



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ÁREA DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA INDUSTRIAL Y  
PRODUCTIVIDAD

PROYECTO DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS  
EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE  
MANUFACTURA DE PAPEL**

Presentado por:

**Peña Marquina, Francys Betzabe**

Para optar al título de:

**Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad**

Asesor:

**Simancas Ivett**

Caracas Enero de 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ÁREA DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA INDUSTRIAL Y  
PRODUCTIVIDAD

PROYECTO DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS  
EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE  
MANUFACTURA DE PAPEL**

Presentado por:

**Peña Marquina, Francys Betzabe**

Para optar al título de:

**Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad**

Asesor:

**Simancas Ivett**

Caracas, Enero de 2018

## **CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR**

Dirección del Programa de Ingeniería Industrial y Productividad

Estudios de Postgrado

Universidad Católica Andrés Bello (UCAB)

Presente.-

Por medio de la presente hago constar que acepto asesorar el Trabajo Especial de Grado de la estudiante Francys Betzabe Peña Marquina portadora de la cédula de identidad **N° 17341870**, quien opta al grado de “Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad”, cuyo proyecto lleva por título: **“PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE PAPEL”**

En la ciudad de Caracas, los 14 días del mes de Enero de 2018.

---

Ing. Ivet Simancas Padilla  
C.I. 4.326.224

**UCAB**  **Universidad Católica  
ANDRÉS BELLO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**ÁREA DE INGENIERIA**  
**ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA INDUSTRIAL Y**  
**PRODUCTIVIDAD**

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS  
EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE  
MANUFACTURA DE PAPEL**

Autor: Peña Marquina Francy Betzabe  
Asesor: Simancas Ivet  
Año: 2018

**RESUMEN**

El mantenimiento en los equipos de la máquina papelera tiene como propósito mejorar la vida útil de los mismos. El proyecto tuvo como objetivo “Proponer un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los equipos del proceso productivo de la empresa Manufactura de Papel”. Se propone utilizar las siguientes herramientas: entrevista estructurada, juicio de expertos, revisión documental, matriz DOFA, para recopilar la información necesaria para llevar a cabo la elaboración del plan de mantenimiento predictivo y preventivo. Metodológicamente la investigación es de tipo aplicada y descriptiva, con un diseño documental, se utilizaron investigaciones referentes al tema en estudio, así como también, manuales de equipos, boletines electrónicos de los fabricantes de equipos y normas de aplicación respectiva al área de mantenimiento. En este sentido, se realizará un diagnóstico cuantitativo por medio de la aplicación de la norma venezolana para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria COVENIN 2500-93. A partir de ello, se ampliará el diagnóstico a un nivel cualitativo, a través de una encuesta, una vez finalizado el proceso de diagnóstico y bajo observación propia se construirá una matriz DOFA para generar estrategias que ayuden a mejorar la gestión del mantenimiento, además se realizará un inventario de equipos, en el que se determinará la prioridad a través de un análisis de criticidad. Luego se construirá todos los formatos para la gestión de fallas, ordenes de trabajo, hojas de vida, solicitud de recursos, que permitan realizar los planes de mantenimiento por cada equipo, apoyados en la aplicación de un AMEF.

**Palabras Clave:** Confiabilidad, manufactura, predictivo, preventivo, criticidad.

**Línea de Trabajo:** Planificación y Control de Mantenimiento.

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR	iii.
INDICE DE FIGURAS	viii.
INDICE DE TABLAS	ix.
INTRODUCCIÓN	1.
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	4.
1.1 Planteamiento del Problema	4.
1.1.1 Organigrama del departamento en estudio	13.
1.1.2 Formulación del Problema	15.
1.1.3 Sistematización del Problema	15.
1.2 Objetivos	15.
1.2.1 Objetivo General	16.
1.2.2 Objetivos Específicos	16.
1.3 Justificación de la Investigación	16.
1.4 Alcance y Delimitaciones de la Investigación	17.
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18.
2.1 Antecedentes	18.
2.2 Fundamentos Teóricos	23.
2.2.1 Manufactura de Papel	23.
2.2.1.1 Equipos de una Máquina Papelera	23.
2.2.2 Fundamentos del Mantenimiento	26.
2.2.2.1 Mantenimiento	26.
2.2.2.2 Objetivo de Mantenimiento	27.
2.2.2.3 Tipos de Mantenimiento	27.
2.2.2.4 Gestión de Mantenimiento	29.
2.2.2.5 Indicadores de Mantenimiento	31.
2.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	34.
2.2.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas	37.
2.3 Bases Legales	38.
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	39.
3.1 Tipo de Investigación	39.
3.2 Diseño de la Investigación	40.
3.3 Unidad de Análisis	41.
3.4 Población y Muestra	41.
3.5 Técnicas e Instrumentos Recolección de Datos	42.
3.6 Fases de la Investigación	44.
3.6.1 Fase I: Descripción y definición del proyecto	45.
3.6.2 Fase II: Diagnóstico de la situación actual de la máquina papelera	45.
3.6.3 Fase III: Determinación de los equipos críticos e infraestructura objeto de estudio	45.

3.6.4 Fase IV: Análisis de la información.....	46.
3.6.5 Fase V: Proponer plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	46.
3.6.6 Fase VI: Cierre del proyecto.....	46.
3.7 Procedimientos por Objetivos.....	46.
3.8 Operacionalización de los Objetivos.....	48.
3.9 Aspectos Éticos.....	50.
CAPÍTULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	52.
4.1 Estructura Organizacional de la Empresa Manufactura de Papel.....	52.
4.2 Cronograma.....	53.
4.3 Recursos.....	54.
4.4 Unidad de Análisis.....	54.
CAPÍTULO V: DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55.
5.1 Definir el proceso actual que se lleva a cabo en la gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.....	55.
5.1.1 Preparación de la pasta en la máquina papelera N°7 (etapa primaria)..	56.
5.1.2 Formación en la máquina papelera N°7 (etapa intermedia).....	57.
5.1.3 Manipulación del papel en la máquina papelera N°7 (etapa final).....	58.
5.2 Diagnosticar la situación actual del mantenimiento realizado a la máquina papelera.....	61.
5.2.1 Aplicación de la Norma Venezolana Covenin 2500-93 "Manual para Evaluar los sistema de mantenimiento en la industria".....	61.
5.2.2 Aplicación de la matriz DOFA.....	70.
5.2.3 Entrevista.....	72.
5.3 Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera.....	84.
5.3.1 Describir los equipos críticos en la máquina papelera.....	84.
5.3.2 Resultados del análisis de criticidad.....	86.
5.3.3 Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF).....	87.
5.4 Diseñar los formatos para implementación del plan de Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM) en la empresa papelera objeto de estudio.....	95.
5.4.1 Definición de activos.....	95.
5.4.2 Actualización de formatos a emplear en la gerencia de mantenimiento.	98.
CAPÍTULO VI: PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO.....	110.
6.1 Tareas de mantenimiento por medio del diagrama lógico de decisiones, y la frecuencia con la que se deben realizarse.....	110.
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	132.
7.1 Conclusiones.....	132.
7.2 Recomendaciones.....	134.
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	136.

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
1	Expectativas crecientes en el mantenimiento.	4.
2	Producción en la empresa Manufactura de Papel en los últimos 3 años.	10.
3	Tiempo perdido a causa de falla en equipos, falta de repuestos, operacional, festivo y materia prima.	10.
4	Organigrama del Departamento de Mantenimiento.	13.
5	Fases de gestión del mantenimiento.	31.
6	Los 6 patrones de falla.	33.
7	Esquema de análisis del proceso RCM.	36.
8	Estructura organizativa de Manufactura de Papel.	52.
9	Cronograma del trabajo Especial de grado.	53.
10	Descripción del proceso.	55.
11	Diagrama del proceso en la máquina N°7.	58.
12	Flujo de acciones actual de la gestión de mantenimiento.	60.
13	Distribución porcentual del conocimiento de las normas de seguridad.	73.
14	Distribución porcentual del conocimiento de los accidentes que pueden generarse en la operación.	73.
15	Distribución porcentual del conocimiento de aplicación de check list en el trabajo.	74.
16	Distribución porcentual de uso de instructivos de operación.	74.
17	Distribución porcentual de operadores que practican labores de mantenimiento.	75.
18	Distribución porcentual de operadores que tienen conocimiento de los equipos.	75.
19	Distribución porcentual de trabajadores que conocen de las prohibiciones al operar.	76.
20	Distribución porcentual de operadores que consideran que el mantenimiento es solo responsabilidad del dpto. de mantenimiento	77.
21	Distribución porcentual de trabajadores que realizan labores de chequeo limpieza a diario.	77.

22	Distribución porcentual de trabajadores dispuestos a recibir capacitación técnica.	78.
23	Distribución porcentual de la aplicación de entretenimiento a los operadores al ingresar a la empresa.	79.
24	Distribución porcentual de la aplicación de capacitación continúa para la operación de los equipos.	79.
25	Distribución porcentual de la aplicación de evaluación continúa del desempeño.	80.
26	Distribución porcentual de la ejecución de actividades antes de comenzar a operar un equipo.	81.
27	Distribución porcentual de la calificación del estado físico.	81.
28	Distribución porcentual de la responsabilidad para mantener en condiciones de limpieza el equipo.	82.
29	Distribución porcentual de la notificación al momento de presentarse alguna falla en los equipos.	83.
30	Distribución porcentual de la velocidad de repuesta para atención de fallas según los operadores.	83.
31	Diagrama de barras análisis de criticidad.	87.
32	Formato ficha técnica.	99.
33	Formato del registro de índice de instrucciones técnicas por objeto.	102.
34	Formato de registro de acciones de mantenimiento semanal. Fuente: Zambrano y Leal. (2012).	104.
35	Formato de registro de chequeo de mantenimiento rutinario. Zambrano y Leal (2012).	105.
36	Orden de trabajo para mantenimiento por averías.	108.
37	Diagrama de decisiones. Moubray (1997).	112.



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pág.</b>
1	Producción neta de papel en los últimos 3 años.	9.
2	Personal del Departamento de Mantenimiento.	12.
3	Matriz de operacionalización de los objetivos.	49.
4	Recurso del proyecto plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.	54.
5	Ficha de Evaluación Sistema de Mantenimiento.	68.
6	Evaluación del Área o proceso de la empresa.	69.
7	Criterios de diagnóstico de evaluación de sistemas de gestión de mantenimiento.	70.
8	Diagnostico inicial de la dependencia mantenimiento mecánico a través de la matriz DOFA.	71.
9	Matriz Estratégica Resultante DOFA	72.
10	Etapas, sub-etapas y equipos del proceso productivo de la máquina papelera N°7.	84.
11	Criterios de evaluación análisis de criticidad.	85.
12	Resultado de criticidad.	86.
13	Niveles de criticidad.	87.
14	Equipos críticos de las sub-etapa de preparación de pasta.	88.
15	Criterio de evaluación y clasificación de la severidad de los efectos "S" Viesca (1995).	88.
16	Criterio de evaluación sugerido y sistema de clasificación para la ocurrencia de los modos de falla "O". Viesca (1995).	89.
17	Criterio de evaluación sugerido y sistema de clasificación para la detección de una causa de falla "D". Viesca (1995).	90.
18	AMEF para agitadores.	91.
19	AMEF para bombas.	92.
20	Causas de falla potenciales.	94.
21	Listado general de bombas de la máquina papelera N°7 con su codificación.	95.
22	Listado general de agitadores de la máquina papelera N°7 con su codificación.	97.
23	Hoja de decisión RCM	111.
24	Hoja de información análisis de los agitadores de la máquina papelera.	114.
25	Hoja de decisiones análisis de los agitadores	115.
26	Hoja de información análisis de las bombas de la máquina papelera.	116.

27	Hoja de decisiones análisis de las bombas	117.
28	Hoja de información análisis del pulper de la máquina papelera.	118.
29	Hoja de decisiones análisis del pulper.	119.
30	Hoja de información análisis de lo coladores de la máquina papelera.	119.
31	Hoja de decisiones análisis de los coladores.	120.
32	Hoja de información análisis de los refinadores de la máquina papelera.	121.
33	Hoja de decisiones análisis de los refinadores.	122.
34	Hoja de información análisis de los limpiadores de la máquina papelera.	123.
35	Hoja de decisiones análisis de los limpiadores.	123.
36	Hoja de información análisis de los rodillos de la máquina papelera.	124.
37	Hoja de decisiones análisis de los rodillos.	125.
38	Hoja de información análisis de la caja cabecera de la máquina papelera.	126.
39	Hoja de decisiones análisis de la caja cabecera.	126.
40	Hoja de información análisis de las cajas de vacío de la máquina papelera.	127.
41	Hoja de decisiones análisis de las cajas de vacío.	127.
42	Hoja de información análisis de las regaderas de la máquina papelera.	128.
43	Hoja de decisiones análisis de las regaderas.	128.
44	Hoja de información análisis del yankee de la máquina papelera.	129.
45	Hoja de decisiones análisis del yankee.	129.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día una de las principales metas en las empresas de manufactura es el mejoramiento de la productividad, donde la necesidad de mantenerse o convertirse en competitivas a través de mejoras en los procesos de gestión se ha vuelto indispensables para estas.

Para esto es necesario conocer qué es el mantenimiento, lo cual se basa en un conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un equipo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó.

Normalmente los equipos en una industria manufacturera, están sometidos a cargas de trabajo continuo, en el que se hace necesario implementar un plan de mantenimiento, basado en un conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos, que permitan conservar la vida útil de los equipos.

La empresa Manufactura de Papel tiene como propósito producir, convertir y comercializar papeles de la línea tissue (papel higiénicos, servilletas, toallas de cocina y facial) para satisfacer los requerimientos de sus clientes en calidad, servicio y precio, en la actualidad el mercado papelerero en Venezuela ha sufrido un déficit; al ser un producto de consumo masivo regulado, tener altos costos en la adquisición de la materia prima por ser importada, además se le suma el agravante de que el sistema de control actual ha consumido la totalidad de los repuestos disponibles.

Por tal motivo, la empresa se encuentra en la implementación del Software Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP), este es un sistema informático, para brindar información. Se alimenta de los datos que se cargan y procesan dentro de un entorno, y el sistema se encargará (de acuerdo a la configuración realizada por el usuario -consultores SAP) de producir con esos datos información útil para la

toma de decisiones y la exposición de esos datos de forma tal que puedan ser interpretados por los interlocutores interesados.

Es por ello que el desarrollo de la presente investigación está enmarcado en el Departamento de Mantenimiento, debido a que tiene deficiencia en su gestión de mantenimiento preventivo; cada día las paradas no programadas ocurren con mayor frecuencia, aumentando con esto los costos operativos (sobretiempo, repuestos y suministros). Esto se debe a que en la práctica, se usan pocas rutas de mantenimiento preventivo (rutas de lubricación, análisis de vibración, temperatura y ruido) sin un programa formal específico y sin tener control estadísticos de los resultados obtenidos.

En base a lo anteriormente expuesto se plantea para resolver este problema una propuesta para proponer un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en la empresa Manufactura de Papel, que permita generar las condiciones para mejorar la operatividad y disponibilidad de los equipos, evaluando la criticidad de los mismos, permitiendo generar una data técnica, lista de repuestos, para facilitar las labores de mantenimiento.

Dicha investigación está enmarca en las siguientes fases:

- 1) Descripción y definición del proyecto
- 2) Diagnóstico de la situación actual de la máquina papelera.
- 3) Determinación de los equipos críticos e infraestructura objeto de estudio.
- 4) Análisis de la información
- 5) Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
- 6) Cierre del proyecto

El presente Proyecto de Trabajo Especial de Grado contiene cuatro capítulos en los cuales se desarrollan los siguientes aspectos:

En el capítulo I se detallan dos de los aspectos más relevantes de la presente investigación como lo son, planteamiento del problema y los objetivos; además de la justificación y el alcance de la misma.

En el capítulo II se describen los antecedentes, fundamentos teóricos y la definición de los términos relacionados directamente con el estudio de la gestión del tiempo en proyectos.

En el capítulo III se exponen aquellos aspectos vinculados a la metodología de la presente investigación; donde se establecen los lineamientos mediante el cual, se especifican elementos como: el tipo y diseño de la investigación, la unidad de análisis, la población y muestra, además de los instrumentos y técnicas requeridas para la recolección de datos, entre otros.

En el capítulo IV se describen los principales aspectos organizacionales que conforman la estructura actual de Manufactura de Papel. Empresa en la cual se presenta el problema planteado en el capítulo I de la presente investigación.

Finalmente, se presentan aquellas Referencias Bibliográficas consultadas para darle soporte a la investigación.

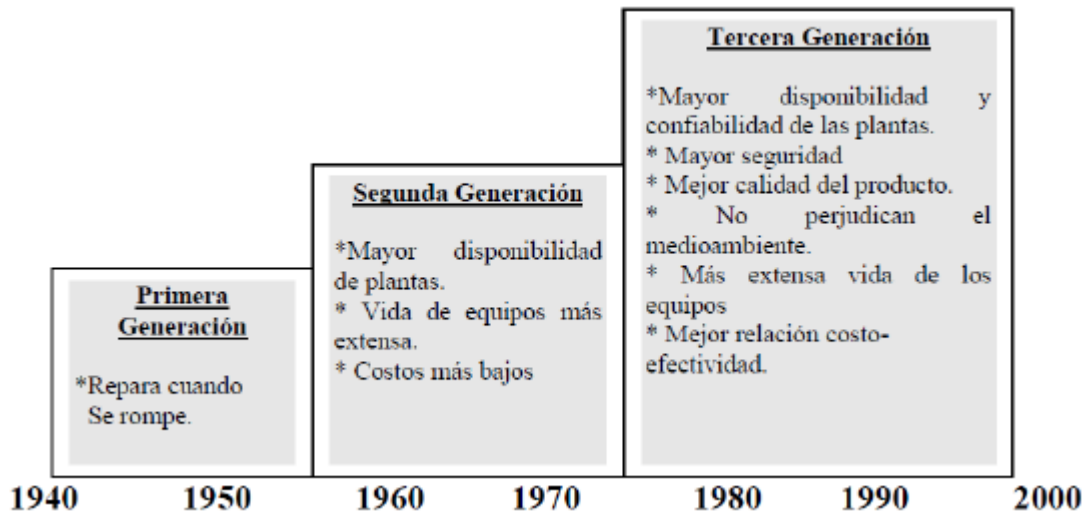
## CAPITULO I: EL PROBLEMA

En este capítulo se desarrolla todo lo referente al planteamiento de problema, objetivos generales y específicos de la investigación, de igual manera se especifica su alcance, la justificación de la misma y limitaciones que pudieran presentarse durante el desarrollo de la investigación.

### 1.1 Planteamiento del Problema

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas” (p. 3).

Dicho autor resalta los cambios en la industria, que surgieron a mediados del año 1970, produjeron cambios en el área de mantenimiento a las que se les ha denominado “nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas”.



**Figura N°1** Expectativas crecientes en el mantenimiento.

**Fuente:** Moubray (1997).

Las nuevas expectativas se refieren a los efectos que el tiempo de inactividad producen, pueden clasificarse: efectos en la capacidad productivas de

los bienes físicos, reducción en su rendimiento, incremento de costos operativos, afectación al servicio al cliente. Estos problemas ya se habían presentado en los años 1960 y 1970.

De acuerdo con Moubray (1997), “Planteamientos claves como garantizar el funcionamiento y la disponibilidad, son esenciales en sectores diversos como: salud, procesamiento de datos, telecomunicaciones y administración de edificios” (p.4). La mayor automatización de procesos, implican que se dispondrán de un mayor número de fallos, lo que al mismo tiempo reduce la capacidad de mantener elevados estándares de calidad, ya sea en servicios o productos.

Los fallos, tienen consecuencias en diferentes ámbitos, no solo productivos y medio ambientales, sino también ambientales y de seguridad. Lo que se busca con el mantenimiento es la reducción del número de fallos y por ende la reducción de las consecuencias y sus impactos.

Las nuevas investigaciones se han enfocado en determinar la relación entre el número de fallos y la edad del equipo. Las investigaciones han demostrado que no es preciso relacionar la edad operativa de los equipos con el número de fallos. Hasta seis modos de fallas pueden producirse por no realizar las actividades de mantenimiento preventivas.

En los últimos veinte años se han desarrollado nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. El énfasis que ponen las nuevas técnicas es en las reparaciones y en la administración del mantenimiento. Nuevos proyectos incluyen a:

- Herramientas para toma de decisiones
- Nuevas técnicas de mantenimiento
- Diseño de equipos con énfasis, en mantenibilidad y confiabilidad
- Renovación del pensamiento organizacional

Es por ello que las tendencias de comercialización globales de la actualidad, traen consigo la necesidad de la actualización y mejoramiento continuo, donde las empresas se ven forzadas a lograr estándares cada vez más elevados de clase mundial para vender sus productos al mejor precio y calidad posible. Sin embargo, nuestro país sigue presentado atrasos en lo referente a su capacidad de respuesta ante estas demandas.

Como repuesta, las empresas se ven abocadas a reformar su manera de operar, lo que representa un cambio general en todas las áreas administrativas y productivas. Una de ellas, es el área de mantenimiento, en la cual, si se logra enfocar de manera eficiente su gestión, aportaría una gran cantidad de estrategias y recursos que beneficiarían a las compañías en diferentes aspectos y niveles tanto financieros como productivos. Por lo que las empresas Manufactureras en Venezuela, específicamente en la rama papelera, no escapan a esta problemática.

La historia de la empresa en estudio, data de 1912, cuando un grupo de hombres de negocio venezolanos fundó la compañía Manufactura de Papel, ubicada a orillas del Lago de Valencia en el Estado Aragua, Venezuela. Para ese entonces la producción estaba orientada a la <sup>fabricación</sup> de sacos multipliegos destinados a cubrir las necesidades de C.A FABRICA NACIONAL DE CEMENTOS y de bolsas para todo uso en el comercio y la industria en general. Ambas plantas comenzaron operando en un mismo galpón ubicado en Los Cortijos de Lourdes en la ciudad de Caracas.

En 1961, comenzó una etapa de expansión e integración vertical, cuyo objetivo era producir el papel requerido por la empresa para la manufactura de sacos y bolsas, disminuyendo así la dependencia de la materia prima importada. Esto se logró con la adquisición y puesta en marcha de dos máquinas papeleras con una capacidad de 50 mil toneladas métricas anuales destinadas a la producción del papel Kraft brillante por una sola cara, el cual es utilizado en la fabricación de bolsas, y papel Kraft de resistencia con caras opacas, usado especialmente para la fabricación de sacos multipliegos y de embalaje.



Desde 1972 adquirieron varias empresas dentro de las cuales destacan, CAHIS HERMANOS & CO. SUCESORES, C.A., incorporando una nueva línea de productos de consumo masivo: cuadernos, libretas y útiles escolares, estableciéndose adicionalmente una cadena de distribución nacional.

La primera etapa fue la construcción e implementación del concepto de Unidades Estratégicas de Negocio (U.E.N) y Unidades Estratégicas de Funcionamiento (U.E.F.).

Para formar estas unidades de negocio se reorganizo la anterior planta de manufactura en dos grandes unidades de negocio:

- 1) U.E.N Molino Papel de Imprimir, Escribir y Embalar (I/E/E).
- 2) U.E.N Conversión: Fabricación de productos de papel: bolsas, sacos, cuadernos, blocks, resmas y formas continuas.

También se incorpora a la unidad del negocio de conversión aquellas plantas o empresas cuya principal actividad era convertir el papel que MANPA producía, en productos finales. De esta manera forma se constituyeron sub-unidades de negocio dentro de la U.E.N Conversión:

- 1) U.E.N. Conversión -Sacos.
- 2) U.E.N. Conversión -Bolsas.
- 3) U.E.N. Conversión - Productos escolares y de oficina.
- 4) U.E.N. Conversión – Forma continuas, resmas, resmillas, almacenadoras y transporte.

Por otra parte para estandarizar las prácticas en el control de los recursos humanos, financieros y materiales se crearon las Unidades Estratégicas Funcionales Corporativas de Recursos Humanos y la de Finanzas.

En el tercer trimestre de 1998, se realizaron las siguientes operaciones:

1. Desagregación de los activos relacionados con el negocio de generación de energía del negocio de producción y conversión de papel.
2. Adquisición del 100% de los activos de producción y comercialización de la empresa Trinidad & Tobago Paper Converters en Trinidad y Tobago.
3. Adquisición del 50% de los activos del Sector Higiénicos de la empresa Papelera Aragua en el Estado Aragua.
4. Ampliación de las líneas de productos en la línea División Productos Escolares y de Oficina con la fabricación de Estuches Flexibles.

La visión a 20 años, de Manufactura de Papel es la siguiente:

“Ser líderes en cada segmento que sirvamos con productos de papel, convertidos o no, en los mercados nacionales e internacionales con los niveles de calidad y servicio que satisfagan a nuestros clientes”. (2012)

La misión de Manufactura de Papel se presenta como:

“Ser líderes en la fabricación y comercialización de los productos de papel, cartulinas, cartón y afines, con alto valor agregado en el mercado nacional y destacada participación en Latinoamérica mediante una eficaz utilización de los recursos, maximizando la rentabilidad del negocio y garantizando el más alto beneficio a los accionistas y trabajadores, conservando la ética y principios corporativos”. (2012)

Los valores de Manufactura de Papel se presenta como:

“En Manufactura de Papel estamos comprometidos en dar lo mejor de nuestras capacidades, con RESPONSABILIDAD, para contribuir al logro de los objetivos de la empresa. Estamos siempre dispuestos a sumar esfuerzos mediante el TRABAJO EN EQUIPO, en pro de metas comunes, actuando de manera consistente con el principio de LEALTAD en el trabajo, demostrando un amplio SENTIDO DE PERTENENCIA, COMPROMISO y HONESTIDAD, sustentados en

la relación ganar-ganar entre el personal y la empresa, los cuales se evidencian en el orgullo que siente nuestra gente de formar parte de la gran familia” (2012)

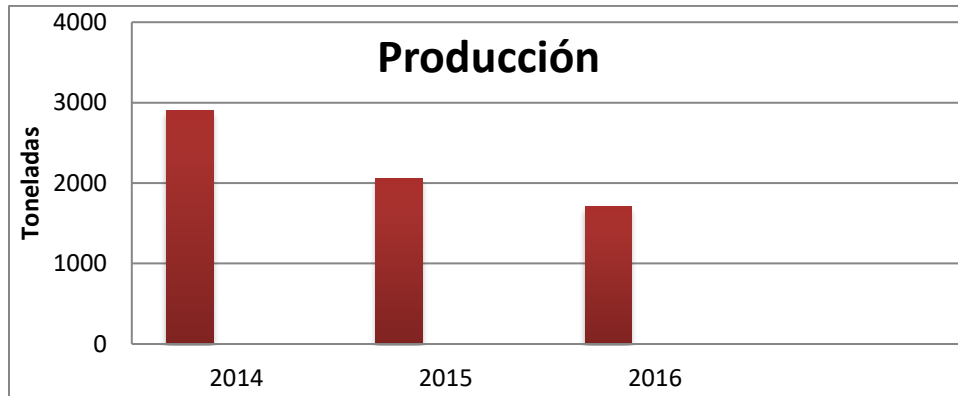
La empresa venezolana de manufactura de papel en estudio, tiene como propósito producir, convertir y comercializar papeles de la línea tissue (papel higiénicos, servilletas, toallas de cocina y facial) para satisfacer los requerimientos de sus clientes en calidad, servicio y precio.

En Manufactura de Papel en los últimos 3 años, la producción ha disminuido un 69% en el año 2016 que en el 2014, como se observa en la tabla N°1

**Tabla N°1:** Producción neta de papel en los últimos 3 años.

<b>Años</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Producción (Tn)	3106,76	2299,77	1838,32
Rechazo (tn)	214,29	240,66	126,80
Producción Neta (Tn)	2892,47	2059,11	1711,52

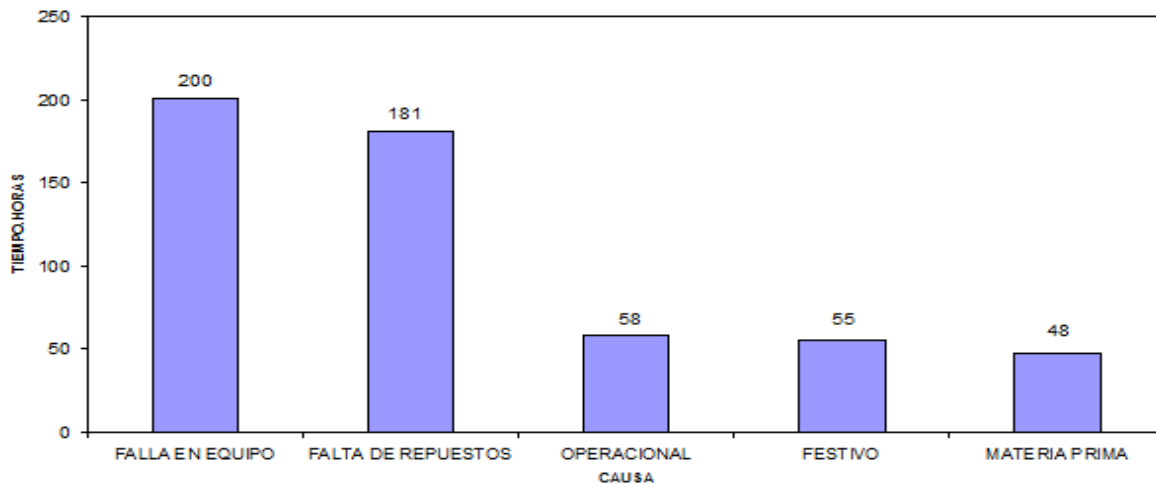
En los últimos 3 años, su producción se ha visto disminuida por varias razones como son: la falta de materia prima, falta de repuestos, fallas operacionales, festivos (parar y arrancar las máquinas afecta el proceso continuo de la producción porque requiere de 5 horas de calentamiento las calderas para suministrar el vapor a las máquinas papeleras) e incremento de las fallas en equipos por falta una conveniente gestión de mantenimiento, donde la mayor preocupación de la empresa radica en la disponibilidad en las instalaciones como se observa en la figura N°2



**Figura N° 2:** Producción en la empresa Manufactura de Papel en los últimos 3 años.

Como se observa en la figura N°2, la producción en el año 2016 ha tenido una disminución de 68,66% con respecto al año 2014, debido a los factores anteriormente expuestos se ha visto afectada dicha producción, por tanto se hace necesario que la gestión de mantenimiento optimice sus recursos y garantice la disponibilidad de los equipos.

Entre las principales causas de los tiempos perdidos de la máquina papelera se presentan a continuación:



**Figura N° 3** Tiempo perdido a causa de falla en equipos, falta de repuestos, operacional, festivo y materia prima.

En la figura N°3 se observa que la mayor causa de parada en la máquina papelerera es la falla en equipo, ya que por la falta de repuestos se elaboran las piezas en los talleres de la empresa por no tener el repuesto adecuado en el momento de la falla, esto impide llevar una planificación preventiva e incrementa el mantenimiento correctivo, por otra parte las fallas operacionales como manejo de la temperatura, vapor y presión afectan en la calidad del papel al no tener el uso adecuado, lo que implica rompimiento de la hoja de papel generando de esta manera un tiempo muerto en la máquina.

Por otra parte los días festivos se realiza una parada de la máquina a las 2am del día festivo para que los operadores puedan dejar limpia el área de trabajo y luego del día festivo se esperan 4 horas de arranque de las calderas para generar el vapor en la máquina, lo que implica un 55% de tiempo perdido. Sumado a esto la falta de materia prima debido a la escasez de materias primas e insumos importados, se interrumpe el proceso por falta de fibra que es importada de Chile y Brasil.

El departamento de mantenimiento día a día tiene una carga de 65 órdenes de trabajo promedio, lo cuales son atendidos 25 ordenes en promedio al día, por falta de repuestos, materiales o herramientas y además de no contar con el personal suficiente para disminuir los tiempos de intervención en los equipos que presentan fallas.

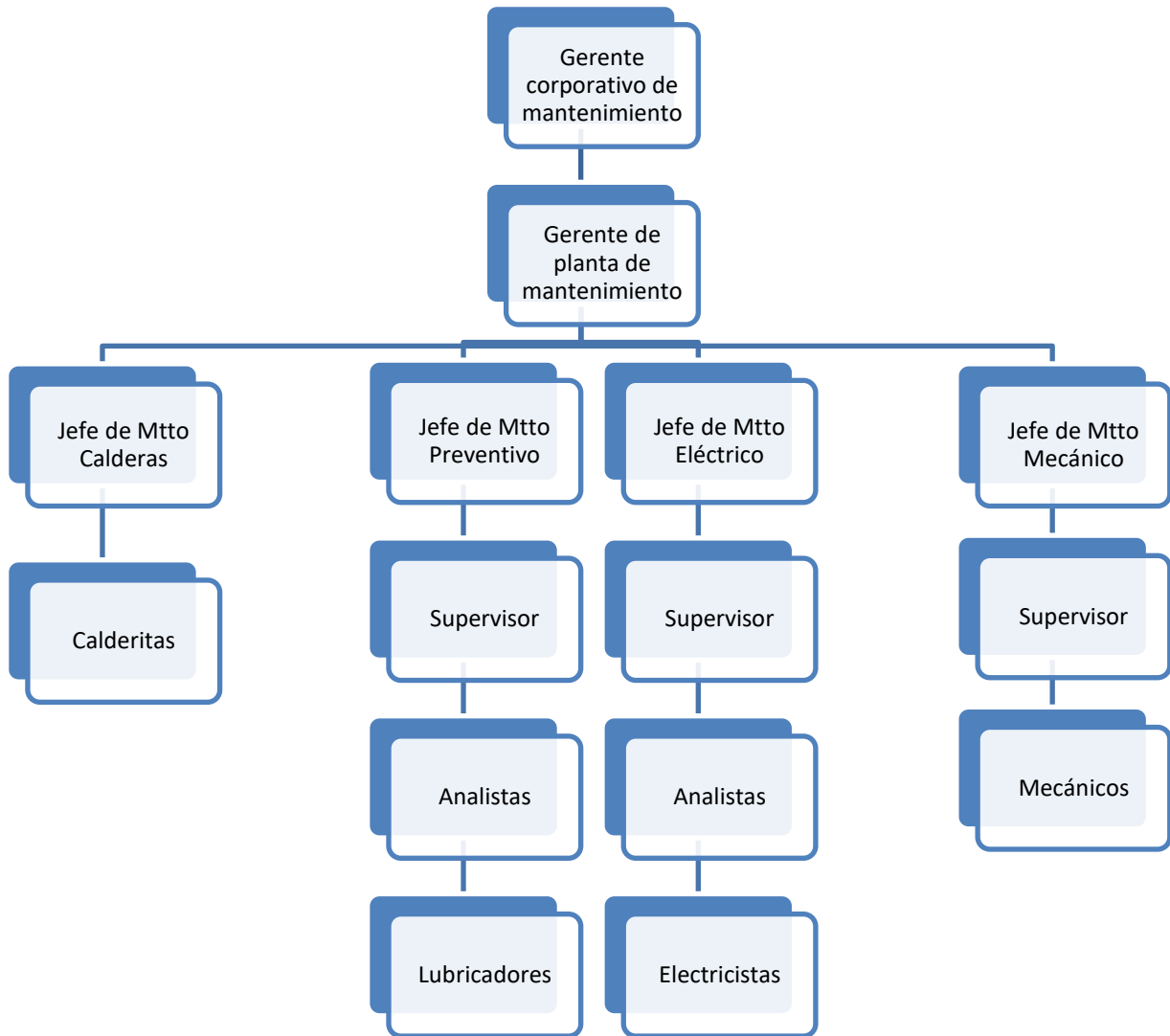
El departamento de mantenimiento actualmente tiene un déficit en el personal, a raíz de la situación país, lo que ha traído como consecuencia la disminución de la eficiencia en el departamento, ya que con la cantidad del personal que hay no se logra completar las cuadrillas de trabajo suficientes para cumplir con todas las órdenes de trabajo del día. En la tabla N°2 se muestra la cantidad de personas que hay en el departamento, y la cantidad de vacantes que faltan en el departamento. Lo que indica que hay un 32.73% de vacantes por cubrir del personal en el departamento.

**Tabla N°2:** Personal del Departamento de Mantenimiento

<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vacantes</b>
Gerente Corporativo	1	
Gerente de Planta	1	
Jefe de Mtto Calderas	1	
Calderistas	3	1
Jefe de Mtto Preventivo	1	
Supervisor	1	1
Analistas	2	1
Lubricadores	3	3
Jefe de Mtto Eléctrico	1	
Supervisor	2	
Analistas	3	
Electricistas	3	2
Jefe de Mtto Mecánico	1	
Supervisor	2	2
Mecánicos	12	8
Total	37	18

En referencia al adiestramiento del personal, el conocimiento es transmitido por la experiencia del personal que tiene tiempo en la empresa al personal nuevo, ya que no hay un presupuesto para dictar charlas o cursos para enriquecer el conocimiento del personal dentro o fuera de la empresa.

### 1.1.1 Organigrama del Departamento en Estudio.



**Figura N°4:** Organigrama del departamento de Mantenimiento

Fuente: Manufactura de Papel (2012)

El mantenimiento preventivo actual es precario, debido a: falta de personal para realizar las rutas preventivas, falta de equipo para análisis de vibraciones ya que solo se cuenta con un estetoscopio electrónico para detectar ruidos en las máquinas, rodamientos, ventiladores, bombas; no existen planes de mantenimiento en ninguna de las áreas de la planta.

Por otra parte la documentación que se lleva en el departamento de mantenimiento es: formulario de ordenes de trabajo, lo cual no son usados correctamente ya que los supervisores no llenan los campos como: los repuestos que necesitan, el personal empleado para ese mantenimiento, ni el tiempo que duro el trabajo, además se tiene un formato de vales para la solicitud de materiales y repuestos en el almacén central, existe un formato para el inventario de aceites, un formato de equipos pendientes por realizar mantenimiento. Se tiene un formato de hoja de vida de cada equipo pero no se encuentra actualizado.

En la planta existe un almacén general, el supervisor de mantenimiento realiza la solicitud de material a través de un vale para poder retirarlo del almacén, no se lleva un control ni seguimiento de los repuestos faltantes o con existencia cero en el almacén, por lo que los tiempos de espera se hacen mayores a la espera de dichos repuestos.

Manufactura de Papel actualmente se encuentra en la implementación del software SAP, la cual es un software que exige tener la información al día, como la definición de una infraestructura que permita cumplir con las necesidades de la organización y tenga en su haber métodos de mantenimiento que aseguren el buen desempeño de la misma, dejando registro de las evidencias obtenidas en dichos métodos.

En consecuencia de lo anteriormente planteado, el Departamento de Mantenimiento busca mejorar su gestión y por ello surge la presente investigación con la finalidad de presentar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, como propuesta para identificar oportunidades de mejora en el mantenimiento de los equipos, ya que de persistir esta situación el pronóstico será el siguiente: aumento de cargas hombres , aumento de sobrecarga en horas de los equipos, aumento de reemplazo de materiales o repuestos es decir aumento del costo de mantenimiento correctivo, lo que puede conllevar a un estado de parada total en el proceso productivo.



### **1.1.2 Formulación del Problema**

Considerando el planteamiento del problema de este trabajo de investigación, se presenta la respuesta a la situación descrita con la siguiente formulación del problema:

¿De qué manera estaría integrado un Plan de Gestión de Mantenimiento que permita disminuir sustantivamente las fallas que se están presentando en los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel?

### **1.1.3 Sistematización del Problema**

Para dar respuesta a la formulación antes descrita, queda planteada una situación que conduce a formular las siguientes interrogantes:

¿Cuál sería la situación actual de la gestión del mantenimiento?

¿Cuál es el personal necesario para realizar el mantenimiento?

¿Existe el inventario de activos a mantener?

¿Cómo estarían integrados los repuestos y materiales?

¿Cuáles serían las herramientas, para realizar un plan de mantenimiento?

¿Cuál sería el costo total del plan de gestión de mantenimiento preventivo?

## **1.2. Objetivos**

Los objetivos son esenciales para el éxito de una investigación, ya que constituyen los pasos a seguir, señalan el qué y para qué se realiza la investigación, permiten definir el alcance del proyecto. A continuación se presentan los objetivos del presente trabajo de investigación que dará respuesta al problema planteado.

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Definir el proceso actual que se lleva a cabo en la gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.

Diagnosticar la situación actual del mantenimiento realizado a la máquina papelera.

Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera.

Diseñar los formatos para implementación del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la empresa papelera

### **1.3. Justificación de la Investigación**

La empresa Manufactura de Papel, carece en la actualidad de un plan de mantenimiento que le permita la operatividad de sus equipos, además no cuenta con la documentación técnica actualizada, registros y control de fallas de los equipos que forman parte del proceso de fabricación de papel, esto ha traído como consecuencia la afectación negativa en su gestión de mantenimiento.

Además la falta de repuestos, problemas operacionales, paradas correctivas imprevistas, impiden garantizar los parámetros exigidos por el Departamento de Calidad en los procesos de recepción, fabricación, almacenamiento y posterior entrega de los productos que sus clientes requieren, esto a su vez incrementa el número de horas de tiempo perdido, así como el retrabajo que debe realizar el Departamento de Mantenimiento por carecer de un plan de mantenimiento estructurado, por lo cual el proceso de recuperación de los equipos a mantener toma más tiempo que el esperado en el plan de producción

En base a lo anteriormente expuesto, se toma la tarea de generar las condiciones necesarias para mejorar la operatividad y disponibilidad de los equipos críticos de la máquina papelera, por lo cual es necesario estructurar un Plan de Mantenimiento a través de una metodología como es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) que minimice la ocurrencia de fallas en la máquina, aumente la capacidad, mejore el rendimiento, incremente la confiabilidad y mejore la calidad de la producción, dicha metodología servirá como fundamento teórico y técnico para la aplicación de actividades que permitan establecer mejoras a producción.

La gestión de mantenimiento es de vital importancia, ya que si se logra enfocar de manera eficiente, aportaría una gran cantidad de estrategias y recursos que beneficiarían a la empresa en los diferentes aspectos y niveles tanto financieros como productivos.

Por lo que esta investigación es viable, pues se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo.

#### **1.4. Alcance y Delimitaciones de la Investigación**

Este trabajo de investigación tiene como alcance, el diseño de un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel; mediante un análisis de criticidad, para identificar los equipos críticos de la máquina papelera; a los cuales se aplicará la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para la determinación del plan de mantenimiento.

Cabe resaltar que el área de estudio corresponde a los equipos críticos del proceso de manufactura de papel desde la recepción de materia prima hasta la etapa de embobinado del papel tissue de la máquina papelera ubicada en la empresa manufactura de papel en la ciudad de Maracay. Dicho proyecto, no abarca la implementación del plan de mantenimiento, por factores limitantes como el tiempo de ejecución, análisis y aprobación por la gerencia de la empresa.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exponen una serie de referencias, bases teóricas y definiciones que están relacionados con la investigación, éstas fueron desarrolladas dentro del marco conceptual.

### 2.1 Antecedentes

Partiendo de la concreción y profundidad del estudio, el punto de partida para construir un marco de referencia lo constituye el conocimiento previo de los fenómenos que se abordan, así como las enseñanzas que se extrajeron del trabajo.

Para la fundamentación de este estudio la autora se apoya en una serie de antecedentes, con el fin de obtener toda la información posible, al entendimiento de cualquier lector, acerca de los tópicos de interés para la comprensión del estudio. Esto permitirá desarrollar el marco conceptual de la investigación, para así poder contar con información fiable que fundamente el problema planteado; a continuación se presentan algunos trabajos de grado y artículos consultados en esta investigación:

Villacrés (2016), en su Trabajo de Grado de Maestría: **Desarrollo de un Plan de Mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para el Vehículo Hidrocleaner Vector M654 de la empresa Etapa EP**, para optar al título de Magíster en Gestión del Mantenimiento Industrial, el cual tiene como propósito desarrollar un plan de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de un vehículo de la flota de Hidrocleaners de la empresa municipal ETAPA EP de la ciudad de Cuenca, se realizó un análisis de criticidad de los equipos críticos a los cuales se aplicó la metodología RCM, un análisis de modos y efectos de falla (AMEF); se definió las funciones principales y secundarias, sus modos de falla, los efectos de falla y las causas potenciales. Todo esto tuvo como finalidad determinar el plan de mantenimiento que eviten las

potenciales fallas, dicho plan estuvo constituido por actividades de mantenimiento, las frecuencias y los especialistas requeridos.

El enfoque de este trabajo de investigación es del tipo mixto, que aborda aspectos cuantitativos, realizó la estimación de la tasa de fallos para un período de tiempo considerado, así como la determinación de los costos de mantenimiento de un vehículo hidrocleaner M654 de la empresa ETAPA EP. La parte cualitativa, corresponde a la selección de un caso de estudio, a través de un análisis de criticidad. El método empleado para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, fue deductivo: de lo general a lo particular. Se aplicaron técnicas de investigación como: entrevistas al personal técnico y administrativo, relacionado con la administración de los vehículos de la empresa ETAPA EP, análisis cuantitativo de los datos registrados en el software para gestión de mantenimiento SisMAC para determinar la tasa de fallos en el periodo 2014 y 2015, así como también entrevistas a especialistas en el área de mantenimiento, se aplicaron criterios metodológicos internacionales del RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad), a los equipos críticos del vehículo Hidrocleaners M654

Esta investigación aporta información sobre cómo realizar un plan de mantenimiento que permite la reducción de la tasa de fallos, basado en el análisis de los equipos críticos usando la metodología RCM y el análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE), lo cual son de gran sustento en la reducción de tiempos de paradas y tasa de fallas.

Godoy y Mercado (2011), en su Trabajo de Grado de Maestría: **Guía de Optimización de disponibilidad por mantenimiento de una máquina esmaltadora, caso de empresa productora de papel**, para optar al título de Magíster en Administración en Empresas con Énfasis en Gestión Estratégica. El objetivo principal de la investigación fue plantear una propuesta de mejoramiento al problema de disponibilidad de una máquina específica en una planta productora de papel ubicada en la ciudad industrial de Yumbo en el suroccidente colombiano, permitió reducir la brecha entre los tiempos de mantenimiento planeados y reales, dicha propuesta consta de las siguientes actividades: planeación estratégica del

RCM, análisis de Causa Raíz para eventos que ocasionan paradas por mantenimiento en la máquina esmaltadora, usando una metodología estándar y reconocida, aplicando la metodología RCM y haciendo uso de indicadores de gestión de mantenimiento requeridos, de esta forma permite que la toma de decisiones sea más rápida y efectiva para corregir los valores que los indicadores muestren por debajo del objetivo y conseguir que los mantenimientos preventivos sean efectivos y los mantenimientos de emergencia se reduzcan y estén en unos índices controlados.

Como resultado de esta investigación, el autor señala que se obtiene una optimización de recursos financieros de la compañía dado el ahorro relacionado con los tiempos de paradas por mantenimiento preventivo y de emergencia. Dicho trabajo concluye sobre la importancia de implementar sistemas de control y seguimiento en el área de mantenimiento de la manufacturera en la que se aplica la metodología propuesta.

Esta investigación aporta una visión integral de procesos en el área de manufactura, aportando conceptos e ideas administrativas de liderazgo y gerenciamiento útiles para optimizar el resultado de un proceso productivo, en el que la confiabilidad va directamente relacionada al diseño que al mantenimiento, de tal manera que a través de una buena planificación, estableciendo especificaciones que ayuden a controlar el proceso, verificando las variables de calidad, realizando inventarios y manteniendo en stock repuestos de los mismos, se pueda garantizar un mayor vida útil en los equipos.

Plata (2012), en su Trabajo de Grado de Maestría: **Propuesta metodológica para mejorar la gestión del mantenimiento en una industria de Transformación de Plásticos para productos escolares, con base en Asset Management y RCM**, para optar al título de Magíster en Ingeniería Industrial, tiene como propósito Diseñar y Proponer una estrategia de mantenimiento para el proceso de fabricación de Marcadores Micro Punta, en una industria colombiana productora de útiles escolares, con procesos de transformación de materiales

plásticos, con base en la metodología de Asset Management y RCM para mejorar la gestión de mantenimiento.

Para el desarrollo de este proyecto, el autor tomó como punto de partida la posible integración entre la gestión de activos (Asset Management) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Center Maintenance - RCM), ya que le permitieron hacer el análisis de los indicadores de acuerdo a las frecuencias de mantenimiento e inspección, niveles de inventario, costos, producción y eficiencia, donde se evidenció cómo esta metodología es el eje para una óptima estrategia de mantenimiento. A partir de lo anterior buscó establecer nuevas políticas de mantenimiento, que a su vez estableció rutinas predictivas y preventivas, con las cuales se puede determinar la disponibilidad o el desuso de un activo, cálculo de los costos y recursos, y optimizó el presupuesto en búsqueda de un mejoramiento o actualización de sus activos. De esta investigación se consideró como aporte la metodología RCM y la gestión de activos para establecer una mejora en la estrategia de mantenimiento que se realizara en este proyecto.

Prada (2009), en su Trabajo de Grado de Maestría: **Modelo para Mejorar la confiabilidad operacional en la ladrillera Cúcuta basado en análisis de criticidad**, para optar al título de Magíster en Ingeniería Industrial, tiene como objetivo principal proponer un Modelo para mejorar la Confiabilidad Operacional en la Ladrillera Cúcuta basado en Análisis de Criticidad, en la investigación, se realizó lo siguiente: evaluación del estado actual de la organización mantenimiento, recopilación de variables y parámetros de estudio, evaluación de la criticidad de los equipos, análisis de modos y efectos de falla para los equipos críticos del campo, rediseño de Planes de Mantenimiento con base en los resultados de los AMEF, sugerencias en la toma de decisiones futuras respecto a la maquinaria actual.

Metodológicamente se desarrolló bajo una investigación de nivel descriptivo de tipo documental, utilizando como técnicas de recolección el análisis e interpretación de los contenidos, la observación documental y el resumen, ya que se trabajó con información proveniente del sitio de ocurrencia del fenómeno, bajo el uso de encuestas, para luego estudiarlas y concluir o proponer con base en ellas (en este caso generar planes de mantenimiento óptimos).

Con esta investigación el autor buscó ofrecer a la empresa desde el punto de vista de disponibilidad de planta, resultados de criticidad que permitieran una orientación certera en la ejecución de proyectos como inversión de capital y renovaciones en los procesos, y desde el punto de vista de mantenimiento establecer cuáles son los sistemas más críticos para que de manera eficaz se prioricen los planes de mantenimiento, abordando los sistemas que inciden de manera negativa en los objetivos de producción. Este antecedente contribuyó directamente en las bases de la investigación al hacer referencia de forma directa a los principios básicos para aumentar la productividad de una empresa bajo el concepto de priorizar los planes de mantenimiento.

**Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como estrategia para apoyar los Indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC** de la revista Ingeniería Energética, vol. XXX, núm. 2, (2009), El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer las experiencias adquiridas en la aplicación de los principios y conceptos fundamentales del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en las unidades de generación que conforman la Planta Oscar Augusto Machado (OAM) de C. A. La Electricidad de Caracas.

Hung, hace referencia a los aspectos que caracterizan el entorno empresarial actual, obligan a las organizaciones a ser cada vez más flexibles para mantenerse o sobrevivir en el mercado. Una de las formas de lograr esta



flexibilidad dentro de un ambiente competitivo es desarrollando y aplicando una metodología de mantenimiento que garantice que el equipamiento productivo de la empresa se encuentre en condiciones de desempeñar las funciones deseadas con los estándares de calidad exigidos en su contexto operacional presente. Las rutinas y tareas de mantenimiento que se definieron para la prevención de la ocurrencia de las fallas en los equipos principales asociados a los sistemas auxiliares, se pueden agrupar en dos grandes categorías a saber: Tareas de sustitución cíclica y tareas de reacondicionamiento cíclico. Además toda falla que tenga consecuencias y efectos sobre: la seguridad, la salud y el medio ambiente o sobre el comportamiento funcional de una planta industrial donde se vea afectada la producción, debe ser prevenida en la medida de lo posible. De esta investigación como aporte se consideró el análisis expuesto por el autor y la metodología utilizada.

## **2.2. Fundamentos Teóricos**

A continuación se presentan aquellos conceptos que complementan el desarrollo de la presente investigación:

### **2.2.1 Manufactura de Papel**

Las industrias manufactureras de papel son aquellas que tienen como propósito producir, convertir y comercializar papeles de la línea tissue (papel higiénico, servilletas, toallas y facial).

***El Papel Tissue:*** Según Smook (1990): “el papel se ha definido tradicionalmente como una hoja a fieltada de fibras formada sobre un tamiz fino a partir de una suspensión acuosa; la pulpa es el material fibroso para la fabricación de papel. Las fibras son normalmente de origen vegetal” (p.1)

#### **2.2.1.1 Equipos de una Máquina Papelera.**

Para comprender el funcionamiento de una máquina papelera, es importante conocer la función de cada uno de sus componentes básicos, su

clasificación y propósito en el sistema. A continuación se describen dichos componentes.

De acuerdo a SmooK (1990). Los componentes básicos de la máquina de papel son:

***Hidropulper:***

“Es un pulper vertical equipado con una extracción por debajo del rotor a través de una placa perforada. Las perforaciones son dimensionadas en función de las necesidades de desfibrado” (p. 187)

***Refinadores Cónicos:***

“En los refinadores cónicos el cono rotativo (rotor) y su carcasa (estator) están provistos de cuchillas metálicas orientadas en sentido longitudinal. Las fibras fluyen paralelamente a las cuchillas. La posición del cono determina el entrehierro entre las cuchillas” (p.194)

***Caja de Entrada:***

“Esta caja presurizada distribuye la pulpa sobre la tela de formación en movimiento, es decir toma la pulpa suministrada por la bomba de dilución y transforma el flujo que circula por la tubería en un flujo uniforme” (p. 220)

***Mesa de Formación:***

“En ella se da lugar a la formación de la hoja, el chorro de suspensión fibrosa proveniente de la caja cabecera se vierte sobre una malla en donde drena y es transportada al área de secado” (p. 232)

***Rollo de Pecho:***

Es el rollo con el que se inicia la mesa de formación, consta de un motor el cual da movimiento a la malla, en su interior posee una caja de vacío, la cual tiene como función la extracción del agua, este efecto de succión hace que las fibras se

ordenen sobre la malla originándose así la formación de la hoja de papel. Smook (1990)

### ***Cajas de Vacío:***

Son cajas de forma rectangular cuyo ancho coincide con el fieltro, son colocadas en contacto con el fieltro para que por medio del vacío generado en ellas, a través de las bombas de vacío, absorba parte del agua de la hoja de papel. Smook (1990)

### ***Prensas:***

Son rodillos con sistemas neumáticos los cuales son encargados de comprimir la hoja transferida desde el fieltro contra el Yankee, extraen agua y consolidan la hoja de papel. Smook (1990)

### ***Yankee:***

Es un cilindro metálico, el cual mediante vapor inyectado en su interior, retira la parte final de agua presente en la hoja. La hoja pegada a su superficie es secada y transportada desde la primera prensa hasta la cuchilla crepadora. Smook (1990)

### ***Air-car:***

Consiste en una carcasa que recubre al Yankee a todo lo ancho en su parte superior, esta carcasa proporciona aire caliente a la hoja sobre el Yankee para ayudarlo a terminar el proceso de secado. Smook (1990).

### ***Reel:***

Es un cilindro metálico acoplado a un motor mediante el cual se le proporciona la velocidad de embobinado deseada, con la cual se controla el crepado. Smook (1990)

### ***Brazos Primarios:***

Actúan como sistema de transferencia de la barra, colocándola inicialmente en contacto con la hoja de papel, hasta que se inicia el enrollado, para luego es transferida a los brazos secundarios. Smook (1990)

### ***Brazos Secundarios:***

En estos brazos se coloca la barra metálica con el core (cilindro interior de la bobina) para ser puesta en contacto con el reel, proporcionando en ambos lados, una presión constante en el embobinado, impidiendo con esto el deslizamiento de la hoja al enrollarse. Smook (1990)

## **2.2.2 Fundamentos del Mantenimiento.**

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que el sistema productivo SP “Son aquellas siglas que identifican a los Sistemas productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento” (p. 1).

### **2.2.2.1 Mantenimiento.**

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que el mantenimiento “Es un conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir con un servicio determinado” (p.1)

Por otra parte el Mantenimiento se basa en una serie de acciones necesarias que permiten garantizar el estado de un sistema, preservando o restableciendo el funcionamiento de un equipo al menor costo posible. Monchy (1990)

De las dos definiciones anteriores, se puede concluir que el mantenimiento es la clave para garantizar la vida útil de un sistema, es por ello que se debe tener

una planificación de mantenimiento establecida para preservar el funcionamiento de los equipos.

### **2.2.2.2 Objetivo de Mantenimiento:**

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) el objetivo de mantenimiento “Es mantener un SP en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo” (p.1)

### **2.2.2.3 Tipos de Mantenimiento:**

#### **1. *Mantenimiento Correctivo.***

Por mantenimiento correctivo se considera todas aquellas actividades desarrolladas para corregir una falla presentada en un equipo o sistema, sin haber sido planificada, es decir después de un paro imprevisto. Nava (2010).

Las características más importantes que se presentan en un equipo en producción:

- Presencia de un carácter urgente.
- Necesidad de una solución inmediata para evitar pérdidas de tiempo, pérdidas de producción y pérdidas de dinero.

La planta debería tener un proceso para tratar los riesgos futuros, de cualquier falla en la planta, en donde se realicen investigaciones de análisis de la causa raíz.

#### **2. *Mantenimiento Preventivo.***

El mantenimiento preventivo se puede definir como las acciones realizadas durante un tiempo, para impedir o mitigar daños en un componente o equipo, con

la finalidad de mantener o ampliar su tiempo de servicio a través del control de la degradación a un nivel aceptable.

Por parte de La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que “El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustituciones de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas” (p. 2).

En lo posible las técnicas a usar para mantenimiento preventivo deberían estar basadas en:

- Las recomendaciones de los fabricantes expuestas en los manuales de mantenimiento de cada uno de los equipos.
- La experiencia del personal de la planta.

### **3. *Mantenimiento Rutinario.***

Según La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que el mantenimiento rutinario “Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los SP y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos SP evitando su desgaste” (p.1)

### **4. *Mantenimiento Programado.***

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que “Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los

elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año” (p.1)

### **5. *Mantenimiento por Averías o Reparación.***

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN establece en su norma 3049 (1993) que “se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada” (p. 2)

Entre los 5 tipos de mantenimiento, cabe resaltar la importancia de realizar e implementar el mantenimiento preventivo, ya que a través de él, se puede garantizar la vida útil de un equipo establecida por el fabricante, permitiendo de esta manera reducir los retrabajo, las horas hombres, el consumo de materiales que se emplean para corregir cualquier falla.

#### **2.2.2.4 Gestión del Mantenimiento.**

Según Zambrano y Leal (2006), expone que la gestión de mantenimiento se basa en planificar cada una de las actividades de mantenimiento, siguiendo los procedimientos establecidos, con un orden, que permita el mejor desempeño de los equipos que forman parte del sistema productivo, esto con lleva a disminuir las desviaciones presentes en cualquier mantenimiento.

#### ***Las fases de gestión del mantenimiento son:***

**1. *Planificación.*** Duffuaa (2000) expresa que la planificación se basa en las rutinas, procedimientos y en la elaboración de planes, ya sean semanales, mensuales o anuales, que definen cual será la mano de obra, materiales, equipos, herramientas y tiempo estimado de las actividades, requeridos antes de ejecutar el trabajo.

**2. Programación.** De acuerdo con Duffuaa (2000), la programación es el proceso mediante el cual se establece las frecuencias para las actividades del mantenimiento preventivo, en donde las fechas programadas son la clave para la continua disponibilidad de los equipos, se deben llevar formatos de orden de trabajo para hacer seguimiento hasta concluirlos

**3. Ejecución:** relaciona las acciones administrativas con dirección y coordinación de esfuerzos de los grupos de ejecución, generados por la planificación y programación, siguiendo normas y procedimientos pre-establecidos. Zambrano y Leal (2006)

**4. Seguimiento.** Engloba todas las fases del proceso a fin de obtener la información necesaria para la toma de decisiones. Zambrano y Leal (2006).

**5. Control.** Permite verificar y comprobar que se ejecutando lo planificado, sin desviaciones, mediante comparaciones, analizando, midiendo, generando indicadores y corrigiendo. Zambrano y Leal (2006).

**6. Evaluación.** Para evitar los errores y las desviaciones, aplicando las experiencias en otras actividades. Hacer que los procesos se hagan inteligentes, aprendan y se formen con base a realidades y vivencias. Zambrano y Leal (2006).

En la Figura N°5 se muestran las fases de gestión para cumplir con lo establecido anteriormente.





**Figura N°5:** Fases de gestión del mantenimiento. Fuente. Zambrano y Leal (2016)

### 2.2.2.5 Indicadores de Mantenimiento.

Consiste en indicadores basados en el cálculo de parámetros tales como: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. A continuación se describen tales parámetros:

- **Confiabilidad.**

Según Nava (2012), se define como la probabilidad de que un componente o equipo no fallará estando en servicio durante un período determinado, cuando es operado en condiciones razonablemente uniformes de presión, temperatura, velocidad, vibración, etc. O también la probabilidad de que un componente o equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales dadas. Los parámetros utilizados en el estudio de la

confiabilidad son: el tiempo promedio entre fallas (TPEF o MTEF), la probabilidad de supervivencia  $P_s(t)$  y la rata de fallas  $r(t)$ .

El tiempo promedio entre fallas (TPEF o MTEF), indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

Según Quinche (2012), el cálculo de este parámetro se realiza a través de la siguiente ecuación N°1.

$$MTEF = \frac{\sum TEF_i}{n} \text{ Ec. 1}$$

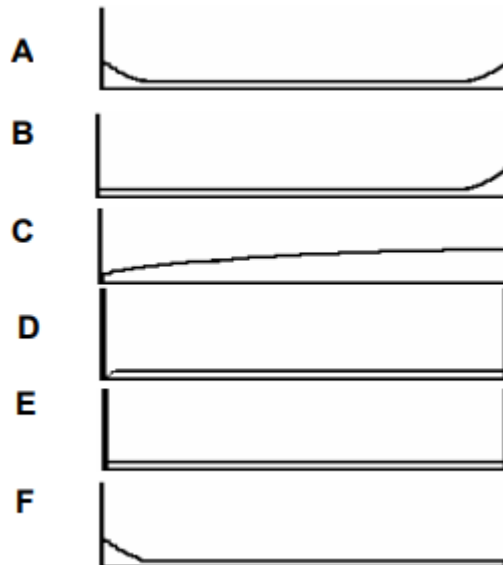
La rata de fallas  $r(t)$ . Según Nava (2012), la rata de fallas  $r(t)$ , también llamada Frecuencia de Ocurrencia de Fallas, se define para efectos de confiabilidad como la probabilidad casi inmediata de falla de un componente o equipo al llegar a "t" horas de operación.

La probabilidad de supervivencia  $P_s(t)$ . Según Nava (2012), es el término sinónimo de confiabilidad.

El cálculo de estos dos últimos parámetros dependerá del periodo de vida de un equipo, la figura N°6 muestra los 6 patrones de falla. Cada patrón representa la probabilidad de falla en función del tiempo.

Un patrón A, donde la falla tiene alta probabilidad de ocurrir al poco tiempo de su puesta en servicio (mortalidad infantil), y al superar una vida útil identificable.

Patrón B, o "curva de desgaste".



**Figura N°6:** Los 6 patrones de falla

Patrón C, donde se ve un continuo incremento en la probabilidad condicional de la falla.

Patrón D, donde superada una etapa inicial de aumento de la probabilidad de falla el elemento entra en una zona de probabilidad condicional de falla constante.

Patrón E, o patrón de falla aleatorio.

Patrón F, con una alta probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo seguido de una probabilidad condicional de falla constante y aleatoria.

- ***Mantenibilidad.***

Según Nava (2012), la mantenibilidad es la probabilidad de que un componente o equipo pueda ser restaurado a una condición operacional satisfactoria dentro de un período de tiempo dado, cuando su mantenimiento es realizado de acuerdo a procedimientos preestablecidos.

Según la Norma COVENIN 3049 (1993), el parámetro de tiempo necesario para el estudio de mantenibilidad es EL TIEMPO FUERA DE SERVICIO (TFS) O

TIEMPO PARA REPARAR (TPR), que se describe como el intervalo de tiempo transcurrido desde que el SP es desconectado hasta que es entregado de nuevo al equipo de operaciones, listo para cumplir su función.

- **Disponibilidad.**

Según Nava (2012), la disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo esté operando, o sea, se encuentre disponible para su uso, durante un periodo de tiempo determinando. La disponibilidad se determina según la siguiente ecuación N°2.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} \text{ Ec. 2}$$

Dónde:

TPEF: Tiempo promedio entre fallas (MTEF)

TPFS: Tiempo promedio fuera de servicio (MTFS)

Según Quinche (2012), El cálculo de este parámetro (TPFS) se realiza a través de la siguiente ecuación N°3.

$$MTPR = \frac{\sum TPR_i}{n} \text{ Ec. 3}$$

### **2.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

Para el desarrollo de este proyecto se empleara la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), soportados en la estructura y organización que ofrece la Norma ISO 14224, además del análisis que podrá ser realizado por medio del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), temas que serán marco para esta investigación y por lo tanto ampliados a continuación.

De acuerdo con Hung (2008) el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad dice que:

“Como concepto general podemos decir que la actividad de mantener es asegurar que todo elemento físico de un equipo ó instalación desempeñe las funciones deseadas en forma continua. El

mantenimiento por lo tanto, se propone preservar el estado original de diseño ó normal de operación. Es evidente que para que esto sea posible los equipos deben ser capaces de cumplir las funciones para las cuales fueron seleccionados y que la selección haya tenido en cuenta la condición de operación real. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se caracteriza por:

- Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo/instalación.
- Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
- Mantener la calidad y capacidad productiva. Si deseamos aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la confiabilidad, mejorar la calidad de la producción, necesitaremos un rediseño.
- Tener en cuenta la condición operacional: donde y como se está usando”. (p. 13)

Según Moubray (1997), el “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” (p.7).

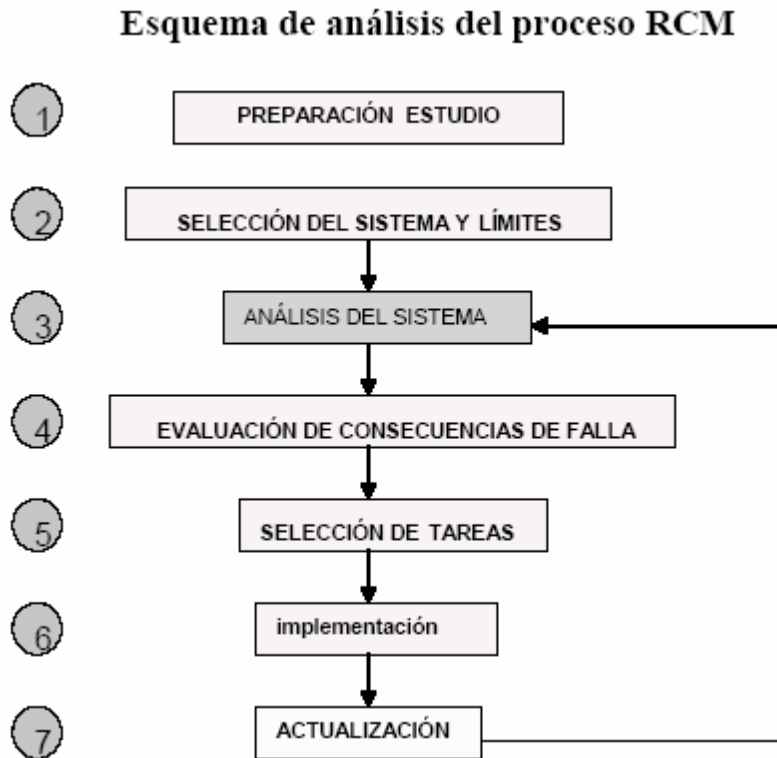
### ***Las siete preguntas del RCM:***

El proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) formula siete preguntas acerca del activo ó sistema que intente analizar. Para Hung (2008) son:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿De qué manera importa cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir ó prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (p.14).

La idea central del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los

equipos más que a los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina desde el punto de vista productivo. Ver figura N°7.



**Figura N° 7:** Esquema de análisis del proceso RCM

Fuente: Hung (2008)

En la Norma ISO 14224, Troffé (2009) define el RCM como una metodología estructurada:

“Basada en un árbol de decisiones. Su éxito depende en gran parte de la experiencia de los participantes como también en la posibilidad de contar con datos de tasa de fallas y períodos de ocurrencia registrados, información dificultosa de encontrar o elaborar en el común de las plantas. La división en sistemas y sub sistemas de cada equipo es tan amplia como criterios puedan definir los integrantes del grupo. Lo mismo ocurre con la profundidad de análisis para cada Modo de Falla / Causa de Falla; solo limitada por el grado de detalle al que el grupo oriente el análisis” (p.2)

La recolección de datos según la Norma debe de forma organizada y estructurada, de acuerdo a su agrupación en tres categorías (Cuello, s.f.):

- a) Datos del equipo, caracterizado por los datos que identifiquen al equipo, datos de diseño y aplicación.
- b) Datos de falla, que comprenden identificación del equipo, registro de la falla, ubicación del equipo, datos propios de la falla.
- c) Datos de mantenimiento, que comprenden registros de mantenimiento, ubicación del equipo, registros de fallas, datos propios de mantenimiento, categoría de mantenimiento, ítems mantenidos, etc.

La Norma está orientada al registro de fallas, siendo de gran importancia para definir los límites y jerarquía de los equipos de operación, como también la calificación de la jerarquía de las fallas. Cuello (2010)

#### **2.2.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas:**

De acuerdo con lo anterior, según Troffé (2009) explica que el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) es:

“Una técnica aplicada al estudio Metódico de las consecuencias que provocan las Fallas de cada Componente de un Equipo. Es un proceso sistemático para la identificación de las Fallas Potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el Riesgo asociado a las mismas. Sus objetivos principales son:

Reconocer y evaluar los Modos de Fallas Potenciales y las causas asociadas con el diseño y montaje, Operación y mantenimiento de un equipo, a partir de los componentes.

Determinar los Efectos de las Fallas Potenciales en el desempeño del Sistema, Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la Falla Potencial.

Analizar la Confiabilidad del Sistema

Cuantificar Riesgos y Confiabilidad.

Documentar el proceso” (p.3)

La aplicación del AMEF, llega a los modos de falla partiendo de la supuesta falla de un componente, sea total o parcial, llevando directamente a todos los modos de falla potenciales que se pueden presentar en un equipo-máquina (pérdida de la función). Así, los responsables de las pérdidas de funciones de los equipos o sistemas, son los componentes.

Si se identifican desde un principio los modos de falla estándar para cada tipo de equipo, definiéndolos bajo un criterio netamente operacional y se los recorre en forma sistemática, en una secuencia ordenada, difícilmente puede quedar sin ser analizada alguna falla supuesta que afecte a las funciones del equipo. Para ello es fundamental que sean listados todos los elementos, por ejemplo: sistemas, subsistemas, componentes, mecanismos de falla y causas de falla.

Por lo anterior, es de suma importancia contar con el conocimiento del personal técnico de mantenimiento y operación, ya que ellos se encuentran muy familiarizados con la cotidianidad de las fallas funcionales y los componentes que las provocan, constituyéndose para Troffé (2009), como la base y ventajas de este método.

### **2.3. Bases Legales**

Los siguientes, son algunas bases legales que guardan relación con el desarrollo de la presente investigación:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, capítulo IX Art: 127
- Ley de conservación y mantenimiento de los bienes públicos. Gaceta Oficial N°38.756 del 28 de agosto de 2007
- Norma venezolana COVENIN 3049-93 Mantenimiento. Definiciones
- Norma venezolana COVENIN 2500-93: Manual para evaluar los sistemas del mantenimiento industrial.
- Norma ISO 14224. Relación con RCM y AMEF



## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se muestra de manera secuencial, organizada y detallada la forma como se estructura el planteamiento metodológico para la realización del diagnóstico y desarrollo de los planes de mantenimiento de los equipos e infraestructura de la empresa Manufactura de Papel.

En este sentido, se realizará un diagnóstico cuantitativo por medio de la aplicación de la norma venezolana para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria COVENIN 2500-93. A partir de ello, se ampliará el diagnóstico a un nivel cualitativo, a través de una encuesta, una vez finalizado el proceso de diagnóstico y bajo observación propia se construirá una matriz DOFA para generar estrategias que ayuden a mejorar la gestión del mantenimiento.

### **3.1 Tipo de Investigación**

La presente investigación estará basada en el concepto de Investigación Aplicada de Tipo Descriptiva. Esto se define en base los siguientes conceptos desarrollados por Tamayo y Tamayo (2003): La investigación aplicada “depende de sus descubrimientos y aportes teóricos, y busca confrontar la teoría con la realidad. Se refiere a resultados inmediatos y se halla interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación” (p. 43). En este caso para plantear los planes tanto de operación como de mantenimiento, basado en la observación directa de los procesos y funcionamiento de los equipos que forman parte del sistema productivo. Además este tipo de investigación, se enfoca a la aplicación inmediata de teorías ya establecidas y no al desarrollo de éstas.

La investigación descriptiva es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera. Según Arias (2006), “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los

resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p 45). El proceso de investigación se fundamenta en recabar información in situ, detallar la procedencia de la condición y presentar propuestas para abordar la situación.

Para realizar la investigación se requiere la recopilación y selección de información que se presenta en la realidad y de las condiciones originales de diseño, identificación de las características propias de los equipos, determinación de las fallas y la propuesta de un plan de mantenimiento basado en las consecuencias de dichas fallas.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

El tipo de investigación según el diseño que será usado se basa en una investigación del tipo documental. Según Arias (2006) “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, en decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos” (p.30). En este sentido, se utilizan investigaciones referentes al tema en estudio, así como también, manuales de equipos, boletines electrónicos de los fabricantes de equipos y normas de aplicación respectiva al área de mantenimiento.

Sobre los estudios de campo Arias, (2006) señala: “Consiste en la recolección de datos directamente de sus sujetos investigados, o de la realidad que ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes” (p. 31). Este tipo de diseño le permite al investigador, atestiguar que toda la data obtenida para la investigación es certera, lo que facilita su revisión o consulta en caso de surgir dudas.

Basado en las definiciones anteriores, el diseño de investigación de la presente investigación será de tipo Mixto (De campo y Documental), ya que logran una perspectiva más amplia y profunda de problema, permite recopilar datos a través de técnicas como entrevistas y encuestas con el personal involucrado en el mantenimiento de los equipos (de Campo) además de evaluar registros y documentación existente para realizar diagnósticos, obtener conclusiones y proponer soluciones (Documental).

### **3.3 Unidad de Análisis**

La unidad de análisis en la que se desenvolverá la presente investigación son los equipos y personas de Mantenimiento de la máquina papelera.

### **3.4 Población y Muestra**

Tamayo y Tamayo (2003), destaca el siguiente concepto de población: “Representa la totalidad de un fenómeno de estudio; incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación.” (p. 176). Partiendo del concepto antes citado, la población relacionada con la presente investigación estará conformada por todos los equipos que conforman la máquina papelera en la empresa Manufacturas de Papel.

Por otro lado, Hernández, Fernández y Baptista (2010), definen la muestra como “Un subconjunto de la población, que se utiliza para determinar características propias de la totalidad de la misma, para la cual deben ser representativas en toda la población” (p. 212).

En la presente investigación el tipo de muestra será No Probabilística Intencional. Según Tamayo y Tamayo (2003), quien define el muestreo

intencionado como una técnica en la que “el investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo cual exige al investigador un conocimiento previo de la población que se investiga para poder determinar cuáles son las categorías o elementos que se pueden considerar como tipo representativo del fenómeno que se estudia.” (p. 178).

En el marco de la presente investigación la muestra estará conformada por los equipos bajo los criterios de evaluación-análisis de mayor criticidad que estos tengan. Ya que estos son los equipos que detienen el proceso productivo ante la presencia de una falla.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos Recolección de Datos**

Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma de obtener datos o información. Arias (2006), define “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.67).

Para el logro de los objetivos se utilizarán varias técnicas e instrumentos que permitirán recopilar la información necesaria para el logro de los objetivos, tales como:

#### **a) Entrevista Estructurada:**

Según Arias (2006) define: “La entrevista estructurada o formal, es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar respuestas” (p.73).

En la presente investigación las entrevistas estructuradas se realizarán al personal de la Gerencia de Mantenimiento, Gerencia de Fabricación y Operador

con la finalidad de obtener la información necesaria de los equipos, como son las funciones, condiciones, parámetros, fallas más comunes e inusuales, las causas que la originan y como se manifiestan, además de las diferentes estrategias que pueden aplicarse en los equipos para mantener su uso.

#### **b) Juicio de Expertos:**

Consiste en un conjunto de opiniones que pueden brindar profesionales expertos en una industria, disciplina o área específica, relacionadas al proyecto que se está ejecutando.

Este tipo de información puede ser obtenida dentro o fuera de la organización, en forma gratuita o por medio de una contratación, en asociaciones profesionales, cámaras de comercio, instituciones gubernamentales, universidades.

En el caso de la presente investigación, serán consultados distintos asesores internos o externos, con una experiencia mínima de diez años en el área de estudio.

#### **c) Revisión Documental:**

Hurtado (2007), “Se entiende como el proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema particular (su pregunta de investigación), con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo. (p. 90)

Esta técnica permite realizar un modelo integral, con el objeto de facilitar al desarrollo y comprensión del problema planteado, ya que a través de él, se escoge información proveniente de normas, páginas web, manuales de equipo,

libros, software, entre otros, es de relevancia para delimitar el tema y determinar que contenido se requerirá para desarrollar el plan de mantenimiento objeto de esta investigación.

Para procesar la información recopilada se plantea utilizar la Norma COVENIN 2500 (1993) la cual lleva por título “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria”, porque contempla un método cuantitativo, para la evaluación de sistemas de mantenimiento, en empresas manufactureras, para determinar la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta a mantenimiento mediante el análisis y calificación de los factores.

Así también, según Díaz (2015) una vez que se maneje los diferentes datos relacionados a los equipos que se seleccionen, se analizan y verifican por medio del uso de herramientas estadísticas como tablas de las frecuencias relativas o absolutas de fallas, Matriz DOFA.

Esta herramienta permite focalizar causas de problemas transitorios organizacionales y poder detectar en esa forma las oportunidades de mejoras, lo que llevará a la soluciones de múltiples problemas.

### **3.6 Fases de la Investigación**

A continuación se describen las fases que serán utilizadas para presentar el Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.

Este punto comprende los pasos a seguir para obtener la información requerida para desarrollar la investigación. A continuación se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de cada fase y por ende para el cumplimiento de cada objetivo.

### **3.6.1 Fase I: Descripción y definición del proyecto**

Esta fase, por medio del desarrollo del proyecto del trabajo especial de grado, contempla la selección del área de estudio, la identificación y estructuración del problema, la metodología planteada y la información de la organización o mercado donde se desarrollará la investigación.

Uso de información de la documentación técnica de los equipos, textos de aplicación en el campo de investigación y normativas referidas a la gestión del mantenimiento (Normas COVENIN).

### **3.6.2 Fase II: Diagnóstico de la situación actual de la máquina papelera.**

a) Para esto se hace uso métodos de recolección de datos como lo son las entrevistas con todo el personal que labora en la empresa, para poder determinar parámetros como conocimiento de equipos, seguridad en la operación, corresponsabilidad en el área de mantenimiento y calificación del estado (características físicas y funcionamiento) que otorga el personal al desempeño de cada equipo.

b) Revisión y evaluación de la situación actual de la gestión de mantenimiento en la máquina papelera en función de los objetivos estratégicos y los factores involucrados, para lo que se empleará la matriz DOFA

### **3.6.3 Fase III: Determinación de los equipos críticos e infraestructura objeto de estudio.**

Por medio de técnicas de análisis y basándose en la frecuencia de fallas se determina aquellos equipos que forman parte del sistema y que requieren un mayor cuidado a la hora de operar debido a su posición en la línea de producción

utilizando la herramienta de la tabla de los criterios de evaluación-análisis de criticidad. Viesca (1995).

#### **3.6.4 Fase IV: Análisis de la información**

Conocido de forma detallada el problema objeto de estudio y con la información recolectada, debidamente documentada y tabulada en la Fase II de la investigación, se procederá con el análisis de dicha información por medio de la comparación del proceso actual de la gestión de mantenimiento de la máquina papelera, con la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Esto con la finalidad de determinar la brecha entre dicho proceso y las mejores prácticas.

#### **3.6.5 Fase V: Proponer Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**

a) En esta sección, se busca identificar qué etapas o fases debe poseer el plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

b) Elaboración del plan: en esta etapa, se definirán de forma detallada aquellos procesos y actividades que conforman el plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

#### **3.6.6 Fase VI: Cierre del proyecto**

Esta etapa contempla la documentación de información como lecciones aprendidas a lo largo de la investigación, además de aquellas conclusiones y recomendaciones que se consideren pertinentes según los resultados obtenidos.

### **3.7 Procedimiento por Objetivos**

A continuación se describe el procedimiento que será utilizado para cada uno de los objetivos específicos del presente trabajo de investigación, cuyo logro



permitirá presentar el diseño del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.

1. Definir el proceso actual que se lleva a cabo en la gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.

- Conformar el equipo natural de trabajo con personal de la planta, mantenedor y operador de los equipos.
- Realizar entrevistas para evaluar la situación actual a través de normativas referidas a la gestión del mantenimiento (Normas COVENIN).

2. Diagnosticar la situación actual del mantenimiento realizado a la máquina papelera.

- Convocar a una reunión del tren ejecutivo de la planta para presentar los resultados de la Norma Covenin 2500 (1993).
- Realizar entrevistas con todo el personal que labora en la máquina papelera, para poder determinar parámetros como conocimiento de equipos, seguridad en la operación, corresponsabilidad en el área de mantenimiento y calificación del estado (características físicas y funcionamiento) que otorga el personal al desempeño de cada equipo

3. Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera.

- Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera.
- Realizar el análisis de criticidad mediante el uso de la tabla de los criterios de evaluación-análisis de criticidad. Viesca (1995).

- Realizar el análisis de Modo y Efectos de fallas (AMEF).
- Identificar las funciones y fallas.
- Establecer los parámetros para definir la criticidad.

#### 4. Diseñar los formatos para implementación del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la empresa papelera

- Elaborar un inventario de los equipos de la máquina papelera
- Identificar los equipos del sistema productivo, mediante el manejo de códigos internos del Dpto. de Mantenimiento, haciendo uso de la información proveniente de las fichas técnicas de los equipos en la planta, así como también a partir de combinaciones alfanuméricas que proporcionen una rápida ubicación de los equipos de estudio en el sistema productivo.
- Desarrollar los formatos para sistematizar el manejo la información referida al conocimiento de los equipos, formatos para la gestión de fallas, inspecciones de infraestructura y equipos entre otros, de esta manera se fundamentarán los planes a ser desarrollados por las empresas responsables de la ejecución de las labores de mantenimiento.
- Evaluar los indicadores de mantenimiento como lo son confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos.

### **3.8 Operacionalización de los Objetivos**

A continuación se presenta una tabla que contiene el resumen de la Operacionalización de los objetivos del presente trabajo de investigación.

**Tabla N°3.** Matriz de operacionalización de los Objetivos

Eventos	Objetivos específicos	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Herramientas	Fuentes e instrumentos aplicar
Proponer un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.	Definir el proceso actual que se lleva a cabo en la gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.	Personal Actividades Recursos	Situación actual	Procesos Registros Auditoria	Entrevista  Revisión Bibliográfica	Empleados de la empresa Manufactura de Papel.  Norma Covenin 2500 (1993)
	Diagnosticar la situación actual del mantenimiento realizado a la máquina papelera.	Gestión de Mantenimiento	Situación actual	Auditoria	Entrevista Matriz Foda	Empleados de la empresa Manufactura de Papel. Norma Covenin 2500 (1993)
	Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera.	Frecuencia Efectos Severidad Tiempo	Características	Recursos Fallas en los equipos Inventarios	Revisión Bibliográfica  Análisis del Investigador  Tablas, cuadros y registros.	Método AMEF  Norma ISO 14224
	Diseñar los formatos para implementación del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la empresa papelera	Formularios  Áreas de conocimiento	Técnicas	Plan RCM	Formularios y planillas internas.  Análisis del Investigador	Método RCM. Documentación de mantenimiento de la empresa Manufactura de Papel

### 3.9 Aspectos Éticos

La consideración ética para esta investigación, además del acuerdo de confidencialidad de la información suministrada por la empresa Manufactura de Papel, estará fundamentada en el siguiente código de ética:

**Código de Ética Profesional del CIV (2012), donde se considera “contrario a la ética” (p. 1) para profesionales de la ingeniería, las siguientes situaciones:**

- “Actuar en cualquier forma que tienda a menoscabar el honor, la responsabilidad y aquellas virtudes de honestidad, integridad y veracidad que deben servir de base a un ejercicio cabal de la profesión.” (p. 1).
- “Descuidar el mantenimiento y mejora de sus conocimientos técnicos, desmereciendo así la confianza que al ejercicio profesional concede la sociedad.” (p. 1).
- “Dispensar, por amistad, conveniencia o coacción, el cumplimiento de disposiciones obligatorias, cuando la misión de su cargo sea de hacerlas respetar y cumplir” (p.1).
- “Concurrir deliberadamente o invitar, a licitaciones de Estudio y/o proyectos de obras.”(p.1).
- “Ofrecer, dar o recibir comisiones o remuneraciones indebidas y, solicitar influencias o usa de ellas para la obtención u otorgamiento de trabajos profesionales, o para crear situaciones de privilegio en su actuación” (p.1).
- “Atentar contra la reputación o los legítimos intereses de otros profesionales, o intentar atribuir injustificadamente la comisión de errores profesionales a otros colegas.” (p. 2).
- “Utilizar estudios, proyectos, planos, informes u otros documentos, que no sean el dominio público, sin la autorización de sus autores y/o propietarios.” (p. 2).
- “Revelar datos reservados de índole técnico, financiero o profesionales, así como divulgar sin la debida autorización, procedimientos, procesos o características de equipos protegido por patentes o contratos que establezcan las obligaciones de guardas de secreto profesional. Así como

utilizar programas, discos, cintas u otros medios de información, que no sea de dominio público, sin la debida autorización de sus autores y/o propietarios, o utilizar sin autorización de códigos de acceso de otras personas, en provecho propio.” (p.2).

- “Contravenir deliberadamente a los principios de justicia y lealtad en sus relaciones con clientes, personal subalterno y obreros, de manera especial, con relación a estos últimos, en lo referente al mantenimiento de condiciones equitativas de trabajo y a su justa participación en las ganancias”(p.2).

## CAPITULO IV:

### ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

En este capítulo se describen los principales aspectos administrativos que conforman la estructura del proyecto de investigación, en la cual se presenta los recursos: humano, materiales, financieros además del cronograma.

Por razones de confiabilidad no se menciona el nombre de la empresa en la realización del proyecto.

#### 4.1 Estructura Organizacional de la Empresa Manufactura de Papel

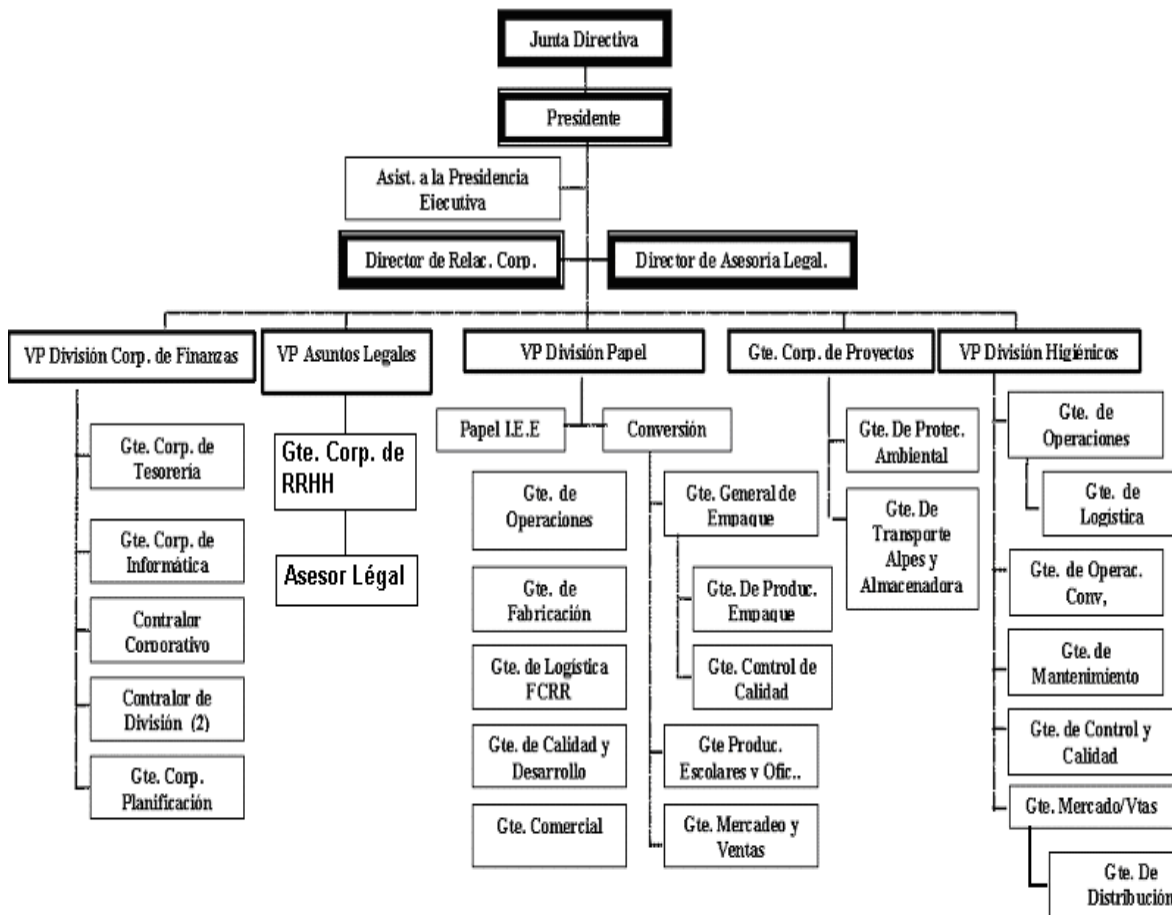


Figura N°8: Estructura organizacional de Manufactura de Papel.

Fuente: Manufactura de Papel (2012)



### 4.3 Recursos

En esta sección se presentan los recursos necesarios para la ejecución de la presente investigación, los cuales contribuirán a dar respuesta al problema planteado en la misma, en conjunto con el desarrollo de los objetivos definidos.

**Tabla N°4:** Recursos del Proyecto Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos del proceso productivo en una empresa de Manufactura de Papel.

Recurso	Unidad Métrica	Cantidad	Costo Unitario BsF	Costo por recurso BsF
Inscripción del Seminario PTEG	UC	3	18.000	54.000
Estudiante de Postgrado (Ingeniero P3)	h	130	200	26.000
Asesor Empresarial (Ingeniero P8)	h	10	400	4.000
Asesor TEG	h	30	500	15.000
Inscripción del TEG	UC	6	18.000	108.000
Internet	Mes	7	2.000	14.000
Servicio de Impresión	C/U	130	1000	130000
Servicio de Encuadernado	C/U	1	30.000	30.000
<b>Totales BsF</b>				381.000

### 4.4 Unidad de Análisis

La unidad de análisis de la presente investigación, la representa el Departamento de Mantenimiento de la Empresa Manufactura de Papel.

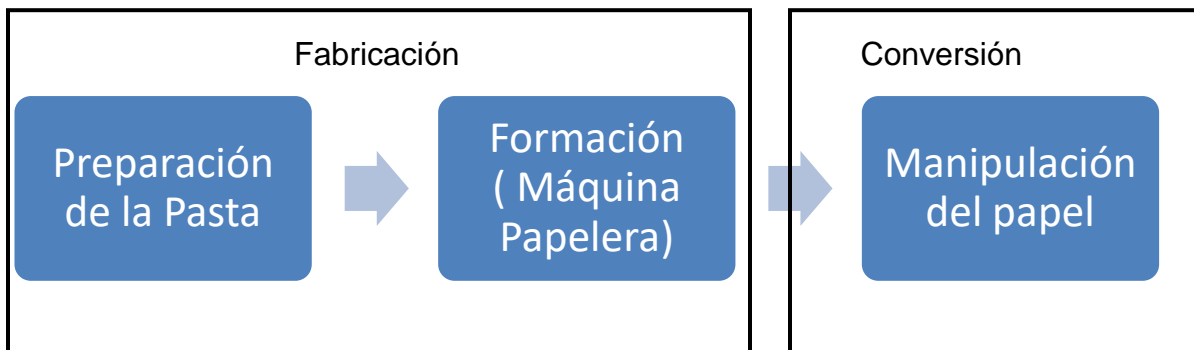


## CAPITULO V: DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollará los objetivos planteados anteriormente, para diseñar las etapas del plan para la implementación de un RCM en la máquina papelera, que permitan optimizar las labores de mantenimiento en el objeto en estudio, así como también facilitar sus procesos, ya que se dispondrá de información real y actual del sistema para alargar la vida útil.

### 5.1 Definir el proceso actual que se lleva a cabo en la gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.

La empresa Manufactura de Papel, emplea un proceso de producción dividido en tres etapas, como son etapa primaria, intermedia y final. En la figura N°10 se muestra el proceso dividido en dos áreas, referidas al área de fabricación (etapa primaria e intermedia) donde se prepara la pasta desde la materia prima y luego la misma se convierte en materia intermedia (bobinas), que posteriormente pasa al área de conversión (etapa final) donde se procesa la bobina obteniendo el producto final deseado (papel higiénico, servilleta, toalla).



**Figura N°10:** Descripción del proceso.

La empresa cuenta con 4 máquinas paperas, que cubren de igual forma, las etapas primaria e intermedia, antes mencionadas, de modo que por alcance de

esta investigación se hará estudio en la máquina papelera N°7 del sistema productivo de Manufactura de Papel.

### 5.1.1 Preparación de la pasta en la máquina N°7 (Etapa Primaria)

El departamento de producción solicita diariamente a la sección de materia prima la cantidad necesaria de insumos, para la fabricación del papel a realizar. Así, los insumos pasan por las siguientes sub-etapas:

- **Desfibrado:** El proceso de desfibrado se lleva a cabo en una cuba metálica provista de aspas giratorias llamada Pulper. En él la materia prima en forma de pacas, es hidratada y desmenuzada, donde a la vez que se suministra vapor hasta obtener una forma homogénea llamada pasta. Esta pasta es transferida a través de tuberías a un tanque de recepción y agitación de pasta desfibrada, llamado Tanque N°1. De este tanque es pasada al limpiador de alta densidad, luego al Screen (limpiador de partículas) y finalmente a la caja de vertedero, en donde se regula el flujo de la pasta antes de pasar a la etapa de pre-refinación.

- **Pre-refinación:** La pasta proviene de la caja de vertedero, es enviada al pre-refinador de disco, en el cual se prepara la pasta para que cumpla con las características físico-mecánicas, exigidas para el papel a fabricar. La pre-refinación consiste en el corte por acción mecánica de las fibras celulósicas. Una vez pre-refinada es transferida posteriormente al tanque N°2.

- **Tanque N°2:** En este tanque se mezcla la pasta pre-refinada y la pasta proveniente de la planta de destintado junto con la pasta recuperada del tanque de la cucha y el tanque liebeck, al cual llega el sobrante del reel. Del tanque N°2 pasa al tanque de máquina, en donde se almacena y agita, para luego fluir al refinador.

- **Refinación:** Se lleva a cabo en un refinador tipo Jordan, en el cual se

realiza una molidura con el fin de homogeneizar el tamaño de la fibra. Una vez molida la pasta es transferida a la caja de pasta en donde se regula el flujo de manera continua a la bomba de recirculación.

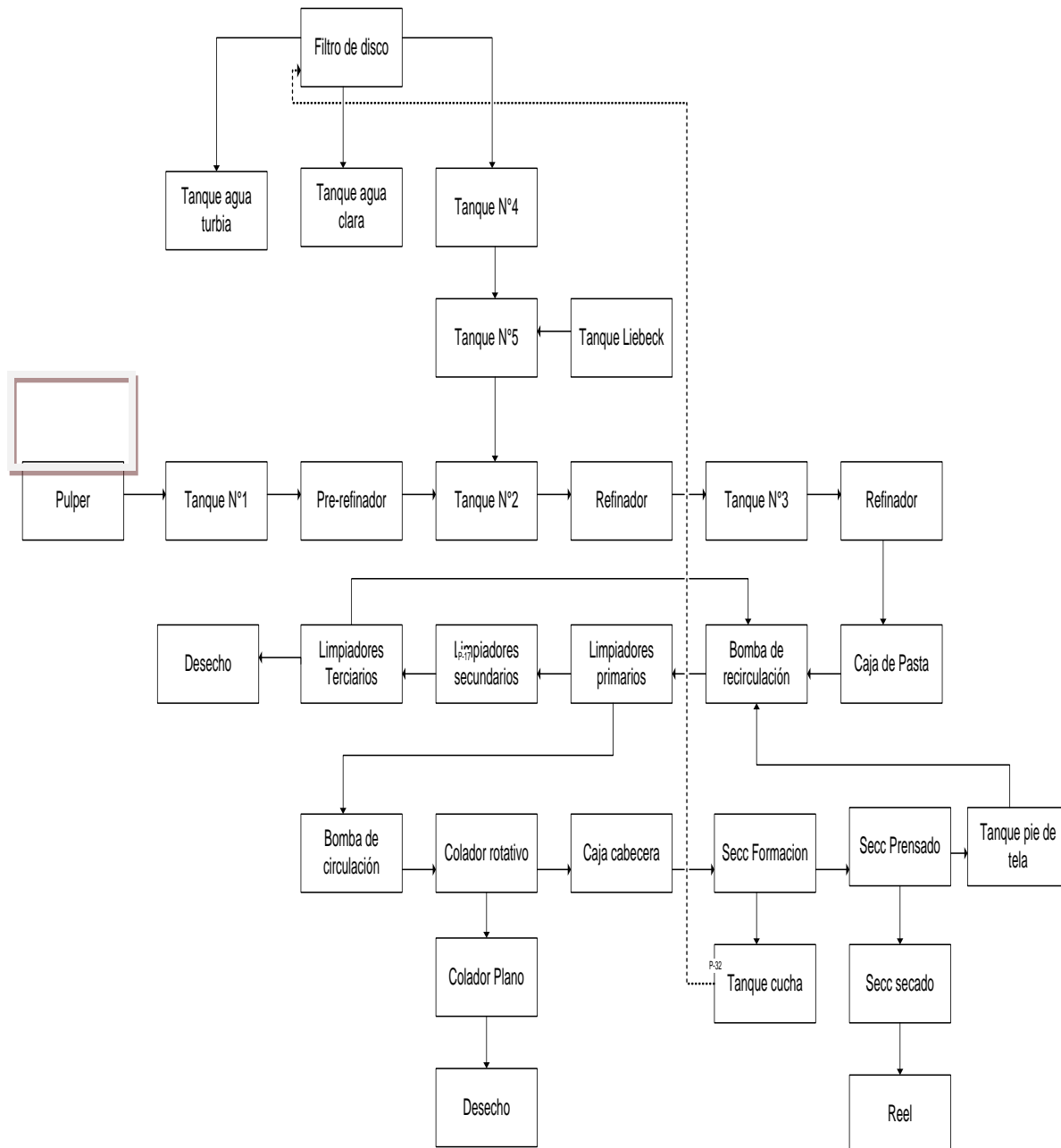
- **Limpieza:** La bomba de recirculación impulsa la pasta (previa disminución de la consistencia de esta por medio de agua con fibra proveniente del tanque del pie de tela) a los limpiadores Uniflow, la pasta aceptada es transferida a los limpiadores Primarios de los cuales lo aceptado se dirige a la bomba de circulación y lo rechazado sigue un proceso de depuración a través de los limpiadores secundarios, terciarios y cuaternarios. Una vez limpiada la pasta, esta sufre una disminución de consistencia (con agua del pie de tela) y es impulsada por la bomba de circulación al colador rotatorio en donde se realiza la depuración final. Lo aceptado del colador va directamente a la máquina papelera.

### **5.1.2 Formación en la máquina papelera N°7 (etapa intermedia)**

La caja cabecera es la receptora de la pasta en la máquina, que se encarga de mantenerla homogeneizada y distribuirla en forma uniforme sobre una malla continua y rotatoria llamada Tela o Malla, sobre la cual se forma una hoja de papel húmeda continua. Esta hoja es transferida a un fieltro húmedo, en el punto de contacto llamado Foil Pickup. El fieltro transporta la hoja hasta la primera prensa, la cual adhiere la hoja a un cilindro secador giratorio llamado Yankee. La hoja de papel ya seca, es despegada del Yankee por medio de la cuchilla crepadora. Esta hoja despegada es enrollada en una bobina, con ayuda de un cilindro giratorio llamado Reel. Esta bobina final es transformada en los productos finales de la empresa

### **5.1.3 Manipulación del papel en la máquina papelera N°7 (etapa final)**

Una vez que llega la bobina al área de conversión se procesa según el producto final que se desea o requiere, y pasa a una máquina convertidora para servilletas, papel higiénico, toallas.



**Figura N°11:** Diagrama del proceso en la máquina N°7

Una vez conocido el proceso de producción con sus equipos principales, se debe resaltar la falta de organización y de limitado flujo de información en el proceso entre producción y mantenimiento.

La situación actual de la empresa en cuanto a la Gestión de Mantenimiento recae la responsabilidad en el gerente de mantenimiento que está a la cabeza de

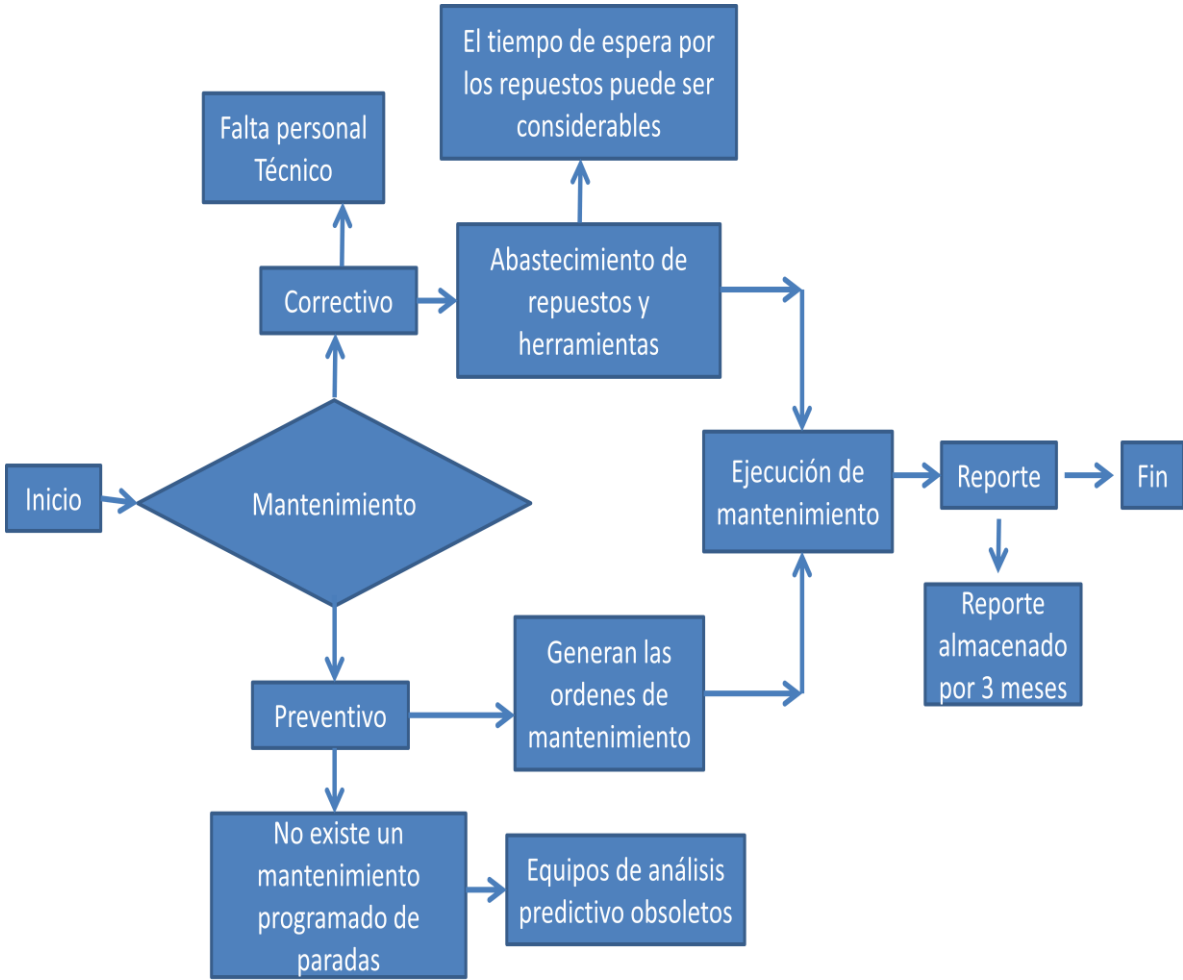
las decisiones y es quien se encarga de revisar la información general suministrada por los jefes de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. El jefe de mantenimiento correctivo es quien está encargado de hacer seguimiento continuo al proceso y quien vela por la normal ejecución del mantenimiento a diario. El jefe de mantenimiento preventivo es quien está encargado de la planificación preventiva y predictiva de los equipos de la planta.

Diariamente el analista de planificación imprime las órdenes de trabajo y las entrega al jefe de mantenimiento correctivo quien las revisa y corrige si es necesario y luego entrega al personal correspondiente. Éste cumple con las labores que se le indican en la orden de trabajo además indicando en ella todas las anotaciones y datos que considere importantes y luego entrega las ordenes de trabajo finalizadas al analista de planificación quien se encarga de tomar la información y almacenarla. Posteriormente valiéndose de dicha información se levantan informes que se presentan periódicamente al gerente de mantenimiento para que este pueda tomar decisiones.

La realidad actual de la empresa muestra que de estos tres tipos de mantenimiento, se práctica casi en su totalidad el mantenimiento correctivo. Esto debido a que no se cuenta con una verdadera planificación ni con métodos que permitan realizar una adecuada Gestión del Mantenimiento. Sumado a ello se encuentra la presión de cumplir las metas de producción, motivo por el cual no se deja un margen de tiempo para realizar mantenimiento preventivo ni paros programados. Tampoco se cuenta con las herramientas administrativas apropiadas para poder llevar un mantenimiento predictivo.

El plan de mantenimiento con el que cuenta la empresa, no se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los procesos de mantenimiento, tampoco se ha explorado y estudiado las ventajas de implementar un mantenimiento centrado en la confiabilidad.

En la figura N°12, se muestra el flujo de acciones que son realizadas en el área de mantenimiento de la empresa.



**Figura N°12:** Flujo de acciones actual de la Gestión de Mantenimiento.

Por otro lado debido a dificultades con el manejo de la información, no se cuenta con un correcto manejo de los datos de mantenimiento, pues el formato de las órdenes de trabajo no lo permite.

No se cuenta con una documentación completa de instructivos que sirva de guía y soporte al personal técnico, lo cual conlleva a ambigüedades y falta de claridad en los procesos y actividades de manteamiento.

## **5.2 Diagnosticar la situación actual del mantenimiento realizado a la máquina papelera.**

### **5.2.1 Aplicación de la Norma Venezolana COVENIN 2500-93 “Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria”:**

Para conocer más a fondo la situación actual de la empresa Manufactura de Papel, se utilizó la **Norma Venezolana COVENIN 2500-93 “Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria”**. A continuación se presenta el resumen de la evaluación por áreas según la norma COVENIN 2500-93.

#### **Área I. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA:**

- La empresa posee un organigrama general y por departamentos.
- Tiene bien definidas las funciones y responsabilidades.
- El personal tiene suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las mismas.
- Cuenta con la estructura técnica administrativa para la recolección, procesamiento y distribución de la información

#### **Área II. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO:**

- La empresa no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.
- La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener.
- La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.
- La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismo para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla

### **Área III. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO:**

- La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifique detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.
- La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.
- No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.
- No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida ésta información en formatos normalizados.
- No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación.
- No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.
- La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.

### **Área IV. MANTENIMIENTO RUTINARIO:**

- No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario o en su defecto a la organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.
- No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.
- Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.
- No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.
- El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.



- La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

#### **Área V. MANTENIMIENTO PROGRAMADO:**

- La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.
- No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado.
- Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.
- No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.

#### **Área VI. MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL:**

- El personal no está en capacidad de absorber la carga de trabajo de mantenimiento circunstancial.
- La organización no concede dentro de la estructura general de mantenimiento, la importancia que tiene el mantenimiento circunstancial a la hora de llevar a cabo la planificación.
- Las actividades de mantenimiento circunstancial se realizan según el programa existente, pero no se dispone de la holgura necesaria para atender situaciones imprevistas.
- La organización no cuenta con medios para la evaluación de las acciones de mantenimiento circunstancial, de acuerdo con los criterios tanto técnicos como económicos.
- No se cuenta con un sistema de recepción y procesamiento de información para la evaluación del mantenimiento circunstancial en el momento oportuno.

- La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento circunstancial basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

#### **Área VII. MANTENIMIENTO CORRECTIVO:**

- No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o eliminar por medio de la corrección.
- No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.
- No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación .
- No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.
- La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

#### **Área VIII. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**

- La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.
- La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.
- No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.
- No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.
- No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctivas.

- Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.
- No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.
- Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.
- No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo.
- La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.
- La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.
- La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.
- No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.
- No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.
- No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva

#### **Área IX. MANTENIMIENTO POR AVERÍA:**

- Cuando se presenta una falla esta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.
- No existe procedimiento de ejecución que permita disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.

- Los tiempos administrativos de espera por materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla. La supervisión es escasa o nula.
- El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas.
- No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas.
- No se llevan registros sobre los consumos utilizados en las averías.
- No se cuentan con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de las averías.
- No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.
- No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto, de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.
- La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema.

#### **Área X. PERSONAL DE MANTENIMIENTO:**

- La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustado a la realidad de la empresa.
- La Organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.
- No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.
- No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.

- La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad de trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.
- No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.

#### **Área XI. APOYO LOGÍSTICO:**

- Los recursos asignados a la Organización de mantenimiento no son suficientes. Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.

#### **Área XII. RECURSOS:**

- No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.
- Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es eficiente.
- No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención.
- No se llevan registros de entrada y salida de herramientas. No se cuenta con controles de uso y estado de las herramientas.
- No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.
- No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos. No se ha determinado el costo por falta de material.
- No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.
- No se ha determinado el costo por falta de repuestos.
- No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.



**Tabla N° 6: Evaluación del área o proceso de la empresa**

Área o Proceso de la Empresa	Evaluación %
I Organización de la Empresa	100
II Organización de Mantenimiento	75
III Planificación de Mantenimiento	63
IV Mantenimiento Rutinario	70
V Mantenimiento Programado	64
VI Mantenimiento Circunstancial	60
VII Mantenimiento Correctivo	58
VIII Mantenimiento Preventivo	36
IX Mantenimiento por Avería	42
X Personal de Mantenimiento	60
XI Apoyo Logístico	85
XII Recursos	69
<b>Puntuación Porcentual Global</b>	<b>62</b>

En el ficha de evaluación, se observó que la mayoría de las áreas referidas específicamente al mantenimiento presentan según la norma un porcentaje del cumplimiento por debajo del 60%, con especial atención en las áreas de mantenimiento (preventivo, por avería, correctivo) De manera global este análisis arrojó un porcentaje igual al 62 % de la situación del sistema de mantenimiento en la empresa, este último dato ubica a la organización, de acuerdo a la Tabla N°6, en una **SITUACIÓN BUENA**, lo cual permite justificar que dicha organización necesita enfocar recursos y estrategias con el objeto de mejorar su desempeño en

cuanto a las labores de mantenimiento, que garanticen una mayor disponibilidad de los sistemas del proceso productivo.

**Tabla Nº 7: Criterios de diagnóstico de evaluación de sistemas de gestión de mantenimiento**

<b>Puntuación</b>	<b>Situación</b>
< 40 %	Deficiente
40 % - 60 %	Aceptable pero mejorable
<b>60 % - 80 %</b>	<b>Bueno</b>
90 %	Muy bueno
100 %	Excelente

Con el propósito de determinar la condición de operación de los equipos que forman parte del sistema productivo, es importante involucrar al personal que labora en la empresa, específicamente aquellos trabajadores que se encuentran directamente relacionados con el cumplimiento de los objetivos de la planificación de mantenimiento. En este sentido, para lograr este objetivo se realizó una encuesta y se aplicó la matriz DOFA.

### **5.2.2 Aplicación de la Matriz DOFA**

El presente análisis efectuado con la aplicación de la matriz DOFA, muestra la situación actual de la Gerencia de Mantenimiento, mediante la identificación de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas; con base a sus recursos financieros, humanos, administrativo. Esto con la finalidad de visualizar el desempeño interior y el entorno de la gerencia para luego aplicar estrategias que permitan establecer mejoras.



La misma se realizó con los supervisores, jefes de sección de las diferentes áreas como planificación y ejecución de proyectos de mantenimiento. A continuación se indican los resultados del análisis DOFA realizada en la Gerencia de Mantenimiento.

**Tabla N°8:** Diagnóstico inicial de la dependencia mantenimiento mecánico a través de la matriz DOFA

<b>DEBILIDADES</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
Dificultad para la organización de los espacios de tiempo de los operarios para la asistencia a las reuniones de RCM	Establece un desarrollo proactivo puesto que promueve el empleo de las comunidades vecinas.
Falta de profundización en la aplicación de los conocimientos de RCM	Generación de ideas innovadoras que promuevan la mejora continua.
Aplicación de mantenimiento correctivo debido a falta de organización en tareas preventivas	Mantiene una comunicación interna y externa con el personal que labora en la planta y fuera de ella
No se cuenta con los recursos necesarios para la práctica de mantenimiento predictivo	Mejora de los sistemas de registro y seguimiento de las actividades y procesos de mantenimiento
Personal de mantenimiento insuficiente para ejecutar todas las actividades	
<b>FORTALEZAS</b>	<b>AMENAZAS</b>
Buena organización administrativa de mantenimiento	Incremento de las fallas en los equipos, que puede llevar a la aplicación de más mantenimientos correctivos
Gran importancia a la seguridad de los empleados en el trabajo	Incumplimiento de las normas de seguridad por parte de los empleados planteadas por la organización
Compromiso de la gerencia por establecer mejoras e impulsar al cambio	Aumento de paradas no planeadas en la planta por falta de mantenimiento
Experiencia comprobada del personal supervisorio	Lentitud de los procesos administrativos para la procura de materiales, equipos y repuestos.
	Fuga de talento especializado por mejores beneficios en otras empresas

**Tabla N°9: Matriz Estratégica Resultante DOFA**

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>OPORTUNIDADES</b>	Evaluar la forma de aplicación de las actividades de mantenimiento para la reducción de paradas inesperadas de los equipos y así mismo las perdidas en el proceso	Incentivar la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad en la organización a través de la visualización de los beneficios adquiridos al aplicarse en otros equipos
	Incentivar a los empleados de la empresa hacer partícipe de la mejora continua de la organización teniendo en cuenta la seguridad en el trabajo	Aportar a la filosofía de RCM para que se lleve a la aplicación y lleguen a reemplazarse las actividades de mantenimiento preventivo por las seleccionadas en la hoja de decisiones
	Desarrollar programas de adiestramiento del personal para el aprovechamiento de la plataforma Sistemática (SAP) en el registro y manejo de la información	
<b>AMENAZAS</b>	Impulsar la participación constante de los empleados en las reuniones que se realizan para mejorar las actividades de mantenimiento realizadas	Incluir en las rutas de mantenimiento las actividades propuestas en las reuniones para evitar las consecuencias de las fallas funcionales del equipo y mejorar su rendimiento.
	Reactivación del proceso de ingreso del personal para cubrir las necesidades y requerimientos	Aprovechar la experiencia, las habilidades, destrezas del recurso humano actual para la formación y transferencia de conocimiento de las generaciones de relevo

### 5.2.3 Entrevista.

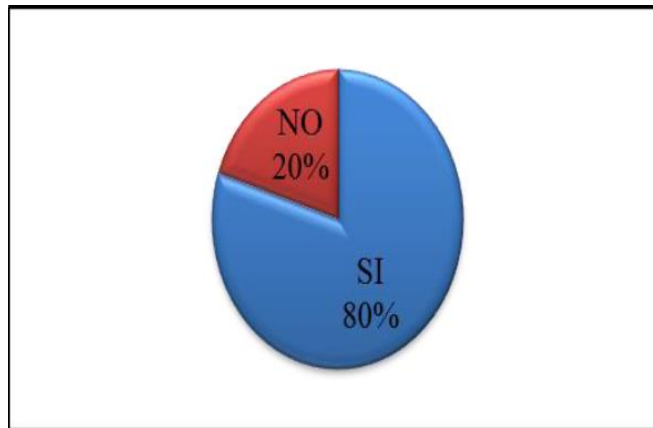
Análisis efectuado a las entrevistas con el personal operario del área de producción en la máquina papelera N°7.

Se realizó una entrevista estructurada a los operarios de las máquinas papeleras, para obtener información acerca de:

1. ¿Sabe cuáles son cada una de las normas de seguridad para operar los equipos?

Se observó en la Figura N°13, que un 20% de los encuestados no tiene conocimientos de las normas de seguridad para operar con los equipos móviles, por lo cual es probable que en esta situación se puedan generar condiciones de

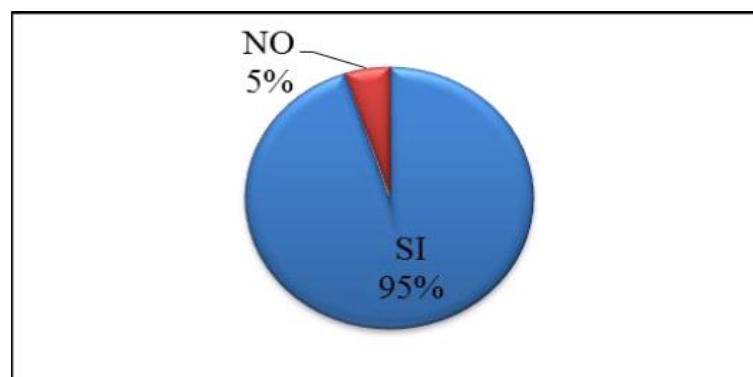
riesgo en las áreas de trabajo que afecten la salud de los trabajadores, así como también operaciones desfavorables para el buen desempeño de los equipos.



**Figura N°13.** Distribución porcentual del conocimiento de las normas de seguridad.

2. ¿Conoce cuáles son los accidentes que pueden ocurrir al operar con estos equipos?

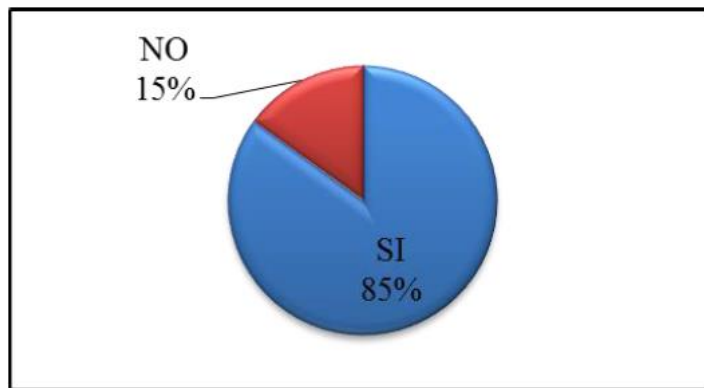
En el resultado mostrado en la Figura N°14, se observó que el 95% de los encuestados tiene conocimiento de los accidentes que se pueden generar al operar con estos equipos, de manera que se puede reforzar los mismos a través chequeos de las condiciones de trabajo que garanticen la disminución de riesgos asociados a los accidentes laborales.



**Figura N°14.** Distribución porcentual del conocimiento de los accidentes que pueden generarse en la operación.

### 3. ¿Sabe que es un check list?

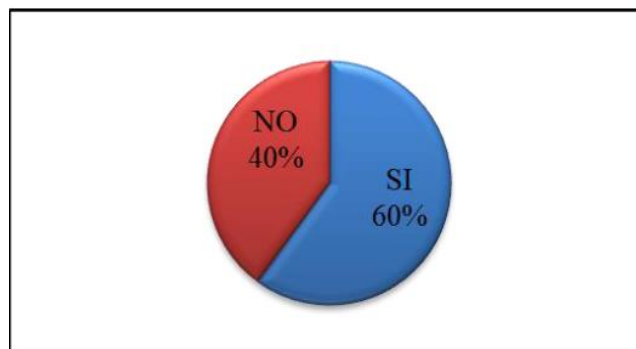
En el resultado mostrado en la Figura N°15, se observó que el 85% de los encuestados sabe que es un check list, sin embargo, al momento de realizar la encuesta, los encuestados manifiestan por unanimidad que actualmente no se aplican, esto podría implicar que por falta de chequeo diario los equipos presenten fallas no percibidas que afecten el desempeño de los mismos.



**Figura N°15.** Distribución porcentual del conocimiento de aplicación de check list en el trabajo.

### 4. ¿Posee algún instructivo de uso de este tipo de equipos?

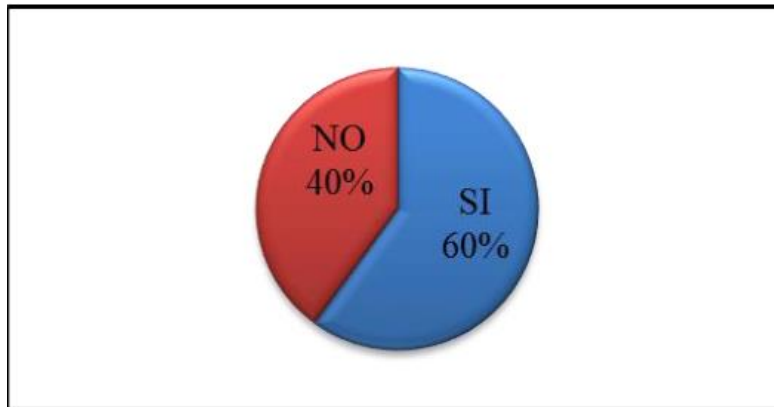
En el resultado mostrado en la Figura N°16, se observó que el 40% de los encuestados no posee o no tiene conocimiento de instructivos para la operación de los equipos, bajo este contexto podrían generarse condiciones de operación no convenientes para el mantenimiento de los equipos y la seguridad personal.



**Figura N°16.** Distribución porcentual de uso de instructivos de operación.

5. ¿Practica alguna labor de mantenimiento sobre el equipo que con frecuencia usted trabaja?

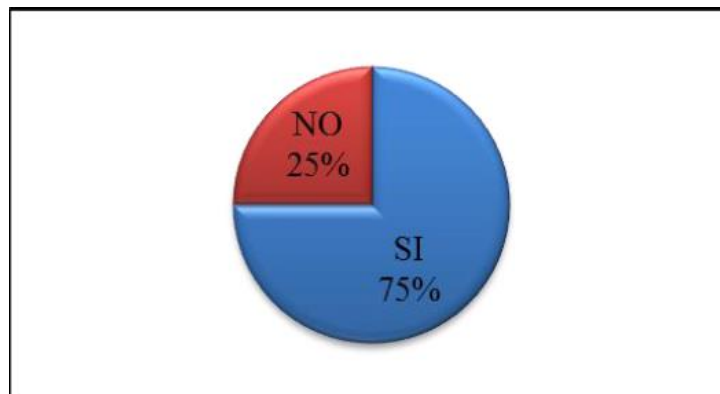
En el resultado mostrado en la Figura N°17, se observó que el 60% de los operadores encuestados manifiesta practicar alguna labor de mantenimiento, sin embargo, no existen registro de tales actividades para comprobar su existencia.



**Figura N°17.** Distribución porcentual de operadores que practican labores de mantenimiento.

6. ¿Conoce usted como está compuesto el equipo, partes y función de cada una de ellas?

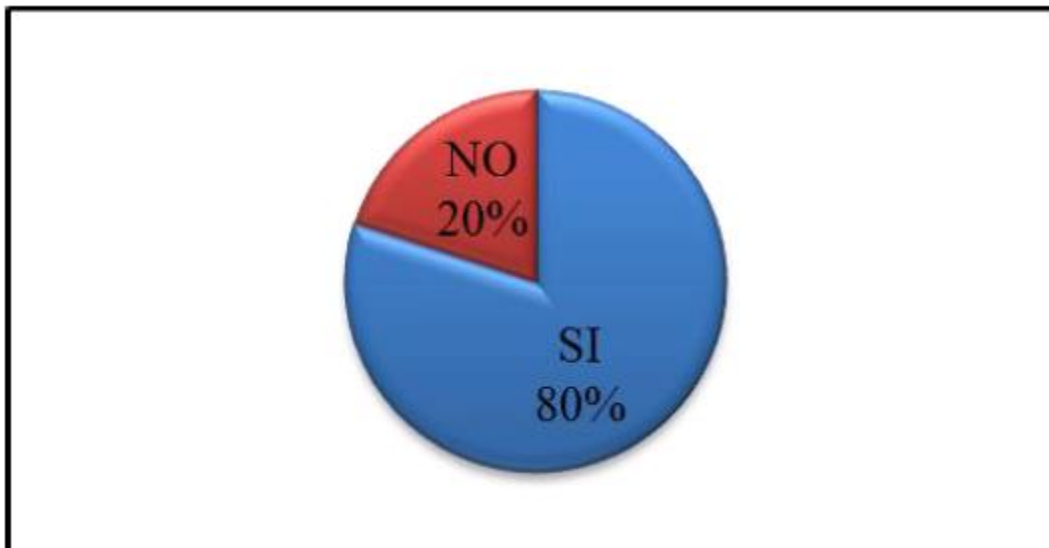
En el resultado mostrado en la Figura N°18, se observó que el 25% de los encuestados no posee conocimientos de las partes y función de los equipos que operan, lo cual puede implicar que estos no recibieron formación técnica para operar con estos equipos.



**Figura N°18.** Distribución porcentual de operadores que tienen conocimiento de los equipos.

7. ¿Conoce cuáles son las prohibiciones para operar el equipo con el que trabaja?

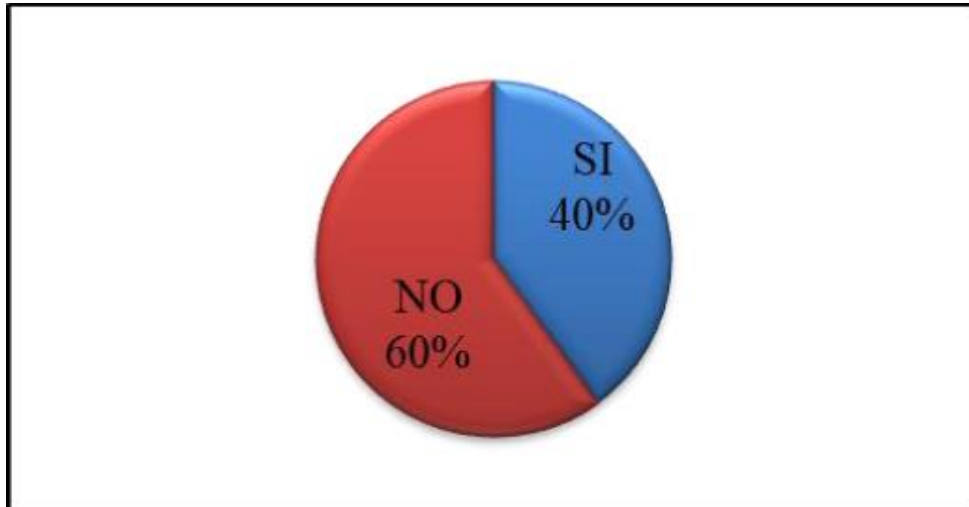
En el resultado mostrado en la Figura N°19, se observó que un 25% de los operadores encuestados desconoce las prohibiciones para operar con este tipo de equipos, esto podría ser la causa de generación de accidentes laborales y condiciones de operación adversas para una operación segura y amigable al desempeño el equipo.



**Figura N°19.** Distribución porcentual de trabajadores que conocen de las prohibiciones al operar.

8. ¿Considera usted que el mantenimiento de estos equipos es solo responsabilidad del Dpto. de Mantenimiento?

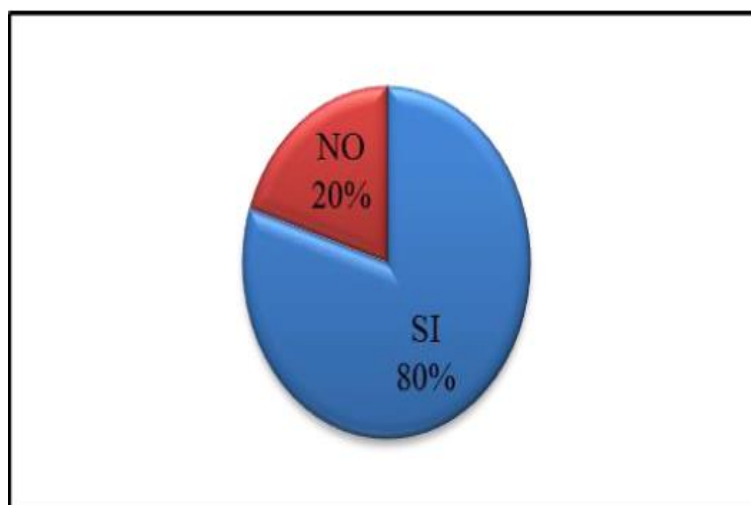
En el resultado mostrado en la Figura N°20, se observó que el 60% de los encuestados considera que mantener los equipos **NO** es solo una tarea del Dpto. de Mantenimiento, sin embargo mediante observación directa se ha verificado que muy pocos operadores participan en labores de mantenimiento.



**Figura N°20.** Distribución porcentual de operadores que consideran que el mantenimiento es solo responsabilidad del Dpto. de Mantenimiento

9. ¿Realiza usted labores de mantenimiento (limpieza - chequeo) antes y después de finalizar su jornada diaria?

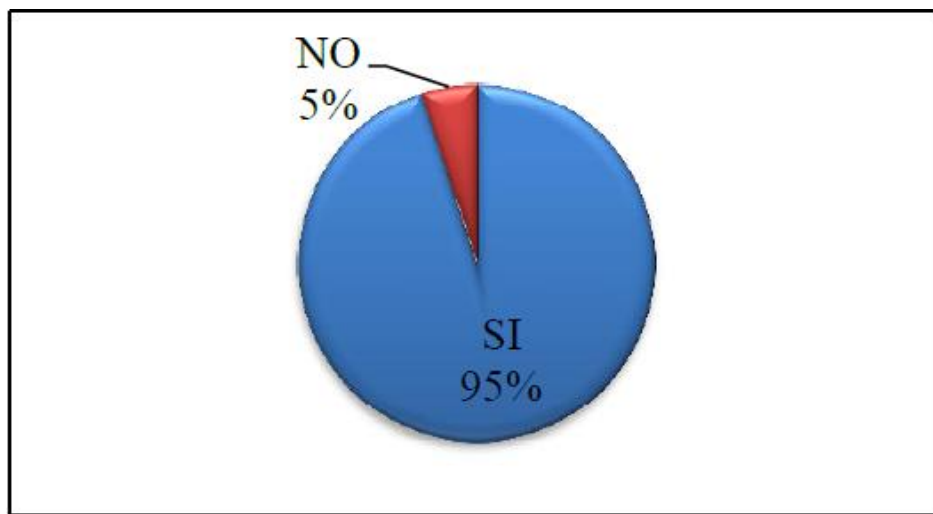
Según el resultado mostrado en la Figura N°21, se observó que un 80% de los operadores práctica labores de limpieza y chequeo antes y después de finalizar la jornada de trabajo, sin embargo, estas labores no son registradas en ningún formato para verificar que se han cumplido.



**Figura N°21.** Distribución porcentual de trabajadores que realizan labores de chequeo-limpieza a diario

10. ¿Está usted dispuesto a recibir información técnica para mejorar el desempeño y mantenimiento de los equipos que usa para su trabajo?

Se notó que prácticamente la totalidad de los operadores se encuentran interesados en recibir capacitación técnica, por lo cual la gerencia puede propiciar la planificación de jornadas especiales de formación para sus trabajadores en búsqueda de mejorar el desempeño y capacidad técnica de los mismos. (Ver Figura N°22)

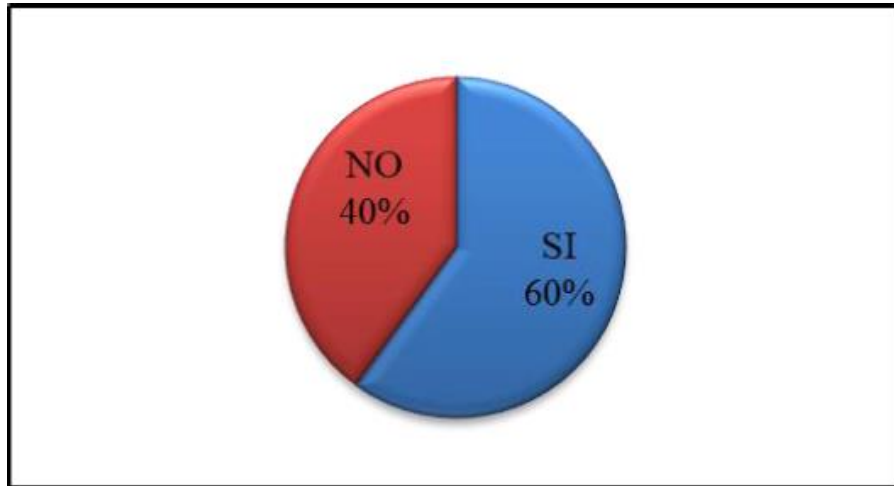


**Figura N°22.** Distribución porcentual de trabajadores dispuestos a recibir capacitación técnica.

11. ¿Recibió entrenamiento al momento de su ingreso para operar con estos equipos?

En el resultado mostrado en la Figura N°23, se observó que un 40% de los operadores encuestados no recibió capacitación al momento de ingresar en la empresa, de manera que existe la probabilidad de que estén incurriendo en operaciones inseguras y generando acciones que afecten el buen funcionamiento de los equipos.

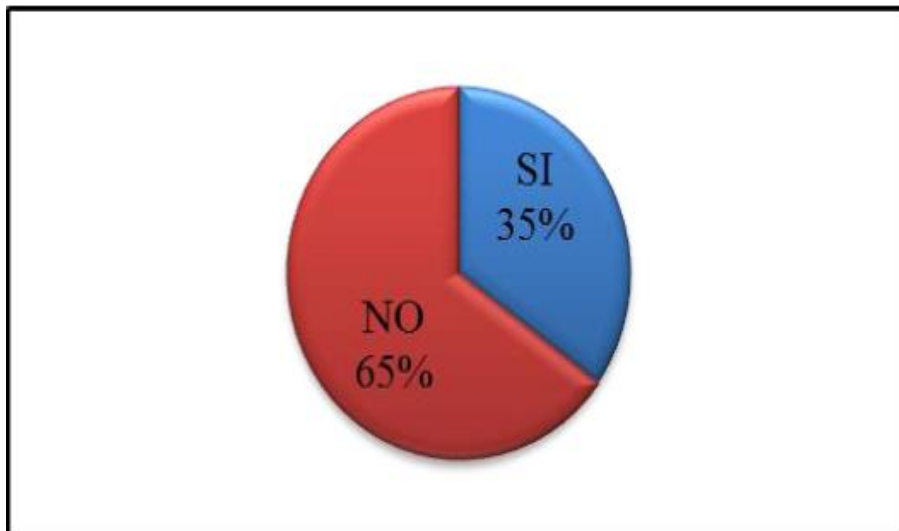




**Figura N°23.** Distribución porcentual de la aplicación de entrenamiento a los operadores al ingresar en la empresa.

12. ¿Recibe usted capacitación continua en cuanto a la operación de estos equipos?

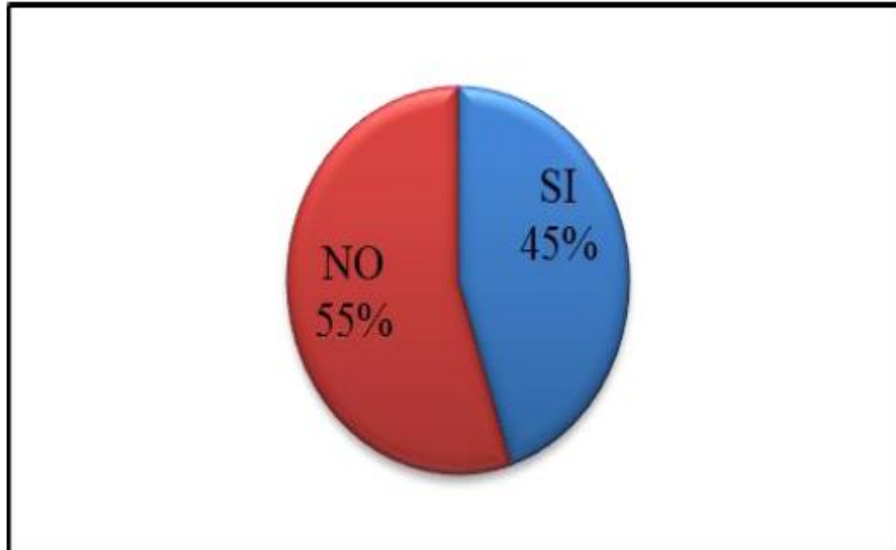
Según el resultado, se observó que el 65% de los encuestados no recibe capacitación continua, es decir que la mayoría de los operadores no cuenta con conocimientos actualizados para mejorar su capacidad técnica. (Ver Figura N°24)



**Figura N°24.** Distribución porcentual de la aplicación de capacitación continúa para la operación de los equipos.

13. ¿Existe evaluación continua de su desempeño con estos equipos?

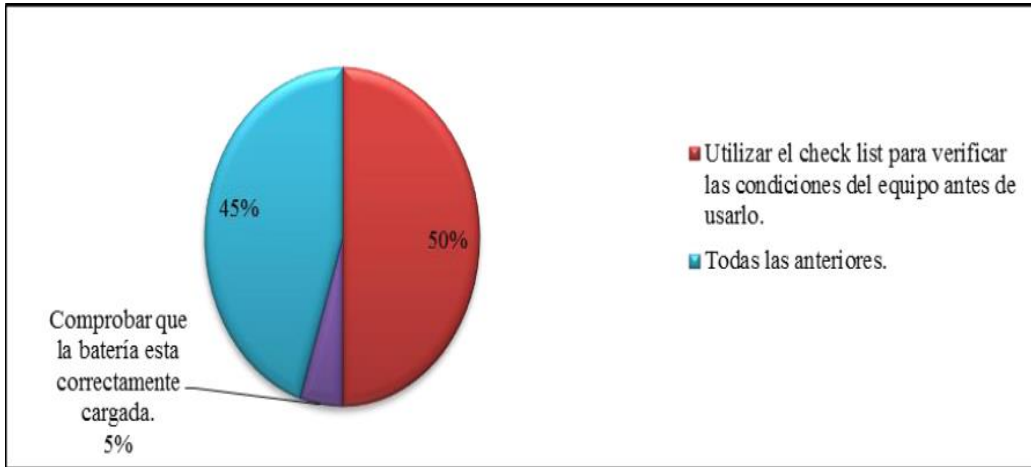
En el resultado mostrado en la Figura N°25, se observó que el 55% de los operadores no son evaluados respecto a su desempeño, de manera que la productividad de las operaciones pudiera estar siendo afectada negativamente para el cumplimiento de los objetivos propuestos.



**Figura N°25.** Distribución porcentual de la aplicación de evaluación continua del desempeño.

14. Seleccione cuál de las siguientes actividades es necesaria para operar el equipo antes de usarlo.

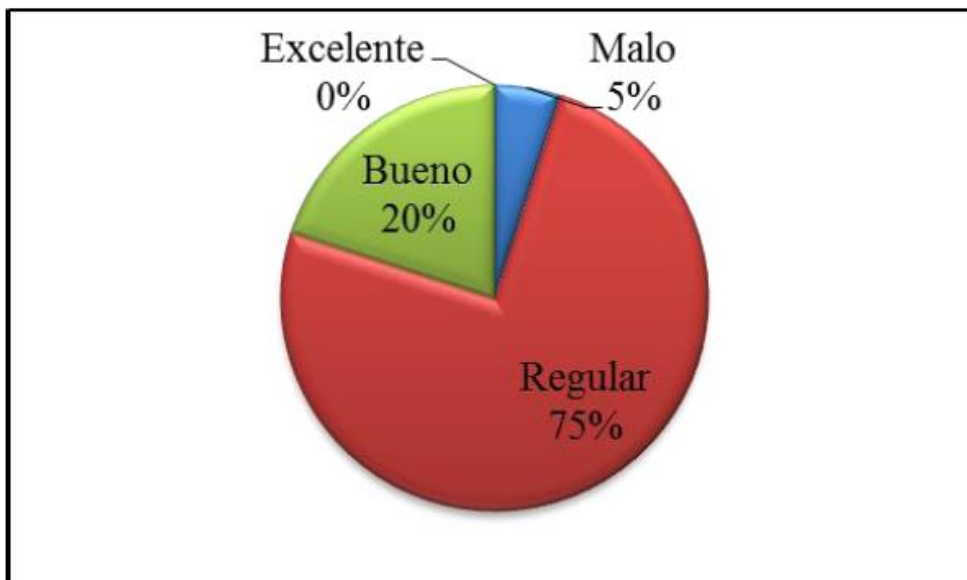
En el resultado mostrado en la Figura N°26, se observó que la tendencia de las respuestas converge al 50% en usar un “check list”, sin embargo, bajo previa consulta del manual de buenas prácticas de almacenamiento de la empresa, los operadores deben aplicar todas las actividades enlistadas antes de operar el equipo.



**Figura N°26.** Distribución porcentual de la ejecución de actividades antes de comenzar a operar un equipo.

15. ¿Cómo califica usted el estado físico actual de la mayoría de estos equipos?

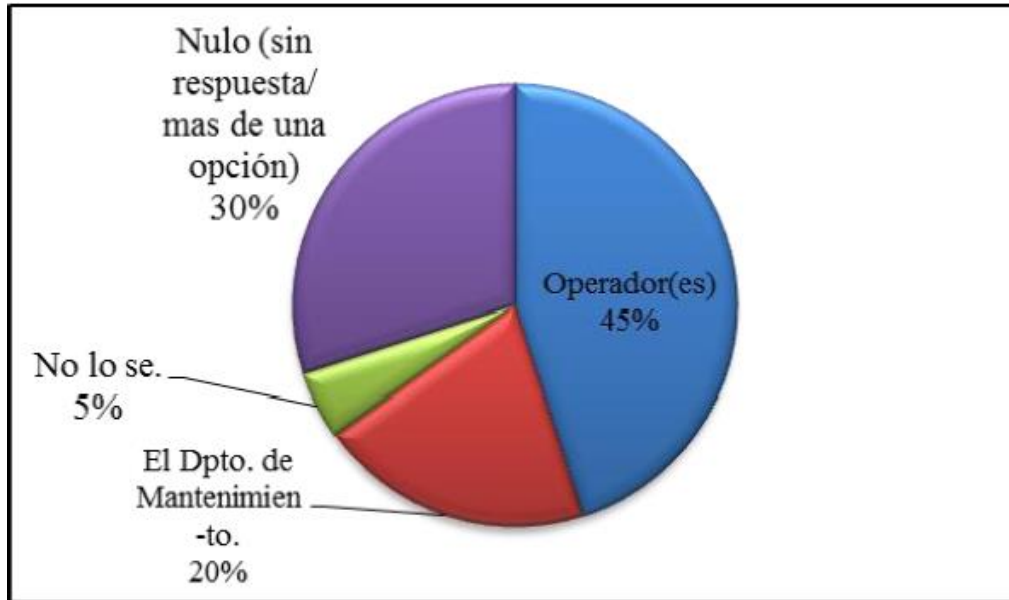
En el resultado mostrado en la Figura N°27, se observó que el 75% de los encuestados califica que los equipos se encuentran en un estado físico “regular”, lo que según observación propia los equipos muestran condiciones superficiales de desgaste y oxidación considerable.



**Figura N°27.** Distribución porcentual de la calificación del estado físico.

16. ¿Quién es responsable de mantener en condiciones de higiene/limpieza el equipo?

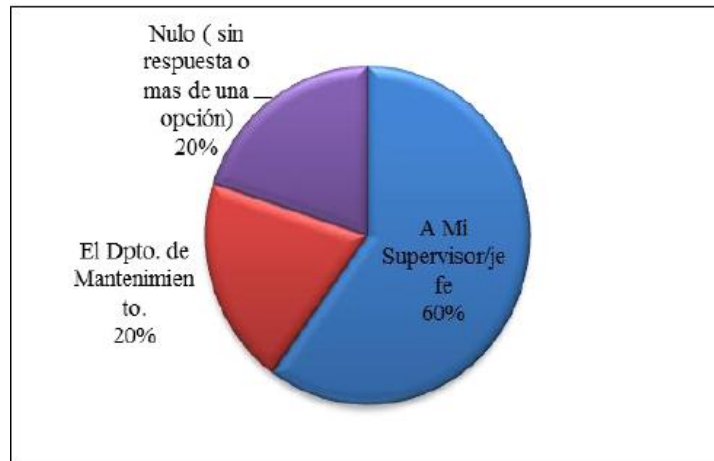
Según el resultado, 45% de los operadores manifiestan que son ellos los responsables, sin embargo, están establecidos en el manual BPA, que es deber de los operados aplicar esta acción mantenimiento. (Ver Figura N°28)



**Figura N°28.** Distribución porcentual de la responsabilidad para mantener en condiciones de limpieza el equipo.

17. ¿En caso de presentar una falla en el equipo, a quien le notifica?

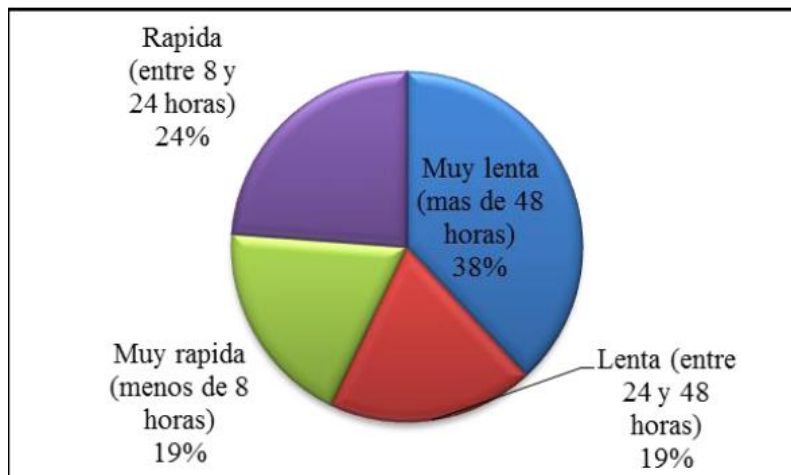
En el resultado mostrado en la Figura N°29, se observó que al momento de presentarse una falla, 60% de los trabajadores le notifica a su jefe inmediato, y solo un 20% se dirige al Dpto. de Mantenimiento, por lo cual es probable que se pudiera generar confusión o retrasos para la ejecución de labores de mantenimiento por averías al no tener establecido un procedimiento de notificación.



**Figura N°29.** Distribución porcentual de la notificación al momento de presentarse alguna falla en los equipos.

18. ¿Cuándo un equipo ha fallado, como ha sido la velocidad de respuesta para corregir la falla de parte del Dpto. de Mantenimiento?

En la distribución mostrada en la Figura N°30, se observó que un 38% de los operadores manifiesta que la velocidad de respuesta para atender una falla es “Muy Lenta”, y que un 19% considera que es “Lenta”, de manera que los encargados de atender las fallas puede que no dispongan de las herramientas o recursos necesarios para mejorar su velocidad de respuesta, o que no estén disponibles al momento de presentarse la falla para garantizar una atención inmediata a los equipos que lo ameritan.



**Figura N°30.** Distribución porcentual de la velocidad de respuesta para atención de fallas según los operadores.

### 5.3 Caracterizar los equipos críticos en la máquina papelera:

#### 5.3.1 Describir los equipos críticos en la máquina papelera.

Considerando lo antes expuesto como descripción del proceso, se determinó la clasificación del mismo evaluando cada una de las etapas donde participan estos equipos, como se muestra en la tabla N°10, se destaca que, debido a que en cada tanque están conectados agitadores y bombas, estos fueron asumidos como equipos para la evaluación de criticidad.

**Tabla N°10:** Etapas, sub –etapas y equipos del proceso productivo de la máquina papelera N°7

<b>Etapas</b>	<b>Sub etapas</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Equipos</b>
1 (Primaria)	Desfibrado	1	Pulper
	Preparación de pasta	2	Agitadores
		3	Bombas
		4	Coladores
		5	Refinadores
		6	Limpiadores
		7	Bombas de circulación
2 (Intermedia)	Sección Formación	8	Rodillos
		9	Caja Cabecera
	Sección Prensado	10	Rodillos
		11	Caja de Vacío
		12	Regaderas
	Sección Secado	13	Yankee
14		Ventiladores	

Para efectos de la metodología a utilizar se consideraron los criterios de evaluación definidos en la tabla N° 10, donde describe la ponderación de la evaluación, y la manera como se obtuvieron los resultados, todo esto se determinó con la ayuda y participación del personal de mantenimiento de la empresa.

**Tabla N°11:** Criterios de evaluación-análisis de criticidad.

CRITERIOS		PUNTAJE
1	Frecuencia de Falla	
	Menos de 1 falla por año	1
	Entre 1 y 6 fallas por año	2
	Entre 6 y 12 fallas por año	3
	Entre 12 y 52 fallas por año	4
	Mayor a 52 fallas por año	6
2	Impacto operacional	
	Parada total del equipo	10
	Parada del subsistema y tiene repercusión sobre otros	7
	Impacta en niveles de calidad	4
	No genera ningún efecto significativo	1
3	Flexibilidad	
	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
	Hay opción de repuesto en almacén	2
	Existe opción de producción	1
4	Tiempo promedio para reparar (TPPR)	
	Menos de 3 horas	1
	Entre 3 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	Más de 24 horas	6
5	Costo de mantenimiento	
	Menos de 1 MBS	2
	Entre 1 y 10 MBS	5
	Más de 10 MBS	10
6	Impacto seguridad	
	Afecta seguridad humana	8
	Afecta instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores	3
	No provoca daños a personas e instalaciones	0
7	Impacto ambiente	
	Si	7
	No	0

### 5.3.2 Resultados del análisis de criticidad

En la tabla N° 12 se presentan los resultados del análisis de criticidad, donde se muestran los equipos de alta criticidad en un recuadro de color rojo los de media y baja criticidad en verde y amarillo respectivamente.

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$$

Donde:

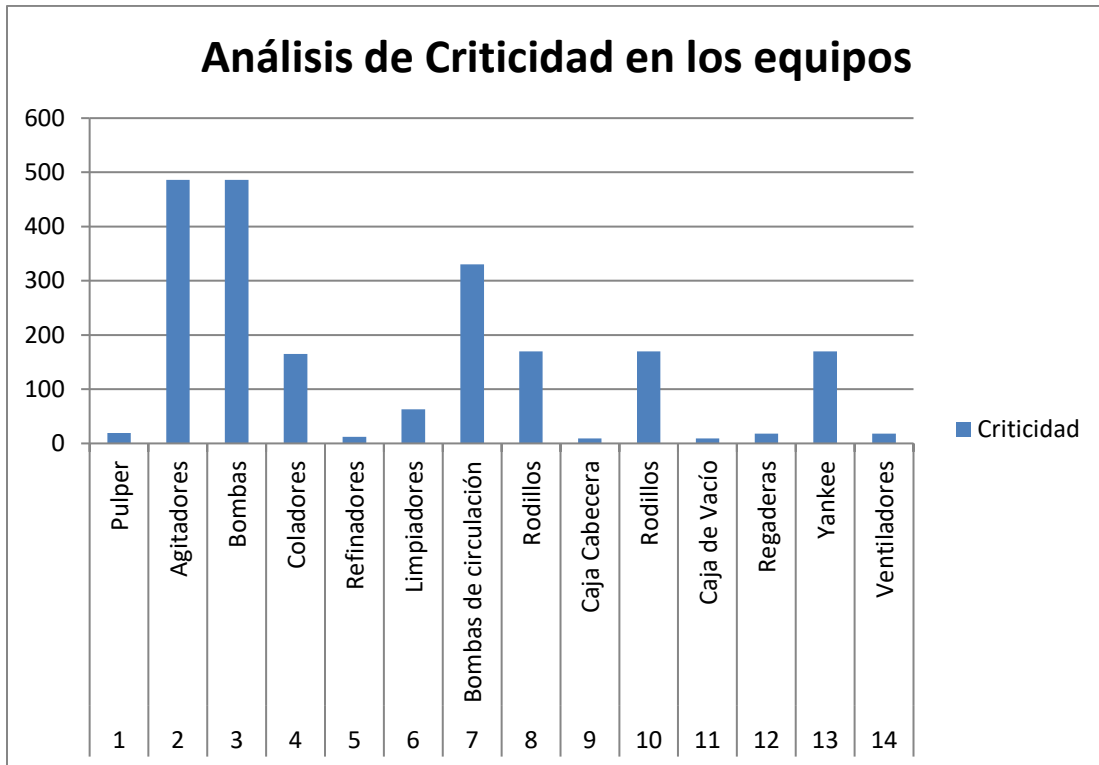
- Frecuencia= número de fallas en un tiempo determinado
- Consecuencia= (impacto operacional \* flexibilidad \* TPRR) + costo de mantenimiento + impacto seguridad + impacto ambiental)

**Tabla N°12:** Resultado de criticidad:

Clasificación	Criterios de evaluación de criticidad							Resultados del análisis		
	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad	Tiempo promedio para reparar	Costo de Mtto	Impacto seguridad	Impacto ambiente	Consecuencia	Riesgo total	Nivel de Criticidad
1	1	1	1	1	10	8	0	19	19	B
2	3	10	4	2	2	0	0	162	486	A
3	3	10	4	2	2	0	0	162	486	A
4	1	10	4	2	5	0	0	165	165	M
5	2	4	1	2	2	0	0	6	12	B
6	3	4	2	1	2	3	0	21	63	M
7	2	10	4	4	5	0	0	165	330	A
8	1	10	4	4	10	0	0	170	170	M
9	1	7	1	2	2	0	0	9	9	B
10	1	10	4	4	10	0	0	170	170	M
11	1	4	1	2	5	0	0	9	9	B
12	2	4	1	1	2	3	0	9	18	B
13	1	10	4	6	10	0	0	170	170	M
14	2	4	1	1	2	3	0	9	18	B

La figura N° 31 muestra el diagrama de barra correspondiente a los resultados mostrados en la tabla N°11, el cual también sirvió como referencia para establecer el nivel de criticidad de los equipos





**Figura N°31:** Diagrama de barras análisis de criticidad

**Tabla N°13:** Niveles de criticidad.

Rango	Nivel	Criticidad
Riesgo > 200	Crítico	Alto
$60 \geq \text{Riego} \geq 200$	Semicrítico	Medio
Riesgo < 60	No crítico	Bajo

Según el resultado de dicho análisis los equipos considerados críticos, fueron:

Agitadores, bombas.

### 5.3.3 Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)

Debido a la situación de la Gestión de Mantenimiento y en vista que no hay un registro de modos ni frecuencias de falla se consideró los resultados del análisis de criticidad (equipos más críticos en la sub-etapa de preparación de pasta) para llevar a cabo un análisis de modos y efectos de fallas potenciales y así tener de manera precisa la principal ocurrencia de falla de estos equipos y los

efectos de esta. Para ello se consideró toda la información suministrada por los operarios de la parte interesada.

**Tabla N°14:** Equipos críticos de la sub-etapa de preparación de pasta.

Sistema	Sub Sistema	Clasificación	Equipos	Riesgo Total	Nivel de criticidad
1	Preparación de pasta	2	Agitadores	468	A
		3	Bombas	468	A

Para la clasificación de los efectos del análisis de modos y efectos de fallas, se emplearon las tablas N° 15, 16 y 17, correspondientes a la clasificación de severidad de los efectos, ocurrencia y detección del modo de falla. Para establecer estos niveles, se utilizaron los criterios provenientes de encuestas no directas al personal calificado de la planta.

**Tabla N°15:** Criterio de evaluación y clasificación de la severidad de los efectos "S". VIESCA (1995).

Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla ocurrirá sin previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis.	10
Peligroso con aviso	La falla ocurrirá con previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis.	9
Muy alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento	8
Alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento	7
Moderadamente alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere ligera intervención del operador para su correcto funcionamiento	6

Moderado	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento	5
Bajo	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento	4
Muy bajo	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere ligera intervención del operador para su correcto funcionamiento	3
Menor	Falla menor del sistema. Los controles actuales	2
Ninguno	La falla no tiene efectos en el sistema	1

**Tabla N°16:** Criterio de evaluación sugerido y sistema de clasificación para la ocurrencia de los modos de falla "O". VIESCA (1995)

Posibilidad de Falla	Frecuencia de fallas	Nivel
<b>Muy alta:</b> la falla es casi inevitable	Diaria	10
	Semanal	9
<b>Alta:</b> La falla es frecuente o está asociada a fallas frecuentes en otros procesos	Mensual	8
	Cada 2 meses	7
<b>Moderado:</b> La falla es ocasional o está asociada a fallas ocasionales en otros procesos	Cada 3 meses	6
	Cada 6 meses	5
	Anual	4
<b>Bajo:</b> Falla aislada en el proceso	Cada 2 años	3
<b>Muy baja:</b> La falla está asociada a fallas aisladas en otros procesos.	Cada 5 años	2
<b>Remota:</b> La falla es improbable	Mayor a 5 años	1

**Tabla N°17:** Criterio de evaluación sugerido y sistema de clasificación para la detección de una causa de falla “D”. VIESCA (1995)

<b>Detección</b>	<b>Criterio</b>	<b>Nivel</b>
Incertidumbre total	El control no detecta la causa potencial de la falla o no hay control	10
Muy remota	Hay posibilidad muy remota de que el control detecte la causa potencial de la falla	9
Remota	Hay posibilidad remota de que el control detecte la causa potencial de la falla	8
Muy baja	Hay una muy baja posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	7
Baja	Hay una baja posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	6
Moderada	Hay una moderada posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	5
Moderadamente alta	Hay una moderadamente alta posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	4
Alta	Hay una alta posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	3
Muy alta	Hay una muy alta posibilidad de que el control detecte la causa potencial de la falla	2
Casi certeza total	El control detecta casi con certeza total la causa	1

El análisis de los modos de fallas probables para cada uno de los equipos críticos que conforman las sub-etapas y los valores asignados para los factores de severidad, ocurrencia y detección, así como su índice de prioridad de riesgo ( $IPR = O * S * D$ ), se encuentran ejecutados en la tablas N°15, 16 y 17.

En la tabla N°18 se muestra el análisis correspondiente a los agitadores, estos equipos tiene como función mantener la mezcla de pasta y agua homogénea, con

la consistencia adecuada para que pueda ser bombeada y continúe el proceso de preparación.

**Tabla N°18:** AMEF para agitadores.

Falla Potencial				Controles actuales	Evaluación			
Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	N° de falla		O	S	D	IPR
No agita	Solidificación de la pasta	El motor de accionamiento no enciende	1	Se observa detección del agitador, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.	2	10	6	120
		Las correas de transmisión se rompan	2	Se observa detención del agitador, se procede a chequear las correas trapezoidales.	4	10	2	80
		La propela del agitador se averíe	3	Se observa detención del agitador, se procede a drenar el agitador para chequear la propela.	1	10	10	100
Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Empaques dinámico en mal estado	4	Se observa presencia pasta en el exterior agitador, se procede a chequear la estopera del eje de transmisión	3	4	6	72
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	5	Se observa presencia pasta en el exterior agitador, se procede a chequear la estopera del eje de transmisión	7	3	5	105
Ruido o vibraciones fuera del rango normal	Mal funcionamiento del agitador y desgaste excesivo de componentes	Falla de rodamientos	6	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos	4	6	7	168
		Falla del motor	7	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequearlo y repararlo.	2	6	5	60
		Bases de chumaceras en mal funcionamiento	8	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal en el eje de transmisión, se procede a chequear la base de chumacera y repararlas	1	4	3	12

Agitación deficiente	La pasta no tiene la consistencia adecuada	Falla de motor	9	Se observa que el motor arranca pero no genera la potencia suficiente, se chequea y repara el motor	2	7	5	70
		Deslizamiento de correas	10	Presencia de ruido excesivo en las correas y transmisión de potencia deficiente, se procede a chequear y reemplazar	4	4	4	64
		Deslizamiento de la propela	11	Se observa lentitud del agitador, se procede a drenar para chequear la propela	1	7	9	63

Seguidamente se muestra la tabla N°18 correspondiente al de las bombas, que son equipos que tienen como función mantener en circulación la pasta de papel por el sistema mientras avanza por el proceso de preparación.

**Tabla N°19:** AMEF para bombas.

Falla Potencial				Controles actuales	Evaluación			
Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	N° de falla		O	S	D	IPR
No bombea	No circula la pasta por el sistema	El motor de accionamiento no enciende	12	Se observa detección de la bomba, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.	3	10	5	150
		Bloqueo total de tuberías	13	Se observa trabajo forzado de la bomba y detención de circulación de la pasta. Se procede a chequear e intervenir tubería	4	7	2	56
		El impeler de la bomba se avería	14	Se observa detención de la circulación de pasta, se procede a chequear y reparar	1	9	10	90

Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Sello en mal estado	15	Se observa presencia pasta en el exterior de la bomba, se procede a chequear el sello y reemplazarlo	3	5	5	75
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	16	Se observa presencia pasta en el exterior de las juntas de tuberías, se procede a chequear y reparar.	7	3	5	105
Ruido o vibraciones fuera del rango normal	Mal funcionamiento del agitador y desgaste excesivo de componentes	Falla de rodamientos	17	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos	6	7	6	252
		Falla del motor	18	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequearlo y repararlo.	2	6	5	60
		Falla de lubricación	19	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes	8	7	2	112
Circulación de pasta deficiente	La pasta no circula adecuadamente	Falla de motor	20	Se observa que el motor arranca pero no genera la potencia suficiente, se chequea y repara el motor	2	6	4	48
		Falla del acople	21	Presencia de ruido excesivo en los acoples y transmisión de potencia deficiente, se procede a chequear y reemplazar	4	5	4	80
		desgaste del impeler	22	Se observa mala circulación de la pasta, se procede a chequear para reparar o sustituir el impeler.	1	8	8	64

En la tabla N°20 se muestra de forma más detallada las causas de fallas potenciales de los equipos (agitadores y bombas) de acuerdo al índice de

prioridad de riesgo (IPR), que es resultado del análisis de modos y efectos de fallas, aplicado a los equipos de mayor criticidad.

**Tabla N°20:** Causas de falla potenciales.

<b>N° de falla</b>	<b>IPR</b>	<b>Causa de falla</b>
17	252	Falla de rodamientos en bombas
6	168	Falla de rodamientos en agitadores
12	150	El motor de accionamiento de bomba no enciende
19	112	Falla de lubricación en bombas
5	105	Empacaduras en mal estado o mal instaladas en agitadores
16	105	Empacaduras en mal estado o mal instaladas en bombas
1	100	El motor de accionamiento de agitador no enciende
3	100	La propela del agitador se averíe
14	90	El impeler de la bomba se averíe
22	84	Desgaste del impeler de bomba
2	80	Las correas de transmisión se rompan de agitador
11	80	Deslizamiento de la propela de agitador
21	80	Falla del acople de bombas
15	75	Sello en mal estado

Las fallas mostradas en la tabla N°20 de causas de fallas potenciales indican un alerta de mayor atención desde el punto de vista de mantenimiento rutinario y planes de mantenimiento preventivo en general, así como también el momento oportuno para llevarlas a cabo de manera de prevenir la ocurrencia de las fallas disminuyendo así las consecuencias operacionales implícitas. De esta manera pueden ser evaluadas y corregidas a tiempo y así evitar daños y costos mayores.

Podemos entonces decir que las fallas que se originan en la máquina papelera tienen consecuencias operacionales significativas ya que el costo económico que supone afectar la producción debido a la parada forzada de los equipos exigen



necesariamente definir estrategias de mantenimiento que reduzcan el riesgo de la falla a un nivel muy bajo.

#### 5.4 Diseñar los formatos para implementación del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la empresa papelera objeto de estudio

Luego de haber determinado cuales son los equipos que requieren prioridad de atención (criticidad alta y media) en los sistemas que forman parte del proceso productivo, se procedió a desarrollar un **Sistema de Información de Mantenimiento**, el cual fundamentará las bases para la gestión de todos los aspectos referenciales al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

En base a los resultados del análisis de criticidad, se creó una data para los equipos críticos como lo son:

- Agitadores
- Bombas

##### 5.4.1 Definición de activos

**Tabla N°21:** listado general de bombas de la máquina papelera N°7 con su codificación

Código	Servicio Actual	Datos de bomba				Datos de motor		
		Modelo	Altura (ft)	Caudal (gpm)	rpm	hp	rpm	Frame
007-0506	Trash screen	APT33-4C	85	720	1170	50	1185	365T
007-0507	Descarga del pulper	APT51-10	76	3000	1185	50	1185	365T
007-0508	Tq descarga del pulper	APT53-4	251	1015	1780	150	1770	445T
007-0509	Descarga pulpa virgen	APT55-4	212	1524	1185	150	1190	449T

007-0510	Tq rechazo colador prim Grueso	APT32-3	117	450	1750	30	1170	286T
007-0511	Tq intermedio	APT44-8	199	2225	1780	200	1780	447T
007-0512	Tq agua no clarificada	APT42-8	56	2500	1170	50	1185	365T
007-0513	Tq agua clarificada	APT44-8	82	2250	1180	75	1190	405T
007-0514	Bomba de presión del clarificador	APT53-4	320	916	1780	75	1190	405T
007-0515	Bomba de lodo 1	APT11-1B	170	140	3490	15	3545	254T
007-0516	Bomba de lodo 2	APT11-1B	170	140	3490	15	3545	254T
007-0517	Limpiador de rechazo	APT21-3	24	300	1130	3	1175	213T
007-0518	Tq de rechazo colador prim Fino	APT33-4	87	400	1165	20	1175	286T
007-0519	Tq de rechazo colador sec Fino	APT22-2	95	110	1725	10	1765	215T
007-0520	Dil Booster	APT33-4	203	525	1760	60	1785	364T
007-0521	Uniflow primario	APT41-8	108	3000	1760	200	1780	445T
007-0522	Tanque agua clara	APT31-6	80	1400	1760	40	1780	324T
007-0523	Reg filtro vacio	APT33-4	235	440	1760	60	1775	364T
007-0524	Tq agua turbia	APT31-6	78	2200	1760	60	1775	364T
007-0525	Uniflow secundario	APT22-2B	96	295	1750	15	1770	254T
007-0526	Posiflow primario	APT51-10	92	3700	1185	125	1190	445T
007-0527	Posiflow secundario	APT31-4C	96	1000	1750	125	1190	445T

007-0528	Posiflow terciario	APT22-2B	93	235	1750	15	1770	254T
007-0529	Posiflow cuaternario	APT22-1B	80	75	1720	5	1755	184T
007-0530	Tanque espesador	APT32-4C	20	32	1155	20	1175	286T
007-0531	Tanque de mezcla	APT32-4	105	550	1760	25	1170	284T
007-0532	Tanque maquina	APT53-4	136	750	1135	60	1190	404T
007-0533	Tanque agua rica	APT53-5	113	1127	1180	60	1190	404T
007-0534	Reg agua pobre	APT33-4C	175	1178	1770	60	1190	404T
007-0535	Tanque rotos	APT32-2B	160	250	1740	40	1780	324T
007-0536	Tanque liebeck	APT32-4	113	548	1760	25	1765	284T
007-0537	Tanque agua pobre	APT32-2B	53	13	1740	40	1780	524T
007-0538	Tanque agua caja de vacio	APT23-2	90	165	1170	15	1770	524T
007-0539	Tanque agua de filtro	APT42-6	60	1180	3550	30	1180	326T
007-0540	Tanque agua caliente	APT22-2B	300	450	3550	75	3565	565T

**Tabla N°22:** listado general de agitadores de la máquina papelera N°7 con su codificación

Código	Servicio Actual	Marca	Tipo	Modelo	Tamaño	Tipo de correa	rpm del motor	hp del motor
001-0001	Tanque 1	Beloit	AG3427	3432	40	5VX-1600	1165	60
001-0002	Tanque 2	Beloit	AG3425	3324	30	3VX-1250	1765	25
001-0003	Tanque 3	Beloit	AG3424	3322	30	3VX-1250	1760	30
001-	Tanque 4	Beloit	AG3423	4257	25	3VX-	1770	30

0004						1060		
001-0005	Tanque 5	Beloit	AG3426	3334	30	3VX-1250	1770	75
001-0006	Tanque cucha	Beloit	AG3424	3245	25	3VX-1250	1775	20
001-0007	Tanque liebeck	SHARK	BC717	3694	30	3VX-1060	1760	20
001-0008	BCTMP	Beloit	AG4194	3322	30	3VX-1250	1760	40
001-0009	Tanque de descarga del pulper	Beloit	AG4343	3322	30	5VX-1600	1770	10
001-0010	Tanque pulpa virgen	Beloit	AG2285	3335	45	3VX-1250	1770	30
001-0011	Tanque intermedio	Beloit	AG2286	3551	30	3VX-1250	1775	125
001-0012	Tanque espesador	Beloit	AG2287	3335	25	3VX-1060	1760	8
001-0013	Tanque mezcla	Beloit	AG2289	3245	30	3VX-1250	1760	60
001-0014	Tanque roto	Beloit	AG2288	3323	40	3VX-1060	1765	30
001-0015	Tanque de máquina	Beloit	AG1327	3324	50	3VX-1250	1760	75

En la recolección de datos para los equipos evaluados y determinados como críticos, se realizó mediante revisión de toda la documentación técnica disponible, observación directa y entrevista no estructurada con el personal calificado de planta, y la misma comparada con una data existente, para mantener las pautas que lleva la empresa en cuanto el registro de equipos.

#### 5.4.2 Actualización de formatos a emplear en la gerencia de mantenimiento

- **Ficha técnica**

La norma COVENIN 3049-93 define que: “Su objetivo es el de registrar la información necesaria para el conocimiento de cada objeto sujeto a acciones de mantenimiento”.

En la figura N°32 se muestra el formato de ficha técnica, este se creó con el objetivo de establecer en ella toda la información pertinente respecto a los parámetros de operación de los equipos y que además pueda ser de utilidad para orientar las labores de mantenimiento.

<b>1. Manufactura de Papel</b>			
<i>2. Ficha Técnica de Objetos a Mantener</i>			
<b>9. Criticidad de equipo.</b>	<b>3. Nombre del equipo</b>		
	<b>4. Código</b>		
	<b>5. Unidad de ubicación</b>		
	<b>6. Fabricante/proveedor</b>		
	<b>7. Modelo</b>		
		<b>8. Serie</b>	
<b>10. Características y especificaciones:</b>			
<b>11. Funcionamiento y manejo.</b>			
<b>12. Observaciones de mantenimiento:</b>			
<b>13. Instrucciones técnicas aplicadas.</b>			
<b>13.1 Mantenimiento preventivo/programado</b>		<b>13.2 Mantenimiento rutinario</b>	
<b>14. Desagregación</b>			
<b>14.1 Sub-Sistema</b>	<b>14.2 Componente</b>	<b>14.3 Características</b>	<b>14.4 Código</b>
<b>15. Elaborado por:</b> _____		<b>17. Aprobado por:</b> _____	
<b>16. Fecha:</b> _____		<b>18. Fecha:</b> _____	

**Figura N°32:** Formato ficha técnica. Fuente: Zambrano y Leal. (2012)

Descripción de los términos del modelo de ficha técnica de objetos a mantener:

1. Nombre y logotipo de la empresa.
2. Título de formato, para este caso “ficha técnica de objeto”.
3. Nombre del objeto a mantener.
4. Código del objeto a mantener según codificación explicada.
5. Unidad de ubicación o área de operación dentro de la empresa.

6. Fabricante y/o proveedor del objeto a mantener.
7. Modelo del equipo a mantener.
8. Serie del equipo a mantener.
9. Criticidad de equipo: Octágono coloreado según flujograma.
10. Características y especificaciones: más resaltantes del objeto.
11. Funcionamiento y manejo: breve descripción del uso dado al objeto dentro del proceso productivo.
12. Observaciones de mantenimiento: cualquier previsión o medida de seguridad a tomarse en el momento de realizar acciones de mantenimiento al sistema.
13. Instrucciones técnicas aplicadas: acciones de mantenimiento
  - 13.1 Mantenimiento programado/preventivo
  - 13.2 Mantenimiento Rutinario.
14. Desagregación: la mayoría de los objetos a mantener en cualquier sistema productivo se encuentra constituido por partes que permiten el funcionamiento de este, es por esto que además de conocer la cantidad de objetos existentes se debe profundizar más en el objeto para que se pueda realizar el mantenimiento de forma detallada y completa a todo el objeto ya que si falla una de sus partes se puede paralizar completamente o trabajar deficientemente, siendo esta la razón principal de realizar la desagregación de los equipos. La desagregación debe ir información referida a:
  - 14.1 Subsistema.
  - 14.2 Componente
  - 14.3 Características de los componentes.

14.4 Código, según codificación explicada con anterioridad.

15. Elaborado por: persona(s) encargada de la recaudación de la información necesaria para el llenado de la planilla.

16. Fecha: de la realización de la ficha técnica.

17. Aprobado por: persona encargada de la revisión de la información contenida en la planilla que tiene la potestad de aprobarla o rechazarla.

18. Fecha: en la que se realizó tal revisión.

- **Índice de instrucciones técnicas.**

La norma COVENIN 3049-93 establece que: “Este procedimiento lo constituye la lista de acciones de mantenimiento a ejecutar sobre cada objeto de mantenimiento. Este instrumento contiene la información sobre el objeto registrado según el procedimiento M-03 y básicamente la lista de acciones está dirigida a cada elemento de cada componente de cada subsistema de dicho objeto”.

En la figura N°33, se muestra el formato del registro de índice de instrucciones técnicas por objeto.

Descripción de los términos del modelo de registro de índice de instrucciones técnicas:

1. Nombre y logotipo de la empresa.

2. Título de formato, para este caso “Índice de Instrucciones Técnicas por Objeto”

3. Equipo: nombre del objeto al cual se le va a describir las instrucciones técnicas por objeto.

4. Código: del objeto establecido con anterioridad.

1. <input type="text" value="Manufactura de Papel"/>			
<i>2. Índice de Instrucciones Técnicas por Objeto</i>			
3. Equipo:		4. Código:	
5. Tipo de Mantenimiento: Rutinario: ___ Preventivo: ___			
6. Tipo de actividad: M: ___ L: ___ E: ___ I: ___ G: ___ O: ___			
7. Código	8. Descripción	9. Frecuencia	10. Personal
12. Elaborado por: _____		13. Aprobado por: _____	
14. Fecha:		15. Fecha:	

**Figura N°33:** Formato del registro de índice de instrucciones técnicas por objeto.

Fuente: Zambrano y Leal. (2012)

5. Tipo de mantenimiento: aquí se selecciona el tipo de mantenimiento a listar, bien sea rutinario o preventivo.

6. Tipo de actividad: se selecciona el tipo de actividad a listar y para ello se tiene, M para la actividad mecánica, L para la actividad de lubricación, E para la actividad eléctrica, I para la actividad de instrumentación. G para la actividad general y O para otro tipo de actividad encajando en esta la actividad electrónica.

7. Código de instrucción técnica: designado como dígito identificador del tipo de actividad la inicial del mismo, ejemplo para la actividad mecánica se le asigna la letra "M" seguido de un número consecutivo de acuerdo a la cantidad total de instrucciones del tipo mecánica y así sucesivamente para las demás actividades.

8. Descripción de la instrucción técnica: la cual debe ser redactada de forma generalizada a fin de que se pueda emplear en más componentes, subsistema u objeto del sistema productivo.



9. Frecuencia (F): es el periodo de realización de la actividad.
10. Personal (P): aquí se indica el tipo de personal y la cantidad que se encarga de la ejecución de la actividad.
11. Tiempo: empleado para realizar la actividad en unidades bien sea horas, minutos o segundos
12. Elaborado por: persona(s) encargada de la recaudación de la información necesaria para el llenado del formato.
13. Fecha: en la que se realizó tal revisión.
14. Aprobado por: persona encargada de la revisión de la información contenida en la planilla que tiene la potestad de aprobarla o rechazarla.
15. Fecha: en la que se realizó tal revisión

- **Lista de acciones de Mantenimiento.**

Zambrano y Leal (2012), establecen que: las lista de acciones de mantenimiento surgen de la programación de mantenimiento rutinario, programado, preventivo y circunstancial, la programación de inspecciones de instalaciones y edificaciones, chequeos de mantenimiento rutinario, inspección de mantenimiento programado y chequeos de mantenimiento circunstancial, ya que una vez programado todos los tipos de mantenimiento y chequeos de los mismos se tiene una lista de acciones por semana, por actividad, por cuadrilla y/o objetos y cada una de ellas distribuida por día a la semana.

A continuación se muestra en la figura N°34, el formato de registro de acciones de mantenimiento semanal.

.

1. <input type="text" value="Manufactura de Papel"/>							
2. <i>Lista de Acciones de Acciones de Mantenimiento Semanal</i>							
3. Semana N°:							
4. Código del Objeto	5. Nombre del Objeto	6. Actividad	7. Código de I.T	8. Frecuencia	9. Personal	10. Tiempo	11. Observación
12. Dpto. de Mantenimiento:				13. Firma:			

**Figura N°34:** Formato de registro de acciones de mantenimiento semanal. Fuente: Zambrano y Leal. (2012)

Descripción de los términos del modelo de registro de acciones de mantenimiento semanal:

1. Nombre y logotipo de la empresa
2. Título de la planilla, para este caso “Lista de acciones de mantenimiento semanal”
3. Semana N°: semana del año en que se va a realizar las acciones de mantenimiento a describir.
4. Código del objeto: a realizar las acciones de mantenimiento
5. Nombre del objeto: a realizar las acciones de mantenimiento.
6. Actividad: tipo de actividad a realizar.
7. Código I.T: código de la instrucción técnica a realizar definida previamente en el registro de índice de instrucciones técnicas.
8. Frecuencia: de ejecución de la instrucción técnica.
9. Personal: cantidad de personas requeridas para ejecutar la acción de mantenimiento.

10. Tiempo: a invertir en la ejecución de mantenimiento.
11. Observación: cualquier nota de interés al momento de la ejecución.
12. Departamento de mantenimiento: persona responsable de la lista de acciones de mantenimiento.
13. Firma: de la persona responsable

- **Chequeos de mantenimiento rutinario.**

La norma COVENIN 3049-93 establece que: “En los sistemas productivos generalmente las instrucciones técnicas son ejecutadas por el personal que pertenece a la Organización de Producción, entonces debe existir dentro de la Organización Mantenimiento una unidad que se encargue de chequear la ejecución de este tipo de mantenimiento, asegurándose que las labores asignadas a los operarios sean cumplidas, lográndose un mejor funcionamiento, minimización de paradas , mantener y hasta largar la vida útil de dichos objetos.”

Descripción de los términos del modelo chequeo de mantenimiento rutinario:

1. Nombre y logotipo de la empresa.
2. Título de la planilla, en este caso “Chequeo de mantenimiento rutinario”.

1. <input type="text" value="Manufactura de Papel"/>		
<i>2. Chequeo de Mantenimiento Rutinario</i>		
3. Numero:	4. Fecha de inicio:	5. Fecha final:
6. Departamento:		7. Responsable:
8. Código del Objeto	9. Acción	10. Solución
11. Elaborado por: _____		13. Aprobado por: _____
14. Fecha:		15. Fecha:

**Figura N°35.** Formato de registro de chequeo de mantenimiento rutinario. Zambrano y Leal. (2012)

3. Número: que se le da a cada chequeo de mantenimiento rutinario.
4. Fecha de inicio: fecha en la cual se inicia el chequeo de las actividades de mantenimiento rutinario ejecutadas a los objetos.
5. Fecha final: fecha en la cual se termina el chequeo de las actividades de mantenimiento rutinario realizadas a los objetos.
6. Departamento: área donde se encuentra ubicado el objeto sujeto a acciones de mantenimiento.
7. Responsable: persona que ejecuta el chequeo.
8. Código del objeto: información alfanumérica que permite identificar de forma clara y rápida al objeto dentro del sistema productivo.
9. Acción: actividad del mantenimiento rutinario a ser chequeada o reportar con presencia de fallas, teniendo entre las principales: limpieza, protección, calibración, ajustes y apoyos, estado de lubricación, funcionamiento mecánico, funcionamiento eléctrico, estado de conexiones y cables, funcionamiento instrumental, estado de conexiones con otros equipos.
10. Solución: que se aplicó durante el chequeo del mantenimiento, para facilitar la intervención de los objetos.
11. Elaborado por: persona(s) encargada de la recaudación de la información necesaria para el llenado de la planilla.
12. Fecha de la realización de la ficha técnica.
13. Aprobado por: persona encargada de la revisión de la información contenida en la planilla que tiene la potestad de aprobarla o rechazarla.

14. Fecha: en la que se realizó tal revisión.

- **Órdenes de trabajo por averías.**

La norma COVENIN 3049-93 establece que: “Luego de ser reportada y registrada una avería en el M-13, se emite la respectiva orden de trabajo para ejecutar las acciones necesarias y subsanar dicha falla. Este documento no es sólo la transición de una acción por escrito, porque no tendría ningún sentido; su objetivo debe estar enfocado hacia el logro de metas tales como registro de información sobre: el tipo y causa de falla, materiales, repuestos y horas hombre utilizados en la ejecución de las acciones; estado en que quedo el objeto después de su intervención u otro.”

Descripción de términos del formato de registro de una orden de trabajo:

1. Nombre y logotipo de la empresa.
2. Título de la planilla, para este caso “Orden de Trabajo para Mantenimiento por Averías”
3. Número: que se le da a cada orden de trabajo.
4. Fecha: en la cual se emitió la orden de trabajo.
5. Código del objeto: combinación alfanumérica que permite identificar de forma clara y rápida al objeto dentro del sistema productivo.
6. Responsable: persona que ejecuta la orden de trabajo.
7. Departamento: área donde se encuentra ubicado el objeto sujeto a acciones de mantenimiento.
8. Acción: a realizar para subsanar la falla de acuerdo al tipo.

1. <input type="text" value="Manufactura de Papel"/>						
2. <i>Orden de Trabajo para Mantenimiento por Averías</i>						
3. Numero:		4. Fecha:		5. Código de Objeto:		
6. Departamento:			7. Responsable:			
8. Acción:						
9. Mano de obra				10. Material, repuesto, equipos, instrumentos y herramientas.		
9.1 Código	9.2 Cantidad	9.3 Tiempo	9.4 Costos	10.1 Código	10.2 Cantidad	10.3 Costos
11. Elaborado por: _____				13. Aprobado por: _____		
12. Fecha: _____				14. Fecha: _____		

**Figura N°36:** Orden de Trabajo para Mantenimiento por Averías. Fuente: Zambrano y Leal. (2012)

9. Mano de obra: información con respecto a este renglón.

9.1. Código: del personal a utilizar.

9.2. Cantidad: número de personas a utilizar para la realización de la acción mantenimiento.

9.3. Tiempo: horas hombre estimadas a utilizar para ejecutar el mantenimiento.

9.4. Costos: en los que se incurra por la utilización de ese personal.

10. Materiales, repuestos, equipos, instrumentos y herramientas: empleadas para la realización de la reparación: estos son los recursos necesarios para ejecutar la orden de trabajo.

10.1. Código: del material, repuesto, herramienta, instrumento y equipo a utilizar para la realización de acción de mantenimiento.

10.2. Cantidad: estimada a usar para la ejecución de la reparación.

10.3. Costos: en los que incurra por la utilización de los materiales, repuestos, equipos, herramientas e instrumentos.

11. Elaborado por: persona(s) encargada de la recaudación de la información necesaria para el llenado de la planilla.

12. Fecha: de la realización de la ficha técnica.

13. Aprobado por: persona encargada de la revisión de la información contenida en la planilla que tiene la potestad de aprobarla o rechazarla.

14. Fecha: en la que se realizó tal revisión.

## CAPITULO VI: PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO

### 6.1 Tareas de mantenimiento por medio del diagrama lógico de decisiones, y la frecuencia con la que deben realizarse.

Para encontrar las consecuencias de cada modo de falla se dio respuesta a la pregunta 5”¿En qué sentido es importante cada falla?” planteada por RCM, para encontrar las consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y no operacionales, con el fin de determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no, teniendo en cuenta si afectan las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente y así finalmente registrarlas en la hoja de decisión de RCM.

Al conocer los modos y efectos de las fallas y sus consecuencias, se pudo determinar si la falla es merecedora de prevención, estudios para predecirla, intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción. Para realizar este proceso inicialmente se siguió el árbol lógico de decisiones del RCM (*Ver figura 16*) y de esta forma encontrar cuáles son las tareas adecuadas y el programa de mantenimiento a realizar al equipo.

La Hoja de Decisión permitió registrar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión:

¿Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado?

¿Con qué frecuencia será realizado? y ¿quién lo hará?

¿Qué fallas justifican el rediseño?

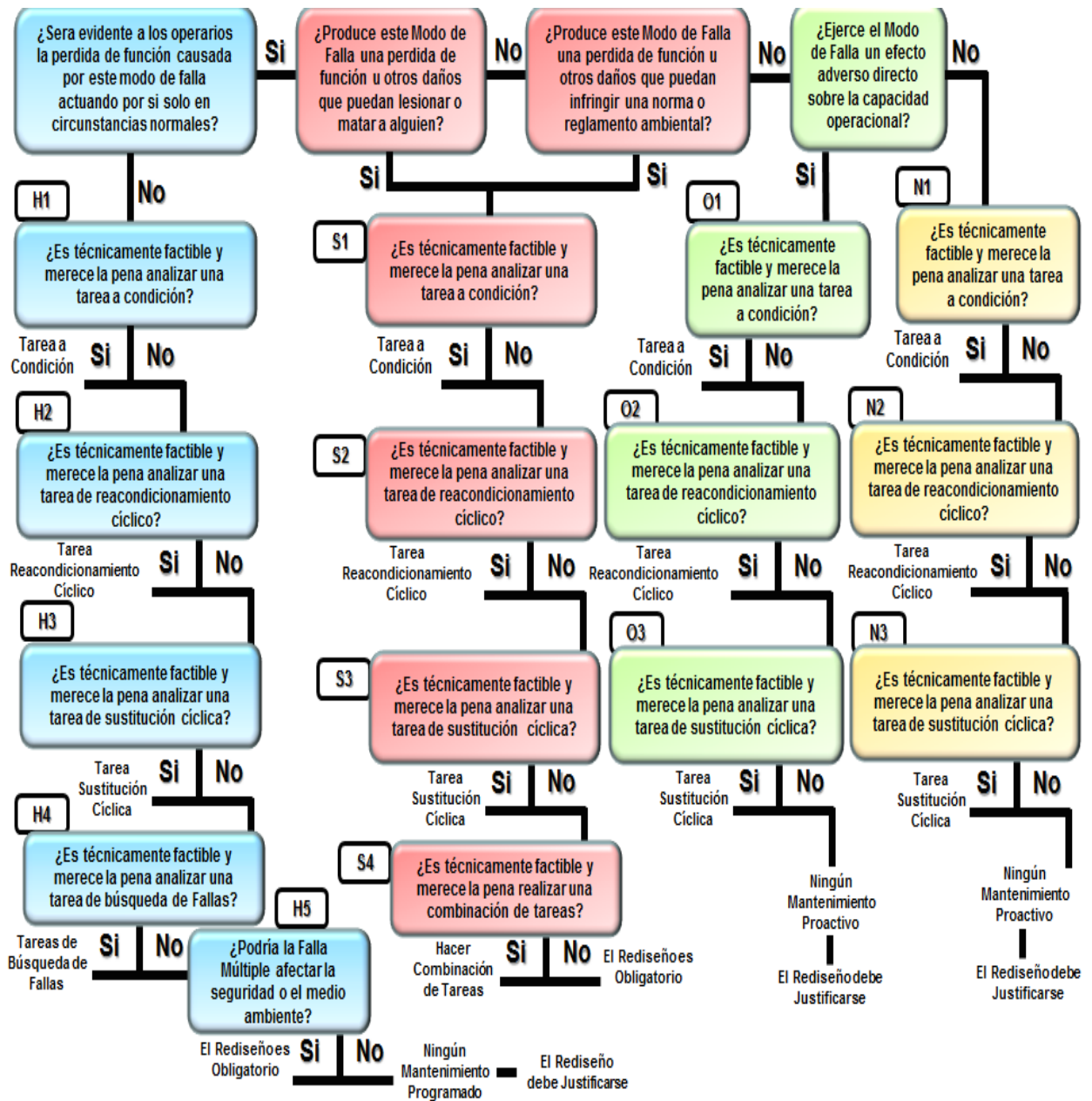
¿En qué casos se toma una decisión de dejar que ocurran las fallas?



**Tabla N°23.** Hoja de decisión RCM

Evaluación de las consecuencia				H1 S1O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			

El procedimiento para llenar la hoja del Árbol Lógico de Decisión ALD se hace una vez realizado el análisis de modos y efectos de fallos (AMEF), se procedió a seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir y disminuir cada uno de los modos de fallos y sus posibles efectos, a partir del árbol lógico de decisión. Luego de especificar el tipo de actividad de mantenimiento se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar con su respectiva frecuencia y personal a ejecutar dicha acción.



H= Consecuencia de falla oculta, S= Consecuencia a la seguridad, E= consecuencia al medio ambiente, O= Consecuencia a la operación

**Figura N°37.** Diagrama de decisiones. Fuente: Moubray (1997)

Los encabezamientos de las columnas de la Hoja de Decisión se refieren a las preguntas del diagrama de decisión de RCM:

Las columnas tituladas H, S, E, O, (y N) se utilizaron para registrar las respuestas a las preguntas de las consecuencias de cada modo de falla, H(Consecuencia de falla oculta), S(Consecuencia en la seguridad), E(Consecuencia en medio ambiente) y O(Consecuencias en la operación), las tres columnas tituladas H1, H2, H3, etc. registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y qué tipo de tarea, y si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas "a falta de" las columnas H4 y H5, o la S4, permiten registrar esas respuestas.

En las últimas tres columnas se registraron las tareas que han sido seleccionadas, la frecuencia con la que debe hacerse y el personal encargado para ejecutarla. De igual manera la columna de "Tarea Propuesta" también se utilizó para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

La columna titulada H/ S1/ O1/ N1 se utilizó para registrar las tareas a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo para evitar las consecuencias.

La columna titulada H2/S2/O2/N2 se utilizó para registrar las tareas de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas, la columna titulada H3/ S3/ O3/ N3 se utilizó para registrar si las tareas de sustitución cíclica para prevenir las fallas, las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la Hoja de Decisión se utilizó para registrar las respuestas a las tres preguntas "a falta de".

**Tabla N°24:** Hoja de información análisis de los agitadores de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	10/11/2017	DE
	Agitadores	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Agitar	Solidificación de la pasta	El motor de accionamiento no enciende	Se observa detección del agitador, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.		
		Las correas de transmisión se rompan	Se observa detención del agitador, se procede a chequear las correas trapezoidales.		
		La propela del agitador se averíe	Se observa detención del agitador, se procede a drenar el agitador para chequear la propela.		
Homogeneizar la pasta	Incapacidad para agitar	Aspas de los agitadores desgastadas	Suciedad depositada en el tanque		
Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Empaques dinámico en mal estado	Se observa presencia pasta en el exterior agitador, se procede a chequear la estopera del eje de transmisión		
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	Se observa presencia pasta en el exterior agitador, se procede a chequear la estopera del eje de transmisión		
Agitación deficiente	La pasta no tiene la consistencia adecuada	Falla de motor	Se observa que el motor arranca pero no genera la potencia suficiente, se chequea y repara el motor		
		Deslizamiento de correas	Presencia de ruido excesivo en las correas y transmisión de potencia deficiente, se procede a chequear y reemplazar		

		Deslizamiento de la propela	Se observa lentitud del agitador, se procede a drenar para chequear la propela
Ruido o vibraciones fuera del rango normal	Mal funcionamiento del agitador y desgaste excesivo de componentes	Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos
		Falla del motor	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequearlo y repararlo.
		Bases de chumaceras en mal funcionamiento	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal en el eje de transmisión, se procede a chequear la base de chumacera y repararlas

**Tabla N°25:** Hoja de decisiones análisis de los agitadores

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4				
S	N	N	S	S							(1) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de motor	Semanal	Inspector de preventivo
S	N	N	S	S							(2) Inspección de las correas de transmisión	Quincenal	Inspector de preventivo
N	N	N	S	S							(3) Revisión y ajuste de la propela	Mensual	
S	N	N	S	S							(4) Revisión de las empacaduras	6 meses	
S	N	N	S	N	N	N					Ningún mantenimiento programado		

S	N	N	S	S						(5) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de los rodamientos	Semanal	Inspector de preventivo
N	N	N	N	N	N	S				(6) Cambio de aspas	Anual	
S	N	N	S	S						(7) Revisión del eje de transmisión y base de las chumaceras	Mensual	

**Tabla N°26:** Hoja de información análisis de las bombas de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	17/11/2017	DE
	Bombas	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
No bombea	No circula la pasta por el sistema	El motor de accionamiento no enciende	Se observa detección de la bomba, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.		
		Bloqueo total de tuberías	Se observa trabajo forzado de la bomba y detención de circulación de la pasta. Se procede a chequear e intervenir tubería		
		El impeler de la bomba se averíe	Se observa detención de la circulación de pasta, se procede a chequear y reparar		
Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Sello en mal estado	Se observa presencia pasta en el exterior de la bomba, se procede a chequear el sello y reemplazarlo		
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	Se observa presencia pasta en el exterior de las juntas de tuberías, se procede a chequear y reparar.		
Ruido o vibraciones	Mal funcionamiento del agitador y	Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos		

fuera del rango normal	desgaste excesivo de componentes	Falla del motor	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequearlo y repararlo.
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes
Circulación de pasta deficiente	La pasta no circula adecuadamente	Falla de motor	Se observa que el motor arranca pero no genera la potencia suficiente, se chequea y repara el motor
		Falla del acople	Presencia de ruido excesivo en los acoples y transmisión de potencia deficiente, se procede a chequear y reemplazar
		desgaste del impeler	Se observa mala circulación de la pasta, se procede a chequear para reparar o sustituir el impeler.

**Tabla N°27:** Hoja de decisiones análisis de las bombas

Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O 1	H2 S2 O 2	H3 S3 O 3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H 4	H 5	S 4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de motor	Semanal	Inspector de preventivo
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
N	N	N	S	N	S					(2) Desmontaje y revisión de los componentes internos del reductor	Anual	
S	N	S	N	N	N	S				(3) Inspección visual por botes de aceite	A condición	
N	N	N	S	S						(4) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de los rodamientos	Mensual	
N	N	N	S	N	S					(5) Inspección de sello	Mensual	
S	N	N	S	S						(6) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de rodamientos	Semanal	
N	N	N	S	S						(7) Revisión y ajuste en los acoples y transmisión	Mensual	

**Tabla N°28:** Hoja de información análisis del pulper de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	19/11/2017	DE
	Pulper	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Mezclar	No circula la pasta por el sistema	El motor de accionamiento no enciende	Se observa detección de la propela, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.		
		Bloqueo total de tuberías	Se observa trabajo forzado de la bomba y detención de circulación de la pasta. Se procede a chequear e intervenir tubería		
		Falla en la válvula de entrada al pulper	Se observa detención de la circulación de pasta, se procede a chequear y reparar		
Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Sello en mal estado	Se observa presencia pasta en el exterior de la bomba, se procede a chequear el sello y reemplazarlo		
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	Se observa presencia pasta en el exterior de las juntas de tuberías, se procede a chequear y reparar.		
		Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos		
		Falla del motor	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequearlo y repararlo.		
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes		



**Tabla N°29:** Hoja de decisiones análisis del pulper

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	S	N	N	N	S				(1) Inspección visual del motor	Mensual	Operario
S	N	N	S	S						(2) Revisión de las empacaduras	6 meses	Inspector de preventivo
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
S	N	N	S	S						(3) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de los rodamientos	Semanal	
N	N	N	N	N	N	S				(4) Cambio de aspas y mantenimiento en tuberías	Anual	
S	N	N	S	S						(5) Revisión del eje de transmisión y base de las chumaceras	Mensual	

**Tabla N°30:** Hoja de información análisis de los coladores de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	19/11/2017	DE
	Coladores	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Realizar el colado de impurezas en la pasta	Trancamiento de impurezas en el colador	El motor de accionamiento no enciende	Se observa detección de la propela, se procede a chequear el motor y cableado eléctrico.		
		Desgaste en las gomas laterales	Se observa trabajo forzado en el tamiz del colador. Se procede a chequear		

		Rompimiento en los orificios del tamiz	Se observa paso de impurezas a la etapa siguiente de la máquina papelera
Transmitir el movimiento vibratorio en el colador	Incapacidad de transmitir el movimiento.	Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos
		Falla del motor	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequearlo y repararlo.
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes

**Tabla N°31:** Hoja de decisiones análisis de los coladores

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de motor	Semanal	Inspector de preventivo
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		Inspector de preventivo
N	N	N	S	S						(2) Revisión y ajuste de las gomas del colador	Mensual	
S	N	N	S	S						(3) Revisión de las empacaduras	6 meses	
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
S	N	N	S	S						(4) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de los rodamientos	Semanal	
N	N	N	N	N	N	S				(5) Cambio o rectificación de los orificios del tamiz	Anual	
S	N	N	S	S						(6) Revisión del eje de transmisión y base de las chumaceras	Mensual	

**Tabla N°32:** Hoja de información análisis de los refinadores de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	19/11/2017	DE
	Refinadores	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Refinar	Daño en los discos	Mal ajuste en los disco	Se observa detección del motor y recalentamiento del mismo. Se procede a chequear y ajustar nuevamente		
		Suciedad en la pasta	Se observa trabajo forzado del refinador y fuerte ruido. Se procede a chequear e intervenir tubería		
		Desgaste en los discos	Se observa mala refinación de la pasta, se procede a chequear y cambiar los discos		
Fuga de pasta	Escape de pasta por lugares no deseados	Sello en mal estado	Se observa presencia pasta en el exterior de la bomba, se procede a chequear el sello y reemplazarlo		
		Empacaduras en mal estado o mal instaladas	Se observa presencia pasta en el exterior de las juntas de tuberías, se procede a chequear y reparar.		
		Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos		
		Falla del motor	Presencia de ruido y vibraciones excesivos, se procede a chequearlo y repararlo.		
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes		

**Tabla N°33:** Hoja de decisiones análisis de los refinadores

Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de motor	Semanal	Inspector de preventivo
S	N	N	S	S						(2) Inspección de la transmisión	Quincenal	Inspector de preventivo
N	N	N	S	S						(3) Revisión y ajuste de la propela	Mensual	
S	N	N	S	S						(4) Revisión de las empacaduras	6 meses	
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
S	N	N	S	S						(5) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de los rodamientos	Semanal	
N	N	N	N	N	N	S				(6) Cambio de discos	Anual	
S	N	N	S	S						(7) Revisión del eje de transmisión y base de las chumaceras	Mensual	

**Tabla N°34:** Hoja de información análisis de los limpiadores de la máquina papelera.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	25/11/2017	DE
	Limpiadores	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Limpieza	Trancamiento en los limpiadores	Falla en válvulas solenoides	No permite el paso de aceite a algunos componentes del sistema		
		Falla en los controles	Se observa mal manejo las válvulas de entrada y salida de los limpiadores, se procede a revisar los controles		
		Desgaste en los conos	Se observa mala limpieza de la pasta, se procede a chequear y cambiar los conos		

**Tabla N°35:** Hoja de decisiones análisis de los limpiadores

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Inspección y mantenimiento de las válvulas	Semanal	Inspector de preventivo
S	N	N	S	S						(2) Mantenimiento de los controles	Mensual	Mtto electrónico
N	N	N	N	N	N	S				(3) Cambio de los conos	A condición	Inspector de preventivo

**Tabla N°36:** Hoja de información análisis de los rodillos de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	26/11/2017	DE
	Rodillos	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Ajustar y distribuir el calibre del papel	Incapacidad para ajustar el calibre o distribución dispareja del papel	Falla en los rodamientos del rodillo	Atascamiento del rodillo, rompimiento del papel en la máquina		
		Falla en los diafragmas	Se observa mal accionamiento de los rodillos al suministrar presión, generando partes húmedas, se procede a revisar y chequear		
		Desgaste en la superficie o diámetro del rodillo	Se observa vibración excesiva. Se procede a cambiar el rollo y rectificarlo		
Mejorar el acabado del papel	Incapacidad para mejorar el secado del papel	Sello en mal estado	Se observa presencia pasta en el exterior de la bomba, se procede a chequear el sello y reemplazarlo		
		Cuchillas de los raspadores desgastadas	Rompimiento de la hoja de papel o mal crepado		
		Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos		
		Suciedad acumulada en la superficie de los rodillos	Manchas o huecos en la hoja de papel		
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes		

**Tabla N°37:** Hoja de decisiones análisis de los rodillos

Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de temperatura, ruido y lubricación de rodamientos	Mensual	Inspector de preventivo
S	N	N	S	S						(2) Inspección de los diafragmas	Quincenal	Inspector de preventivo
N	N	N	S	S						(3) Revisión y ajuste del sello, o cambio del mismo	Mensual	
S	N	N	S	S						(4) Limpieza de los rodillos	Diario	
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
S	N	N	S	S						(5) Ajuste o cambio de las cuchillas	Semanal	
N	N	N	N	N	N	S				(6) Rectificación de los rodillos	6 meses	
S	N	N	S	S						(7) Revisión del eje de transmisión y base de las chumaceras	Mensual	

**Tabla N°38:** Hoja de información análisis de la caja cabecera de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	30/11/2017	DE
	Caja Cabecera	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Distribución de la pasta en la mesa formadora	Mal distribución de la pasta	Cuchillas de los raspadores desgastadas	Atascamiento de papel.		
		Falla en los deflectores	Se observa mal accionamiento de la caja cabecera, generando partes húmedas, se procede a revisar y chequear		
		Falla en los controles	Se observa mal funcionamiento de la abertura de la caja, se procede hacer ajustes		

**Tabla N°39:** Hoja de decisiones análisis de la caja cabecera

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de temperatura y desgaste de cuchillas, rectificarlas	Semanal	Inspector de preventivo
N	N	N	N	N	N	S				(2) Cambio de deflectores	Anual	Mtto mecánico y eléctrico
S	N	N	S	S						(3) Mantenimiento de los controles	Mensual	



**Tabla N°40:** Hoja de información análisis de las cajas vacío de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	30/11/2017	DE
	Caja de Vacío	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Ejercer vacío en la mesa formadora	Mal funcionamiento del vacío	Desgaste en el foil de la caja	Papel mal formado a lo largo de la mesa formadora, se procede a cambiar el foil		
		Falla en la bomba de vacío	Se observa disminución del vacío en la caja, generando partes húmedas, se procede a revisar y chequear		
		Falla en los controles	Se observa mal funcionamiento de en el vacío en el sistema, se procede hacer ajustes		

**Tabla N°41:** Hoja de decisiones análisis de la caja vacío

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión de Foil, si esta malo se debe cambiar	Anual	Inspector de preventivo
S	N	N	S	S						(2) Inspección de las bombas de vacío	Mensual	Inspector de preventivo y Mtto eléctrico
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
S	N	N	S	S						(3) Mantenimiento a los controles	Semanal	

**Tabla N°42:** Hoja de información análisis de las regaderas de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	10/12/2017	DE
	Regaderas	1			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
Humedecer la pasta y limpieza de los rodillos	Suciedad en los rodillos	Boquillas obstruidas	Papel mal formado a lo largo de la máquina papelera, se procede a revisar y limpiar las boquillas		
		Falla en la bomba de las regaderas	Se observa disminución de la presión del agua en las regaderas, se procede a revisar y chequear		
		Falla en la válvula de entrada	Se observa mal funcionamiento, se procede hacer ajustes		

**Tabla N°43:** Hoja de decisiones análisis de las regaderas

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Revisión y limpieza de las boquillas	Diario	Operador de la maquina
S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		Inspector de preventivo
N	N	N	S	N	S					(2) Inspección de los componentes de la bomba	Mensual	
N	N	N	S	N	S					(3) Inspección de sello	Mensual	
N	N	N	S	S						(4) Revisión y ajuste en la válvula	Mensual	

**Tabla N°44:** Hoja de información análisis del yankee de la máquina papelera

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°			HOJA
	Maquina papelera	1	FACILITADOR	FECHA	1
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SIS-SISTEMA N°	F. PEÑA	10/12/2017	DE
	Yankee	1			1
Secado del papel	Presencia de humedad en algunos sectores a lo largo de la hoja de papel	Mala dosificación de químicos	Se observa pega de químico en el yankee, se procede ajustar dosificación de químicos		
		Cuchillas de los raspadores desgastadas	Rompimiento de la hoja de papel o mal crepado		
		Falla de rodamientos	Presencia de ruido y vibraciones excesivos en el motor, se procede a chequear los rodamientos y a reemplazarlos		
		Suciedad acumulada en la superficie del yankee	Manchas o huecos en la hoja de papel		
		Falla de lubricación	Presencia de ruido, movimiento fuera de lo normal, se procede a chequear y llenar los recipientes de lubricantes		

**Tabla N°45:** Hoja de decisiones análisis del yankee

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
S	N	N	S	S						(1) Prueba de Calidad en los químicos	A condición	Inspector de calidad
N	N	N	N	N	N	S				(2) Revisión en la presión en la dosificación de los químicos	Diario	Mtto mecánico y eléctrico
S	N	N	S	S						(3) Lubricar el motor y reductor	Mensual	

## 6.2 Plan de mantenimiento.

En las tablas N°45 y 46 se plantea el plan de mantenimiento para los equipos críticos de la máquina papelera N°7, los cuadros coloreados, representan el tipo de frecuencia a emplear: verde (semanal), rojo (quincenal), amarillo (diario), azul (mensual) y naranja (anual). Las tareas programadas (propuestas) se identificaron con números que representan las tareas propuestas en las hojas de decisiones de cada equipo mencionadas anteriormente.

**Tabla N°46:** Plan de mantenimiento de los equipos críticos de la máquina papelera N°7

Equipo		MES																																															
		1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12			
Tarea programada (propuesta)	Frecuencia	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AGITADORES	1	Verde																																															
	2	Rojo																																															
	3	Azul																																															
	4	Azul																																															
	5	Verde																																															
	6	Naranja																																															
	7	Azul																																															
BOMBAS	1	Verde																																															
	2	Naranja																																															
	3	A condición																																															
	4	Azul																																															
	5	Azul																																															
	6	Verde																																															
	7	Azul																																															
PULPER	1	Azul																																															
	2	Azul																																															
	3	Verde																																															
	4	Naranja																																															
	5	Azul																																															
COLADORES	1	Verde																																															
	2	Azul																																															
	3	Azul																																															
	4	Verde																																															
	5	Naranja																																															
	6	Azul																																															

**Tabla N°47:** Continuación Plan de mantenimiento de los equipos críticos de la máquina papelera N°7

Equipo		MES																																															
		1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12			
Tarea programada (propuesta)	Frecuencia	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
		REFINADORES	1	Semanal																																													
2	Quincenal																																																
3	Mensual																																																
4	6 meses																																																
5	Semanal																																																
6	Anual																																																
7	Mensual																																																
LIMPIADOS	1	Semanal																																															
	2	Mensual																																															
	3	A condición																																															
RODILLOS	1	Mensual																																															
	2	Quincenal																																															
	3	Mensual																																															
	4	Diario																																															
	5	Semanal																																															
	6	6 meses																																															
	7	Mensual																																															
CAJA CABECER	1	Semanal																																															
	2	Anual																																															
	3	Mensual																																															
CAJA VACIO	1	Anual																																															
	2	Mensual																																															
	3	Semanal																																															
REGADERAS	1	Diario																																															
	2	Mensual																																															
	3	Mensual																																															
	4	Mensual																																															
YANKEE	1	A condición																																															
	2	Diario																																															
	3	Mensual																																															

## **CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó en el trabajo desarrollado en la empresa Manufactura de Papel. Lo establecido en la presente sección es producto de la revisión documental bibliográfica, encuestas realizadas y observación directa.

### **7.1 Conclusiones.**

El estudio de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM realizado con personal de mantenimiento es una herramienta importante para la empresa ya que se puede definir una estrategia de mantenimiento eficaz con el fin de alcanzar los objetivos de confiabilidad y disponibilidad de la máquina papelera, de manera que cuando un equipo pare se le realicen las tareas de mantenimiento necesarias optimizando los recursos de mantenimiento mecánico y eléctrico.

- Se realizó un diagnóstico integral, de tipo cuantitativo y cualitativo, basado en la aplicación de las normas referentes a la evaluación de los sistemas de mantenimiento en la industria (COVENIN 2500-93), cuyos resultados mostraron que se encuentra en una “situación buena” (62%), así como también la inclusión de los operadores en la evaluación cualitativa a través de una encuesta, la cual condujo a recabar información de primera mano para la construcción de una matriz FODA.
- Se realizó el análisis de criticidad a los equipos de la máquina papelera en el área de fabricación, se determinó que los equipos considerados altamente críticos son: Agitadores y Bombas.
- De acuerdo al índice de prioridad de riesgo (IPR) que es el resultado del análisis de modos y efectos de fallas detalló las causas de fallas potenciales, la más relevante es la falla de rodamientos en las bombas con IPR de 252.

- Una vez identificados los equipos críticos del sistema productivo, se desarrolló un sistema de gestión de información de mantenimiento, basado en un conjunto de formatos para el control de actividades y desarrollo organizado de documentación respectiva a información técnica de cada equipo, gestión de fallas, recorridos de inspección, hojas de vida, ordenes de trabajo entre otros.
- A partir del análisis de modo y efectos de fallas (AMEF) y bajo una política de planificación basada en el equilibrio programático de mantenimiento entre los equipos del sistema productivo, prevista del cálculo de la semana básica de cada uno de los equipos, se plasmaron los Planes de Mantenimiento programados en un calendario anualizado.
- El Análisis de Modos de Fallas de RCM permite tener una información completa de las causas de las fallas, en el caso de la máquina papelera, analizando cuáles son las consecuencias de estas fallas mediante el diagrama lógico de decisiones permite definir las tareas de mantenimiento específicas para poder eliminarlas. Bajo esta metodología, se definió una estrategia de Mantenimiento para la máquina papelera N°7 en la empresa Manufactura de Papel, conformada por tareas a condición, de reacondicionamiento cíclico, predictivas y correctivas.

## 7.2 Recomendaciones.

- No limitar el análisis realizado a los equipos críticos, éste también puede ser aplicado al resto de los equipos de planta.
- Realizar un adiestramiento del personal para la realización y utilización de los catálogos de falla, ya que la información obtenida a través del llenado de éstos permite la ejecución del análisis de fallas ocurridas por modos de falla.
- Pedirle a los proveedores los manuales y catálogos con despiece de cada equipo, para así facilitar la comprensión de los mismos y agilizar el levantamiento de lista de materiales.
- Implementar auditorias continuas que permitan la verificación del cumplimiento de los planes de mantenimiento. Para lograr que la implementación del Plan de Mantenimiento tenga el éxito que se espera, es importante involucrar a todo el personal operativo de la empresa, de modo que es necesario establecer la corresponsabilidad activa entre los distintos entes directivos del sistema productivo, no solo para el cumplimiento de las labores de mantenimiento programado, sino además, para prevenir operaciones no convenientes, o que deterioren la calidad del servicio.
- Es importante que los trabajadores tengan conocimientos de los equipos que operan, para ello es fundamental que la gerencia programe jornadas anuales de capacitación continua sobre los riesgos asociados a las áreas operativas, normas de seguridad, funcionamiento inherente al equipo.
- Es necesario que las frecuencias de supervisión estén acompañadas de formatos de chequeo, de modo que se cuente con un registro para



establecer decisiones basadas en evidencias objetivas, que a su vez sirvan como elementos de partida para la mejora continua.

- El estado y visibilidad de los planos que llevan mucho tiempo en la planta no es muy bueno debido a que con el tiempo el papel se deteriora, para tener un mejor acceso y entendimiento de estos se debería pasar a medio magnético toda la información referente a planos de los equipos y de proyectos realizados en la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2009). *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Caracas (Venezuela): capítulo IX Art: 127.

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación (1era ed.)* Caracas (Venezuela): Episteme

Colegio de Ingenieros de Venezuela. (2017). *Código de Ética Profesional*. Obtenido de: [http://www.civ.net.ve/uploaded\\_pdf/cep.pdf](http://www.civ.net.ve/uploaded_pdf/cep.pdf)

Covenin. (1993). *Norma venezolana COVENIN 2500-93: Manual para evaluar los sistemas del mantenimiento industrial*. Caracas (Venezuela): Fondo Norma.

Covenin. (1993). *Norma venezolana COVENIN 3049-93 Mantenimiento. Definiciones*. Caracas (Venezuela): Fondo Norma

Cuello, G. (2010). *Aplicación de la Norma ISO 14224 a la Gestión de Datos, Petrobras Energía S.A*

Díaz, A. (2015). *Serie de Manuales para la pequeña y mediana Empresa*, Medellín (Colombia): Fondo Editorial

Duffaa, D. (2000). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. (Mexico): Limusa Wiley

Dyson, R. (2004). *Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. European journal of operational research, 152(3), 631-640*. DOI: 10.1016/S0377- 2217(03)00062-6

Godoy, H. y Mercado, J. (2011). *Guía de Optimización de disponibilidad por mantenimiento de una máquina esmaltadora, caso de empresa productora de papel*. Trabajo de grado de Maestría ante la Universidad ICESI para optar al título de Magister en Administración en Empresas con Énfasis en Gestión Estratégica. Santiago de Cali (Colombia).

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). México, D.F. (México): McGraw-Hill.

Hung, A. (2008). *Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC*. La Habana (Cuba): Ingeniería Energética, vol. XXX, núm. 2

Hurtado, J. (2007). *El Proyecto de Investigación. Metodología de la Investigación Holística*, Caracas (Venezuela): 5ta edición, Sypal-Quiron ediciones  
Manufactura de Papel. (2012). *Políticas de la Organización*. Maracay (Venezuela)

Moubray, J. (1997). *RCM 2*. Segunda Edición. New York (Estados Unidos): Industrial Press Inc. pp. 1-300.

Mounchy, F. (1990). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. Barcelona (España): Masson S.A

Nava, J. (2010). *Teoría de mantenimiento. Definiciones y Organización*. Mérida (Venezuela): Universidad de los Andes.

Nava, J (2012). *Teoría de Mantenimiento*. Mérida (Venezuela): Universidad de los Andes.

Plata, M. (2012). *Propuesta metodológica para mejorar la gestión del mantenimiento en una industria de Transformación de Plásticos para productos escolares, con base en Asset Management y RCM*. Trabajo de grado de Maestría ante la Universidad Javeriana para optar al título de Magister en Ingeniería Industrial. Bogotá (Colombia).

Prada, G. (2009). *Modelo para Mejorar la Confiabilidad Operacional en la ladrillera Cúcuta basado en Análisis de Criticidad*. Trabajo de grado de Maestría ante la Universidad Nacional Experimental del Táchira para optar al título de Magister en Mantenimiento Industrial. San Cristóbal (Venezuela)

Quinche, J. (2012). *Desarrollo de la estructura del sistema de gestión de mantenimiento para el aserradero del laboratorio nacional de productos forestales*. Mérida (Venezuela).

SmooK, G. (1990). *Manual para técnicos de Pulpa y Papel*. (Estados Unidos): Tappi.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. México, D.F. (México): Editorial Limusa.

Troffé, M. (2009). *Análisis ISO 14224 /Oreda. Relación con RCM-FMEA*. (Argentina).

Viesca, C. (1995). *Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)*. Manual de referencia.

Villacrés, S. (2016). *Desarrollo de un Plan de Mantenimiento aplicando la Metodología de Mantenimiento basado en la Confiabilidad (RCM) para el Vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa EP*. Trabajo de Grado de Maestría ante la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para optar al título de Magister en Gestión del Mantenimiento Industrial. Riobamba (Ecuador).

Zambrano, S y Leal, S. (2012). *Manual práctico de gestión de mantenimiento*. Táchira (Venezuela): Fondo editorial UNET