad de horas extras para ser reparados entrarían en categoría "A", y así sucesivamente;

- La entrega (D) es un criterio relacionado con el impacto operacional de un fallo del activo. Los activos de categoría "A" son ahora los que producen un paro en toda la fábrica cuando fallan. Los activos de categoría "B" pueden dejar sólo una línea de producción parada al fallar. Por último, los activos que no producen una interrupción significativa de la producción serían de la categoría "C";
- La fiabilidad (F) se introduce como criterio igualmente en el flujograma y se relaciona con la frecuencia de fallo que pueda existir en un activo que no se mantiene correctamente. En nuestro caso de estudio, consideramos como categoría "A" los activos con frecuencia de fallo menor de 5 h. Los activos con frecuencias de las fallo mayor de 5 h y menor de 10 h se incluirán en la categoría "B". Finalmente, para activos con frecuencias de fallo superiores a 10 h, utilizaríamos la categoría "C". Es normal tener en cuenta un criterio de frecuencia que produce el 20% de los activos dentro de la categoría "A", sobre un 30% de la "B", mientras que el 50% entraría en categoría "C".
- La mantenibilidad (M), o aptitud del activo para ser mantenido, es el último criterio que debe ser tenido en cuenta. Este criterio se relaciona con el tiempo medio necesario para reparar un fallo. Los activos que requieren un tiempo medio de reparación de más de 90 minutos se catalogan como "A". Entre 45 y 90 minutos estaría en categoría "B". Por último aquellos cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 45 minutos estarían dentro de categoría "C".

## 2.4 Mantenimiento y RCM

En el libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* el autor nos indica que el RCM es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

2.4.1 *Las siete preguntas básicas.* El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar. (MOUBRAY, 2004)

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.4.2 *Funciones y parámetros de funcionamiento.* Antes de aplicar un proceso para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas: (MOUBRAY, 2004)

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga.
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

En el primer paso del proceso de RCM se define las funciones de cada activo tomando en cuenta su contexto operacional además de los parámetros de funcionamiento deseados por el usuario, estas pueden estar divididas en las siguientes categorías que son: (CRESPO, 2012)

- **Funciones primarias.** Son las funciones que un activo tiene que cumplir dentro de un proceso, usualmente vienen definidas por el propio nombre del activo. Por ejemplo, la función primaria de una bomba es bombear un determinado fluido.
- **Funciones secundarias.** Son las funciones que un activo tienen que cumplir en adición a las salidas principales descritas por las funciones primarias.

- Funciones de protección: Existen equipos que tienen como misión proteger en primera instancia a las personas de los posibles efectos de los fallos y posteriormente proteger a los activos.
- Funciones de control: El patrón de funcionamiento de los equipos de control consiste en tomar mediciones con dispositivos especiales, que se encargan de captar señales de temperatura, presión, flujo, etc., las cuales serán traducidas en valores específicos y comparadas con rangos normales de operación, permitiendo de esta forma controlar y vigilar el buen funcionamiento de los distintos procesos.
- Funciones Subsidiarias: Son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuado a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal.

2.4.3 *Fallas funcionales.* Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. Antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, se necesita identificar que fallas pueden ocurrir. (MOUBRAY, 2004)

El proceso de RCM consta de dos niveles:

- La primera es identificar las circunstancias que llevaron a la falla.
- La segunda se pregunta cuáles fueron las circunstancias que se dieron para que activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. (MOUBRAY, 2004)

2.4.4 *Modos de falla.* Una vez determinados todos los fallos que pueden presentar un sistema, un subsistema o uno de los equipos significativos que lo componen, deben estudiarse los modos de fallo. El concepto de “modo de fallo” es a menudo más difícil de entender y de situar, pero en realidad se trata de un concepto elemental.

Se puede definir “modo de fallo” como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.

En la identificación de los modos de fallo, cada fallo principal o secundario puede presentar múltiples causas de falla, y estas a su vez otras causas, hasta llegar a lo que se denomina “causas raíces”.

No obstante, la experiencia demuestra que si se trata de hacer un estudio tan exhaustivo, analizando de forma recurrente cada uno de los modos de fallo que se van obteniendo, los recursos necesarios para completar el análisis son excesivos. A pesar de la profundidad que tendría un análisis de estas características, la realidad que realizarlo de esta forma termina abandonándose con pocos avances, porque se auto bloquea.

Por tanto, es importante definir con qué grado de profundidad se va a estudiar los modos de fallo, de forma que el estudio sea abordable, sea técnicamente factible.

Es aconsejable estudiar modos de fallo y causas primarias de estos fallos e incluso en muchos de estos modos de fallo continuar preguntándose el por qué suceden, de forma que se producen hasta en dos niveles. No es conveniente seguir profundizando más. Es cierto que se pierde una parte de la información valiosa, pero a cambio se logra realizar el análisis de fallos de toda la instalación con recursos y tiempo razonable.

2.4.4.1 *Las causas de los fallos.* Hay una serie de causas habituales de fallo. Es recomendable, para cada fallo, estudiar si el fallo identificado puede estar relacionada con alguna de las siguientes ocho posibilidades causas:

- Causas relacionadas con el diseño
- Causas relacionadas con el montaje
- Causas relacionadas con la calidad o el estado de un componente
- Causas relacionadas con la operación

- Fallos de mantenimiento
- Condiciones externas anómalas
- Condiciones anómalas de los suministros
- Fallo como consecuencia de otro fallo

2.4.5 *Efectos de falla.* El cuarto paso en el proceso de RCM tiene que ver cómo hacer un listado de efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como: (MOUBRAY, 2004)

- Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones.
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

2.4.6 *Consecuencias de las fallas.* Las fallas afectan a la industria de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Son estas consecuencias las que más influyen en el intento de prevenir cada falla. (MOUBRAY, 2004)

- Consecuencias de fallas ocultas. Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- Consecuencias ambientales y para la seguridad. Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene

consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.

- Consecuencias operacionales. Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).
- Consecuencias no operacionales. Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad no la producción, sólo implican el costo directo de la reparación.

## **2.5 Aplicando el proceso de RCM**

De acuerdo al libro de (MOUBRAY, 2004), antes de comenzar a analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, necesitamos saber de qué activo se trata y decidir cuáles de ellos serán sometidos al proceso de revisión de RCM. Esto significa que debe prepararse un registro de planta, si es que no existe actualmente. De hecho la gran mayoría de organizaciones industriales poseen hoy en día registros de planta que son adecuados para este propósito.

*2.5.1 Planeamiento.* Si es aplicado correctamente, RCM logra grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento, y a menudo lo hace sorprendentemente rápido. Sin embargo, la aplicación exitosa de RCM depende de un meticuloso planeamiento y preparación. Los elementos centrales del proceso de planeamiento son: (MOUBRAY, 2004)

- Decidir cuales activos físicos de beneficiaran más con el proceso RCM, y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados.
- En los casos que los beneficios justifican la inversión, decidir detalladamente quien realizará y quien auditará cada análisis, cuando y donde, y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento apropiado.

- Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico este claramente comprendido.

2.5.2 *Grupos de revisión.* Hemos visto que el proceso RCM enmarca siete preguntas básicas. En la práctica, el personal de mantenimiento no puede responder a todas estas preguntas por sí solo. Esto es porque muchas de las respuestas (o la mayoría) solo pueden ser dadas por personal de producción o de operaciones. Esto se aplica especialmente a las preguntas relacionadas con las funciones, efectos de falla, funcionamiento deseado, y consecuencias de falla. (MOUBRAY, 2004)

Figura 2. Grupo de revisión de RCM.



**Fuente:** MOUBRAY, 2004

Por esta razón el autor Jhon Moubray recomienda que la revisión de los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo deberían ser llevados a cabo en pequeños grupos que incluyan al menos a una persona de la función de mantenimiento, y una de la función de operaciones. La veteranía de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de tener un conocimiento profundo del activo físico bajo revisión. Cada miembro del grupo a su vez debe haber sido entrenado en RCM. La conformación típica de un grupo de revisión RCM se muestra en la figura 2.

El uso de estos grupos permite a cada miembro incrementar marcadamente su entendimiento del activo físico en el contexto operacional.

2.5.3 *Facilitadores.* Los grupos de revisión RCM trabajan bajo la guía de especialistas en RCM, llamados facilitadores. Son los integrantes más importantes del proceso de revisión RCM. Su rol es asegurar que: (MOUBRAY, 2004)

- El análisis RCM se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- RCM sea claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo
- El grupo llegue al consenso en forma rápida y ordenada, manejando el entusiasmo individual de los miembros.
- El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.

2.5.4 *Los resultados de un análisis RCM.* Si es aplicado en la forma sugerida anteriormente, un análisis RCM da tres resultados tangibles: (MOUBRAY, 2004)

- Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.
- Procedimientos de operación revisados, para los operadores del activo.
- Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico, o a la manera que es operado, para lidiar con situaciones en las que el mismo no pueden proporcionar el funcionamiento deseado con su configuración actual

## 2.6 **Qué logra el RCM**

- **Mayor seguridad:**

La primera de estas ventajas es la mejora que se produce en la seguridad de la planta, es decir, en la prevención de los riesgos derivados del trabajo. Al identificar, categorizar y tratar de evitar todos los fallos potenciales de la instalación con posibilidades de causar

daños a la personas implícitamente se está trabajando de forma efectiva en la prevención de riesgos, de una manera realmente eficaz y detallada.

- **La mejora del impacto ambiental:**

Por las mismas razones expresadas en el párrafo anterior, se debe estudiar los fallos con implicación medio ambiental y tener que prever formas de solucionarlos, sentando las bases para evitar los accidentes y fallos con afectación negativa para el medio ambiente

- **Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente):**

RCM reconoce que todos los tipos de mantenimiento tienen algún valor y provee reglas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación. De esta manera se asegura que sólo se elegirán las formas de mantenimiento más efectivo para cada activo físico, y que se tomarán las medidas necesarias en los casos que el mantenimiento no pueda ayudar. Este esfuerzo de ajustar y focalizar el mantenimiento lleva a grandes mejoras en el desempeño de los activos físicos existentes donde se las requiere. RCM fue desarrollado para ayudar a las aerolíneas a diseñar los programas de mantenimiento para nuevos tipos de aeronaves antes que entraran en servicio. Por lo tanto resulta ser una manera ideal de desarrollar programas de este tipo para nuevos activos físicos, especialmente equipos complejos para los que no existe información histórica disponible. Esto ahorra mucho de la prueba y error que tan frecuentemente forma parte del desarrollo de nuevos programas de mantenimiento; pruebas que son frustrantes, demandan tiempo y producen errores que pueden ser muy costosos. (MOUBRAY, 2004)

- **El aumento de la producción**

Las plantas industriales cuyos fallos han sido estudiadas y en las que se han implementado las medidas necesarias para evitarlos acorde con la importancia de éstos tienen producciones mayores que aquellas en las que la base de mantenimiento es mucho menos rigurosa.

- **Mayor costo-eficacia del mantenimiento:**

RCM continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la planta. Esto ayuda a asegurar que todo lo que se gasta para mantenimiento se invierta en las áreas en las que pueda tener los mejores resultados. Además, si RCM es aplicado correctamente a los sistemas de mantenimiento ya existentes, reduce la cantidad de trabajo de rutina (en otras palabras las tareas de mantenimiento hechas cíclicamente) de cada período, habitualmente entre un 40 y un 70 %. Por otro lado, si RCM se utiliza para desarrollar un programa de mantenimiento nuevo, la carga de trabajo resultante es mucho más baja que si el programa es desarrollado con los métodos tradicionales. (MOUBRAY, 2004)

- **El aumento de la fiabilidad:**

Quizás el ratio que se pueda ver más afectada es la fiabilidad, es decir, la posibilidad de que una instalación pueda sufrir una avería imprevista, una parada no programada con anterioridad, un fallo que afecte a la seguridad, al medio ambiente o a la planificación de la producción.

- **Una base de datos global:**

Según el autor (MOUBRAY, 2004) una revisión de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizados por la organización. Esto posibilita la adaptación a circunstancias cambiantes (como cambios de modelos o aparición de nuevas tecnologías) sin tener que reconsiderar todas las políticas de mantenimiento desde un comienzo. También permite a quienes utilizan el equipo demostrar que sus programas de mantenimiento están contruidos sobre una base racional (la traza de auditoria requerida por cada vez más organismos de regulación). Finalmente, la información almacenada en las hojas de trabajo de RCM reduce los efectos de la rotación de personal y la pérdida de experiencia que ésto provoca. Una revisión RCM sobre los requerimientos de mantenimiento de cada activo físico a su vez provee una clara visión de las habilidades necesarias para mantener cada activo físico, y para decidir qué repuestos deben tenerse en stock. Un producto secundario valioso es la mejora de planos y manuales.

- **Mayor motivación del personal:**

Especialmente las personas involucradas en el proceso de revisión. Esto lleva a un mayor entendimiento general del activo en su contexto operacional, junto con un 'sentido de pertenencia' más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones. También aumenta la probabilidad de que las soluciones perduren. (MOUBRAY, 2004)

- **La disminución de la dependencia de los fabricantes:**

El mejor conocimiento de las instalaciones contribuye a disminuir la dependencia técnica de los fabricantes, entender mejor sus instrucciones para estar en la capacidad de discutir las que se encuentren erróneas o perjudiciales para la instalación.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 Información de Inpapel Cía. Ltda.

3.1.1 *Presentación general.* Inpapel Cía. Ltda. orgullosamente se presenta como una de las industrias perseverantes y pujantes de la ciudad de Riobamba que produce básicamente cuadernos y hojas rayadas, comercializa una amplia línea de útiles escolares y suministros de oficina. Además es una importadora de papel y cartulinas que son distribuidos a nivel nacional. En la actualidad se transforma alrededor de 1800 toneladas de papel al año.

El proceso de producción ha evolucionado a través de los años, es así que hoy en día se utilizan procedimientos de trabajo estructurales que mejoran el proceso productivo, mejorando las condiciones para los trabajadores, siendo responsables con el medio ambiente, cumpliendo con las normas y leyes vigentes.

Para demostrar el compromiso que se tiene con el cuidado del medio ambiente la empresa ha implementado programas para la disminución de los impactos ambientales que se generan debido al funcionamiento de la misma

Esta empresa se creó por un hombre pionero y visionario. Don Rubén Espinoza quien lo llevó adelante, esto le permitió comprar todo el paquete accionario y convertirse en el único propietario fundador de la compañía, quien además fue el Gerente hasta ceder esta responsabilidad a sus hijos, allá por el año de 1993.

#### 3.1.2 *Características de la macro localización de Inpapel Cía. Ltda.*

País: Ecuador

Región: Sierra

Provincia: Chimborazo

### 3.1.3 Características de la micro localización de Inpapel Cía. Ltda.

Cantón: Riobamba

Parroquia: Veloz

Ubicación: Av. Celso Augusto Rodríguez y Bolívar Bonilla

Área de construcción: 2500 m<sup>2</sup>

Área de terreno: 7812.5 m<sup>2</sup>

Altitud: 2800 msnm

**Figura 3.** Micro localización Inpapel Cía. Ltda.



**Fuente:** Google Maps

**Figura 4.** Edificio estructural Inpapel Cía. Ltda.



**Fuente:** www.inpapel.com, 2015

### 3.1.4 Filosofía institucional

3.1.4.1 *Misión.* Somos fabricantes de productos elaborados de papel, nos distinguimos por ser innovadores además de ser líderes en la fabricación y comercialización de suministros de papelería.

Buscamos la mejora permanente en nuestros procesos de producción para ser siempre competitivos y rentables. Contamos con personal preparado para satisfacer las necesidades de nuestros clientes quienes son nuestro gran objetivo. Estamos comprometidos con la educación, la comunidad y el medio ambiente.

3.1.4.2 *Visión.* Ser un referente en la industria nacional del papel. Apoyar a cada uno de nuestros colaboradores a ser gestores de cambio en su comunidad.

Aportar a la mejora de la educación con productos innovadores y de calidad.

3.1.4.3 *Valores institucionales*

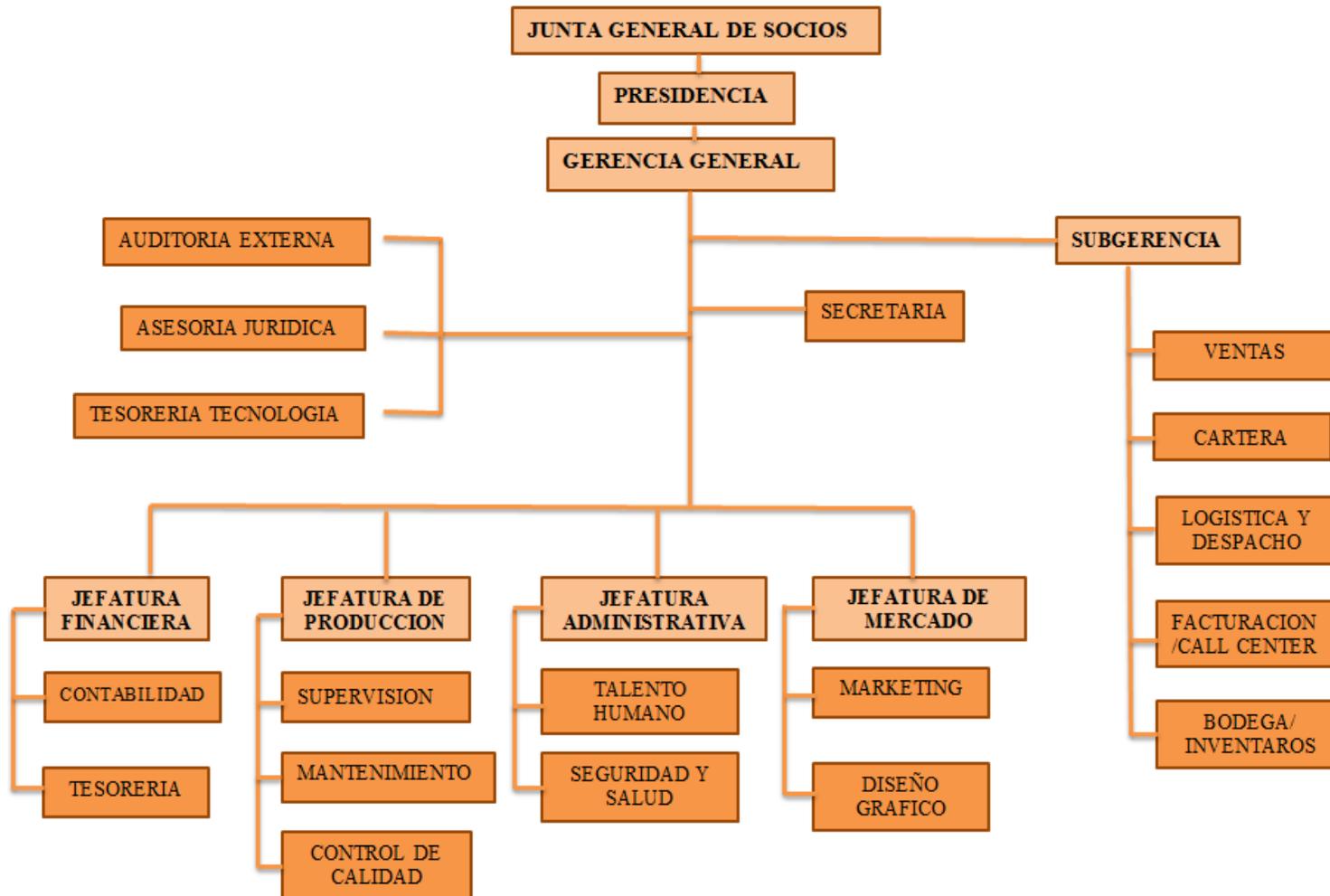
- Honestidad
- Eficiencia
- Disciplina
- Responsabilidad social
- Innovación

3.1.5 *Organigrama estructural de Inpapel Cía. Ltda.*

Es una representación gráfica de la estructura organizacional de Inpapel Cía. Ltda. el que refleja de forma esquemática la descripción de las unidades que la integran, donde se muestran las principales funciones dentro de la organización, las relaciones que existen entre ellas y los niveles jerárquicos superiores e inferiores.( Ver figura 5), por lo tanto la finalidad del organigrama es:

- Reflejar las organizaciones existentes
- Medio para comunicar al personal la estructura de la organización.
- Indicar las relaciones de trabajo y de líneas de autoridad.
- Identificación de cada trabajador con la labor que hace y sector que pertenece.

**Figura 5.** Organigrama estructural de Inpapel Cía. Ltda.



**Fuente:** Archivo institucional, 2016.

## 3.2 Descripción de la planta de producción

3.2.1 *Proceso de producción.* Las fases para la elaboración de cuadernos son las siguientes.

**Fase 1:** Los rollos de papel entran en la máquina.

**Figura 6.** Colocación de la bobina de papel



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

El insumo principal en la elaboración de cuadernos es el papel, es por esa razón que la empresa cuenta con una bodega de materia prima donde se almacenan una gran cantidad de bobinas.

Esta fase comienza con la colocación de los rollos de papel en la máquina, donde el papel circula a una cierta velocidad a través de varios cilindros, los cuales ayudan en el proceso de alisado y estirado del papel.

**Fase 2:** Rayado de las hojas.

**Figura 7.** Rayado de las hojas.



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

En esta etapa el papel circula a través de los rodillos los cuales cuentan con baterías de impresión, los mismos que son de caucho con diseños gravados para los distintos rayados en los cuadernos y estos pueden ser de 1 línea, 2 líneas, cuadros, etc.

Las tintas a utilizarse en esta etapa pueden ser de color gris o azul.

### **Fase 3:** Corte y conteo en pliegos

**Figura 8.** Corte y conteo en pliegos



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

El próximo paso a seguir es el corte en pliegos, para esto el papel circulara por debajo de una cuchilla a gran velocidad y será cortado con exactitud, luego se procede al conteo de las hojas que formarán parte del cuaderno de acuerdo a la necesidad del cliente.

### **Fase 4:** Colocación de tapas y contratapas.

**Figura 9.** Colocación de tapas y contratapas.



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

Los pliegos son colocados en grupos, de acuerdo al número de hojas especificado, luego

de esto se coloca de forma manual un pliego impreso de tapas y contratapas en cada grupo de pliegos de hojas.

**Fase 5:** Trazado a tamaño individual.

**Figura 10.** Trazado a tamaño individual..



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

Los cuadernos aun forman parte de un mismo pliego por lo que en esta etapa se procederá a cortar los cuadernos en tamaño individual con la ayuda de guillotinas de gran precisión.

**Fase 6:** Perforado y espiralado.

**Figura 11.** Perforado y espiralado.



Fuente: Inpapel Cía. Ltda. 2017

Una vez que los cuadernos se encuentran en tamaño individual, se procede a la etapa de perforado, la cual consiste en hacer pequeños orificios a lo largo del lateral izquierdo,

donde se colocará el espiral.

### **Fase 7: Redondeado**

**Figura 12. Redondeado**



**Fuente:** Inpapel Cía. Ltda. 2017

En esta etapa los cuadernos pasan por una guillotina especial que redondea las esquinas, dando un mejor acabado.

### **Fase 8: Apilado.**

**Figura 13. Apilado.**



**Fuente:** Inpapel Cía. Ltda. 2017

Los cuadernos se agrupan en docenas o según la medida de empaque requerido.

### **Fase 9: Empaquetado y sellado.**

**Figura 14.** Empaquetado y sellado.



**Fuente:** Inpapel Cía. Ltda. 2017

En la etapa final los grupos de cuadernos se introducen en una bolsa plástica y en una de papel, a continuación se identifica cada empaque con etiquetas informativas sobre el tipo de cuaderno, línea, cantidad

3.2.2 *Estado técnico de los equipos de Inpapel Cía. Ltda.* La empresa cuenta con la maquinaria que se encuentra ubicada de acuerdo a un plan de distribución. (Ver anexo A), para el estudio del estado de los equipos se lo realizó mediante dos formas una entrevista a los encargados del mantenimiento y análisis de vibraciones.

**Tabla 1.** Estado técnico mediante entrevistas

Número	Máquina	Estado
1	Compresor Schuz	Bueno
2	Compresor Stenhøj	Bueno
3	Cortadora de bobinas Jagenberg-Werke AG	Bueno
4	Cosedora de cuadernos Zoje 2	Bueno
5	Cosedora de cuadernos Zoje_1	Bueno
6	E.C.H. Will 1	Bueno
7	E.C.H. Will 2	Bueno
8	E.C.H. Will 3	Bueno
9	Espiraladora 2	Bueno
10	Formadora y cerradora de anillos	Bueno
11	Grapadora manual Brehmer- Leipzlg	Bueno
12	Guillotina Challenge	Bueno
13	Guillotina Krause	Bueno

Tabla 1. (Continuación).

14	Guillotina Lawson Pacemaker II	Regular
----	--------------------------------	---------

15	Guillotina Polar Mohr	Bueno
16	Guillotina Wohlenberg	Bueno
17	Guillotina Wohlenberg Hannover	Bueno
18	Impresora Heidelberg Offset Gto -46	Bueno
19	Insertadora de alambre	Bueno
20	Offset Miehle Roland	Bueno
21	Offset Roland Rekord	Regular
22	Perforadora automática – Kugler	Bueno
23	Perforadora automática-Advantage Machinery	Bueno
24	Perforadora de hojas Goeppingen	Bueno
25	Perforadora manual e. Bickel K.G. Heilbrow	Bueno
26	Prensa vertical Heidelberg	Bueno
27	Redondeadora de esquinas 2	Bueno
28	Redondeadora de esquinas 3	Bueno
29	Redondeadora de puntas 1 - O.M.M.	Bueno
30	Horno UV	Bueno

**Fuente:** Archivo Institucional, 2016

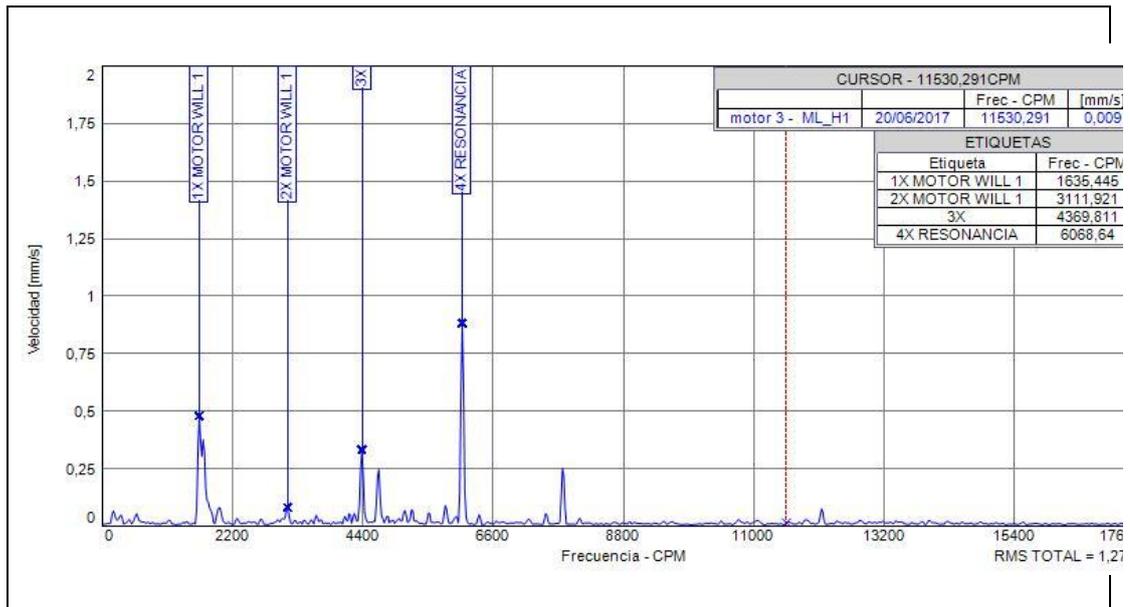
Para conocer con mayor precisión el estado técnico de los motores de las máquinas se realizó un análisis predictivo a un grupo determinado de equipos (ver anexo C) los cuales fueron seleccionados tomando en cuenta los tiempos de operación. En las tablas 2 y 3 se muestra el respectivo análisis de dos de ellas y los demás se encuentran en los anexos (ver anexo D,E,F,G,H,I,J,K).

Tabla 2. Estado técnico del motor de la máquina Will 1

<b>Estado técnico de los motores de los equipos</b>						
Inpapel Cía. Ltda.						
Marca:	WillPemco Bielomatik					
Código	AP-WI-01					
Responsables:	Fanny Guanga					
	Yesenia Medina					
Información	Manuales		Planos		Repuestos	
	Si	No	Si	No	Si	No
	x		x			x

Tabla 2. (Continuación). Estado técnico del motor de la máquina Will 1

<b>Estado técnico</b>
-----------------------



Conclusión	<p>La velocidad del motor es de 1680 RPM que se obtuvo a través de un foto tacómetro, demostrando así que el armónico 1X corresponde a la frecuencia fundamental de dicho motor, además que su amplitud es de 0,47 mm/s en el espectro de velocidad.</p> <p>Según las Cartas de Charlotte, es espectro indica rozamiento del rotor en menor cadencia, y un 4X que refleja resonancia. Es por eso la aparición de los demás armónicos. Se debe considerar una correcta alineación de bandas y sujeción de los pernos bases del equipo.</p>
Estado del equipo	<p>El valor global de vibración RMS es de 1,27 mm/s, que analizado la norma ISO 10816-1 para nuestro motor de CLASE I, demuestra que el equipo se encuentra en estado satisfactorio de trabajo.</p>

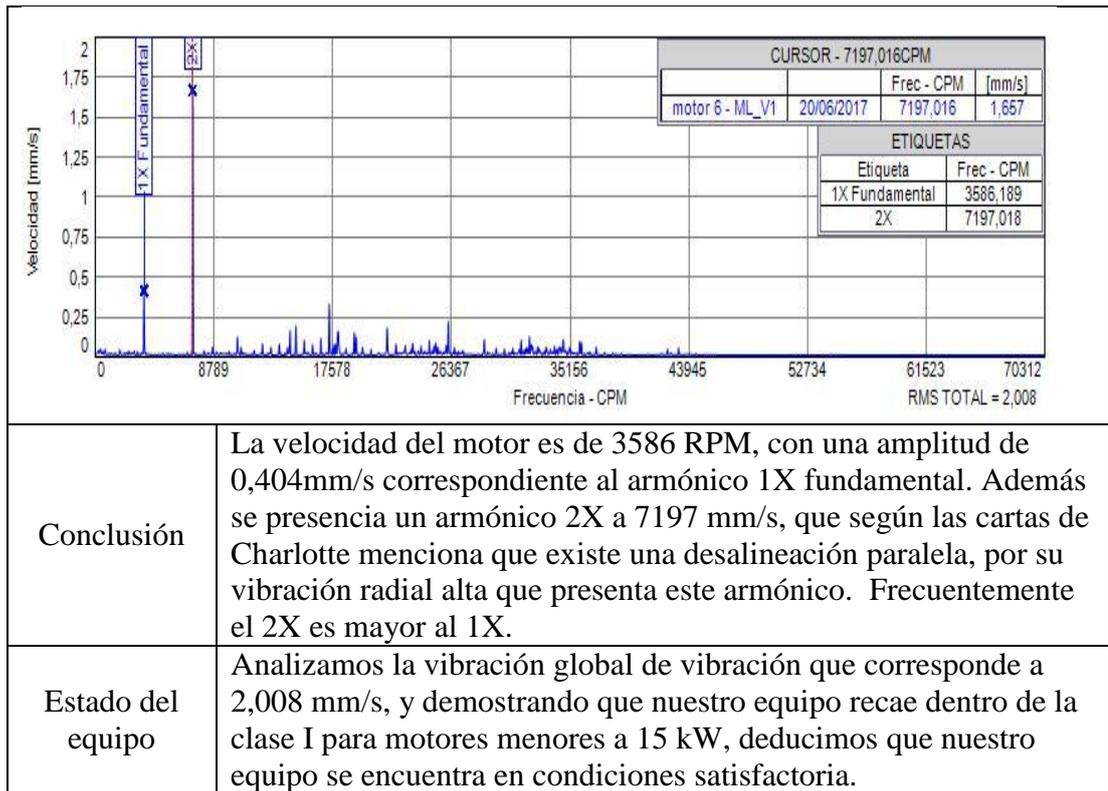
**Fuente:** Autores

Tabla 3. Estado técnico del motor de la guillotina

<b>Estado técnico de los motores de los equipos</b>						
Inpapel Cía. Ltda.						
Marca:	Wohlenberg Hannover					
Código	AP-GU-02					
Responsables:	Fanny Guanga Yesenia Medina					
Información	manuales		Planos		repuestos	
	Si	No	Si	No	Si	No
		X		X		X

Tabla 3. (Continuación). Estado técnico del motor de la guillotina

<b>Estado técnico</b>
-----------------------



Conclusión	La velocidad del motor es de 3586 RPM, con una amplitud de 0,404mm/s correspondiente al armónico 1X fundamental. Además se presencia un armónico 2X a 7197 mm/s, que según las cartas de Charlotte menciona que existe una desalineación paralela, por su vibración radial alta que presenta este armónico. Frecuentemente el 2X es mayor al 1X.
Estado del equipo	Analizamos la vibración global de vibración que corresponde a 2,008 mm/s, y demostrando que nuestro equipo recae dentro de la clase I para motores menores a 15 kW, deducimos que nuestro equipo se encuentra en condiciones satisfactoria.

**Fuente:** Autores

### 3.3 Evaluación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento

Para realizar la evaluación de las condiciones actuales de la empresa, se lo realizo a través de las siguientes fases que fueron tomadas del libro Ingeniería del mantenimiento de Santiago (GARCÍA, 2017)

3.3.1 *Fase 1: Análisis preliminar de la planta.* En esta fase los responsables del mantenimiento junto con los responsables de la evaluación se reúnen para informar sobre los criterios a evaluar y su forma de calificar.

Responsables de la evaluación: Yesenia Medina y Fanny Guanga en calidad de egresadas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la carrera de Ingeniería de Mantenimiento, con conocimientos sobre gestión del mantenimiento.

Responsables del mantenimiento: Todos los encuestados se encuentran involucrados directamente con el departamento de mantenimiento.

- Jefe de Mantenimiento: Ing. Ángel Andrade

- Técnico de Mantenimiento Mecánico: Sr. Washington Álvarez
- Técnico Eléctrico: Ing. Albert Velasteguí
- Auxiliar de Mecánica: Sr. Xavier Vallejo

3.3.2 *Fase 2: Determinación del tipo de evaluación.* De acuerdo a los distintos tipos de evaluaciones se escogió la evaluación básica, debido a que en ésta se realiza revisión de la documentación, entrevistas con los técnicos responsables del mantenimiento e incluso la recopilación de información que la empresa posee.

3.3.3 *Fase 3: Aspectos a evaluar.* Para determinar y diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa Inpapel Cía. Ltda. se realizará mediante el método de investigación inductivo – deductivo el cual parte de una observación y entrevista para lo cual es necesario establecer contacto con el personal para enlazar la información mediante una encuesta tipo auditoria, ésta debe cubrir áreas que van desde la identificación de la empresa hasta el uso de documentos de gestión que están basadas en ocho criterios del formulario a llenar (Ver anexo B). La cual fue tomada como referencia del libro AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO E INDICADORES DE GESTIÓN del autor FRANCISCO GONZÁLEZ.

La finalidad de realizar la encuesta al departamento de mantenimiento es para detectar las irregularidades, deficiencias o inconformidades en la organización todo esto con la finalidad de elaborar la recomendación de mejoras para el sistema de gestión de mantenimiento, dando de esta forma soluciones a las debilidades detectadas que servirán como propuesta alternativa del proyecto de titulación

En la encuesta se estableció los siguientes criterios:

- Organización general
- Métodos y sistema de trabajo
- Control técnico de instalaciones y equipos
- Gestión de la carga de trabajo
- Compra, logística de repuestos y equipos

- Organización del taller de mantenimiento
- Documentación técnica
- Personal y formación

En la ponderación de los criterios se tomó en cuenta un rango de calificación del 1 al 10 dividido en 3 partes; alta, media y baja, tomando en consideración el aviso de alerta por colores; verde, amarillo y rojo respectivamente como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Ponderación de los criterios evaluados

Cualificación	Calificación	Código de colores
Excelente	$> 75\%$ y $\leq 100\%$	Verde
Bueno	$\geq 50\%$ y $\leq 75\%$	Amarillo
Regular	$< 50\%$	Rojo

**Fuente:** Autores

3.3.4 *Fase 4: Preparación de la evaluación.* Para la evaluación se utilizó el cuestionario (ver anexo B)

3.3.5 *Fase 5: Análisis de los resultados de la evaluación.* A continuación se presentará los resultados del cuestionario tomando en cuenta que se realizó un promedio de las respuestas obtenidas por los encuestados.

En la tabla 5 se analizará la organización general que posee el departamento de mantenimiento, donde se encontrará preguntas acerca de las responsabilidades, organización y planificación de cada una de las actividades que se desarrollan dentro del mismo para su correcto desenvolvimiento.

**Tabla 5.** Organización general

A. Organización general		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	La organización y responsabilidades del departamento de mantenimiento se encuentran definidas y aprobadas	5	Amarillo

Tabla 3. (Continuación). Organización general

2.	Las responsabilidades y tareas de los trabajadores están definidas claramente	6	
3.	Existe un presupuesto establecido para el área de mantenimiento	5	
4.	Se planifican las tareas de mantenimiento	5	
5.	Cuenta la empresa con hojas de detalle de funciones y responsabilidades para cada uno de sus trabajadores	4	
6.	El personal de operación tiene instrucciones para llevar a cabo actividades de mantenimiento	7	
7.	Para las actividades correctivas y preventivas se usa adecuadamente las ordenes de trabajo	4	
8.	El departamento de compras tiene en cuenta de forma activa a mantenimiento en nuevos proyectos	6	
9.	Se realiza reuniones para dar seguimiento a la calidad del servicio de mantenimiento	6	

**Fuente:** Autores

En la tabla 6 se analizará los métodos y sistemas de trabajo que posee el departamento de mantenimiento con dicha información se pretende conocer de manera más clara cómo se maneja la documentación cuando se realiza operaciones de mantenimiento.

**Tabla 6.** Métodos y sistemas de trabajo

B. Métodos y sistemas de trabajo		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Se planifica las intervenciones importantes	8	
2.	Se dispone de métodos de operación para trabajos complejos	8	
3.	Existen procedimientos por escrito para trabajos que conlleven riesgos	9	
4.	Se archivan los trabajos de preparación y planificación para las intervenciones grandes	6	
5.	Existen métodos normalizados para realizar reparaciones	5	

Tabla 6. (Continuación). Métodos y sistemas de trabajo

6.	La documentación de mantenimiento está debidamente clasificada y es de fácil acceso	3	
7.	Priorizan las actividades en base a criticidad	3	

**Fuente:** Autores

En la tabla 7 se analizará el control técnico de instalaciones y equipos que existen en la empresa, tomando en cuenta como el departamento lleva la información de cada equipo, su codificación e inventario las cuales son constantemente actualizadas y modificadas, todo esto con el fin de optimizarlos para conocer el progreso de la gestión de mantenimiento.

**Tabla 7.** Control técnico de instalaciones y equipos

C. Control técnico de instalaciones y equipos		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Se cuenta con un inventario de ubicación de los equipos	9	
2.	Cuenta cada equipo con su respectiva codificación	9	
3.	Se registra las modificaciones en los equipos e instalaciones (ejem: cambio de circuito eléctrico, duplicado de contactos, etc.)	5	
4.	Cuentan con un archivo informático o escrito de la vida de los equipos donde se refleje cada actividad realizada desde su compra	4	
5.	Los equipos cuentan con análisis de criticidad, AMEF o RCM.	2	
6.	Se dispone de información de horas hombre y repuestos que se invierten en el mantenimiento correctivo y preventivo	4	

**Fuente:** Autores

En la tabla 8 se analizará la gestión de la carga de trabajo que tiene el personal encargado del mantenimiento, donde se examinará si existe un plan donde se distribuya las horas de trabajo y las herramientas necesarias para realizar cada una de las actividades de mantenimiento.

**Tabla 8.** Gestión de la carga de trabajo

D. Gestión de la carga de trabajo		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Disponen de un plan de mantenimiento preventivo	4	
2.	Disponen de check list	6	
3.	Existe una persona responsable de las acciones de mantenimiento preventivo	5	
4.	Los operadores realizan a sus equipos el mantenimiento de rutina	8	
5.	Se cuenta un sistema de registro para las solicitudes de trabajo	5	
6.	Se establecen reglas para dar prioridad a los trabajos	6	
7.	Se reúnen periódicamente para realizar la distribución semanal de los trabajos	6	
8.	Se respetan las ordenes de trabajo antes de realizar una intervención en el equipo	5	

**Fuente:** Autores

En la tabla 9 se analizará la compra, logística de repuestos y equipos, necesarios para la realización de las tareas de mantenimiento.

**Tabla 9.** Compra, logística de repuestos y equipos

E. Compra, logística de repuestos y equipos		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Cuentan con un almacén exclusivo de mantenimiento	5	
2.	Los operarios tienen libre acceso para artículos y piezas de uso habitual	5	
3.	Disponen de una base de datos accesible donde se refleje el número de artículos o repuestos en stock	4	
4.	Disponen de la identificación y codificación de los repuestos	5	
5.	Los procedimientos de aprovisionamiento de repuestos son rápidos	3	
6.	Disponen de servicio externo rápido y eficaz de reparación de equipos	5	

Tabla 9. (Continuación). Compra, logística de repuestos y equipos

7.	Se coordina adecuadamente el servicio de compras entre el departamento de compras y mantenimiento	3	
8.	Los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto son rápidos	4	

**Fuente:** Autores

En la tabla 10 se analizará la organización del taller de mantenimiento, donde se examinarán parámetros como espacio, ubicación y los responsables de mantener las herramientas existentes en condiciones adecuadas.

**Tabla 10.** Organización del taller de mantenimiento

F. Organización del taller de mantenimiento		Calificación (min 0 y Max 10)	Cualificación
1.	El espacio asignado al departamento de mantenimiento es suficiente	6	
2.	Todos los actores del departamento de mantenimiento tienen libre acceso para consultar las instrucciones operativas	5	
3.	Las oficinas del departamento de mantenimiento se encuentran cerca del área de producción	7	
4.	La ubicación del almacén de herramientas y repuestos es la adecuada	5	
5.	Disponen de las herramientas adecuadas para realizar actividades preventivas y correctivas	4	
6.	Disponen de un lugar adecuado donde se encuentren los elementos averiados	2	
7.	Disponen de un encargado para la verificación y calibración periódica de las herramientas	4	

**Fuente:** Autores

En la tabla 11 se analizará el control de la documentación técnica que debe poseer el departamento de mantenimiento de cada uno de los equipos en donde se pretende evaluar documentos como fichas técnicas, planos de conjunto, manuales de operación y mantenimiento, todo esto con el fin de facilitar la obtención de información.

**Tabla 11.** Documentación técnica

G. Documentación técnica		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Disponen de planos de las instalaciones mecánicas y eléctricas	6	
2.	Cuentan con un manual de instrucciones técnicas para las actividades de mantenimiento.	6	
3.	Disponen de planos de despiece de los equipos con su respectiva codificación	4	
4.	Los planos de las instalaciones son de fácil acceso e interpretación	3	
5.	Existe un procedimiento para archivar las modificaciones de los equipos o instalaciones	3	

**Fuente:** Autores

En la tabla 12 se analizará al personal de mantenimiento tomando en cuenta cómo es su ambiente de trabajo, capacitación en seguridad y operación de equipos.

**Tabla 12.** Personal y formación

H. Personal y formación		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1.	Existe un buen ambiente de trabajo	10	
2.	Los trabajos de los operarios son adecuadamente supervisados por sus superiores	6	
3.	Se realizan reuniones para analizar problemas, incluyendo a los operarios	6	
4.	Se realizan reuniones periódicas para fomentar la participación y el diálogo entre el personal directivo y operativo	5	
5.	Existe la predisposición de realizar una actividad fuera del horario de trabajo	8	
6.	Considera usted que la inducción hacia el personal es satisfactoria	6	
7.	Recibe el personal inducción en cuanto a seguridad y prevención de accidentes de forma permanente	9	

**Fuente:** Autores

3.3.6 *Resumen del cuestionario de evaluación.* Mediante una recolección de valores se ha resumido la encuesta de la gestión del mantenimiento en la siguiente tabla, las cuales

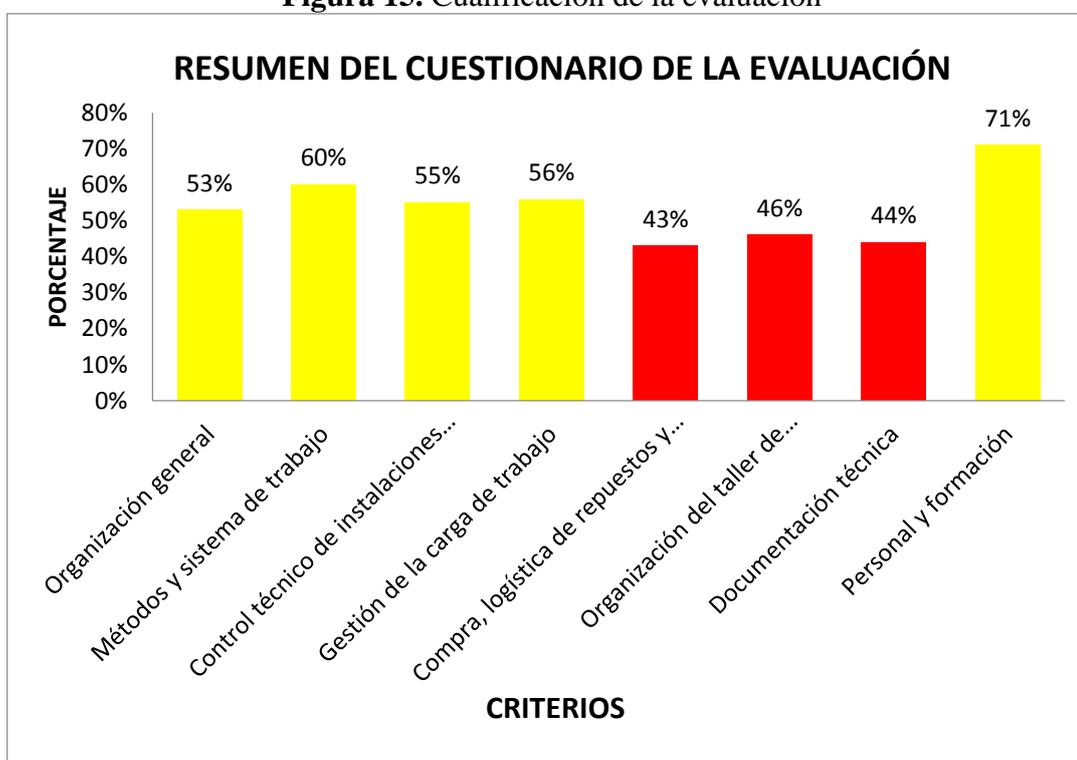
nos ayudarán a realizar un análisis porcentual que nos permitirá conocer las áreas que están fallando y que impiden que se desarrolle adecuadamente el sistema de gestión, con el resultado del cuestionario de autoanálisis se busca determinar el tipo de mejoras que se puedan implementar.

**Tabla 13.** Resumen del cuestionario

<b>Criterios</b>	<b>Calificación 10/10</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Cualificación</b>
Organización general	5,33	53%	
Métodos y sistema de trabajo	6,00	60%	
Control técnico de instalaciones y equipos	5,5	55%	
Gestión de la carga de trabajo	5,62	56%	
Compra, logística de repuestos y equipos	4,25	43%	
Organización del taller de mantenimiento	4,57	46%	
Documentación técnica	4,4	44%	
Personal y formación	7,14	71%	

**Fuente:** Autores

**Figura 15.** Cualificación de la evaluación



**Fuente:** Autores

3.3.7 *Resumen de los aspectos más críticos encontrados.* Luego de haber realizado el cuestionario de evaluación se encontró los aspectos que mayor problema tienen, para lo cual se propondrá acciones que ayuden a mejorar la gestión de mantenimiento en la empresa.

**Tabla 14.** Resumen de los aspectos más críticos

<b>Criterio</b>	<b>Aspectos</b>	<b>Acciones propuestas</b>
Organización general	Cuenta la empresa con hojas de detalle de funciones y responsabilidades para cada uno de sus trabajadores.	Elaborar la hoja de detalle de funciones para cada puesto de trabajo.
	Para las actividades correctivas y preventivas se usa adecuadamente los órdenes de trabajo.	Elaborar un diagrama de flujo que sirva como guía para la realización de los trabajos.
Métodos y sistemas de trabajo	La documentación de mantenimiento está debidamente clasificada y es de fácil acceso.	Elaborar los documentos de gestión.
	Priorizan las actividades en base a criticidad.	Realizar un análisis en base a criticidad a los equipos.
Control técnico de instalaciones y equipos	Cuentan con un archivo informático o escrito de la vida de los equipos donde se refleje cada actividad realizada desde su compra.	Una vez elaborado la documentación, registrar cada procedimiento realizado.
	Los equipos cuentan con análisis de criticidad, AMEF o RCM.	Realizar un análisis de criticidad, AMEF y RCM.
	Se dispone de información de horas hombre y repuestos que se invierten en el mantenimiento correctivo y preventivo.	Elaborar el documento de reporte de ejecución de trabajo de mantenimiento tomando en consideración las horas hombre y los repuestos utilizados.
Gestión de la carga de trabajo	Disponen de un plan de mantenimiento preventivo.	Realizar un plan de mantenimiento preventivo a los equipos.
Compra, logística de repuestos y equipos	Disponen de una base de datos accesible donde se refleje el número de artículos o repuestos en stock.	Recomendar el uso de kárdex para conocer el número exacto de repuestos.
	Los procedimientos de aprovisionamiento de repuestos son rápidos.	Recomendar un procedimiento del proceso de compras
	Se coordina adecuadamente el servicio de compras entre el departamento de compras y mantenimiento.	Mejorar la comunicación entre el departamento de mantenimiento y compras.

Tabla 14. (Continuación). Resumen de los aspectos más críticos

	Los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto son rápidos	Elaborar el documento de solicitud de compra de acuerdo a la prioridad.
	Disponen de las herramientas adecuadas para realizar actividades preventivas y correctivas.	Organizar la bodega para conocer que herramientas están disponibles.
Organización del taller de mantenimiento	Disponen de un lugar adecuado donde se encuentren los elementos averiados.	Organizar un espacio adecuado para cada uno de los elementos averiados.
	Disponen de un encargado para la verificación y calibración periódica de las herramientas.	Establecer tiempos de calibración de las herramientas y designar responsabilidades mediante la hoja de detalle de funciones.
	Disponen de planos de despiece de los equipos con su respectiva codificación.	Archivar la documentación de la máquina en el momento que se realiza la compra.
Documentación técnica	Los planos de las instalaciones son de fácil acceso e interpretación.	Realizar una copia de los planos para que el personal de mantenimiento tenga fácil acceso a la información.
	Existe un procedimiento para archivar las modificaciones de los equipos o instalaciones.	Actualizar la documentación afectada por la modificación.

**Fuente:** Autores

3.3.8 *Fase 6: Realización de la visita a la planta.* Luego de haber realizado la evaluación al departamento de mantenimiento de la empresa Inpapel Cía. Ltda. se procederá a realizar la visita a los responsables del mantenimiento, en la que se dará a conocer los factores que afectan a la gestión de mantenimiento, los cuales se mencionarán a continuación, luego se realiza su estudio y las consecuencias que estas tienen.

- Falta en la organización del departamento de mantenimiento.
- La documentación técnica no es llevada de manera adecuada.
- Inexistencia de planes de mantenimiento preventivo y la falta de distribución de las tareas de mantenimiento.
- Ineficiencia en el procedimiento de adquisición de repuestos.

3.3.9 *Análisis de los factores.* En este punto se realizará el análisis de los factores, para conocer las consecuencias de cada uno de ellos y de esta forma recomendar mejoras en el sistema de gestión.

- **Falta en la organización del departamento de mantenimiento.**

El departamento de mantenimiento no se encuentra organizado de forma adecuada, ya que no existen hojas de detalles de funciones, donde se indique las actividades que debe cumplir cada trabajador.

La organización inadecuada del departamento de mantenimiento provoca que esté no pueda actuar de forma eficiente para desarrollar actividades de mantenimiento ya sea preventivas o correctivas. Como consecuencia no se puede llevar un control adecuado para la realización de las tareas, ni un registro de los materiales y repuestos utilizados en cada intervención.

- **La documentación técnica no es llevada de manera adecuada.**

Dentro de una organización poseer la documentación técnica es indispensable, por ejemplo: planos de despiece, bitácoras y manuales de mantenimiento de los equipos, ya que con estos se pueden realizar mejoras en las actividades de mantenimiento, debido a que éstos contienen información importante y detallada de cada uno de los equipos.

La empresa no cuenta con toda la información ya que las máquinas son de segunda mano es por tal motivo que no todas cuentan con la información necesaria ya sea porque se extraviaron o sus elementos fueron rediseñados, además que no existe un procedimiento adecuado para archivar las modificaciones de las máquinas e instalaciones, esto genera problemas ya que no se puede analizar de qué manera se están desarrollando los planes y tareas de mantenimiento.

- **Inadecuado plan de mantenimiento preventivo debido a la falta de distribución de las tareas de mantenimiento.**

La inapropiada programación de los planes de mantenimiento existentes y la generación de tareas de mantenimiento para solo evitar que se paralice la producción provoca la ausencia de un sistema de distribución de tareas para los técnicos de mantenimiento, lo cual conlleva a un incumplimiento de todas las tareas por parte de los trabajadores.

Al no existir un procedimiento para archivar las modificaciones en las tareas de mantenimiento provoca la desactualización de los planes de mantenimiento y el inventario de repuestos.

- **Ineficiencia en el procedimiento de adquisición de repuestos.**

Debido a la falta de comunicación entre el departamento de mantenimiento y compras, la adquisición de repuestos no es la adecuada, esto provoca que cuando la máquina de producción se paraliza los trabajadores deben ingeniarse para reparar la máquina con los repuestos que tienen al alcance, incluso creando un repuesto similar hasta que se coordine adecuadamente el servicio de compras

Estos problemas se dan ya que la empresa no cuenta con una base de datos accesible donde se refleje la identificación y el número de artículos o repuestos que tienen en stock, lo que genera que el servicio de aprovisionamiento de repuestos no sea rápido y efectivo.

## CAPÍTULO IV

### 4. APLICAR LA METODOLOGÍA RCM PARA EVALUAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS

#### 4.1 Análisis cualitativo de los equipos de Inpapel Cía. Ltda.

Para realizar el procedimiento de análisis de criticidad se debe llenar la matriz de la tabla 15 donde se evalúa las áreas de impacto.

**Tabla 15.** Matriz de criticidad

<b>Matriz de Criticidad</b>			
Causas de paradas no planeadas			
<b>Área de impacto</b>	<b>A. Riesgo alto</b>	<b>B. Riesgo medio</b>	<b>C. Riesgo bajo</b>
Seguridad y salud (S&S)	Alto riesgo de vidas del personal	Riesgo de vida significativo del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños al personal
	Daños graves en salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
Medio ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrames y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derrames y fugas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
Calidad y productividad (C&P)	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
Producción (P)	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
Operación de equipos			
Tiempos de operación (TO)	24 horas diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente o no es un equipo de producción
Intervalos entre actividades (TMEF)	Menos de 6 meses	En promedio una vez al año	Raramente
Tiempos y costos de mantenimiento o (MT)	Tiempo y/o costos de reparación altos	Tiempo y/o costos de reparación razonables	Tiempo y/o costos de reparación irrelevantes

**Fuente:** CRESPO A, 2007

En la siguiente tabla se muestra el listado de equipos que serán analizados, tomando en cuenta que se escogió solo una máquina por grupo, debido a su tiempo de operación en el proceso productivo.

**Tabla 16.** Listado de equipos para el análisis de criticidad.

Número	Máquina
1	Compresor
2	Cortadora de bobinas
3	Cosedora de cuadernos
4	E.C.H. Will 1
5	E.C.H. Will 3
6	Espiraladora
7	Grapadora manual
8	Guillotina
9	Offset Miehle Roland
10	Perforadora automática
11	Prensa vertical
12	Redondeadora de esquinas
13	Horno Uv

**Fuente:** Autores

**Tabla 17.** Seguridad y salud

Seguridad y salud (S&S)		
Equipo	Criterio	Riesgo
Compresor	Riesgo medio	B
Cortadora de bobinas	Riesgo medio	B
Cosedora de cuadernos	Riesgo medio	B
E.C.H. WILL 1	Riesgo alto	A
E.C.H. WILL 3	Riesgo alto	A
Espiraladora	Riesgo medio	B
Grapadora manual	Riesgo medio	B
Guillotina	Riesgo alto	A
Offset MIEHLE ROLAND	Riesgo alto	A
Perforadora automática	Riesgo medio	B
Prensa vertical	Riesgo bajo	C
Redondeadora de esquinas	Riesgo bajo	C
Horno UV	Riesgo alto	A

**Fuente:** Autores

**Tabla 18.** Medio ambiente

<b>Medio ambiente (MA)</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Criterio</b>	<b>Riesgo</b>
Compresor	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Cortadora de bobinas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Cosedora de cuadernos	Excedente de los límites permitidos	B
E.C.H. WILL 1	Excedente de los límites permitidos	B
E.C.H. WILL 3	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Espiraladora 2	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Grapadora manual	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Guillotina	Excedente de los límites permitidos	B
Offset MIEHLE ROLAND	Excedente de los límites permitidos	B
Perforadora automática	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Prensa vertical	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Redondeadora de esquinas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos	C
Horno UV	Alto excedente de los límites permitidos	A

**Fuente:** Autores

**Tabla 19.** Calidad y productividad

<b>Calidad y productividad (C&amp;P)</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Criterio</b>	<b>Riesgo</b>
Compresor	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
Cortadora de bobinas	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
Cosedora de cuadernos	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
E.C.H. WILL 1	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
E.C.H. WILL 3	Defecto de producción	A
Espiraladora 2	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
Grapadora manual	Sin efectos	C
Guillotina	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
Offset MIEHLE ROLAND	Defecto de producción	A

Tabla 19. (Continuación). Calidad y productividad

Perforadora automática	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	B
Prensa vertical	Sin efectos	C
Redondeadora de esquinas	Sin efectos	C
Horno UV	Defecto de producción	A

Fuente: Autores

Tabla 20. Producción

Producción (P)		
Equipo	Criterio	Riesgo
Compresor	Parada de una parte del proceso	B
Cortadora de bobinas	Parada de una parte del proceso	B
Cosedora de cuadernos	Parada de una parte del proceso	B
E.C.H. WILL 1	Parada de una parte del proceso	B
E.C.H. WILL 3	Parada de una parte del proceso	B
Espiraladora 2	Parada de todo el proceso	A
Grapadora manual	Sin efectos	C
Guillotina	Parada de todo el proceso	A
Offset MIEHLE ROLAND	Parada de todo el proceso	A
Perforadora automática	Parada de una parte del proceso	B
Prensa vertical	Parada de una parte del proceso	B
Redondeadora de esquinas	Sin efectos	C
Horno UV	Parada de todo el proceso	A

Fuente: Autores

Tabla 21. Tiempos de operación

Tiempos de operación (TO)		
Equipo	Criterio	Riesgo
Compresor	Ocasionalmente	C
Cortadora de bobinas	Ocasionalmente	C
Cosedora de cuadernos	24 horas diarias	A
E.C.H. WILL 1	Horas normales de trabajo	B
E.C.H. WILL 3	Horas normales de trabajo	B
Espiraladora 2	Horas normales de trabajo	B
Grapadora manual	Ocasionalmente	C
Guillotina	Horas normales de trabajo	B
Offset MIEHLE ROLAND	Horas normales de trabajo	B
Perforadora automática	Ocasionalmente	C
Prensa vertical	Ocasionalmente	C

Tabla 21. (Continuación). Tiempos de operación

Redondeadora de esquinas	Ocasionalmente	C
Horno UV	Horas normales de trabajo	B

Fuente: Autores

Tabla 22. Intervalos entre actividades

Intervalos entre actividades (TMEF)		
Equipo	Criterio	Riesgo
Compresor	Raramente	C
Cortadora de bobinas	En promedio una vez al año	B
Cosedora de cuadernos	En promedio una vez al año	B
E.C.H. WILL 1	En promedio una vez al año	B
E.C.H. WILL 3	En promedio una vez al año	B
Espiraladora 2	En promedio una vez al año	B
Grapadora manual	Raramente	C
Guillotina	En promedio una vez al año	B
Offset MIEHLE ROLAND	Menos de seis meses	A
Perforadora automática	Raramente	C
Prensa vertical	Raramente	C
Redondeadora de esquinas	Raramente	C
Horno UV	Menos de seis meses	A

Fuente: Autores

Tabla 23. Tiempo y costos de mantenimiento

Tiempos y costos de mantenimiento (MT)		
Equipo	Criterio	Riesgo
Compresor	Tiempo y costos de reparación razonables	B
Cortadora de bobinas	Tiempo y costos de reparación razonables	B
Cosedora de cuadernos	Tiempo y costos de reparación razonables	B
E.C.H. WILL 1	Tiempo y costos de reparación razonables	B
E.C.H. WILL 3	Tiempo y costos de reparación altos	A
Espiraladora 2	Tiempo y costos de reparación irrelevantes	C
Grapadora manual	Tiempo y costos de reparación irrelevantes	C
Guillotina	Tiempo y costos de reparación altos	A
Offset MIEHLE ROLAND	Tiempo y costos de reparación altos	A
Perforadora automática	Tiempo y costos de reparación irrelevantes	C
Prensa vertical	Tiempo y costos de reparación irrelevantes	C

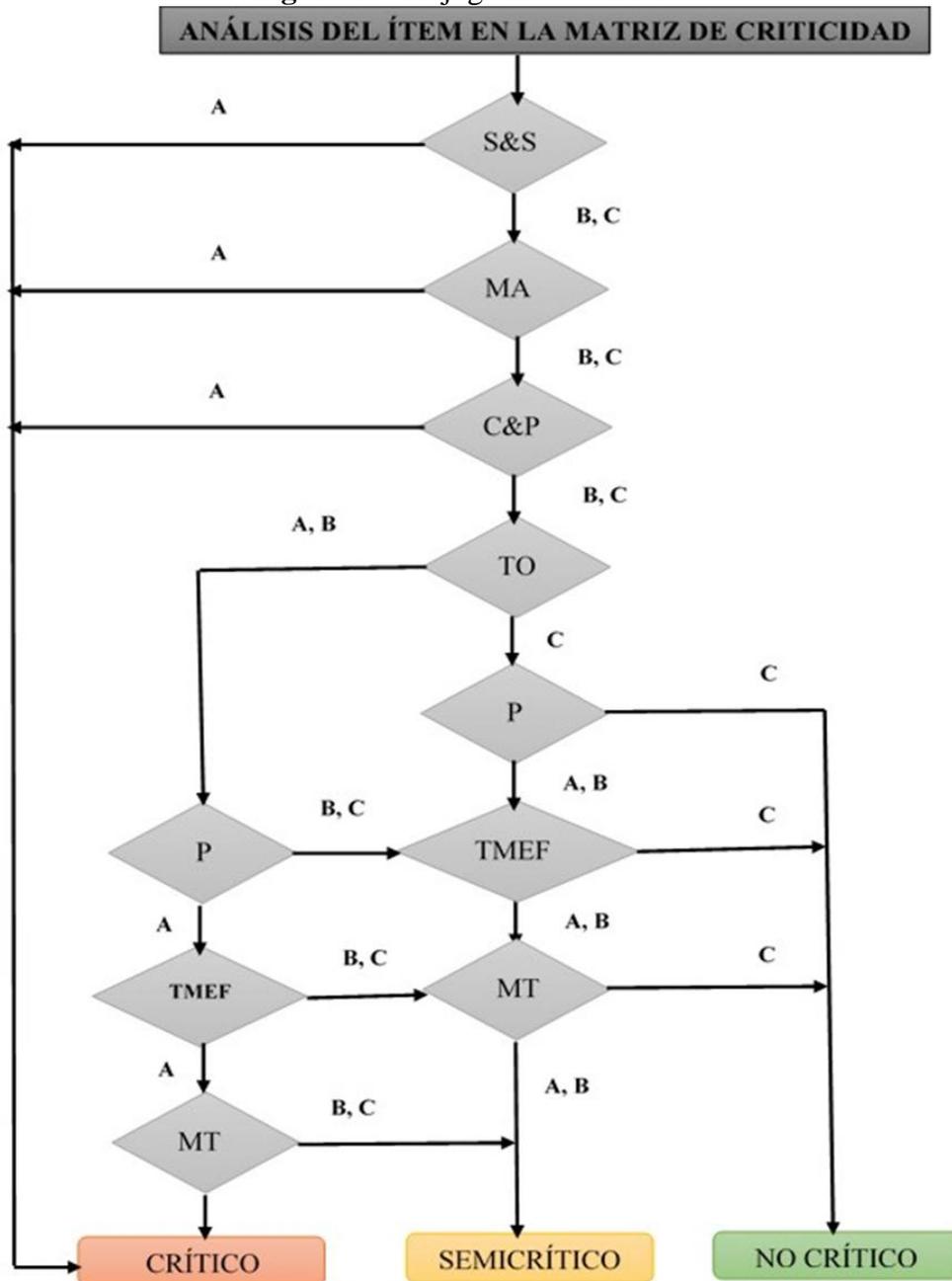
Tabla 23. (Continuación). Tiempo y costos de mantenimiento

Redondeadora de esquinas	Tiempo y costos de reparación irrelevantes	C
Horno UV	Tiempo y costos de reparación altos	A

Fuente: Autores

4.1.1 *Resultados del análisis de criticidad.* según el riesgo de cada área de impacto determinaremos mediante el flujograma la criticidad de cada equipo

Figura 16. Flujograma de criticidad



Fuente: CRESPO A, 2007

En la siguiente tabla se muestra los resultados valorados cualitativamente

**Tabla 24.** Resultados del análisis de criticidad

<b>Equipo</b>	<b>(S&amp;S)</b>	<b>(MA)</b>	<b>(C&amp;P)</b>	<b>(TO)</b>	<b>(P)</b>	<b>(TBF)</b>	<b>(MT)</b>	<b>Criticidad</b>
Compresor	B	C	B	C	B	C	B	No crítico
Cortadora de bobinas	B	C	B	C	B	B	B	Semicrítico
Cosedora de cuadernos	B	B	B	A	B	B	B	Semicrítico
E.C.H. WILL 1	A	B	B	B	B	B	B	Crítico
E.C.H. WILL 3	A	C	A	B	B	B	A	Crítico
Espiraladora 2	B	C	B	B	A	B	C	No crítico
Grapadora manual	B	C	C	C	C	C	C	No crítico
Guillotina	A	B	B	B	A	B	A	Crítico
Offset MIEHLE ROLAND	A	B	A	B	A	A	A	Crítico
Perforadora automática	B	C	B	C	B	C	C	No crítico
Prensa vertical	C	C	C	C	B	C	C	No crítico
Redondeadora de esquinas	C	C	C	C	C	C	C	No crítico
Horno UV	A	A	A	B	A	A	A	Crítico

**Fuente:** Autores

#### 4.1.2 Fichas técnicas de los equipos críticos

- Ficha técnica de la máquina E.C.H. Will 1

La función principal de esta máquina es rayar el papel para la elaboración de cuadernos, esto lo realiza a través de cireles o más conocidas como mangas, el cual consiste en un caucho de impresión en el que se encuentra grabado el diseño.

**Tabla 25. E.C.H. WILL 1**

		<b>FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA</b>			
<b>MÁQUINA - EQUIPO:</b>		<b>E.C.H. WILL 1</b>			
<b>CÓDIGO:</b>		<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	1977		
<b>Nº DE SERIE</b>	7200	<b>MARCA:</b>			
<b>PAIS DE ORIGEN</b>	ALEMANIA	<b>ALIMENTACIÓN:</b>	220 V		
<b>ACOMETIDA</b>	AL DISYUNTOR DE 100 A DEL TABLERO PRINCIPAL				
CARACTERISTICAS GENERALES					
PLANOS			PUESTA A TIERRA		
<b>ELÉCTRICO</b>	X	<b>MECÁNICO</b>	X	<b>SI</b>	NO
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO		
<b>BRAUMULLER NURNBERG</b>					
<b>Δ / Y</b>	220V / 380V	220V / 380V			
<b>AMP</b>	0,8 / 0,46 A	1,9 / 1.1 A			
<b>POT</b>	0,06 KW	0,2 / 0.35 KW			
<b>TIPO</b>	ODF 8-4A	ODF 11-4A			
<b>FREC</b>	60 Hz	60 Hz			
<b>REV / MIN</b>	1380	1500 / 1800			
<b>ASEA</b>			<b>FUNCIÓN</b>		
<b>Δ / Y</b>	220 / 440V				
<b>AMPERAJE</b>	25 / 13 A				
<b>POTENCIA</b>	7.5 hp				
<b>FREC</b>	60Hz				
<b>REV / MIN</b>	3490				
<b>PRESSURG</b>			Rayar el papel para cuadernos		
<b>TIPO DVT</b>	280				
<b>C.F.M</b>	56,4				
<b>POTENCIA</b>	4.8 HP				
<b>PRESIÓN MAX.</b>	8.5 PSI				
<b>REV / MIN</b>	1700				
<b>REVISAR:</b>		<b>APRUEBA:</b>			

**Fuente:** Autores.

- Ficha técnica de la máquina E.C.H. WILL 3

La función principal de esta máquina es rayar el papel para la producción de hojas perforadas, estas pueden ser una línea, dos líneas, cuatro líneas y cuadros.

**Tabla 26. E.C.H. WILL 3**

		<b>FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA</b>			
<b>MÁQUINA - EQUIPO:</b>		E.C.H. WILL 3			
<b>CÓDIGO:</b>				<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	
<b>N° DE SERIE</b>		M21K-5		<b>MARCA:</b>	
<b>PAIS DE ORIGEN</b>		CHILE		<b>ALIMENTACIÓN:</b> 220 V	
<b>ACOMETIDA</b>		DISYUNTOR 60 <sup>a</sup>			
CARACTERISTICAS GENERALES					
PLANOS			PUESTA A TIERRA		
<b>ELÉCTRICO</b>	X	<b>MECÁNICO</b>	X	SI	NO
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO		
BRAUMULLER NURNBERG					
<b>Δ / Y</b>	220V / 380V	220V / 380V			
<b>AMPERAJE</b>	0,8 / 0,46 A	1,73 / 1 A			
<b>POTENCIA</b>	0,06 kW	0,2 kW			
<b>TIPO</b>	ODF 8-4A	ODF 11-4A			
<b>FREC</b>	60 Hz	60 Hz			
<b>REV / MIN</b>	1380	1500			
ASEA					
<b>Δ / Y</b>	220V				
<b>AMPERAJE</b>	30-53,6A				
<b>POTENCIA</b>	1,4-14,5kW				
<b>TIPO VDN</b>	180244				
<b>FREC</b>	60Hz				
<b>REV / MIN</b>	230-2300				
PRESSURG			FUNCIÓN		
<b>TIPO cl</b>	280		Rayar el papel		
<b>M3/h</b>	40				
<b>POTENCIA</b>	1,5 kW				
<b>PRESIÓN MAX.</b>	0.6				
<b>REV / MIN</b>	1400				
<b>REVISAR:</b>			<b>APRUEBA:</b>		

**Fuente:** Autores

- Ficha técnica de la Guillotina

En la industria moderna del papel, se utilizan grandes máquinas para cortar bobinas de papel o materiales similares las cuales cuentan con escuadras para la colocación exacta del papel además posee mandos automáticos para la ejecución de cortes sucesivos en la misma porción de papel. Estas máquinas operan mediante un dispositivo de corte donde las hojas se desplazan de forma vertical, en sentido ascendente y descendente.

**Tabla 27.** Guillotina

		<b>FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA</b>			
<b>MÁQUINA - EQUIPO:</b>		<b>GUILLOTINA</b>			
<b>CÓDIGO:</b>		<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>			
<b>N° DE SERIE</b>		29419	<b>MARCA:</b>		CHALLENGE
<b>PAIS DE ORIGEN</b>		U.S.A	<b>ALIMENTACIÓN:</b>		220V
<b>ACOMETIDA</b>					
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>					
<b>PLANOS</b>			<b>PUESTA A TIERRA</b>		
<b>ELÉCTRICO</b>		<b>MECÁNICO</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>			<b>FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO</b>		
<b>SIEMENS</b>		<b>CENTURY</b>			
<b>YY / Y</b>	220 / 440 V				
<b>AMPERAJE</b>	1.9/0.95 <sup>a</sup>	<b>TIPO</b>	SC		
<b>POTENCIA</b>	0.5 / 0.37 kW	<b>CICLES</b>	60		
<b>FREC</b>	60Hz	<b>POTENCIA</b>	7.5 HP		
<b>REV / MIN</b>	1580	<b>R.P.M.</b>	1750		
<b>FUNCIÓN</b>					
<b>CORTAR CUADERNOS</b>					
<b>REVISAR:</b>				<b>APRUEBA:</b>	

**Fuente:** Autores

- Ficha técnica de la máquina Offset GTO - 46

El sistema de impresión offset es el método industrial de reproducción de imágenes y textos más usado en la actualidad. En la empresa es comúnmente usado para la impresión de grandes cantidades de tapas y contratapas para la producción de cuadernos ya que genera un acabado de calidad a un bajo costo.

**Tabla 28.** Offset GTO - 46

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA							
MÁQUINA - EQUIPO:		OFFSET GTO- 46					
CÓDIGO:		AÑO DE FABRICACIÓN:					
N° DE SERIE		668854	MARCA:		HEIDELBERG		
PAIS DE ORIGEN		ALEMANIA	ALIMENTACIÓN:		220 V		
ACOMETIDA		TABLERO PRINCIPAL DISYUNTOR 20 A					
CARACTERISTICAS GENERALES							
PLANOS				PUESTA A TIERRA			
ELÉCTRICO		MECÁNICO		SI	X	NO	
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO				
BAUKNECHT							
/ Y	220V / 380V						
AMPERAJE	6.3 / 8.7 A						
POTENCIA	1.5 kW						
COS	0,81						
FRECUENCIA	60 Hz						
REV / MIN	1420						
FUNCIÓN							
IMPRIME HORARIOS, PAPEL BRILLANTE Y OTROS							
REVISAR:				APRUEBA:			

**Fuente:** Autores

- Ficha técnica del Horno UV

Un horno UV generalmente lleva de 4 a 7 lámparas, todas independientes una de la otra las cuales generan un nivel de radiación adecuado. Es usado para el curado o secado de tintas por medio de luz ultravioleta, esto se realiza por la exposición directa de las tintas a la radiación originando un secado instantáneo ayudando a reducir drásticamente los tiempos de horneado y eliminando la evaporación de contaminantes, a este proceso químico se lo denomina polimerización.

**Tabla 29. Horno UV**

		<b>FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA</b>					
MÁQUINA - EQUIPO:		HORNO UV					
CÓDIGO:		AÑO DE FABRICACIÓN:					
N° DE SERIE		MARCA:					
PAIS DE ORIGEN		ARGENTINA		ALIMENTACIÓN:			
ACOMETIDA		DISYUNTOR DE 60 A DEL SECTOR 4					
CARACTERISTICAS GENERALES							
PLANOS				PUESTA A TIERRA			
ELÉCTRICO		MECÁNICO		SI	X	NO	
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
4 LAMPARAS DE QUARZO 200 - 500 W C/U 1 LAMPARA UV DE CASQUILLO 5000W TRANSFORMADOR CONMUTABLE TRIFASICO 220 - 450 V TRANSFORMADOR DE ALTO VOLTAJE 1000 VATIOS CAPACITOR 40 Uf 300 VAC							
FUNCIÓN							
DAR UN ACABADO SUPERFICIAL EN LOS CUADERNOS							
REVISA:				APRUEBA:			

**Fuente:** Autores

Luego de haber desarrollado un análisis de criticidad se procederá a realizar el estudio de RCM a las máquinas más críticas, para lo cual se dará respuesta a las 7 preguntas básicas que se encuentran planteadas en el apartado 2.4.1

La primera pregunta del RCM se encuentra contestada en el apartado anterior a través de las fichas técnicas en la que se dio una breve descripción de la función de cada máquina, donde éstas operan 8 horas al día y 5 días a la semana, en cuanto a seguridad se debe leer el manual de operación de cada máquina para realizar el correcto uso de las mismas, además se debe tomar en cuenta el uso y eliminación de productos de limpieza y lubricación de la máquina que representa un riesgo para el medio ambiente.

Para dar respuesta a la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta pregunta se desarrolló la hoja de información de RCM la que se mostrara detalladamente en la tabla 30, donde se mencionarán las siguientes:

- Fallas funcionales las que ocurren cuando el activo no puede cumplir la función de acuerdo los parámetros establecidos por el usuario.
- Modos de falla detecta las causas de la falla o una posible manera en la que un sistema puede fallar.
- En los efectos de falla se analiza que sucede cuando ocurre una falla.
- Consecuencia de las fallas se muestra en qué modo afecta a la organización.
- Acciones propuestas, luego de conocer las consecuencias de cada falla se puede determinar si vale la pena prevenirla o si se justifica alguna clase de intervención periódica para evitarla.

Para responder a la séptima pregunta del RCM se realizó con la ayuda de la hoja de decisión.

Lo mencionado anteriormente nos servirá para elaborar el plan de mantenimiento basado en RCM.

4.2 Hoja de información de RCM

Tabla 30. Hoja de información RCM

HOJA DE INFORMACION RCM									
Equipo		Función		Fallas funcionales		Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencias	Acciones propuestas
E.C.H WILL 1	1	Realiza el rayado de las hojas en los cuadernos	A	Pérdida de movimiento	1	Rotura de la banda de transmisión	Sobre esfuerzo de la banda	Operacional	Revisar los rodillos tensores de bandas
									Determinar el temple adecuado de acuerdo a su tiempo de trabajo
							Desgaste		Cambio de bandas
			B	Producción de baja calidad	1	No realiza el corte adecuado	Desgaste de la cuchilla	Operacional	Afilado de cuchillas en función a la frecuencia de trabajo
									Calibrar el tiempo de corte de la cuchilla
					2	Imperfecciones en el rayado	Atascamiento del producto		Calibrar la presión entre el rodillo de tinta y la manga
								Calibrar el sensor contador de hojas	

Tabla 30. (Continuación). Hoja de información RCM

<b>GUILLOTINA</b>	2		A	Incapaz de realizar el corte adecuado	1	Sobrecarga de materia prima	Sobre esfuerzo de la cuchilla	Operacional	Afilado de cuchilla
							Disminución en la fuerza de corte		Cambio de cuchilla
					2	Exceso de fuerza en el empujador	Descuadre de los topes		Lubricar la guía porta cuchillas
							Alineación de topes		
		B	Incapaz de proveer movimiento	1	Falta de lubricación en la cadena de transmisión	Guías se atascan	Operacional	Engrasar la cadena de transmisión	
<b>IMPRESORA OFFSET</b>	3	Impresión de grandes cantidades de tapas y contratapas para la producción de cuadernos	A	Defectos de impresión	1	El papel se adhiere a la manga	Atascamiento del papel	Operacional	Reparación de manga
					2	Taponamiento de succionadores	Insuficiente presión de succión		Verificar que las ventosas de goma estén limpias y en buenas condiciones
					3	Derrame de tinta	Exceso de tinta en los rodillos entintadores		Limpieza de rodillos de tinta y placas
					4	Desalineación en los rodillos	Falta de uniformidad en la impresión		Alineación de los rodillos

Tabla 30. (Continuación). Hoja de información RCM

			B	Ausencia de movimiento	1	Correas se giran o se salen	Vibración excesiva en el sistema de transmisión	Operacional	Verificar el tensado de las bandas Cambio de bandas
TUNEL UV	4	Usado para el curado o secado de tintas por medio de luz ultravioleta para dar un mejor acabado	A	Bajo rendimiento de las lámparas	1	Deformidad en las lámparas	Secado inadecuado	Operacional	Revisar que las lámparas no estén curvas
					2	Trizado de lámparas			Limpiar las lámparas
					3	Boquillas defectuosas			Revisar el estado de las boquillas
		B	Disminución en la calidad del producto	1	Obstrucción de los conductos	Insuficiente barniz en el acabado superficial	Operacional	Limpeza de los conductos de barniz	

Fuente: Autores

4.3 Hoja de decisión RCM

Tabla 31. Hoja de decisión RCM

HOJA DE DECISION RCM															
Referencia de información			evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1 N1	O2 N2	O3 N3						
1	A	1	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Revisar los rodillos tensores de bandas	Semanal	Operario
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Determinar el temple adecuado de la banda de acuerdo a su tiempo de trabajo	Mensual	Operario
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Cambio de bandas	Annual	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Afilado de cuchillas en función a la frecuencia de trabajo	Mensual	Mecánico
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Calibrar el tiempo de corte de la cuchilla	Mensual	Mecánico
		2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Calibrar la presión entre el rodillo de tinta y la manga	Semanal	Mecánico
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Calibrar el sensor contador de hojas	Semanal	Mecánico
2	A	1	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	Afilado de cuchilla	Mensual	Mecánico
			S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	Cambio de cuchilla	Semestral	Operario
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Lubricar la guía porta cuchillas	Mensual	Operario

Tabla 31. (Continuación). Hoja de decisión RCM

2	A	2	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Alineación de topes	Mensual	Mecánico
	B	1	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Engrasar la cadena de transmisión	Semanal	Operario
3	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Reparación de manga	Trimestral	Mecánico
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar que las ventosas de goma estén limpias y en buenas condiciones	Semanal	Operario
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Limpieza de rodillos de tinta y placas	Semanal	Operario
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Alineación de los rodillos	Semanal	Mecánico
	B	1	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Verificar el tensado de las bandas	Mensual	Operario
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Cambio de bandas	Semestral	Mecánico
4	A	1	S	S			S	-	-	-	-	-	Revisar que las lámparas no estén curvas	Semanal	Operario
			S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Limpiar las lámparas	Semanal	Operario
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar el estado de las boquillas	Mensual	Operario
	B	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Limpieza de los conductos de barniz	Semanal	Operario

Fuente: Autores

#### 4.4 Plan de mantenimiento de los equipos críticos de Inpapel Cía. Ltda.

En el anexo L se observa con detalle el plan de mantenimiento propuesto para la empresa.

**Tabla 32.** Plan inicial de mantenimiento

<b>PLAN INICIAL DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>		FANNY GUANGA - YESENIA MEDINA	
<b>Máquina</b>	<b>Tarea propuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b>E.C.H WILL</b>	Revisar los rodillos tensores de bandas	Semanal	Operario
	Determinar el temple adecuado de la banda de acuerdo a su tiempo de trabajo	Mensual	Operario
	Cambio de bandas	Anual	Mecánico
	Afilado de cuchillas en función a la frecuencia de trabajo	Mensual	Mecánico
	Calibrar el tiempo de corte de la cuchilla	Mensual	Mecánico
	Calibrar la presión entre el rodillo de tinta y la manga	Semanal	Mecánico
	Calibrar el sensor contador de hojas	Semanal	Mecánico
<b>GUILLOTINA</b>	Afilado de cuchilla	Mensual	Especialista
	Cambio de cuchilla	Semestral	Operario
	Lubricar la guía porta cuchillas	Mensual	Operario
	Alineación de topes	Mensual	Mecánico
	Engrasar la cadena de transmisión	Semanal	Operario
<b>IMPRESORA OFFSET</b>	Reparación de manga	Trimestral	Mecánico
	Verificar que las ventosas de goma estén limpias y en buenas condiciones	Semanal	Operario
	Limpieza de rodillos de tinta y placas	Semanal	Operario
	Verificar el tensado de las bandas	Mensual	Operario
	Cambio de bandas	Semestral	Mecánico
	Revisar que las lámparas no estén curvas	Semanal	Operario
<b>HORNO UV</b>	Limpiar las lámparas	Semanal	Operario
	Revisar el estado de las boquillas	Mensual	Operario
	Limpieza de los conductos de barniz	Semanal	Operario

**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO V

### 5. PROPUESTA ALTERNATIVA

#### 5.1 Recomendación de mejoras para el sistema de gestión de mantenimiento

Una vez realizada la evaluación al departamento de mantenimiento, se pudo determinar los factores que afectan al sistema de gestión, encontrando deficiencias en la forma de administrar el mantenimiento por lo que se recomendarán mejoras para la optimización del mismo.

#### 5.2 Gestión de los recursos humanos

5.2.1 *Visión.* Es necesario establecer una visión para el departamento de mantenimiento que permita tener un método de trabajo con una cultura sustentable en el tiempo ya que sin ésta habría un incremento en los costos de funcionamiento con niveles elevados de accidentabilidad debido a la falta de control en los equipos, para lo cual se propone la siguiente:

*“El departamento de mantenimiento de Inpapel Cía. Ltda. se compromete en brindar un servicio de calidad, tomando en cuenta estrategias y actividades que permitan operar las máquinas de una forma segura y amigable con el medio ambiente, satisfaciendo las expectativas de los clientes internos”*

5.2.2 *Misión.* Una vez propuesta la visión del departamento de mantenimiento, es indispensable proponer la misión que es la razón de ser de la empresa y define lo que se deberá hacer para cumplir con la visión.

*“Incrementar permanentemente la calidad de la planificación de las tareas, estableciendo un control en cada uno de los factores de mantenimiento por medio de las mejores prácticas, a fin de satisfacer las necesidades del proceso de producción.”*

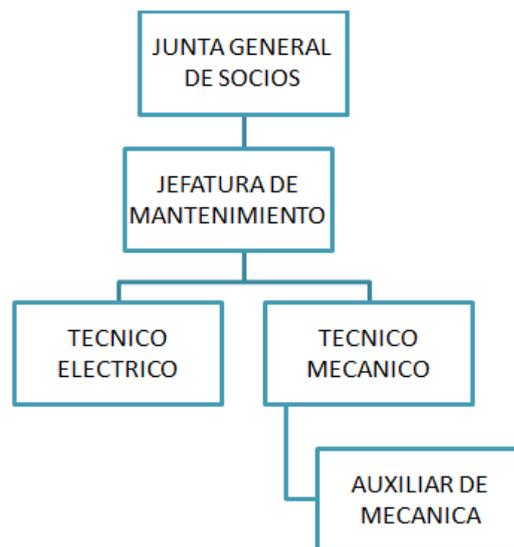
5.2.3 *Objetivos.* El departamento de mantenimiento debe establecer los objetivos

para garantizar el buen desempeño del mismo.

- Asegurar el buen funcionamiento de las instalaciones y máquinas.
- Evitar el envejecimiento prematuro de las máquinas.
- Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de las instalaciones y máquinas con el menor costo posible.
- Satisfacer los requisitos de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de medio ambiente y seguridad.
- Incrementar la productividad y eficiencia.

5.2.4 *Organigrama del departamento de mantenimiento.* Es necesario establecer un organigrama del departamento, el que sirve para analizar su estructura

**Figura 17.** Organigrama del departamento de mantenimiento



**Fuente:** Autores

5.2.5 *Hojas de detalle de funciones.* Las hojas de detalle de funciones es un documento de gestión institucional que contiene información sobre las actividades referentes a las tareas y responsabilidades asignadas a cada puesto de trabajo. Este documento se elabora

con la finalidad de ser una guía al momento de tomar decisiones para realizar la contratación del personal.

El objetivo principal es guiar las actividades y responsabilidades asignadas a cada puesto de trabajo, este sirve como instrumento de apoyo el cual es puesto a consideración de toda la organización para que los niveles: ejecutivo, administrativo y operativo conozcan cada una de sus responsabilidades, para que de esta forma puedan identificar claramente las líneas de comunicación.

**Tabla 33.** Hoja de detalle de funciones del jefe de mantenimiento

	<b>MANUAL ORGANICO FUNCIONAL</b>	ELABORA: APRUEBA:
	<b>HOJA DE DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b>	
<p><b>1. TÍTULO DE PUESTO</b></p> <p>Jefe de mantenimiento</p> <p><b>2. NATURALEZA DEL TRABAJO</b></p> <p>Controlar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparaciones dentro de la empresa, organizando y supervisando los trabajos del personal a su cargo, para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas.</p> <p><b>3. DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifica las actividades del personal a su cargo.</li> <li>• Asigna las actividades, supervisa y controla el personal a su cargo.</li> <li>• Supervisa el mantenimiento de las instalaciones.</li> <li>• Ordena y supervisa la reparación de equipos.</li> <li>• Determina el tiempo y los materiales necesarios para realizar las tareas de mantenimiento y reparaciones.</li> <li>• Elabora órdenes de pedidos de materiales y repuestos.</li> <li>• Facilita al personal los materiales necesarios para realizar las tareas asignadas.</li> </ul>		

Tabla 33. (Continuación). Hoja de detalle de funciones del Jefe de Mantenimiento

- Realiza inspecciones de las instalaciones para detección de fallas y recomendar las reparaciones adecuadas
- Planifica, organiza y controla el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y sistemas eléctricos y/o mecánicos.
- Controla las actividades de mantenimiento y las reparaciones realizadas.
- Inspecciona el progreso, calidad y cantidad de trabajos realizados.
- Detecta dificultades o problemas que se presenten durante la ejecución de las tareas y toma la mejor solución.
- Gestiona las requisiciones de materiales de mantenimiento y reparaciones.
- Estima el costo de las reparaciones.
- Prepara órdenes de trabajo.
- Capacita al personal a su cargo sobre los trabajos a realizar.
- Constantemente elabora informes de las actividades realizadas.
- Realiza cualquier tarea afín a su cargo que le sea asignada.

#### **4. CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO**

Se caracteriza por tener un alto conocimiento en organización del mantenimiento, además del conocimiento técnico en máquinas y todo lo relacionado al manejo de herramientas

#### **5. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIBLES**

Estudios: Ingeniería de Mantenimiento o carreras afines.

Experiencia: 2 años en trabajos similares

#### **6. RESPONSABILIDAD DEL SUPERIOR**

Es responsabilidad del gerente general supervisar las actividades realizadas por el Jefe de Mantenimiento

**Fuente:** Autores

**Tabla 34.** Hoja de detalle de funciones del técnico eléctrico

	<b>MANUAL ORGANICO FUNCIONAL</b>	ELABORA:
	<b>HOJA DE DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b>	APRUEBA:
<b>1. TÍTULO DE PUESTO</b> Técnico eléctrico		
<b>2. NATURALEZA DEL TRABAJO</b> Ejecutar las rutinas de mantenimiento eléctrico a las máquinas e instalaciones de la empresa.		
<b>3. DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Establecer los procedimientos a seguir para el correcto desempeño de las tareas encomendadas.</li><li>• Efectuar los trabajos de mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo</li><li>• Retirar de bodega la lista de materiales y herramientas que se va a utilizar en un determinado trabajo.</li><li>• Realizar el informe de los trabajos realizados el que debe tener los procedimientos, resultados y contratiempos que hubieren ocurrido, para luego entregarlo al jefe de mantenimiento.</li><li>• Atender emergencias suscitadas en el área de producción.</li></ul>		
<b>4. CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO</b> Se caracteriza por tener un alto conocimiento técnico en máquinas y todo lo relacionado con el manejo de herramientas		
<b>5. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIBLES</b> Estudios: Estudios de Bachillerato Técnico en Electricidad o Electromecánica, Experiencia: 2 años en trabajos similares		
<b>6. RESPONSABILIDAD DEL SUPERIOR</b> Es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento recibir los informes de las actividades realizadas por parte del Técnico, como también supervisar el trabajo realizado por el mismo.		

**Fuente:** Autores

**Tabla 35.** Hoja de detalle de funciones del técnico mecánico

	<b>MANUAL ORGANICO FUNCIONAL</b>	ELABORA: APRUEBA:
	<b>HOJA DE DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b>	
<p><b>1. TÍTULO DE PUESTO</b></p> <p>Técnico mecánico</p> <p><b>2. NATURALEZA DEL TRABAJO</b></p> <p>Mantener en condiciones operativas las máquinas que lo requieran, ejecutando actividades de reparación y mantenimiento, a fin de garantizar el buen funcionamiento de los mismos.</p> <p><b>3. DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportar al jefe de mantenimiento las posibles fallas en las máquinas que pudieran provocar paros de producción</li> <li>• Establecer los procedimientos a seguir para el correcto desempeño de las tareas encomendadas.</li> <li>• Efectuar los trabajos de mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo</li> <li>• Retirar de bodega la lista de materiales y herramientas que se va a utilizar en un determinado trabajo.</li> <li>• Realizar el informe de los trabajos realizados el que debe tener los procedimientos, resultados y contratiempos que hubieren ocurrido, para luego entregarlo al jefe de mantenimiento.</li> <li>• Atender emergencias suscitadas en el área de producción.</li> </ul> <p><b>4. CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO</b></p> <p>Se caracteriza por tener conocimiento en manejo de planes de mantenimiento para ejecutar dichos planes.</p> <p><b>5. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIBLES</b></p> <p>Estudios: Estudios de Bachillerato Técnico en Mecánica o electromecánica. Experiencia: 2 años en trabajos similares</p> <p><b>6. RESPONSABILIDAD DEL SUPERIOR</b></p> <p>Es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento recibir los informes de las actividades realizadas por parte del Técnico, como también supervisar el trabajo realizado por el mismo.</p>		

**Fuente:** Autores

**Tabla 36.** Hoja de detalle de funciones del auxiliar de mecánica

	<b>MANUAL ORGANICO FUNCIONAL</b>	ELABORA:
	<b>HOJA DE DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b>	APRUEBA:
<p><b>1. TÍTULO DE PUESTO</b></p> <p>Auxiliar de mecánica</p> <p><b>2. NATURALEZA DEL TRABAJO</b></p> <p>Junto con el técnico mecánico mantener en condiciones operativas las máquinas.</p> <p><b>3. DETALLE DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los procedimientos a seguir para el correcto desempeño de las tareas encomendadas.</li> <li>• Repara o sustituye elementos o partes defectuosas de máquinas y equipos.</li> <li>• Efectúa ajustes y verifica el resultado de trabajos realizados.</li> <li>• Realiza inspecciones de máquinas y equipos, así como mediciones y registro de resultados</li> </ul> <p><b>4. CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO</b></p> <p>Se caracteriza por tener conocimiento técnico en máquinas.</p> <p><b>5. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIBLES</b></p> <p>Estudios: Estudios de Bachillerato, Técnico en Mecánica, Electricidad o Electromecánica, o carrera afín al cargo, sexto grado o experiencia mínima de un año en puestos similares.</p> <p>Conocimientos especiales: Electricidad, mecánica y manejo de herramientas.</p> <p>Habilidades especiales: Trabajo en equipo, destreza manual y física</p> <p><b>6. RESPONSABILIDAD DEL SUPERIOR</b></p> <p>Es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento recibir los informes de las actividades realizadas por parte del Técnico, como también supervisar el trabajo realizado por el mismo.</p>		

**Fuente:** Autores

### 5.3 Gestión de la documentación

Para mejorar el sistema de gestión, se recomienda llevar un adecuado registro, para lo cual se ha creado modelos de documentos que ayudaran en la gestión del mantenimiento como son:

- Órdenes de trabajo
- Reportes de ejecución de trabajos de mantenimiento
- Registro de actividades de mantenimiento
- Ficha técnica de maquinaria
- Ficha de control de órdenes de trabajo
- Fichas de solicitud de compra de repuestos y accesorios
- Ficha de control de paros
- Ficha de reporte mensual de mantenimiento correctivo

Con el manejo de estos documentos se beneficiará a la empresa y a los técnicos ya que la documentación y la organización serán llevadas de mejor manera, también servirá de gran ayuda en la generación de órdenes de trabajo, solicitudes, además permitirá al personal llevar los historiales de fallos, registro de repuestos, codificación e identificación de las máquinas logrando con esto el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo.

5.3.1 *Personal encargado de las tareas de mantenimiento.* los encargados de la realización de las tareas de mantenimiento son los técnicos de la empresa, quienes tienen la responsabilidad de garantizar el buen funcionamiento de las máquinas para que estas no presenten fallas o cualquier tipo de inconveniente. La supervisión del trabajo realizado por los técnicos debe ser por el jefe de mantenimiento para de esta manera garantizar la calidad del mismo y que sean realizados de forma segura sin atentar con la vida y la salud de los técnicos.

5.3.2 *Ordenes de trabajo.* deben ser generadas de acuerdo a las rutinas de mantenimiento preventivo, estas también pueden generadas a consecuencia de fallas o averías que presente la máquina. la mayor utilidad para el jefe de mantenimiento es que puede definir la fecha y hora de ejecución más conveniente para no interferir con la producción.

**Tabla 37.** Orden de trabajo

<b>ÓRDEN DE TRABAJO</b>			
INPAPEL PATRIA. CIA. LTDA			
Departamento de mantenimiento			
Orden de trabajo n°:			
Prioridad	Preventivo	Correctivo	Emergencia
Nombre de mecánico	Máquina a trabajar	Código n°	
Fecha de orden		Hora de realización	
Trabajo a efectuar:			
Repuestos utilizados (observaciones):			
Pendiente por: FT/FP/FM/E/FH		FT: falta de tiempo - FP falta de personal- FM: falta de material - E: por atender emergencia - FH: falta de herramienta	
F. Mecánico	F. Jefe de mantenimiento		

**Fuente:** Autores

5.3.3 *Reportes de ejecución de trabajos de mantenimiento.* Luego de realizar el trabajo asignado por medio de una orden de trabajo será necesario que el responsable reporte los pormenores de la ejecución del trabajo.

**Tabla 38.** Reporte de ejecución de trabajos de mantenimiento

<b>REPORTE DE EJECUCION DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO</b>			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
Reporte n°			
Tipo de reporte de mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Otro
Fecha	Hora de inicio	Hora de finalización	
Máquina:			
Motivo del reporte			
Planificado		No planificado	
Ampliación del motivo			
Daños existentes	Reparados		Motivo
	Si	No	
Causa de los daños :			
Descripción del mantenimiento realizado:			
Repuestos utilizados:			
F. Mecánico	F. Jefe de mantenimiento		

**Fuente:** Autores



5.3.5 *Ficha técnica.* Contiene información que identifica a la máquina donde se registra la placa de datos

**Tabla 39.** Ficha técnica.

		<b>FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA</b> INPAPEL PATRIA CIA. LTDA.					
Máquina - equipo:							
Código:				Año de fabricación:			
N° de serie				Marca:			
País de origen				Alimentación:			
Acometida							
Características generales							
Planos				Puesta a tierra			
Eléctrico				Mecánico			
				Si			
						No	
Características técnicas				Foto de la máquina-equipo			
Función							
Revisa:				Aprueba:			

**Fuente:** Autores

5.3.6 *Ficha de control de órdenes de trabajo.* Este documento nos permite tener todas las órdenes de trabajo en una sola hoja, para tener un control adecuado de las mismas.

**Tabla 40.** Ficha de control de órdenes de trabajo

<b>FICHA DE CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO</b>				
INPAPEL PATRIA CIA. LTDA				
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
N° de ficha				
Orden n°	Máquina	Código	Fecha de trabajo	Mecánico
Observaciones :				
Fecha: (dd/mm/aa)				
Firma Jefe de Mantenimiento				

**Fuente:** Autores

5.3.7 *Ficha de requisición de repuestos y accesorios.* Este documento funciona como una solicitud de compra de repuestos

**Tabla 41.** Ficha de requisición de repuestos y accesorios

<b>FICHA DE REQUISICION DE REPUESTOS Y ACCESORIOS</b>				
INPAPEL PATRIA CIA. LTDA				
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
N° de requisición				
Repuesto	Código	Cantidad	Donde se utilizará	
Observaciones :				
Mecánico que solicita:				
Fecha de solicitud:				



contribuye al mejoramiento continuo de los programas de mantenimiento preventivo tomando en cuenta que si una falla es muy frecuente se pueden tomar acciones preventivas.

**Tabla 43.** Ficha de reporte mensual de mantenimiento correctivo

<b>FICHA DE REPORTE MENSUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>			
INPAPEL PATRIA CIA. LTDA			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
Máquina			
Nombre de quien reporta			Firma
Fecha	Motivo de paro	Duración	Observaciones

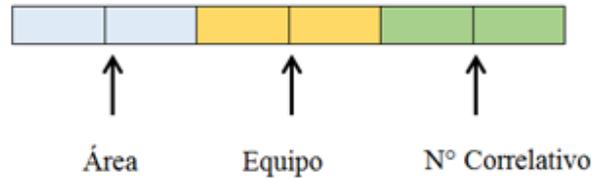
**Fuente:** Autores

## 5.4 Gestión de los equipos

5.4.1 *Inventario de equipos con su respectiva codificación.* Luego de haber elaborado una lista de los equipos es necesario identificar a cada uno de los equipos con un código único para facilitar su localización o tener como referencia en los documentos de gestión.

El modelo de codificación de equipos se define de acuerdo a la siguiente estructura que fue tomada de libro “ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO” del autor SANTIAGO GARCÍA.

**Figura 18.** Modelo de codificación de equipos.



Fuente: GARCIA S, 2010

**Tabla 44.** Codificación de la maquinaria de la institución

Código	Máquina
AP-CO-01	Compresor Schuz
AP-CO-02	Compresor Stenhoj
AP-CB-01	Cortadora de bobinas
AP-CC-01	Cosedora de cuadernos
AP-CC-02	Cosedora de cuadernos
AP-WI-01	E.C.H. Will 1
AP-WI-02	E.C.H. Will 2
AP-WI-03	E.C.H. Will 3
AP-ES-01	Espiraladora
AP-FA-01	Formadora y cerradora de anillos
AP-GM-02	Grapadora manual Brehmer
AP-GU-01	Guillotina Challenge
AP-GU-02	Guillotina Wohlenberg Hannover
AP- GU -03	Guillotina Lawson Pacemaker II
AP- GU -04	Guillotina Polar Mohr
AP- GU -05	Guillotina Wohlenberg
AP- GU -06	Guillotina Krause
AP-OF-01	Impresora Offset
AP-IA-01	Insertadora de alambre
AP-OF-02	Offset Miehle Roland
AP-OF-03	Offset Roland Rekord
AP-PE-01	Perforadora automática
AP-PE-02	Perforadora automática
AP-PE-03	Perforadora de hojas
AP-PE-04	Perforadora manual
AP-PV-01	Prensa vertical
AP-RE-01	Redondeadora de esquinas
AP-RE-02	Redondeadora de esquinas
AP-RE-03	Redondeadora de puntas
AP-UV-01	Horno UV

**Fuente:** Archivo Institucional, 2016

5.4.2 *Propuesta de un informe de evaluación técnica.* El documento en el que se recoge toda la actividad relacionada con la evaluación es el Informe de Evaluación, en el que se explica toda la documentación analizada, las inspecciones sensoriales efectuadas, las entrevistas, las pruebas llevadas a cabo en campo, la recolección de datos en sala de control, los resultados obtenidos y las recomendaciones.

El informe de evaluación deberá contener al menos los siguientes puntos:

1. Objeto
2. Alcance
3. Descripción de la planta
  - 3.1 características generales de la instalación
  - 3.2 Equipos principales de la instalación
  - 3.3 Análisis de los equipos principales
4. Explicación de la metodología empleada en la evaluación
5. Revisión documental
6. Inspecciones llevadas a cabo en campo y sus resultados
7. Análisis de los datos recabados en la sala de control
8. Pruebas efectuadas en la planta y sus resultados
9. Estado de cada uno de los equipos analizados
10. Probabilidad de gran avería en cada uno de los equipos analizados
11. Conclusiones
12. Recomendaciones

## **5.5 Gestión de los trabajos**

5.5.1 *RCM*. Mediante la utilización de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se elaboró el estudios en los siguientes apartados:

Análisis de criticidad: (4.1)

Hoja de información RCM: (4.2)

Hoja de decisión: (4.3)

5.5.2 *Plan de mantenimiento*. Con la información obtenida anteriormente se procedió a elaborar la propuesta de un plan de mantenimiento en el apartado (4.4).

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

La evaluación evidenció que INPAPEL PATRIA CIA. LTDA., cuenta con una gestión del mantenimiento insuficiente, encontrándose deficiencia en la forma de administrar el departamento de mantenimiento por la falta de conocimientos de los técnicos.

Previo el análisis de la aplicación de la metodología RCM, se determinaron las máquinas críticas de la empresa, resultando que existe cinco equipos con riesgo alto, para los cuales se ha diseñado un plan de mantenimiento que permita la reducción de fallos.

Se recolectó los datos necesarios para realizar las fichas técnicas de cada máquina con información específica, además se realizó la codificación de los mismos, todo esto con el fin de facilitar la gestión de mantenimiento.

Para determinar el estado técnico de las máquinas se realizó un análisis predictivo, encontrándose que las máquinas se encuentran en estado satisfactorio para su funcionamiento.

La realización de la propuesta alternativa servirá para recomendar mejoras en el sistema de gestión de mantenimiento, el cual tendrá un impacto positivo en el departamento ya que se tiene todo el apoyo necesario por parte de la gerencia general, para su posterior implementación en la empresa.

#### **6.2 Recomendaciones**

Capacitar al personal de mantenimiento en temas referentes a gestión de mantenimiento, enfocándose en la planificación de mantenimiento

Capacitar al personal de mantenimiento de la empresa con la metodología RCM, para

que ellos a un futuro puedan aplicar al resto de las máquinas.

Revisar periódicamente los planes de mantenimiento que fueron obtenidos mediante la aplicación de la metodología RCM, todo esto debido a que las necesidades de la empresa cambian, ya que si este no es modificado no resulta efectivo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ARAUJO, Rodriguez.** Gestion de Mantenimiento [En línea], 24 de octubre de 2008. [Consultado el: 03 de abril de 2017.] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/7497765/Gestion-del-mantenimiento>.

**CRESPO, Adolfo.** Ingenieria de Mantenimiento y fiabilidad aplicado en la gestion de activos. España: Ingeman, 2012, pp. 2-5 ISBN: 978-84-95499-67-7.

**Garcia, Oliverio.** Gestion Moderna del Mantenimiento. Bogotá: Ediciones de la U, 2012, pp. 74-79 ISBN: 978-958-762-051-1.

**Garcia, Santiago.** Ingenieria del mantenimiento. Madrid: Renovetec, 2017, pp. 625-645. ISBN: 978-84-616-5617-2.

**GARCIA, Santiago.** Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, 2010, pp. 57-68 ISBN: 978-84-7978-577-2.

**MOUBRAY, John.** Mantenimiento centrado en confiabilidad. Madrid: Aladon Ltda., 2004. pp. 95 - 200 ISBN: 09539603-2-3.

**TORRES, Leandro.** Mantenimiento su Implementacion y Gestion. Córdoba: Universitas, 2010. ISBN: pp. 54- 57 987-9406-81-8.

**WOODHOUSE, Jhon.** Criticality Analysis Revisited the Woodhouse Partnership Limited. England: Newbury, 1994.

**CARRIÓN, Monica.** *Fiabilidad de máquinas*. Vol. 1 2010, Ecuador: Escuela Superior Politecnica De Chimborazo. pp. 1-35.

**HERNÁNDEZ, Eduardo.** *Optimización de plan de mantenimiento*. Vol. 1 2016, Ecuador: Escuela Superior Politecnica De Chimborazo pp. 1-45.

**GONZÁLES, Francisco. J.** *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. España: Fundación Confemental. 2010, pp. 65-86.

**MORA, Luis. A.** *Mantenimiento Planeación, ejecución y control.* Bogotá Colombia:  
Alfaomega, 2009, pp. 80-95.

**MORA, Luis. A.** *Mantenimiento Industrial Efectivo.* 1ra ed. Medellín Córdoba:  
Litográficas Limitada, 2009, pp. 50-65.