

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



“Propuesta de mantenciones para la planta de materias grasas y harinas proteicas, basado en el método RCMII, empresa La Libertad S.A”

Por

Daniela Andrea González Illanes

Trabajo de Título para optar al grado de Licenciado en Ciencias de Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial.

Profesor Guía: Augusto Vargas Schüler

2017

Agradecimientos

Primeramente agradezco a los docentes de la Universidad Valparaíso, principalmente a Don Augusto Vargas por su entrega, dedicación, disposición, honestidad y profesionalismo, cualidades esenciales para lograr el término de este trabajo de título.

No quiero dejar de agradecer a la empresa La Libertad S.A, por darme la oportunidad de realizar esta memoria, específicamente a Don Juan Carlos Prado, Gerente general, por brindarme la ayuda necesaria y darme la accesibilidad completa a las instalaciones. Agradezco también a todo el personal de mantenimiento y operarios de la planta los cuales me otorgaron toda la información necesaria.

Agradezco principalmente a mis padres que fueron un pilar fundamental para el término de este trabajo de título, me brindaron cariño, amor, ánimo, su apoyo incondicional para seguir estudiando y así poder lograr mis objetivos.

Quiero agradecer a mi hermana Valentina, por ser mi soporte en todo momento a pesar de la distancia que nos separa, por siempre tener esas palabras precisas que me daban tranquilidad y ánimo para seguir luchando.

A mis abuelos, eternamente agradecida, siempre preocupados por mí, apoyándome y orgullosos de todo mis logros. A mi abuelo Arnoldo Illanes, que me entregó las herramientas necesarias para enfrentar la vida, por enseñarme que hay que ser perseverante, trabajador, y disfrutar de cada momento de la vida.

Contenido

Glosario	6
Lista de Abreviaturas y Siglas	9
Lista de Figura	10
Lista de Tablas	11
Lista de Gráficos	13
Abstract	14
Resumen	15
Introducción.....	16
Capítulo 1: Antecedentes Generales	17
1.1 Descripción de la Empresa	17
1.1.1 Reseña histórica	17
1.1.2 Identificación de la empresa	17
1.1.3 Organización de la empresa La Libertad S.A	18
1.1.4 Localización de la empresa	18
1.2 Descripción General del Proceso	19
1.2.1 Clientes	19
1.2.2 Proveedores	19
1.2.3 Materia Prima	20
1.2.2 Productos Finales.....	21
1.2.3 Proceso Productivo	22
1.3 Impacto de las variables que conlleva las fallas	31
1.4 Planteamiento del problema	31
1.5 Causas del problema	41
1.6 Análisis de metodologías	46
1.6.1 Metodologías aplicables	46
1.7 Análisis de metodologías aplicables y selección	49
1.8 Objetivos	50
1.8.1 Objetivo General.....	50

1.8.2	Objetivo específico	50
1.9	Experiencia de otras empresas.....	51
1.10	Resultados esperados.....	52
1.11	Limitaciones.....	52
Capítulo 2: Metodología		53
2	Metodología RCM II.....	53
2.1	Definición.....	53
2.2	Herramientas de la metodología RCMII.....	54
2.3	Las 7 preguntas básicas del RCMII.....	58
2.4	Pasos de la metodología RCM II.....	59
2.5	Resumen de la metodología.....	70
Capítulo 3: Aplicación de la metodología RCM II.....		73
3.1.-	Etapas 1: Identificación de equipos críticos e impacto en el proceso.	73
3.1.1	Frecuencia de falla.....	73
3.1.2	Influencia en el proceso productivo.....	75
3.1.5	Descripción de equipos críticos.....	76
3.2	Etapas 2: Cuantificación de los costos de los equipos críticos	78
3.2.1	Mano de obra.....	79
3.2.2	Repuestos y/o materiales.....	79
3.3	Etapas 3: Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos	80
3.3.1	Hoja de información de la metodología RCMII.....	81
3.3.2	Hoja de decisión de la metodología RCMII.....	81
3.4	Etapas 4: Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento.....	82
3.5	Manual procedimiento operativo estándar	84
3.6	Resumen de la aplicación de la metodología	85
Capítulo 4: Análisis de resultados		86
4.1	Análisis de criticidad.....	86
4.2	Cuantificación de los costos del plan de mantenimiento	88
4.3	Costos de mantenimiento actual versus propuesta	88

4.5	Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos	90
Capítulo 5. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias 91		
5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones y sugerencias	93
Anexos..... 94		
Anexo 1: Definiciones..... 94		
1.1	Tipos de mantenimiento	94
1.1.1	Mantenimiento Correctivo	94
1.1.2	Mantenimiento preventivo	94
1.1.3	Mantenimiento predictivo	95
1.1.4	Mantenimiento proactivo.....	95
1.1.5	Mantenimiento Mejorativo.....	95
1.2	Diagrama de efecto y causa (Ishikawa)	95
1.3	Análisis de Pareto.....	96
1.4	Mantenibilidad.....	97
1.5	Disponibilidad	97
1.6	Costos de mantenimiento	98
Anexo 2: Equipos críticos		
Anexo 3: Costos de los equipos críticos..... 101		
Anexo 4: Hoja de información de cada equipo crítico..... 107		
Anexo 5: Hoja de decisión de los equipos críticos		
Anexo 6: Procedimientos operativos estándar (POE)..... 115		
Anexo 7: Manual de procedimiento..... 119		
Bibliografía..... 133		

Glosario

Árbol lógico de decisión RCM II: Herramienta que permite seleccionar las actividades de mantenimiento según la filosofía de RCM. Integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica que se aplica a cada uno de los modos de falla listados en la hoja de información RCM II. [Moubray14]

Borrilla: Se le llama borrilla a la harina proteica.

Calidad: Es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su misma especie. La calidad puede referirse a diferentes aspectos de la actividad de una organización: el producto o servicio, el proceso, la producción o sistema de prestación del servicio o bien, entenderse como una corriente de pensamiento que impregna toda empresa. [DRAE14]

Causa: Es aquello que se considera como fundamento u origen de una cosa o suceso. [DRAE14].

Confiabilidad: Probabilidad de que un equipo, sistema o componente cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado periodo de tiempo y en condiciones específicas de operación. [Mounbray14].

Desgaste: Es una pérdida progresiva de material en la superficie de un cuerpo sólido. El desgaste se manifiesta en forma de partículas sueltas del desgaste, así como también, en alteraciones del material y de la forma de la superficie. El desgaste es normalmente indeseado ya que desmejoran la funcionalidad; sin embargo, los procesos de ajuste adaptación son una excepción. [Wolfgang99].

Diagrama: Es un dibujo geométrico muy utilizado con el que se obtiene la representación gráfica de una situación, la resolución de un problema. [DRAE14].

Diagrama de Flujo: Es una forma esquemática de representar ideas y conceptos en relación. A menudo, se utiliza para especificar algoritmos de manera gráfica. Estos diagramas utilizan símbolos con significados definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin de proceso [ABC14].

Disponibilidad: La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema esta listo para operar o producir, esto en sistema que operan continuamente. [Pinto97].

Equipo: Unidad compleja de orden superior integradas por conjunto, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema.

Equipos Críticos: Son aquellos cuyas fallas producen detenciones e interferencias generales, cuellos de botella, daños a otros equipos o instalaciones y retrasos o paradas en las actividades de los demás centros de actividad de una empresa u organizaciones. Aquellos que detienen la prestación de los servicios a los clientes, afectan de manera directa los procesos productivos y por ende generan problemas con el cumplimiento a los clientes. [Suárez03]

Falla: Es el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

Fiabilidad: Probabilidad de realizar sin fallos, una función específicas, en ciertas condiciones y durante un determinado periodo de tiempo. [R&D57]

Hoja de decisión: Hoja donde se registran los resultados obtenidos de la aplicación de “árbol lógico de decisión RCM II”. [Moubray04].

Hoja de información RCMII: Hoja donde se registran los resultados obtenidos del análisis AMFE. Este consta de cuatro columnas, en las cuales se registran las descripciones de funciones, pérdidas de función, causas de fallas o modo de falla y efecto de falla. [Moubray04].

Mantenimiento: Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un producto o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento. [García03].

Materia Prima: Son todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto final.

Plan: Proyecto o idea que se tiene que alcanzar o realizar a partir de un programa detallado una cosa, y conjunto de medios para llevarla a cabo. [DMLE07].

Proceso lineal: se caracteriza por que se diseña para producir un determinado bien o servicio en series de producción.

Propuesta: Idea o proyecto sobre un asunto o negocio que se presenta ante una o varias personas que tienen autoridad para aprobarlo o rechazarlo: una propuesta de aplicación laboral. [DMLE07].

Rama: Se le llama Rama a la grasa animal.

Servicio: Un servicio es una obra, una realización o un acto que es esencialmente intangible y no resulta necesariamente en la propiedad de algo. Su creación puede o no estar relacionada con un producto físico. [Kotler, Bloom & Hayes 04].

Lista de Abreviaturas y Siglas

°C	: Grado Celcius, unidad de temperatura
AMFE	: Análisis de modos, fallas y efectos.
Bar	: Bar (equivalente a 1 atmósfera), unidad de presión.
Cm	: Centímetros, unidad de longitud.
FF	: Falla funcional
FM	: Modo de falla
FMECA	: Efectos de modo de fallo y análisis de criticidad.
H	: Consecuencias de falla oculta.
H1-S1-N1-O1	: Factibilidad de realizar tareas a condición
H2-S2-N2-O2	: Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico
H3-S3-N2-O3	: Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas
H4	: Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.
H5	: Factibilidad de daño al MA o a la seguridad de las personas.
HH	: Horas hombre.
Hr	: Horas.
Kg	: Kilos, unidad de masa
MC	: Mantenimiento correctivo
MF	: Modo de falla.
Min	: Minutos.
MA	: Medio ambiente.
MO	: Mano de obra.
MP	: Mantenimiento preventivo.
MTTR	: Tiempo promedio para reparar
N°	: Número.
O	: Consecuencias operacionales.
Pág	: Página.
POE	: Procedimiento operativo estándar
Psi	: Presión libra- fuerza por pulgada cuadrada, unidad de presión.
S.A	: Sociedad anónima.
Ton	: Toneladas métricas.
T°	: Unidad de temperatura.
UNID	: Unidad.
US\$: Moneda en dólar.
UF	: Unidad de fomento.

Lista de Figura

Figura 1.1: Organización empresa La Libertad S.A.....	17
Figura 1.2: Localización empresa La Libertad S.A.....	17
Figura 1.3: Diagrama de flujo del proceso.....	22
Figura 1.4: Proceso productivo.....	23
Figura 1.5: Entrada recepción a la planta.....	24
Figura 1.6: Triturador de huesos.....	25
Figura 1.7: Digestor.....	26
Figura 1.8: Decantador.....	27
Figura 1.9: Prensa.....	28
Figura 1.10: Sacos de harina proteica.....	29
Figura 1.11: Diagrama del proceso de producción	29
Figura 2.1: Diagrama de proceso RCMII.....	54
Figura 2.2: Siete preguntas RCMII.....	57

Lista de Tablas

Tabla 1.1:	Identificación de la empresa.....	16
Tabla 1.2:	Recepción de materia prima.....	18
Tabla 1.3:	Composición nutricional de la grasa de cerdo.....	19
Tabla 1.4:	Composición nutricional de vacuno.....	19
Tabla 1.5:	Composición nutricional hueso de vacuno.....	19
Tabla 1.6:	Composición nutricional harina proteica.....	20
Tabla 1.7:	Tabla de mantenciones anual programadas.....	31
Tabla 1.8:	Tabla de fallas de equipos 2014.....	32
Tabla 1.9:	Tabla de falla de equipos 2015.....	33
Tabla 1.10:	Tabla de falla de equipo 2016.....	34
Tabla 1.11:	Cantidad de fallas de los últimos 3 años.....	35
Tabla 1.12:	Costo mantenimiento año 2014.....	36
Tabla 1.13:	Costo mantenimiento año 2015.....	37
Tabla 1.14:	Costo mantenimiento año 2016.....	38
Tabla 1.15:	Multa incumplimiento contrato.....	39
Tabla 1.16:	Causas para los problemas propuestos.....	41
Tabla 1.17:	Primera ponderación para selección de metodología.....	48
Tabla 1.18:	Segunda ponderación para selección de metodología.....	49
Tabla 2.1:	Hoja información RCMII.....	54
Tabla 2.2:	Hoja de decisión RCMII.....	55
Tabla 2.3:	Ejemplo de cuantificación de frecuencia de falla.....	60
Tabla 2.4:	Tiempo medio para reparar.....	61
Tabla 2.5:	Costo de reparación.....	61
Tabla 2.6:	Ejemplo intervalo crítico.....	62
Tabla 3.1:	Frecuencia media entre falla año 2015.....	74

Tabla 3.2:	Factor de frecuencia de falla año 2015.....	74
Tabla 3.3:	Influencia en el proceso productivo.....	75
Tabla 3.4:	Influencia en el mantenimiento.....	75
Tabla 3.5:	Influencia costo promedio.....	76
Tabla 3.6:	Costo mano de obra.....	78
Tabla 3.7:	Extracto de costo mantención del digestor.....	79
Tabla 3.8:	Categoría consecuencias, tareas proactivas y acciones a falta de.....	80
Tabla 3.9:	Ejemplo consecuencias, tareas proactivas y acciones a falta de.....	81
Tabla 3.10:	Ejemplo hoja de decisión metodología RCMII.....	82
Tabla 3.11:	Costo promedio por falla.....	83
Tabla 3.12:	Equipos críticos.....	83

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1: Falla por equipo año 2014.....	32
Gráfico 1.2: Falla por equipo año 2015.....	33
Gráfico 1.3: Falla por equipo año 2016.....	34
Gráfico 1.4: Fallas de equipos último tres años.....	35
Gráfico 1.5: Costo mantención año 2014.....	36
Gráfico 1.6: Costo mantención año 2015.....	37
Gráfico 1.7: Costo mantención año 2016.....	38
Gráfico 1.8. Costo mantención últimos tres años.....	39
Gráfico 4.1: Criticidad de equipos de la planta.....	84

Abstract

This work has the purpose to develop a maintenance plan for quality control and upkeep equipment at La Libertad S.A. Company that develops and sale protein flour and animal fat.

First came the recollection and analysis of information about La Libertad S.A. that showed maintenance for correction on nine machines and preventive maintenance on a boiler. Hence the lack of a maintenance plan is their biggest issue that evolves into low equipment availability that means incertitude on process and deadlines jeopardizing the image and brand of the company as well as lowering their profit.

Afterwards came the assessment and selection of possible methods to apply on the study that deliberated that the RCMII method is the right method to use in this study. To determine which equipment to analyze it was decided to apply FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis) focusing on the most critical equipment in the plant.

To develop this analysis, give a solution and accomplish the goals of the study, there are four stages to follow:

- ✓ Stage 1: Identify the critical equipment and process impact.
- ✓ Stage 2: Assess costs.
- ✓ Stage 3: Identify the failure mode, effects and functioning of critical equipment.
- ✓ Stage 4: Elaborate Standard Operation Procedures and maintenance proposal.

After developing all four stages it was created a preventive maintenance plan for La Libertad S.A.s critical equipment suggesting its immediate execution to reduce the number of system failures and costs.

Finally as a result of the study and proposal for the critical equipment of the company with the RCMII method and design of the standard operation procedure it was developed a “Equipment Procedure Manual” document.

Keywords: Methodology RCMII, availability, process, preventive maintenance, corrective maintenance, critical teams

Resumen

El presente trabajo de título tuvo como finalidad crear una propuesta de plan de mantenimiento para los equipos críticos del área de control de calidad y mantenimiento de la empresa La Libertad S.A, dedicada a la elaboración y comercialización de harina proteica y grasa animal.

En primera instancia, se recopiló y analizó información de la empresa La libertad S.A, esta arrojó que la planta posee principalmente mantenimiento correctivo en sus nueve equipos, y sólo la caldera posee mantenimiento de carácter preventivo. Por lo tanto, la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo es su mayor problemática, esta deriva a una disminución en la disponibilidad de los equipos, lo que implica incertidumbre y eventuales detenciones imprevistas, las que conlleva una serie de consecuencias como la imagen y prestigio de la empresa también al aumento del costo asociado.

Posteriormente se efectuó una selección de posibles metodologías a aplicar, estas se calificaron en diferentes matrices de ponderación, como resultado se obtuvo que la metodología RCMII, es la más correcta para realizar este estudio. Para determinar los equipos a analizar, se decidió utilizar el análisis de criticidad, para así enfocar el estudio a los equipos más relevantes de la planta.

Para llevar a cabo este análisis, dar solución a la problemática y cumplir con los objetivos propuestos, se estableció cuatro etapas a seguir:

- ✓ Etapa 1: Identificación de los equipos críticos e impacto en el proceso.
- ✓ Etapa 2: Cuantificar los costos
- ✓ Etapa 3: Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos.
- ✓ Etapa 4: Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento Las cuales serán aplicadas basándose en el problema planteado.

Luego de haber aplicado las etapas mencionadas se generó un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos para la empresa La Libertad S.A. Se sugirió aplicar este mantenimiento preventivo a los equipos críticos para lograr disminuir los costos y número de fallas.

Por último, se elaboró una propuesta de mantenimiento para los equipos críticos de la empresa, usando la metodología RCMII, y se diseñaron procedimiento operativo estándar para realizar un documento “Manual de procedimiento de los equipos”.

Palabras claves: Metodología RCMII, disponibilidad, procedimiento, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, equipos críticos.

Introducción

La Libertad S.A es una empresa familiar, formada el año 2003, que se especializa en la fabricación y comercialización de harina proteica y grasa animal. Su planta se encuentra en la región metropolitana, específicamente en Pudahuel, Santiago, Chile.

Esta planta cuenta con la interacción de nueve equipos y además cuenta con un proceso lineal de producción, esto quiere decir, que requiere de un control permanente en cada etapa para no paralizar la línea por fallas que ocurran, ya que el paro de un equipo puede ocasionar un cuello de botella que interrumpa la producción. Para lograr ese objetivo se hace imperativo mantener los equipos funcionando sin que se produzcan fallas, he ahí la importancia de un buen mantenimiento preventivo, y correctivo programado.

El mantenimiento preventivo se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. En cambio, el mantenimiento correctivo corresponde a la reparación de un equipo que falla, teniendo como única tarea la asignación de recursos, sin una planificación de por medio.

En la actualidad, la planta de la empresa La libertad S.A. posee excesivas detenciones, ya sea por fallas de los equipos o por mantenencias programadas, el único equipo que posee mantenencias preventivas es la caldera, además cabe mencionar que no llevan un registro claro detallado de los costos de mantención de la planta.

La situación planteada, refleja una oportunidad para aportar en la gestión para la mantención adecuada de la planta, el propósito de ésta memoria se enfoca en los equipos partícipes en los procesos de la planta para la fabricación y comercialización de harina proteica y grasa animal, por lo tanto este presente trabajo de título buscará proponer una mejora para los equipos, la que en su implementación permita aumentar la disponibilidad de equipos y en consecuencia generar beneficios en la productividad.

Como principales objetivos se determinará y cuantificarán los costos asociados a las mantenencias y su impacto en la producción e identificaran los equipos críticos, Se aplicará análisis de modos de falla, efectos y criticidad al más crítico para proponer mejoras en las estrategias de mantención, para luego aplicar la metodología RCM II, así lograr bajar los costos de mantenimiento, reordenar las acciones de mantenimiento, minimizar cambio a última hora y costos asociados.

Capítulo 1: Antecedentes Generales

1.1 Descripción de la Empresa

En el siguiente capítulo, se mencionará la reseña histórica, antecedentes generales, se describirán los procesos productivos de la empresa, planteamiento del problema, objetivos del trabajo de título, resultados esperados y las posibles metodologías a usar para dar solución al problema planteado.

1.1.1 Reseña histórica

La Libertad S.A es una empresa familiar, cuya iniciación de actividades partió en febrero del año 2003, Esta empresa en un comienzo solo fabricaba grasa animal, dejando como residuo huesos que se obtienen del proceso, al transcurso de un año, también se decidió fabricar harina proteica con los huesos obtenidos y así no venderlos como residuos, sino que con un valor agregado. Así es como, hoy en día es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de grasas comestibles, que son esenciales como materia prima para hacer productos como la manteca, entre otros, y también fabrican harinas proteicas que es primordial para la elaboración del pellet, (alimentación balanceada para las mascotas). Esta empresa cuenta además con más de trece años de trayectoria, los cuales han certificado la calidad de sus nuestros productos, además cuenta con alrededor de cincuenta empleados, excelente grupo humano el cual se capacita en forma permanente a fin de estar actualizados en los cambios que se realicen. Su objetivo principal es elaborar productos de alta calidad, y brindar mejor servicio para sus clientes, por ello el desarrollo es constante junto con la capacitación y perfeccionamiento de sus empleados.

Actualmente La Libertad S.A elabora dos productos, harina proteica y grasa animal (grasa comestible), donde un 75% de elaboración pertenece a la Rama también conocida como grasa animal, y 25% de harina proteica.

1.1.2 Identificación de la empresa

A continuación, en la tabla 1.1, muestra identificación de la empresa La Libertad S.A.

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA	La Libertad S.A
R.U.T	99.517.690-4
DIRECCIÓN	Avenida Jorge Alessandri 101
REPRESENTANTE LEGAL	Juan Carlos Prado
INTERNET	www.la-libertad.cl
TAMAÑO DE LA EMPRESA	Medianas y pequeñas empresas

Tabla 1. 1: Identificación de la empresa
Fuente: Elaboración Propio

1.1.3 Organización de la empresa La Libertad S.A

A continuación, en la Figura 1.1, se ilustra el organigrama de la empresa, poniendo en manifiesto la relación formal existente entre las diversas unidades que la integran.

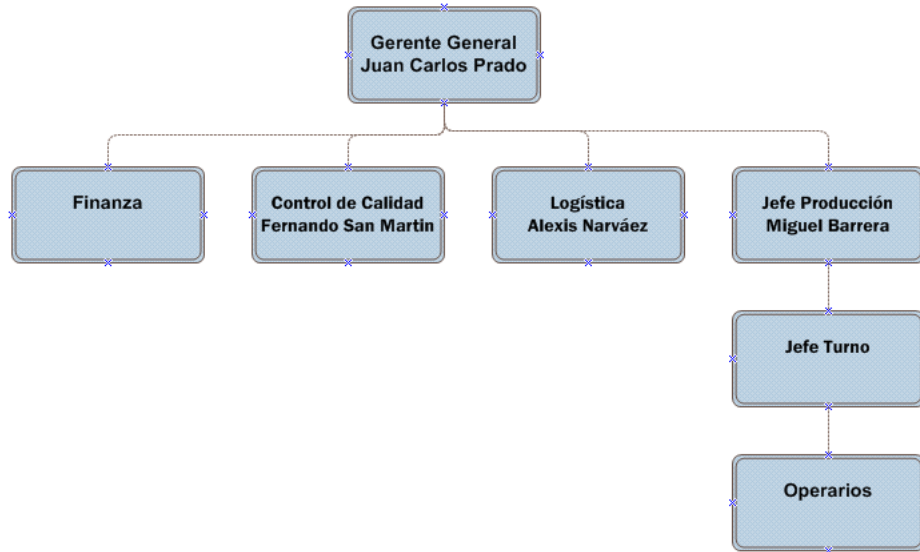


Figura 1. 1: Organigrama La Libertad S.A
Fuente: La Libertad S.A, por Fernando San Martín.

1.1.4 Localización de la empresa.

La empresa La Libertad S.A está ubicada en la Región Metropolitana, específicamente Antillanca Norte 590 Pudahuel, Santiago Chile.

A continuación en la Figura 1.2 se ilustra la ubicación específica de la empresa La Libertad S.A.

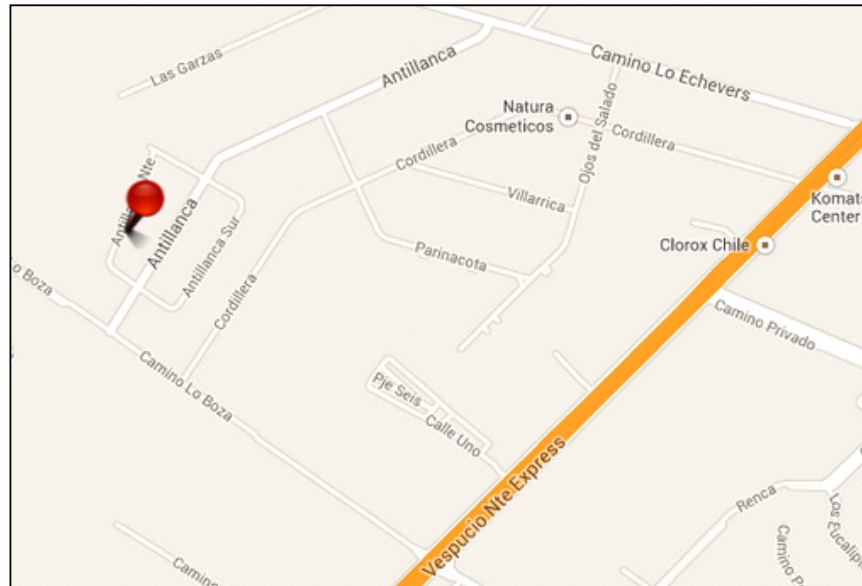


Figura 1.2: Localización La Libertad S.A
Fuente: Elaboración Propia

1.2 Descripción General del Proceso

A continuación se describirá el proceso productivo de la empresa La Libertad S.A. especificando la materia prima que se utiliza, y características de los productos finales. Cabe mencionar que este proceso posee una producción continua, es decir, que siempre se están ejecutando las mismas operaciones, en los mismos equipos, para obtener los mismos productos.

1.2.1 Clientes

La empresa La Libertad S.A elabora dos productos, con respecto a la grasa animal el 100% elaborado se distribuye a la empresa La Trigueña, en cambio la harina proteica se distribuye a cuatro empresas.

1.2.2 Proveedores

La Libertad S.A tiene como proveedores a nueve mataderos de la región metropolitana, los cuales abastecen diariamente a la planta con 35 toneladas de materia prima aproximadamente, ya sea de vacuno, cerdo, grasa, hueso e interiores de animales, este último en menor porcentaje. Agrosuper es el principal proveedor de materia prima de la empresa La Libertad S.A, esta mensualmente entrega 600 toneladas aproximadamente, los cuales un 77% es cerdo, 2% vacuno y el resto en huesos.

1.2.3 Materia Prima

La materia prima que se necesita para este proceso son residuos de plantas faeneras, ya sea, partes de cerdo, vacuno y huesos de animales. La Materia prima debe estar en buenas condiciones, con una cadena de frio continua, ya que se puede descomponer rápidamente por ser orgánico.

A continuación, en la Tabla 1.2 muestra la recepción de materia prima del mes de enero del 2015.

	Materia Prima (kg)	Porcentaje
Cerdo	469.306	77
Vacuno	11.240	2
Hueso	125.874	21
Total MP	606.420	100

Tabla 1.2: Recepción Materia Prima

Fuente: Elaboración Propio

Composición nutricional de la MP

En la siguiente Tabla 1.3, muestra la composición de nutricional de la grasa de cerdo, que se ocupa como materia prima principal para la grasa animal.

Composición Nutricional de la grasa de Cerdo	
	%
Agua	8
Proteínas bruta	3
Grasas	89
Cenizas	1
Energía KJ	812

Tabla 1.3: Composición Nutricional de grasa de Cerdo

Fuente: www.fao.org

En la siguiente Tabla 1.4, muestra la composición de nutricional de la carne de vacuno, que se ocupa como materia prima principal para la grasa animal y harina proteica.

Composición nutricional de la carne de vacuno	
	%
Agua	75,0
Proteínas bruta	22,3
Grasas	1,8
Cenizas	1,2
Energía KJ	116

Tabla 1.4: Composición Nutricional Vacuno

Fuente: www.fao.org

En la siguiente tabla 1.5, muestra la composición nutricional de los huesos de vacuno, que son primordiales como materia prima para la harina proteica.

Composición nutricional hueso vacuno	
	<i>%</i>
Proteínas	15
Grasa	2
Carbohidratos	1
Sustancias no proteicas y sales	2
Lípidos	75
Agua	10

Tabla 1.5: Composición Nutricional hueso vacuno
Fuente: www.fao.org

1.2.2 Productos Finales

A continuación, se describirán los productos fabricados y comercializados por la empresa La Libertad S.A.

Harina de proteica

La harina proteica es un producto orgánico resultado del proceso de reciclaje que provienen de la carne y el hueso de otros animales, su color es amarillo ocre, aroma característico, textura arenosa. Posee minerales de alta disponibilidad, niveles proteicos elevados, por lo tanto, es un poderoso complemento alimenticio que ofrece a mascotas.

Cabe mencionar que la harina de carne y hueso, es importante en las dietas para animales como fuente de proteínas para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos de los músculos y demás órganos de los animales.

A continuación, en la Tabla 1.6, se especificará la composición nutricional de la Harina proteica.

Componentes	Unidades (%)
Cenizas	20,3
Humedad	6,1
Proteínas	57,4
Hidrato de carbono	0
Energía (kcal/100g)	379
Materia Grasa	16,6

Tabla 1.6: Composición Nutricional harina proteica
Fuente: [La Libertad S.A.](#)

Rama Animal

Grasa animal o también llamada Rama, es un producto orgánico resultado del proceso de reciclaje que proviene de animales, como cerdo o vacuno. La grasa animal que se obtiene en el proceso, se comercializa como materia prima para la fabricación de manteca y sebo.

1.2.3 Proceso Productivo

A continuación, se detallará la secuencia de actividades requeridas para la elaboración de los productos, ya sea harina proteica y grasa animal, de la planta La libertad S.A.

Cabe mencionar, que los procesos aplicados en la elaboración de harina proteica tienen como principal objetivo aumentar la digestibilidad de la proteína total que contiene la materia prima y así ser una fuente proteica en la alimentación animal.

Por otra parte, la grasa animal que se obtiene en el proceso, es materia prima para la elaboración de manteca, entre otros.

Las etapas para la producción de harinas proteicas y grasa animal son las siguientes:

1. Recepción de la Materia Prima
2. Trituración
3. Carga del digestor
4. Caldera
5. Percolado
6. Decantador
7. Prensado
8. Molienda y Tamizado
9. Embasado y empaquetamiento.

A continuación, en el figura 1.3. muestra el diagrama de flujo del proceso.

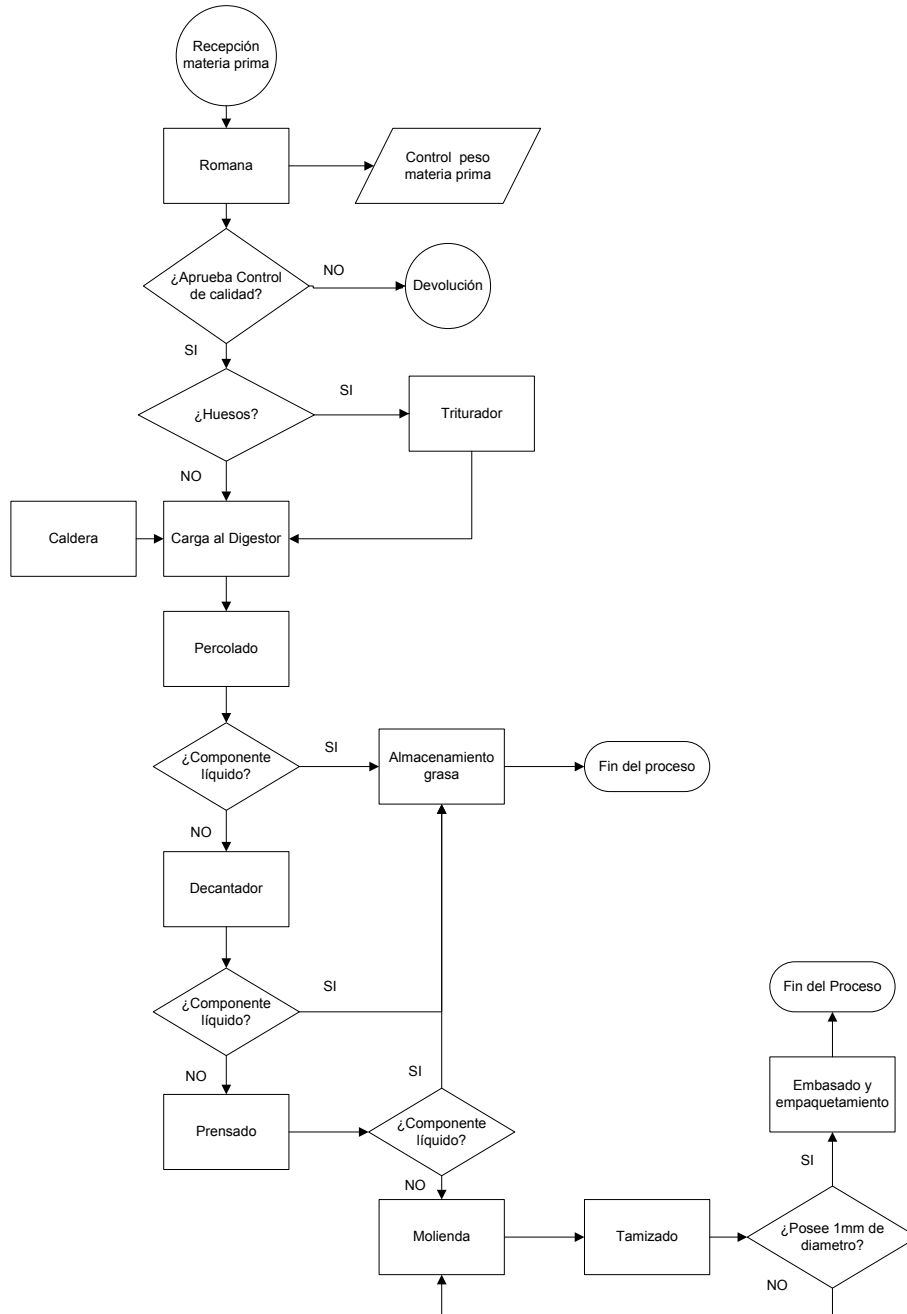


Figura 1.3: Diagrama de flujo
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 1.4 se muestra el proceso productivo, en términos generales.

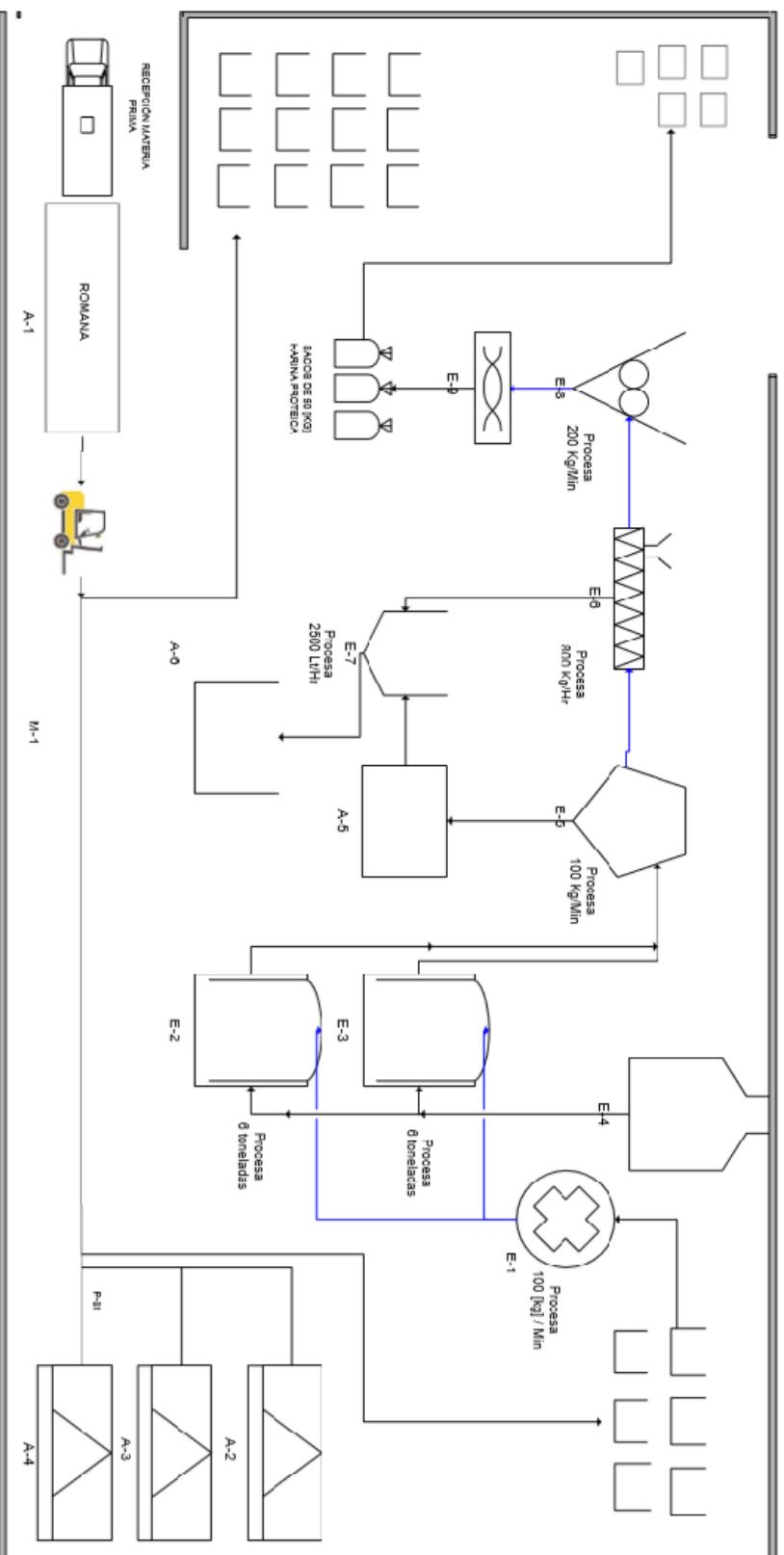


Figura 1.4: Diagrama proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

1. Recepción de la materia prima (Tiempo estimado: 30 – 40 minutos)

La materia prima necesaria para el proceso, son subproductos de los vacunos y porcinos, específicamente, grasa, huesos e interiores del animal. Lo que se recibe mensualmente aproximadamente son, 470 Toneladas de Cerdo, 12 Toneladas de Vacuno y 130 Toneladas de Huesos.

Al momento de recibir la materia prima, esta se debe pesar por medio de una romana, la cual pesa el camión completo con la materia prima que se encuentra en el interior, y luego se descuenta el peso del camión, y así se obtiene las toneladas de Materia Prima que se están recibiendo. Esta información se lleva a la base de datos de la empresa.

Se descarga la Materia Prima, para luego llevarla directamente a la planta de procesamiento, o a un contenedor de refrigeración, ya que posee una rápida descomposición. Igualmente se recomienda que las materias primas sean procesadas rápidamente para evitar que se deteriore su calidad y aumente significativamente su carga bacteriana.

El camión debe cumplir con una temperatura de recepción de menos 5°C, debe estar limpio y en orden, la característica más importante es que debe tener un buen color y olor.

A continuación, en la figura 1.4 muestra la entrada de acceso, donde se recibe la materia prima.



Figura 1.5: Entrada de recepción a la planta
Fuente: Empresa la Libertad S.A.

2. Triturador (Tiempo Estimado: 100 kg. en 1 min).

Esta operación solo es imprescindible cuando se recibe ejemplares grandes, el objetivo de esto es facilitar las operaciones posteriores del digestor, decantador, prensado y tiene como finalidad reducir los trozos de materia prima, específicamente huesos de vacuno.

El equipo, tritura huesos de vacuno hasta dejarlos con un espesor es de aproximadamente un centímetro, y procesa alrededor de 100 kilogramos en un minuto.

A continuación en la figura 1.5, se muestra el triturador que posee la planta.



Figura 1.6: Triturador de Huesos
Fuente: Empresa Thor Maquinas y Montagens.

3. Carga del digestor (Tiempo Estimado: 2 hora 40 min. a 4 hr.)

En esta etapa es necesario cargar el digestor con materia prima ya sea con grasas, interiores de animal, cerdo y huesos que anteriormente fueron triturados, por lo tanto es una etapa lenta, que puede llegar a demorar tres horas y media aproximadamente, dependiendo del contenido.

La carga del digestor demora alrededor de 30 a 45 min, dependiendo del producto que se quiera cocer, y su tiempo de cocción es entre 1 hora 40 min a 3 horas.

Puede llegar almacenar 6 toneladas de materia prima y en promedio trabaja a 120 °C aproximadamente.

Específicamente la temperatura varía de acuerdo al concentrado, normalmente a 110°C excepto si es vacuno que opera a 120 °C, y con 50 PSI, este equipo debe alcanzar temperatura de 133°C por 20 min, para cumplir su propósito, que es fundir el contenido que se encuentra en el interior del digestor, a través del calentamiento.

Es necesario monitorio el nivel de acidez que tenga en esta etapa, ya que determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El PH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5, si este material esta fuera del rango neutro, la materia orgánica corre riesgo de pudrirse, ya que se aumenta la actividad de los microorganismos , y produciría una perdida a la empresa, o una baja calidad en los productos finales.

A continuación en la figura 1.6, se muestra el digestor que posee la planta.



Figura 1.7: Digestor
Fuente: Thor Maquinas y Montagens

4. Caldera

Este equipo, tiene como finalidad extraer la energía calorífica del combustible y cedérsela al fluido que circula por su interior agua o vapor.

5. Percolado (Tiempo estimado: 100 kg. en 1 min.)

El propósito de este proceso es la separación de la grasa animal y los sólidos, que vienen de la etapa anterior (digestor). Este percolador tiene una capacidad de 4000 kg de almacenamiento de material, donde el tiempo de descarga por cada 100 kg es de 1 min aproximadamente.

6. Decantador (Tiempo estimado: 2500 litros por hora.)

El objetivo de este equipo es separar la grasa animal y los sólidos que no se separaron en la etapa anterior (Percolado). Este decantador, tiene una capacidad de procesar 2500 litros en una hora.

A continuación en la figura 1.7, se muestra el decantador que posee la planta.



Figura 1. 8: Decantador
Fuente: Empresa Chibrascenter.

7. Prensado (800 kg en 1 hr.)

La finalidad de esta etapa es la separación de parte sólida (borrilla) y la fase fundida líquida (grasa) que no se separó en la etapa anterior.

La grasa obtenida en el prensado y decantador es llevada a un acopio temporal donde luego es comercializada y la borrilla pasa a la siguiente etapa.

A continuación en la figura 1.9, se muestra la prensa que posee la planta.



Figura 1.9: Prensa

Fuente: Empresa Thor Maquinas y Montagens

8. Molienda y Tamizado

La molienda consiste en la reducción del tamaño de la borrarilla (parte sólida), donde determina la granulometría final deseada de la harina.

El molino que se utiliza en esta etapa es el molino de martillo, a continuación se mostrara una imagen del molino para entender su funcionamiento.

Luego este material se pasa por un tamiz donde se eliminan las partículas de mayor tamaño quedando un producto uniforme, es decir de un único tamaño de partícula. El material más grueso es recirculado e introducido nuevamente al proceso productivo.

A continuación en la figura 1.9, se muestra el molino y tamiz que posee la planta.



Figura 1.10: Molino y Tamiz
Fuente: Empresa La Libertad S.A

9. Embasado y empaquetamiento

La harina proteica es envasada en sacos de cincuenta kilos, los sacos que contienen el producto terminado, se rotulan y se almacenan en pallet de una tonelada en una zona destinada y acondicionada para tal fin.

A continuación en la figura 1.10, muestra los sacos con harina Proteica.



Figura 1.11: Sacos con harina Proteica
Fuente: Empresa La Libertad S.A.

1.3 Impacto de las variables que conlleva las fallas

Existen variables que afectan a la empresa cuando se produce un aumento en las fallas de los equipos. Estas variables son los costos, multas, imagen, ventas, utilidades.

- **Costos:** Los costos tienen una relación directamente proporcional a las fallas, esto quiere decir, si aumentan las fallas de los equipos de la planta, también aumentan los costos. Los costos por fallo en los equipos se deben principalmente a:
 - La reparación que se debe realizar al equipo en cuestión por ausencia de mantención. (mano de obra, materiales y repuestos, herramienta equipo).
 - La pérdida de materia prima, ya que la materia prima de La Libertad S.A, es orgánica, por lo cual, se descompone rápidamente.
 - Descenso de la productividad del personal mientras se realiza las reparaciones.
- **Multas:** Se multa a la empresa La Libertad S.A por incumplimiento de contrato por tardanza en entrega de los productos y esta debe pagarle lo acordado en el contrato, esto varía en un descuento entre un 5 a un 10% al precio del producto final. Por lo tanto, tienen una relación directamente proporcional, si aumenta las fallas de los equipos también aumentan las multas.
- **Imagen:** La imagen es inversamente proporcional a las fallas de los equipos, entre más fallas, la imagen decae, como consecuencia de los incumplimientos contractuales que genera.
- **Utilidades:** Las utilidades de la empresa se ven mermadas como consecuencia de los factores adversos que producen las fallas mencionadas precedentemente.

1.4 Planteamiento del problema

En este trabajo de título se estudiará el caso de un aumento significativo de detenciones de la planta, realizando una investigación sobre las mantenciones preventivas y fallas de los equipos de la planta, con el objetivo de disminuir las detenciones y los costos de mantención que conlleva aquello y así aumentar la eficiencia del proceso.

Se debe señalar que se entiende por mantenciones preventivas programadas y fallas de los equipos.

- El mantenimiento preventivo, es aquel que se ejecuta de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de desperfectos en los artefactos, maquinarias pesadas, etcétera.
- Fallas, es el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

Para definir el problema se concentrará en exponer:

- A. Cantidad de mantenciones preventivas anualmente de cada equipo.
- B. Cantidad de fallas que se detectaron de cada equipo por los últimos tres años.
- C. Costo de Mantenciones de los últimos tres años.
- D. Multas por incumplimiento de contrato de los últimos tres años.

A.- CANTIDAD DE MANTENCIONES PREVENTIVAS PROGRAMADAS DE CADA EQUIPO.

A continuación, en la tabla 1.7 se realizó un análisis con las cantidades de mantenciones preventivas programadas que se realizan anualmente, y se obtuvo la proporción de cada una de ellas.

TABLA DE MANTENCIONES PROGRAMADAS ANUAL		
Equipos	Cantidad de Mantenciones	Proporción
	N°	%
Caldera	2.520	100

Tabla 1.7: Tabla de Mantenciones

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

Como se puede observar en la tabla anterior el único equipo que posee mantenciones preventivas programadas es la caldera, teniendo 2.520 mantenciones programadas al año. Que sea el único equipo con mantenciones (cerca de siete días) se debe funcionalmente a que la avería de la caldera conllevaría la detención del proceso productivo y la planta completa.

B.- CANTIDAD DE FALLAS QUE SE DETECTARON EN CADA EQUIPO, AÑO 2014, 2015 Y 2016.

A continuación, en la tabla 1.8, muestra las cantidades de fallas ocurridas de cada equipo en el año 2014.

TABLA DE FALLA DE EQUIPOS AÑO 2014		
Equipos	Cantidad de Fallas	Proporción de la frecuencia de falla
	N°	%
Triturador	11	14%
Caldera	6	8%
Digestor 2	8	11%
Digestor 3	13	15%
Percolador	4	5%
Prensador	7	9%
Molienda	14	17%
Decantador	16	18%
Tamizado	2	3%
Total	81	100%

Tabla 1.8: Tabla de fallas año 2014

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, en el siguiente gráfico 1.1 muestra los porcentajes de fallas que se produjo en el año 2014, de cada equipo.

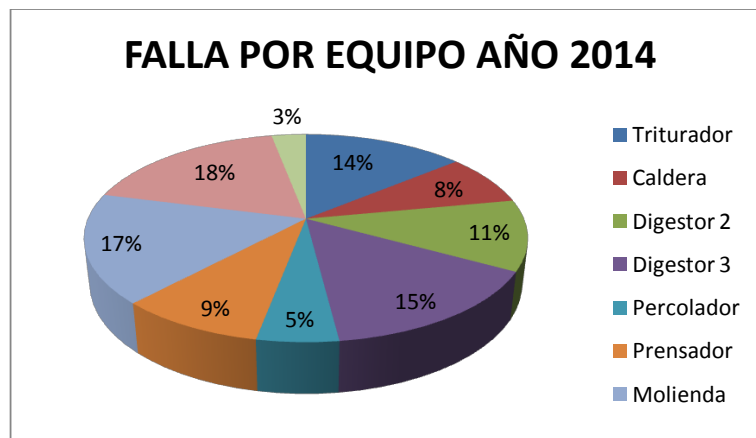


Gráfico 1.1: Tabla de fallas año 2014

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, en la tabla 1.9, muestra las cantidades de fallas ocurridas de cada equipo en el año 2015.

TABLA DE FALLA DE EQUIPOS AÑO 2015		
Equipos	Cantidad de Fallas	Proporción de la frecuencia de falla
	N°	%
Triturador	12	14%
Caldera	6	7%
Digestor 2	9	11%
Digestor 3	13	15%
Percolador	4	5%
Prensador	8	9%
Molienda	14	16%
Decantador	16	19%
Tamizado	3	4%
Total	85	100%

Tabla 1.9: Tabla de falla año 2015

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, en el siguiente gráfico 1.2 muestra los porcentajes de fallas que se produjo en el año 2015, de cada equipo.

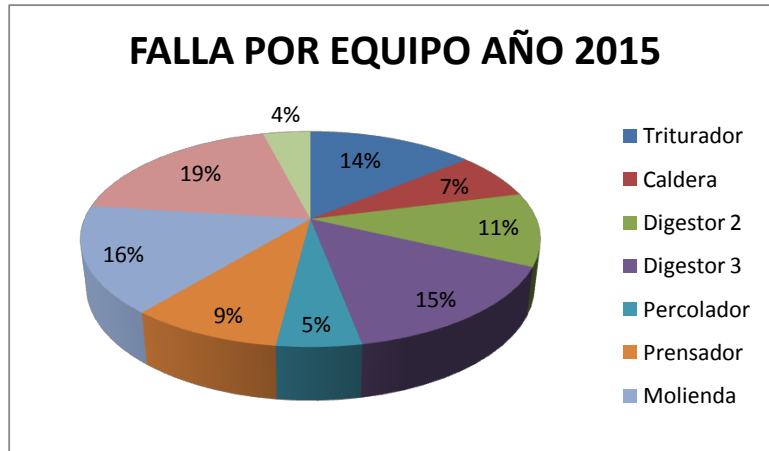


Gráfico 1.2: Tabla de fallas año 2015

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, en la tabla 1.10, muestra las cantidades de fallas ocurridas de cada equipo en el año 2016.

TABLA DE FALLA DE EQUIPOS AÑO 2016		
Equipos	Cantidad de Fallas	Proporción de la frecuencia de falla
	N°	%
Triturador	13	14%
Caldera	7	8%
Digestor 2	10	11%
Digestor 3	14	15%
Percolador	5	5%
Prensador	8	9%
Molienda	16	17%
Decantador	17	18%
Tamizado	3	3%
Total	93	100%

Tabla 1.10: Tabla de fallas año 2016

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, en el siguiente gráfico 1.3 muestra los porcentajes de fallas que se produjo en el año 2016, de cada equipo.

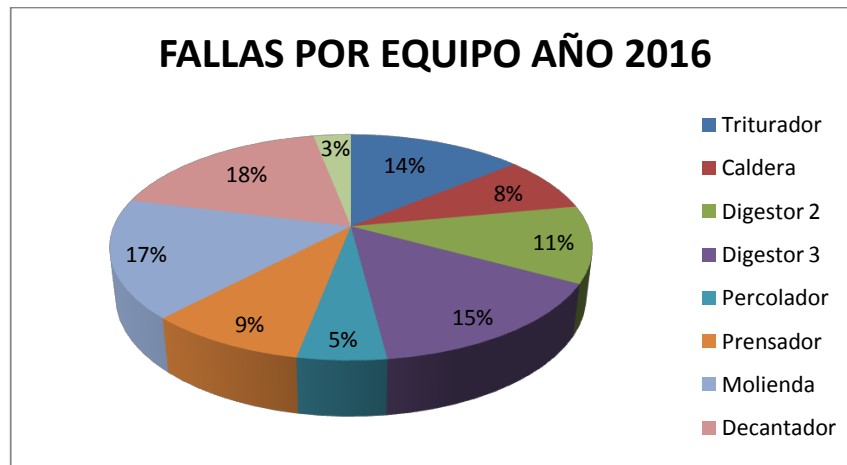


Gráfico 1.3: Fallas por equipo año 2016

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

En la Tabla 1.11, muestra las cantidades de falla de los tres últimos años.

Año Fallas	Fallas
2014	81
2015	85
2016	93

Tabla 1.11: Tabla de fallas últimos 3 años

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

En el gráfico 1.4, muestra las fallas de los últimos tres años, se observa que hay un aumento significativo de ellos.

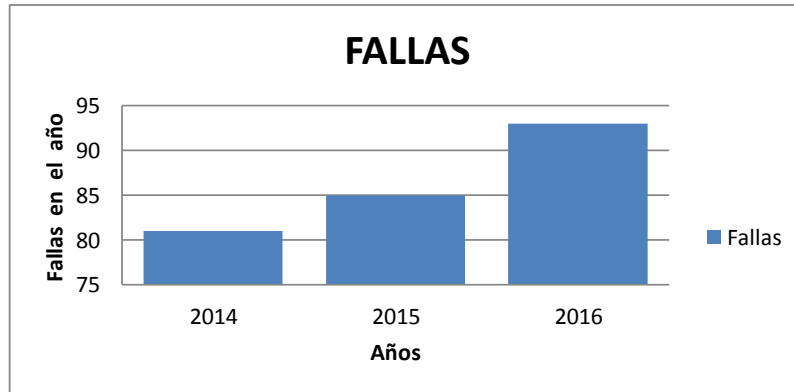


Gráfico 1.4: Gráfico de fallas últimos 3 años

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

Se puede concluir de la Tabla 1.4, que a pesar que existen mantenencias programadas, igual hay detenciones imprevistas de los equipos.

En el 2014 se generaron 93 detenciones no programadas (fallas), donde el decantador posee una proporción mayor con un 18% con 17 detenciones, y el tamizado un una menor proporción con 3% las cuales equivalen a 3 fallas en el año.

Por último, cabe mencionar que el encargado de mantención de la planta, solo ha concentrado su función al correcto funcionamiento de la caldera, dejando de lado el resto de los equipos.

C.- COSTOS DE MANTENCIONES DE LOS ULTIMOS TRES AÑOS.

En las siguientes tablas muestran los costos de mantención asociados a cada mes de los últimos tres años con sus respectivos gráficos.

Costo Mantención		
Año	Mes	Costo en US\$
Año 2014	Enero	5.785
	Febrero	5.823
	Marzo	5.808
	Abril	5.600
	Mayo	5.752
	Junio	5.816
	Julio	5.885
	Agosto	5.700
	Septiembre	5.707
	Octubre	5.817
	Noviembre	5.902
	Diciembre	6.435

Tabla 1.12: Costo de mantención

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, gráfico 1.5 muestra el alza en el costo de mantención de la planta de la empresa La Libertad S.A.

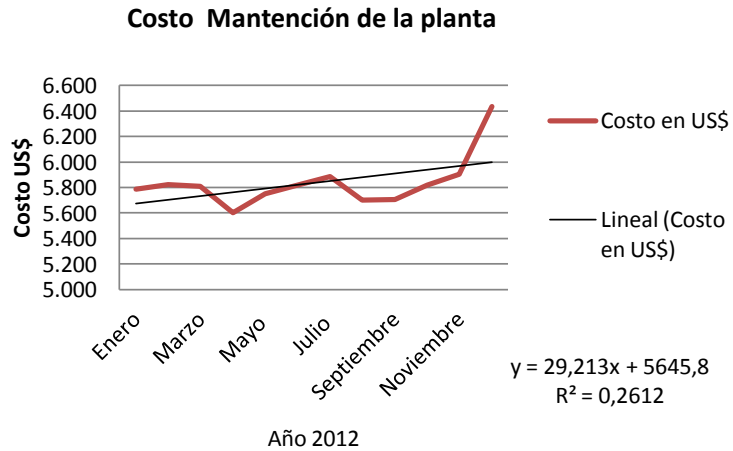


Gráfico 1.5: Costo de Mantención año 2014

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior muestra los costos de mantención del año 2013, Este aumenta considerablemente en el mes de diciembre llegando a los 6.435 US\$.

A continuación en la tabla y grafico, se detallará los costos de mantención del año 2015 de la planta.

Costo Mantención		
Año	Mes	Costo en US\$
Año 2015	Enero	5.868
	Febrero	5.910
	Marzo	8.167
	Abril	5.902
	Mayo	5.684
	Junio	6.041
	Julio	5.850
	Agosto	5.992
	Septiembre	5.980
	Octubre	6.091
	Noviembre	6.162
	Diciembre	5.997

Tabla 1.13: Costo de mantención año 2015

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, gráfico 1.6 muestra el alza en el costo de mantención de la planta de la empresa La Libertad S.A. Esta alza inesperada se debe a una mantención (cambios de repuestos), del digestor.

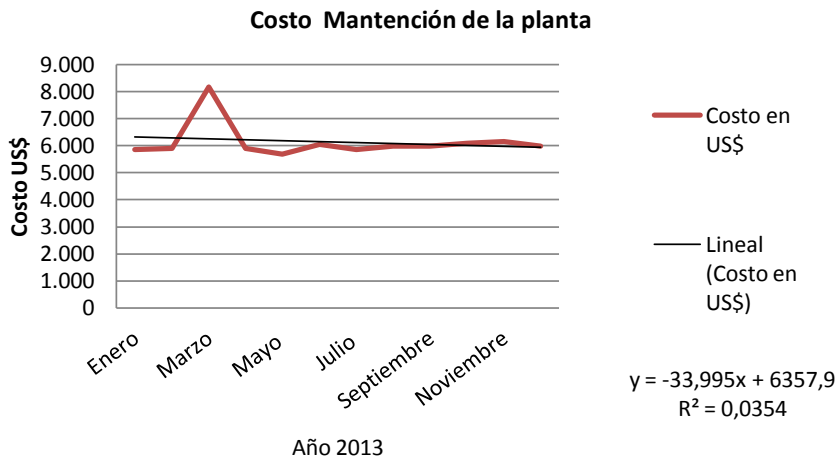


Gráfico 1.6: Costo de mantención año 2015

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

En el gráfico 1.6 y tabla 1.13, muestra los costos de mantención del año 2015, el cual refleja un aumento considerable en el mes de marzo, con un 8.190 US\$, cabe mencionar que a pesar del aumento del mes de marzo, en el año en total hubo una disminución leve del costo de mantención, como se puede ver en el gráfico la pendiente es negativa.

Costo Mantención		
Año	Mes	Costo en US\$
Año 2016	Enero	5.867
	Febrero	6.250
	Marzo	6.468
	Abril	6.463
	Mayo	6.493
	Junio	6.493
	Julio	6.157
	Agosto	6.250
	Septiembre	6.317
	Octubre	6.233
	Noviembre	6.265
	Diciembre	6.894

Tabla 1.14: Costo de mantención año 2016

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, gráfico 1.7 muestra el alza en el costo de mantención de la planta de la empresa La Libertad S.A.

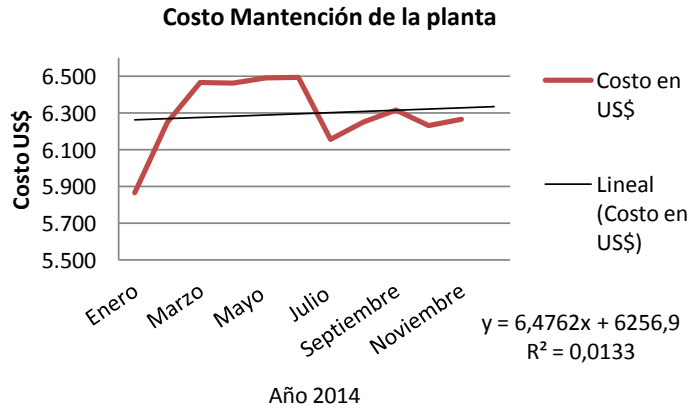


Gráfico 1.7: Costo de mantención año 2014

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

En el gráfico, que muestra los costos de mantención del año 2016, se concluye que en este año existe un aumento considerable, como lo muestra la pendiente.

En resumen, en el siguiente gráfico se mostrará los costos de mantención de los tres últimos años mencionados.

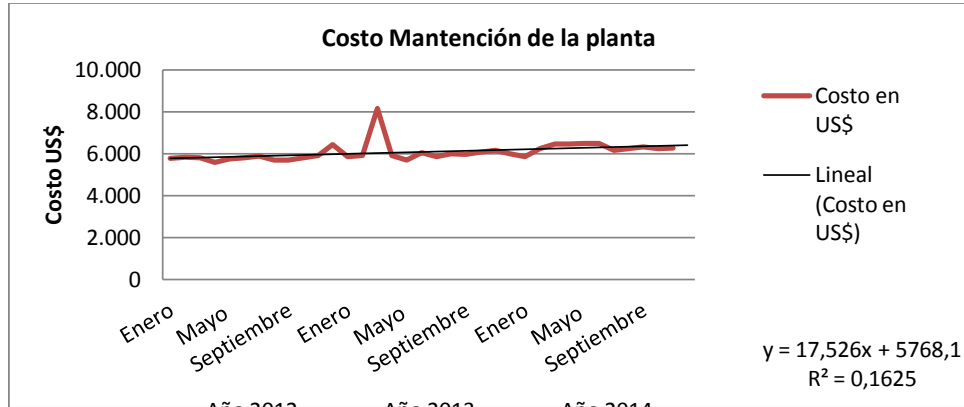


Gráfico 1.8. : Costos mantención año 2014, 2015 y 2016

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el gráfico podemos señalar, que hay un aumento en los costos de mantención en los últimos tres años, como lo destaca la pendiente del gráfico, cabe mencionar que no se toma en consideración la inflación del país.

D.- MULTAS POR INCUMPLIMIENTO DE CONTRATO

Hay que señalar que la empresa para asegurar el cumplimiento de sus obligaciones con el cliente, en sus contratos estipula un descuento que varía entre 5 a 10% del valor total, en caso de retraso en la entrega de sus productos, lo que conlleva como consecuencia una disminución en las utilidades.

A continuación en la tabla se detalla las cantidades de multas de incumplimiento de contrato, y las pérdidas que se incurrieron en el año 2015.

Año 2015			
Producto	Clientes	Cantidad Multas	Perdida US\$
Grasa	Ciente 1	3	1.187
	Ciente 2	0	0
Harina	Ciente 1	3	747
	Ciente 3	1	478
	Ciente 4	2	580

Tabla 1.15: Multas de incumplimiento de contrato.

Fuente: Elaboración propia, basado en información de la empresa.

En la tabla, se muestra que hubo siete incumplimiento de contrato, entre harina proteica y grasa animal, las cual se cuantificó en pérdida de 2.834 US\$.

1.5 Causas del problema

Para determinar las causas de un problema, existen diversos métodos. Uno de estos son el Diagrama de Ishikawa, también conocido Diagrama de espina de pescado o Diagrama de Causa- Efecto, este consiste en una representación sencilla donde un conjunto de causas (espina) dan lugar a una consecuencia (cabeza del diagrama).

La verdadera importancia del diagrama de Ishikawa es que proporciona una imagen visual y muestra todas las posibles causas que han provocado el efecto estudiado.

Se utilizará este diagrama para determinar las posibles causas de un aumento de detenciones inesperadas por falla de los equipos en la planta La Libertad S.A.

Para encontrar las causas de nuestro problema, se encuestó a los trabajadores directos de la planta. La encuesta consistió en las siguientes preguntas:

- ¿Según tus conocimientos, cuál sería la causa principal de las detenciones de la planta?
- ¿Determine según su apreciación cual son esas causas, de acuerdo a esta clasificación (Materiales, maquinas/ Equipos, medio ambiente, Mano de obra, método)
- ¿Alguna otra observación que nos aporte a este ejercicio?

Gracias a lo anterior logramos encontrar las siguientes causas:

- Materiales:
 - Materiales rápida descomposición
- Máquinas/ Equipos
 - Equipos antiguos
 - Fatiga de equipo
 - Falta detectar equipos críticos
- Métodos
 - Falta de inspección adecuada
 - Falta de historial de vida de los equipos
 - Falta de manuales
 - Falta de capacitación
 - Ausencia de un plan de mantenimiento correcto
- Medio Ambiente
 - Temperatura ambiente demasiada alta
 - Fuerza de la naturaleza
- Mano de obra

- Falta de procedimientos
- Pocos empleados
- Falta de entrenamiento, capacitación

Luego de encontrar todas las causas para el efecto estudiado, se debe seleccionar las causas principales, para ello utilizaremos el Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

"El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

En otras palabras: un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales.

Para llevar a cabo este análisis (Tabla 1.16) se detallan los valores correspondientes a la cantidad de veces que se registró cada una de las causas que afectan al proceso durante un periodo de seis meses.

CAUSAS					
Descripción		Frecuencia	Total Acumulado	%	% Acumulado
Ausencia de un plan de mantenimiento correcto	A	23	23	18%	18%
Mantención deficiente	B	20	43	16%	34%
Falta de inspección de vida de los equipos	C	15	58	12%	46%
Falta de entrenamiento, capacitación	D	12	70	10%	56%
Equipos antiguos	E	10	80	8%	64%
Falta detectar equipos críticos	F	9	89	7%	71%
Pocos empleados	G	8	97	6%	78%
Fatiga de equipo	H	7	104	6%	83%
Falta de Capacitación	I	7	111	6%	89%
Falta de procedimientos	J	4	115	3%	92%
Falta de manuales	K	4	119	3%	95%
Materiales rápida descomposición	L	3	122	2%	98%
Temperatura ambiental demasiada alta	M	2	124	2%	99%
Fuerza de la naturaleza	N	1	125	1%	100%
TOTAL		125			

Tabla 1.16: Causas para los problemas propuestos

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

A continuación, gráfico 1.9 muestra el alza en el costo de mantención de la planta de la empresa La Libertad S.A.

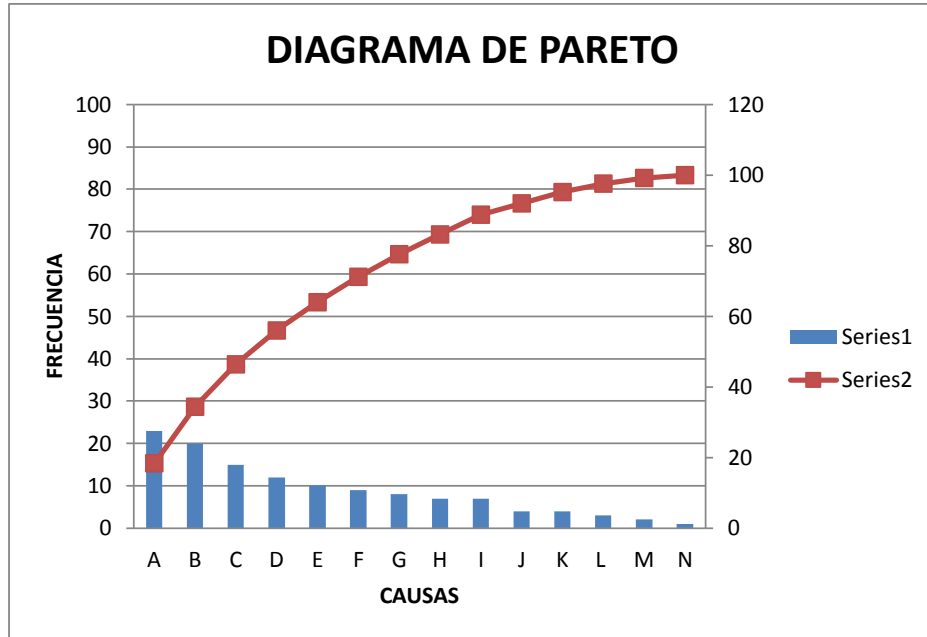


Gráfico 1.9: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

Causas

- Sólo el 30% del personal a cargo de la planta posee algún tipo de estudio relacionado con el trabajo que realizan.
- 3% de los trabajadores ha recibido algún tipo de capacitación de los equipos.
- Disminución de un 15% de empleados que trabajan directamente en la planta.
- Supera los límites normales de los equipos establecidos en las fichas técnicas de cada uno de ellos, para lograr sus metas.
- Inexistencia de un sistema de diagnóstico.
- Equipos con más de 10 años de antigüedad.
- Aumento en la tasa de falla a través de los años.

“Falta disponibilidad del proceso para entregar los productos en la fecha acordada”

Consecuencias

- Durante el 2015, hubo 85 oportunidades de indisponibilidad de los equipos a causa de las fallas.
- De un 100% de las entregas del 2015, un 25% ha tenido incumplimiento en la entrega.
- Disminución de un 10% en el precio de venta por incumplimiento de entrega.
- 14% de indisponibilidad es por fallas imprevistas.
- Aumentos en un 90% los costos de mantenimiento, en los últimos tres años.
- Daño imagen de la empresa, por incumplimientos.

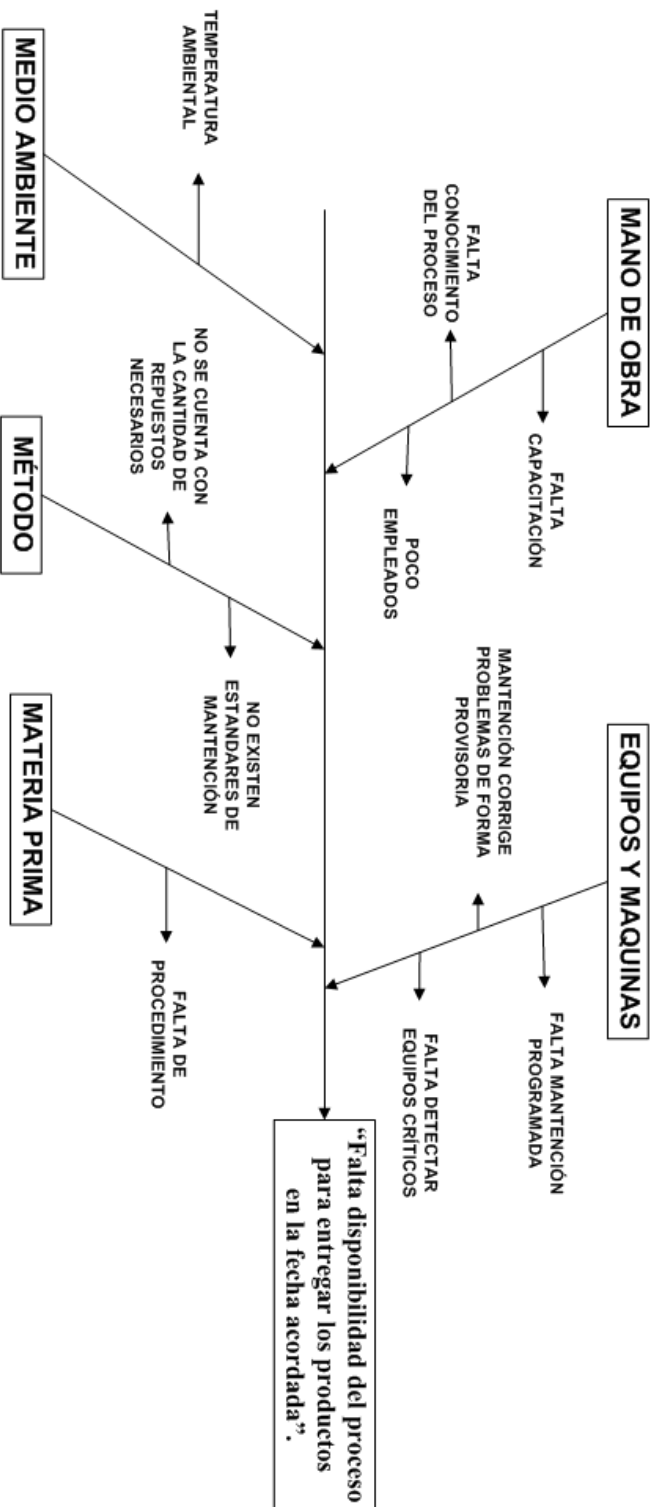


Diagrama 1.: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

1.6 Análisis de metodologías

En este punto se identificarán las metodologías que pueden ayudar a la solución del problema propuesto, además se identificará las herramientas que se trabaja en cada metodología y cuáles han sido los resultados al aplicar.

Por lo tanto, el procedimiento consistirá en identificar, clasificar, seleccionar, analizar lo bueno y malo de cada metodología aplicable, para luego hacer un análisis y seleccionar la metodología más conveniente para el problema.

1.6.1 Metodologías aplicables

A continuación, se describirá brevemente los beneficios y limitaciones de cada metodología aplicable y se seleccionará la metodología aplicable más adecuada.

Análisis FMECA

La metodología FMECA es un análisis cualitativo y estructurado realizado a un sistema, subsistema o función, utilizado para identificar sus potenciales modos de fallas, sus causas y efectos asociados a cada una de aquellas. Incluye el estudio de la probabilidad de ocurrencia de dichos modos de fallas. Provee una base para el reconocimiento de los componentes que fallen en el sistema, ya que realiza una descomposición de éste, y además puede ser utilizado para realizar cambios y correcciones en el diseño con el objeto de mitigar las fallas. [JohnBowel&Ronald98].

Los beneficios de esta metodología son:

- ✓ Mejora la imagen de la empresa y la competitividad
- ✓ Reduce la posibilidad del mismo fallo en el futuro
- ✓ Minimiza los cambios de última hora y el costo asociado.

Las limitaciones de esta metodología son:

- ✓ Cada modo de falla es considerado individualmente, por lo tanto se trata de un análisis de falla simple.
- ✓ No es capaz de descubrir modos de fallo complejos que implican múltiples fallos dentro de un subsistema.

RCM II

RCM o Reliability Centred Maintenance, (**Mantenimiento** Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El objetivo principal de RCM está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

Los beneficios para esta metodología son:

- ✓ Mejora la imagen de la empresa y la competitividad.
- ✓ Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- ✓ Reduce la posibilidad del mismo tipo de fallo en el futuro.
- ✓ Minimizar cambio a última hora y el costo asociado.

Las limitaciones para esta metodología son:

- ✓ Requerimiento de un equipo de trabajo fijo.
- ✓ Dificultades en el manejo de gran cantidad de información.
- ✓ Dificultad al definir los límites de aplicación de las metodologías.

TPM

TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas.

Es un sistema que garantiza la efectividad de los sistemas productivos cuya meta es tener cero perdidas a nivel de todos los departamentos con la participación de todo el personal en pequeños grupos.

Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Es considerada como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

Permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Los beneficios de esta metodología son:

- ✓ Mejora el control de las operaciones
- ✓ Elimina pérdidas que afectan la productividad de las plantas
- ✓ Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- ✓ Mejora calidad del producto final

Las limitaciones de esta metodología son:

- ✓ Proceso de implementación lento y costoso.
- ✓ Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito.
- ✓ Cambios de hábitos productivos.
- ✓ El proceso de implementación requiere de varios años.

Análisis Causas raíz (RCFA)

Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

La metodología para implementar un sistema RCFA está definida por un procedimiento de trabajo de seis pasos.

Paso 1: Identificar los eventos más significativos

Paso 2: Preservar las evidencias de las fallas

Paso 3: Ordenar el análisis

Paso 4: Construir el árbol lógico de fallas

Paso 5: Comunicar los resultados y las recomendaciones

Paso 6: Hacer seguimiento a los resultados

El objetivo final es garantizar la confiabilidad operacional y mejorar la eficiencia, confiabilidad y rentabilidad de los procesos.

Los beneficios de esta metodología son:

- ✓ Modo estructurado y lógico para analizar la falla de un equipo.
- ✓ Mayor fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- ✓ Menor número de fallas imprevistas o recurrentes
- ✓ Eliminación de los problemas recurrentes

Las limitaciones de esta metodología son:

- ✓ Este método presupone una sola fuente de problemas, en realidad puede ser más compleja.

1.7 Análisis de metodologías aplicables y selección

Luego de describir y nombrar los beneficios e limitaciones de cada metodología aplicable para nuestra problemática, se continúa a la selección de la metodología más adecuada.

A continuación, se confecciono una tabla de ponderación para seleccionar la metodología más apropiada. Ver Tabla 1.17.

Objetivo que debe cumplir la metodología	Puntaje	MÉTODOS			
		FMECA	RCM II	TPM	RCFA
Implementación a menor costo	0,2	-	-	-	-
Minimizar los riesgo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Categorizar dependiendo su importancia a los equipos críticos	0,2	0,2	0,2	-	0,2
Mitigar o eliminar las fallas	0,2	0,2	0,2	0,2	-
Confiabilidad Operacional	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TOTAL	1,0	0,8	0,8	0,6	0,6

Tabla.1.17: Primera ponderación para selección de metodología

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

Según la tabla de ponderación anterior, la metodología FMECA y RCM II, obtuvieron mayor puntuación, según los objetivos propuestos.

Por lo tanto, para definir entre estos métodos anteriormente mencionados se realizó una nueva tabla ponderación, donde se obtuvo lo siguiente.

Objetivo que debe cumplir la metodología	Puntaje	MÉTODOS			
		FMECA		RCM II	
Prolongar vida útil de los equipos	0,11	2	0,22	2	0,22
Posee confiabilidad Operacional	0,18	2	0,36	2	0,36
Implementación a menor costo	0,17	1	0,17	3	0,51
Proporciona información sobre las fallas mas frecuentes	0,22	3	0,66	1	0,22
Mantenimientos preventivos	0,10	2	0,20	2	0,20
Posee herramientas para diseñar un plan de mantenimiento	0,22	1	0,22	3	0,66
TOTAL	0,10		1,83		2,17

Tabla 1.18.: Segunda ponderación para selección de metodología

Fuente: Elaboración Propia, información entregada por encargado de la planta.

Al realizar la segunda tabla de ponderación vemos que RCM II obtuvo mayor puntuación, por lo tanto será la metodología a utilizar en este trabajo de título.

1.8 Objetivos

En el siguiente punto se definirán los objetivos que busca el desarrollo de éste trabajo de título.

1.8.1 Objetivo General

Formular un plan de mantenimiento para los equipos críticos del área de producción de la empresa La Libertad S.A, en su planta de Santiago, utilizando la metodología RCM II.

1.8.2 Objetivo específico

- ✓ Diagnosticar la situación actual de los equipos de la planta, utilizando información entregada por la empresa y por encuestas realizadas a operarios.
- ✓ Identificar los equipos críticos de la planta, utilizando el análisis de criticidad.
- ✓ Formular una propuesta de un plan de mantenimiento para la planta de producción, de la empresa La Libertad S.A utilizando el método RCM II.

1.9 Experiencia de otras empresas

En el presente punto se darán ejemplo de experiencia de otras empresas que han aplicado la metodología RCMII y sus consecuencias.

Industria farmacéutica

La industria farmacéutica se caracteriza por las elevadas exigencias de calidad y confiabilidad de sus productos. El adecuado mantenimiento del equipamiento de producción es uno de los pilares para garantizar la calidad del producto y la continuidad de la producción.

En una máquina crítica de una fábrica de medicamentos, identificada a través del empleo de herramientas de decisión multicriterio implementada con la participación de personal de diferentes áreas de la empresa. Esta máquina (selladora) se tomó como prototipo para realizar una experiencia piloto que luego será extendida a todo el equipamiento más relevante de la planta.

Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente se aplicó la metodología RCMII, esta metodología es estructurada la cual dio como resultado un plan de mantenimiento, físicamente un documento donde el personal de mantenimiento dispone de toda la información necesaria para desplegar su tarea, desde el tipo de intervención planificado hasta las fechas en que deben ser ejecutadas las tareas previstas, facilitando la gestión del área.

El personal que realiza estas tareas debe registrar toda la información relacionada con la ejecución de las mismas, así como cualquier novedad detectada durante el desarrollo de sus actividades, para retroalimentar el sistema y generar los indicadores de interés para el seguimiento del área. La información relacionada con el cumplimiento de las tareas programadas así como las novedades detectadas en cada inspección se pueden volcar en un sistema informático de gestión de mantenimiento o utilizar esta misma hoja para registrar su cumplimiento. [FCEFN14].

Industria de Aviación

Esos primeros estudios, dirigidos por Stanley Nowlan y Howard Heap, originaron el RCM, de las palabras en inglés Reliability Centred Maintenance, traducido al español como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Confiabilidad y fue el título del informe informe que presentaron sobre los procesos para preparar los programas de mantenimiento para aeronaves.

La aplicación de los criterios de RCM permitió bajar la incidencia en los noventa a razón de dos accidentes graves con fatalidades por cada millón de despegues. [joseCB09]

1.10 Resultados esperados

El resultado esperado en el presente trabajo de título, es entregar un documento que contenga la propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos críticos de la planta, empresa La Libertad S.A. Y que en su implementación entregue un aumento de disponibilidad de los equipos y confiabilidad.

A partir de las siguientes etapas, se obtendrán los datos y pasos para realizar el documento del plan de mantenimiento de la planta.

- ✓ Etapa 1: Identificación de los equipos críticos e impacto en los servicios de la empresa.
- ✓ Etapa 2: Cuantificación de los costos.
- ✓ Etapa 3: Identificación de los modos de falla, efectos y funcionamiento de los equipos críticos.
- ✓ Etapa 4: Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento Las cuales serán aplicadas basándose en el problema planteado.

1.11 Limitaciones

El presente trabajo de título se aplicara la metodología RCM II y sus herramientas de decisión a los equipos críticos seleccionados. No incluye la implementación del método ni simulación, debido a políticas de la empresa y limitaciones de tiempo.

Capítulo 2: Metodología

2 Metodología RCM II

En el presente capítulo, se definirá la metodología, sus herramientas y etapas, para dar solución al problema planteado y responder los objetivos anteriormente mencionado.

2.1 Definición

La metodología RCM II, según John Mounbray “Es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.

Es metodología para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos en su contexto operacional, permite definir de forma sistemática las estrategias de mantenimiento para equipos, sistemas y activos, llevando a las organizaciones a mejorar la confiabilidad de sus instalaciones con mejores resultados en aspectos de seguridad, medioambientales y de productividad. [Mounbray04]

RCM2 cumple con Norma SAE JA1011. La norma que fue publicada en agosto de 1999, establece los criterios que debe cumplir un proceso aplicado al mantenimiento de un activo o sistema particular para ser considerado “mantenimiento de fiabilidad”.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados.

Los beneficios de esta metodología son:

- Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:
 - o Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- Mejores rendimientos operativos, debido a:
 - o Intervalos más largos entre las revisiones y, en algunos casos, la eliminación de ellas.
- Mayor control de los costos de mantenimiento, debido a:
 - o La prevención o eliminación de las fallas costos.

El RCM2 produce resultados muy rápidos. De hecho, la mayoría de las organizaciones pueden completar una revisión del RCM en menos de un año. La revisión termina con una recopilación de la documentación, fiable y totalmente documentada del mantenimiento cíclico de todos los elementos significativos de cada equipo de la instalación.

2.2 Herramientas de la metodología RCMII

A continuación, se describirán dos principales herramientas para responder las siete preguntas RCMII. Estas son Árbol lógico de decisión RCMII y Análisis de modos, Fallas y Efectos (AMFE).

2.2.1 Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)

Se aplica este método para analizar las consecuencias sobre los sistemas elegidos para el estudio RCM de todos los posibles fallos que puedan afectarle, proponiendo medidas para evitar o minimizar estas consecuencias. Se evalúan los modos de fallo a nivel de componente, equipo y subsistema y se valoran los efectos sobre el sistema y la probabilidad de que ocurran.

El Análisis de los Modos y Efectos de Fallos (FMEA) es la herramienta principal del RCM para optimizar la gestión de mantenimiento en una organización determinada ya que ayuda a responder las primeras cinco preguntas básicas del RCM.

El FMEA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que ocurran y puedan afectar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. A partir del análisis realizado por los grupos de trabajo RCM a los distintos activos en su contexto operacional, se obtiene la información necesaria para prevenir las consecuencias y los efectos de los posibles fallos a partir de la selección adecuada de las actividades de mantenimiento.

Los beneficios que se derivan de este método, son:

- ✓ Potencia la atención al cliente.
- ✓ Facilita el análisis de los productos y los procesos.
- ✓ Reduce los costes operativos.

En la siguiente figura muestra el proceso de gestión del mantenimiento aplicado el análisis de modos, fallas y efectos.

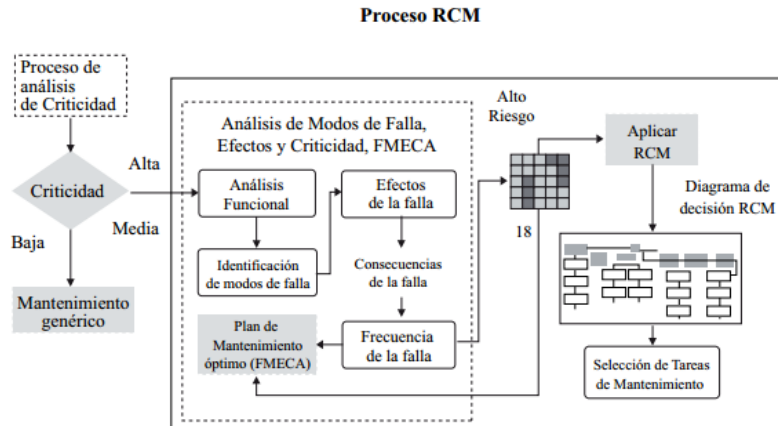


Figura 2,1.: Diagrama Proceso RCM II

Fuente: Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution

Todos los resultados obtenidos se registran en la hora de información RCM II. Esta hoja de información se divide en cuatro columnas donde quedan registrados la descripción de funciones, la pérdida de la función (total o parcial), las causas de la falla y las consecuencias de la falla.

Las funciones son enumeradas en orden de importancia, o primarias y secundarias. Las Funciones y los Modos de Falla son registrados numéricamente mientras que las Fallas Funcionales son registradas mediante letras. A continuación en la tabla 2.1 se muestra una hoja de información RCM II.

HOJA DE INFORMACION N RCM II	SISTEMA:		SISTEMA N°	FACILITADOR	HOJA N°
	SUB - SISTEMA:		SUB- SISTEMA N°	FECHA	
	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)		MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)	
1	A		1		
			2		
	B		1		
			2		

Tabla 2.1.: Hoja de información RCM II

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detallaran conceptos básicos para registrar en la hoja de información.

Fallas funcionales: Estas ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Modos de falla: Una vez que se ha identificado la falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de fallas.

Efectos de la falla: El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modo de falla y efectos trae como consecuencia la oportunidad de mejorar el desempeño y la seguridad.

Consecuencia de la falla: Pueden afectar operaciones, calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas tomaran tiempo y costaran dinero para ser reparadas.

2.2.2 Árbol lógico de decisiones RCMII

El árbol lógico de decisión RCM es una herramienta que permite seleccionar actividades adecuadas de mantenimiento para evitar la ocurrencia de cada modo de fallo o disminuir sus posibles efectos.

Al conocer los modos y efectos de las fallas y sus consecuencias, podemos determinar si la falla es merecedora de prevención, esfuerzos para predecirla, algún tipo de intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción.

Para realizar este proceso se debe seguir el árbol lógico de decisiones del RCM y de esta forma encontrar cuáles son las tareas adecuadas y el programa de mantenimiento a realizar a los activos físicos.

La Hoja de Decisión de RCM II está dividida en dieciséis columnas. Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de Información y las Hojas de Decisión. En la tabla 2.2 siguiente, se mostrara la hoja de decisión de John Moubray.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA:				FACILITADOR:						FECHA		
			SUB-SISTEMA:				AUDITOR:								
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ANÁLISIS A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S6			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						

Tabla2.2: Hoja de decisión RCM II

Fuente: Elaboración Propia.

Donde la nomenclatura de la tabla anterior es la siguiente:

F: Función principal.

FF: Falla funcional.

FM: Modo de falla.

H: Consecuencia de falla oculta.

S: Consecuencia en la seguridad.

E: Consecuencia ambientales

O: Consecuencias Operacionales

H1; S1; O1; N1: Factibilidad de realizar tareas a condición

H2; S2; O2; N2: Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico

H3; S3; O3; N3: Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclica.

H4: Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.

H5: Factibilidad de daño al medio ambiente o a la seguridad de las personas.

S4: Factibilidad de realizar una combinación de tareas.

El Diagrama de Decisión de RCM, integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado; y da respuesta a las preguntas formuladas en él:

- ✓ Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- ✓ Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- ✓ Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.

A continuación, para dar respuesta a las preguntas 5, 6 y 7 del proceso se utilizarán el diagrama de decisión RCM II de John Moubray, como lo muestra la imagen siguiente.

2.3 Las 7 preguntas básicas del RCMII

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM.

En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

1. ¿Cuál es la función?, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2. ¿Cuál es la falla funcional?, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3. ¿Cuál es el modo de falla?, Que pudo causar la falla funcional.
4. ¿Cuál es el efecto de la falla?, falla?, Que ocurre cuando la falla se produce.
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla?, Razones por las que importa que falle.
6. ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7. ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

A continuación, en la siguiente imagen muestra las siete preguntas de la metodología RCM II.

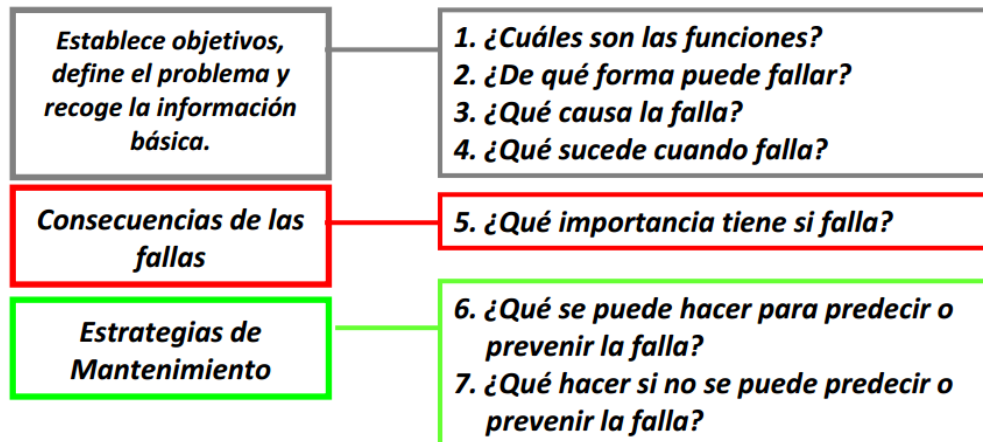


Figura 2.2: Siete preguntas Metodología RCM II

Fuente: RCM II, John Moubray

2.4 Pasos de la metodología RCM II

La metodología en la que se basa RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta, a saber

2.4.1 Etapa 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema.

Cualquier activo o maquinaria se adquiere con un propósito definido, ese propósito puede describirse como la función que el equipo debe de hacer.

Según la norma SAE JA1012 (2002) define función como: “Lo que el dueño o usuario de un activo físico o sistema desea que éste haga”. Aquí una observación un tanto obvia: No necesariamente el hecho de que el usuario desee que el activo haga algo, implica que el activo está capacitado para hacerlo.

Análisis funcional

Existen diversos tipos de funciones:

- **Funciones primarias:** Que en primera instancia resumen el por qué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias:** Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo.

Estas funciones no por el hecho de ser secundarias pueden tomarse a la ligera, al contrario **no considerarlas es un grave error** ya que pueden derivar en consecuencias mayores e incluso accidentes.

- **Funciones ocultas o no evidentes:** Se refiere a las funciones que no percibimos en el momento pero que están presentes, y que solo nos damos cuenta de su fallo al activarlas, es decir son aquellas funciones que fallan sin que nos percatemos de ello en condiciones normales.

Cabe mencionar, para nuestro análisis en esta primera etapa de la metodología RCM II, se realizará un análisis de criticidad que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, y de modo y efecto de la falla, también llamado AMEF.

2.4.1.1 Análisis de Criticidad

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de equipos o sistemas, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar, basado en una realidad actual.

El objetivo de un Análisis de Criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- ✓ Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- ✓ Priorizar proyectos de inversión.
- ✓ Diseñar políticas de mantenimiento.
- ✓ Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Para determinar el grado de criticidad en los equipos de la Planta La Libertad S.A. se necesita definir los siguientes términos, Frecuencia de falla, Consecuencia o impacto y Matriz de criticidad.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \cdot \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto mantenimiento}$$

A continuación, se describirán los términos mencionados anteriormente.

a) Frecuencia de falla:

Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (1)$$

Donde:

t : Tiempo promedio de intervalo (Hr).

f(t) : Función de densidad de probabilidad de fallas.

$$MTBF = (\text{Tiempo total de funcionamiento}) / (\text{número de fallas})$$

La función de la densidad de probabilidad de fallas es equivalente a la probabilidad de un equipo que no ha fallado en el intervalo (0, t) falle en el intervalo (t, t + dt). La ecuación que la representa es:

$$\int_0^{\infty} f(x)dt = 1 \quad (2)$$

b) **Factor de frecuencia de falla.**

Es el valor que atribuye mayor importancia a aquellos equipos los cuales tengan una mayor tendencia a la falla.

A continuación en la Tabla 2.3, Se ejemplifica cómo se distribuye el factor.

	ALTA		MEDIA		BAJA
	ALTA	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	MEDIA BAJA	BAJA
Frecuencia de falla	Mayor a 4 fallas por año	Ocurre entre 1 a 4 fallas por año	Ocurre entre 0,2 y 1 falla por año	Ocurre entre 0,1 y 0,2 fallas por año.	Menos de 0,1 fallas por año.
	MTBF menos a 3 meses	MTBF entre 3 y 12 meses	MTBF entre 3 y 12 meses	MTBF entre 1 y 5 años	MTBF mayor a 10 años.

Figura 2 3: Ejemplo de cuantificación de frecuencia de fallas

Fuente: Estudio de Criticidad de equipos, Ing. de Mantenimiento - STAFF TECNICO ABB

c) **Tiempo medio para fallar (MTTF) :**

Se define para un periodo determinado de tiempo en la vida de un componente como la razón entre tiempo total acumulado y el número de fallas. Se calcula como la razón entre el tiempo total acumulado y numero de falla.

$$MTTF = \frac{T}{k} \quad (3)$$

Donde

T: Tiempo Acumulado

k: Fallas.

d) **Tiempo promedio de reparación (MTTR):**

Es La razón del número de horas de indisponibilidad para la operación de la maquina y el número de acciones correctivas en el período.

Este índice se debe utilizar en equipos donde las horas de reparación o sustitución es significativa con respecto al tiempo total de operación del equipo o maquina, tales como calderas, hornos, maquinas centrifugas, generadores, etc. O equipos auxiliares que pertenecen a una línea de proceso productivo.

Los autores Arata & Furlanetto han enunciado la siguiente formula respecto al tiempo medio para reparar:

$$MTTR = \int_0^{\infty} f(tr) \cdot tr \cdot dtr \quad (4)$$

A continuación, en la Tabla 2.4. se representa un ejemplo de la relación de los tiempos medios para reparar y su ponderación.

Ponderación	Hrs Parada
5	MTTR > 8 horas
2	1 < MTTR < 8 horas
1	MTTR < 1 Hora

Tabla 2.4: Tiempo Medio para Reparar
Fuente: Elaboración propia

Costo de reparación

Existe un costo de reparación el cual incluirá los materiales, mano de obra, su influencia en la producción y el costo d los repuestos involucrados.

A continuación en la Tabla 2.5, se representa un ejemplo de la ponderación según el costo de reparación a los equipos.

Ponderación	Cotos de reparación promedio
1	Menos de \$130.000
2	Entre \$130.001 - \$260.000
4	Entre \$260.001 - \$530.000
5	Entre \$530.001 - \$2.600.000
7	Entre \$2.600.001 - \$8.000.000
14	Más de \$8.000.000

Tabla 2.5: Costo de reparación
Fuente: Elaboración propia

Ecuación de criticidad de falla

A continuación, fórmula de criticidad.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \cdot \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto mantenimiento}$$

Es importante aclarar que los valores de las tablas ponderadas deberán ser ajustados de acuerdo a la necesidad que cada empresa. Ésta ponderación será importante para diseñar el sistema de mantenimiento y la planificación, las prioridades en los mantenimientos preventivos y los stocks de repuestos.

Con la suma de las puntuaciones se establecen grupos de equipos, tales como los de clase A; B y C. La clase se refiere a la importancia del equipo en el proceso, dividiéndose en:

- **Clase A (Crítico):** Equipo cuya parada interrumpe el proceso, llevando a la facturación cesante.
- **Clase B (Semi-crítico):** Equipo que participa del proceso pero que su parada por algún tiempo no interrumpe la producción.
- **Clase C (No crítico):** Equipo que no influye en gran magnitud la producción. [Repsol05]

Una vez determinado el valor del impacto en la producción, impacto en el mantenimiento y frecuencia de ocurrencia de la falla, se cargan en la ecuación y se calcula la criticidad.

El valor de la ecuación se introduce en la Tabla 2.6 y se obtiene la criticidad del equipo.

Clase de criticidad	Valor de criticidad
Clase A	CR > 40
Clase B	40 > CR > 20
Clase C	CR < 20

Tabla 2:6 Ejemplo de intervalos de criticidad

Fuente: Elaboración propia

Con esto podemos concluir que una vez que se obtuvieron todos los datos como el tiempo y/o costo de reparación, se podrá obtener la criticidad del equipo, ya que se le asignara una clase, ya sea A, B o C.

2.4.2 Etapa 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos

A continuación, para entender y llevar a cabo esta segunda etapa es necesario definir algunos conceptos:

- **Falla:** Es la incapacidad del activo de cumplir con su función, cualquier función. Son todos los estados indeseables del sistema o equipo.

Existen dos tipos de fallas para este análisis, falla potencial y falla funcional:

- **Falla potencial**, es un evento donde se detecta una pequeña degradación (medible) pero cumple con la función, es decir aun no afecta el requerimiento de producción. Este tipo de análisis normalmente pasan desapercibidos.

Aquí juegan un rol muy importante los Mantenimientos Predictivos como estrategia y respuesta a él o a los modos de falla.

- **Falla funcional**, Deja de cumplir con la función, sin embargo no necesariamente significa que el activo deja de producir. Aquí es muy importante definir los requerimientos de desempeño. Son resultado de la incapacidad de los equipos para dar su nivel de desempeño esperado. Son un síntoma o evento observable por el personal de producción y mantenimiento.[Mounbray04].

Cabe mencionar, que las fallas poseen una clasificación, estas se dividen en fallas ocultas o no evidentes que se expresa con una O, luego están las fallas críticas representada por una C y por último las fallas no críticas representadas por NC.

A continuación se resumió lo anteriormente mencionado y se definirá para una de estas fallas.

- 1.- Oculta o no evidente –
- 2.- Críticas – C
- 3.- No Críticas – NC

Fallas ocultas: En ellas más del 90% tienen que ver con dispositivos de protección y están asociados a eventos catastróficos.

Fallas críticas: aquellas que comprenden la seguridad, medio ambiente, producción son muy costosas o ponen en riesgo el prestigio de la empresa.

Falla No Críticas: no afectan a la seguridad, medio ambiente, producción ni son costosas.

Es importante tener en consideración que existe otro tipo de fallas llamadas fallas súbitas, estas fallas se presentan como comportamiento como se representa en el gráfico 0.1 siguiente:

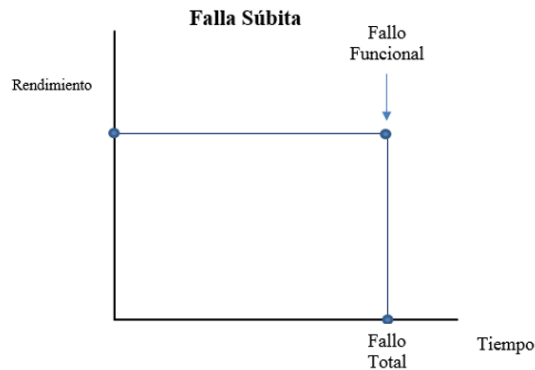


Tabla 0.1. Falla súbita
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el gráfico anterior, que ocurrirá el paro total la velocidad de degradación es prácticamente instantáneo, en este tipo de fallas los mantenimientos preventivos no funcionan, debido a que no existe un intervalo de advertencia.

Es importante mencionar que en esta etapa participaron los operarios y técnicos de mayor experiencia de la empresa, pues además de conocer los fallos funcionales más recurrentes, tienen en la memoria las fallas raras o que más trabajo les costo.

Además, cabe mencionar que para realizar esta etapa se realizará un análisis de modo y efecto de falla.

Fuente de Información para este análisis

Existen diversas maneras para determinar los fallos de los equipos que están en análisis, para ello se necesitan fuentes de información, esta se puede recopilar ya sea por histórico de averías, personal de producción y personal de mantenimiento.

A continuación se describirán cada una de ellas.

- Histórico de averías

En mantenimiento es importante tener un historial de las averías que se han producido en los equipos para poder hacer un seguimiento de las incidencias de estos, teniendo bien detallado como se solventó y si el problema se repite periódicamente solucionarlo de otra manera, evitando fallos repetitivos en busca de una mejora continua de los equipos.

A partir del histórico podemos mejorar el mantenimiento encontrado puntos débiles

con análisis de mejora de métodos. También permite controlar mejor el stock con análisis de repuesto y analizar la política de mantenimiento buscando los equipos con más averías.

- **Personal de producción**

Para este análisis es importante la consulta al personal de producción, ya que nos proporcionarían información necesaria para identificar los fallos que más interfieren con la operación de la plata.

- **Personal de mantenimiento**

Para este análisis el personal de mantenimiento es clave, ya que son los que conviven diariamente con los equipos, por lo tanto su opinión sobre los incidentes más comunes que presenta estos y en qué forma se manifiestan es esencial, para tomar medidas al respecto y evitar que sigan ocurriendo. Cabe mencionar que la falta de personal de mantención es perjudicial para la puesta en marcha del plan de mantenimiento.

2.4.3 Etapa 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Una vez identificadas las fallas funcionales, se deben identificar todos los hechos de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. [Mounbray 04]

Si deseamos aplicar un mantenimiento verdaderamente proactivo a cualquier activo físico, debemos tratar de identificar todos los modos de falla que puedan afectarlo. El ideal sería poder identificarlos antes que ocurriesen o al menos o al menos antes que vuelvan a ocurrir. [Mounbray 04]

Una vez que cada modo de falla ha sido identificado es posible considerar que sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debiera hacerse algo para anticipar, prever, detectar, corregir, o hasta rediseñar.

La etapa tres es uno de los más críticos de la metodologías, es un paso importante, pues se refiere a los modo de falla y el origen de ellos, o dicho en otras palabras se trata de identificar cual es la que fuente que origina un fallo.

Para entender y aplicar esta etapa es necesario definir modo de falla y causa raíz.

- **Modo de falla:**

- Es el evento a través del cual se manifiesta el fallo. Describe la forma en que los fallos pueden ocurrir, este es un síntoma de identificar porque son observables y luego se debe buscar la Causa raíz.

- **Causa Raíz:**

- Son las razones básicas de un fallo o las del inicio del deterioro para un eventual fallo.

Las palabras que anteceden a las causas raíz son por ejemplo: "...debido a," "...causado por...," "...originado por..."

Es importante señalar que un mismo *Modo de Falla* puede tener más de una *Causa Raíz*, de hecho esto frecuentemente sucede.

2.4.4 *Etapa 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo*

Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias

La cuarta etapa es hacer una lista de lo que de hecho sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efecto de falla. [Mounbray 04].

La etapa cuatro se refiere a la importancia de cada falla en términos de sus consecuencias. Una de las ventajas de esta metodología es que es tanto Proactiva como Reactiva, es decir puede aplicarse a fallas que aún no han sucedido y prevenir las consecuencias de fallos potenciales, así como a fallas que ya han sucedido y que conocemos sus consecuencias.

Es importante tener en cuenta que sucede cuando una falla tiene lugar son efectos del fallo, para ello se debe considerar los siguientes aspectos.

- ¿La falla presenta síntomas evidentes antes de manifestarse?
- ¿existe riesgos de explosión o electrocución?
- ¿Se despliega alguna (s) alarmas(s) durante el fallo?
- ¿Es fácil de detectar la falla?

Luego de responder "que ocurre", estaremos en condiciones de valorar sus consecuencias, ya sea para la seguridad, producción, medio ambiente o para el mantenimiento.

Consideraremos tres posibles casos: que el fallo sea crítico, que el fallo sea importante o que sea tolerable.

En lo que se refiere a la seguridad y al impacto medioambiental del fallo, consideraremos que el fallo es crítico si existen ciertas posibilidades de que pueda ocurrir, y ocasionaría un accidente grave, bien para la seguridad de las personas o bien para el medioambiente. Consideraremos que es importante si, aunque las consecuencias para la seguridad y el medioambiente fueran graves, la probabilidad de que ocurra el fallo es baja. Por último, consideraremos que el fallo es tolerable si el fallo tiene poca influencia en estos dos aspectos.

En cuanto a la producción, podemos decir que un fallo es crítico si el fallo supone una parada de planta, una disminución de la potencia neta o del rendimiento, y además, existe cierta probabilidad de que el fallo pudiera ocurrir. Si la posibilidad es muy baja, aunque pueda suponer una parada o afecte a la potencia o al rendimiento, el fallo debe ser considerado como importante. Y por último, el fallo será tolerable si no afecta a la producción.

Desde el punto de vista del mantenimiento, si el coste de la reparación (de la suma de fallo mas otros fallos que pudiera ocasionar este) supera una cantidad determinada (por ejemplo, \$7.500.000-), el fallo será crítico. Será importante si esta en un rango inferior (por ejemplo, entre \$750.000- y \$7.500.000-) y será tolerable por debajo de cierta cantidad (por ejemplo, \$750.000-). Las cantidades indicadas son meras referencias, aunque pueden considerarse aplicables en muchos casos.

En resumen, para que un fallo sea crítico se debe cumplir alguna de estas condiciones:

- Que pueda ocasionar un accidente que afecte a la seguridad o al medio ambiente, y que existan ciertas posibilidades de que ocurra.
- Que suponga una parada de planta o afecte a la potencia neta de la planta o a su rendimiento.

Para que un fallo sea importante debe cumplir alguna de estas condiciones:

- Que pueda ocasionar un accidente grave, aunque la probabilidad sea baja.
- Que el coste de reparación sea medio.

Para que un fallo pueda ser considerado tolerable, no debe cumplir ninguna condición que le haga ser crítico o importante, y además, debe tener poca influencia en seguridad y medioambiente, no afectar a la producción de la planta y tener un coste de reparación bajo.

2.4.5 Fase 5: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Determinados los modos de fallo del sistema que se analiza y clasificados estos modos de fallo según su criticidad, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten bien evitar el fallo o bien sus efectos.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son cinco tipos: tipos de mantenimiento, mejoras, formación del personal, modificación de instrucciones de operación y modificación de instrucciones de mantenimientos. Estudiemos cada una de ellas con mayor detalle.

Tarea de mantenimiento

Son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- **Tipo 1: Inspecciones visuales.** Las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.
- **Tipo 2: Lubricación.** Las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables.
- **Tipo 3: Verificación de los correctos funcionamientos realizados con instrumentos propios del equipo.** Este tipo de tareas consisten en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo.
- **Tipo 4: Verificación del funcionamiento correcto realizado con instrumentos externos del equipo.** Se pretende, con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente, y que por tanto, no están permanente conectados a un equipo.
- **Tipo 5: Tareas condicionales.** Se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado. Estas tareas pueden ser: limpiezas condicionales, si el comportamiento del equipo refleja un desajuste en alguno de sus parámetros; o cambio de pieza, si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento.
- **Tipo 6: Tareas sistemáticas.** Realizadas cada ciertas horas de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar como se encuentre el equipo. Estas tareas pueden ser: Limpiezas, ajustes, sustitución de piezas.
- **Tipo 7: Grandes revisiones, también llamados mantenimiento cero hora, iversal o Hard Time.** Que tienen como objetivo dejar el equipo como si tuviera cero hrs de funcionamiento.

Una vez determinado los modos de fallo posibles en un ítem, es necesario determinar que tareas de mantenimiento podrían evitar o minimizar los efectos de un fallo. Pero lógicamente, no es posible realizar cualquier tarea que se les ocurre que pueda evitar un fallo. Cuando mayor sea la gravedad de un fallo, mayores recursos se podrán destinar a su mantenimiento que tratan de evitarlo.

Si el fallo ha resultado ser crítico, casi cualquier tarea que se nos ocurra podría ser de aplicación. Si el fallo es importante, se tendrán algunas limitaciones, y si por último, el fallo es tolerable, solo serán posibles acciones sencillas que prácticamente no supongan ningún coste.

2.4.6 Etapa 6: agrupación de medidas preventivas en sus diferentes categorías.

Determinadas las medidas preventivas para evitar los fallos potenciales de un sistema, el siguiente paso es agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimiento de operación, procedimientos de mantenimiento, y formación).

El resultado de esta agrupación será:

- **Plan de mantenimiento:** Será el conjunto de todas las tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos.
- **Listado de mejoras:** Tras el estudio, tendremos una lista de mejoras y modificaciones que es conveniente realizar en la planta. Es conveniente depurar estas mejoras, pues habrá que justificar económicamente ante la dirección de la planta la necesidad de estos cambios.
- **Formación:** Las actividades de formación determinadas estarán divididas normalmente en formación para personal de mantenimiento y formación para personal de operación. En algunos casos, es posible que se sugiera formación para contratista, en tareas en que estos estén involucrados.
- **Lista de procedimiento de operación y mantenimiento a modificar:** habremos generado una lista de procedimiento a elaborar o modificar que tienen como objetivo evitar fallos o minimizar sus efectos. Como ya se ha comentado, habrá un tipo especial de procedimientos, que serán los que hagan referencia a medidas provisionales en caso de fallo.

2.4.7 Etapa 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas

Plan de mantenimiento

Determinado el nuevo plan de mantenimiento, es necesario reemplazarlo por el anterior.

2.5 Resumen de la metodología

En este capítulo se explica la metodología a utilizar para cumplir los objetivos planteados y resolver el problema planteado.

Para abordar el objetivo se utilizará la metodología RCMII, la cual se divide en 4 etapas las que serán definidas a continuación.

Etapa 1: Identificación de los equipos críticos e impacto de la empresa.

En esta etapa se identificarán los equipos críticos e impacto que tendrán, a través del análisis de criticidad.

Etapa 2: Cuantificación de los costos de los equipos críticos

Se cuantificarán los costos asociados para el mantenimiento y equipos críticos que hoy en día tiene la empresa.

Etapa 3: Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos

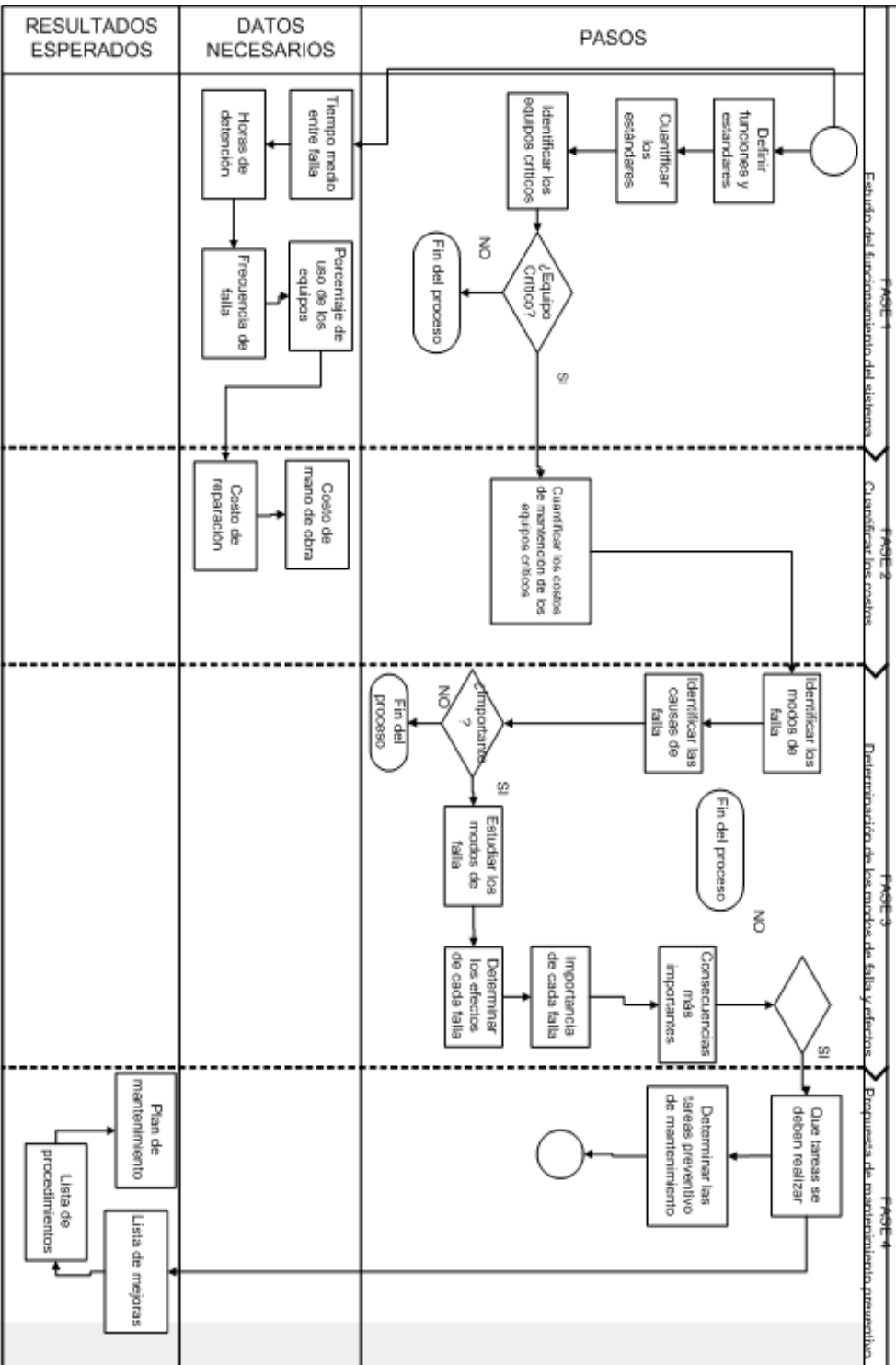
Se aplicara en esta etapa la metodología AMFE para determinar las funciones de cada equipo crítico, como podría fallar este en el cumplimiento de esas funciones y las consecuencias que con ello conlleva.

Luego, se realizará un árbol de decisión de RCM II, y se someterán a análisis las consecuencias y se determinaran las actividades de mantenciones necesarias para evitarlas. Por último, los resultados serán registrados en la hoja de decisión RCM II.

Etapa 4: Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento

En esta etapa se elaborara un procedimiento operativo estándar de cada equipo estudiado. Para luego dar paso al documento con la propuesta.

DIAGRAMA DE FLUJO RCM II



Capítulo 3: Aplicación de la metodología RCM II

En este capítulo se aplicará la metodología elegida RCM II, esta cuenta con las cuatro primeras etapas, estas son:

- ✓ **Etapa 1:** Identificación de los equipos críticos e impacto en el proceso.
- ✓ **Etapa 2:** Cuantificar los costos
- ✓ **Etapa 3:** Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos.
- ✓ **Etapa 4:** Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento Las cuales serán aplicadas basándose en el problema planteado.

3.1.- Etapa 1: Identificación de equipos críticos e impacto en el proceso.

En este punto se aplicará el análisis de criticidad a los equipos de la planta de la empresa La Libertad. S.A. para ello se debe identificar “Frecuencia de Falla” y “Consecuencias” (Influencia en el proceso productivo, Influencia sobre el mantenimiento)

- **Frecuencia de falla:** En este punto se calcularán los tiempos medios entre fallas de los equipos para identificar el factor frecuencia.

- **Consecuencias:** En este punto se encuentra Influencia en el proceso productivo e influencia sobre el mantenimiento.

- **Influencia en el proceso productivo:** identifica los porcentajes de uso de los equipos por medio de tiempo disponible real versus tiempo disponible teórico.

- **Influencia sobre el mantenimiento:** Identifica ponderación de tiempo por reparar, usando duración de reparación versus frecuencia de fallas.

3.1.1 Frecuencia de falla

En la tabla 3.1, se identificará los tiempos medios entre fallas, para ello se cuantificó el tiempo total que los equipos trabajaron durante todo el año 2015.

Este tiempo total del equipo, no incluye los tiempos de indisponibilidad por mantención preventiva, ni los tiempos de perdidas.

Para identificar tiempo medio entre falla, se tomo en cuenta el tiempo total versus la frecuencia de falla.

Frecuencia de falla por equipo año 2015			
Equipos	Frecuencia de fallas	Tiempo total	MTBF
		[Hr]	[Hr]
Triturador	12	3105	259
Caldera	6	7245	1208
Digestor 2	9	7245	805
Digestor 3	13	7590	584
Percolador	4	4830	1208
Prensador	8	4140	518
Molienda	14	3795	271
Decantador	16	4830	302
Tamizado	3	6210	2070

Tabla 3.1: Frecuencia media entre falla año 2015

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los tiempos medios entre fallas, se identificó el factor de frecuencia, como se puede observar en la tabla siguiente, para ello se clasificó entre nivel alto, medio alto, y media donde sus valores son 1, 0,9 y 0,8 respectivamente. Este factor frecuencia atribuye mayor importancia a aquellos equipos los cuales tengan una mayor tendencia a la falla.

Para calcular factor frecuencia de falla, se transformó las horas en meses de los tiempos medios entre falla, y luego se evaluó en el tabla 3.2, para dar paso al factor frecuencia de falla o también llamado valor.

Equipos	Frecuencia de fallas	Tiempo total [Hr]	MTBF [Hr]	MTBF [Meses]	Nivel	Valor
Triturador	12	3105	259	9	Media alta	0,9
Caldera	6	7245	1208	40	Alta	1
Digestor 2	9	7245	805	27	Alta	1
Digestor 3	13	7590	544	18	Alta	1
Percolador	4	4830	1121	37	Media alta	0,9
Prensador	8	4140	561	19	Media alta	0,9
Molienda	14	3795	320	11	Alta	1
Decantador	16	4830	280	9	Alta	1
Tamizado	3	6210	2070	69	Media	0,8

Tabla 3.2: Factor de frecuencia de falla año 2015

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Influencia en el proceso productivo

En la siguiente tabla 3.3, Se identificó el porcentaje de uso de cada equipo de la planta, por medio de tiempo disponible real versus el tiempo disponible teórico.

Influencia en el proceso			
Equipos	Tiempo total	% de uso	Ponderación
	[Hr]		
Triturador	3105	35%	1
Caldera	7245	81%	5
Digestor 2	7245	81%	5
Digestor 3	7590	84%	5
Percolador	4830	54%	5
Prensador	4140	46%	1
Molienda	3795	42%	1
Decantador	4830	54%	3
Tamizado	6210	69%	3

Tabla 3.3: Influencia en el proceso productivo año 2015

Fuente: Elaboración propia

Para identificar la influencia sobre el mantenimiento en cada equipo se recopiló la información sobre la duración de las reparaciones de cada equipo y las frecuencias de falla, luego se utilizó la fórmula 4. Para determinar MTTR. Como lo muestra la tabla 3.4

Equipos	Frecuencia de fallas	Duración de reparación [Hr]	MTTR [Hr]	Ponderación
Triturador	12	8,32	0,7	1
Caldera	6	25,35	4,2	2
Digestor 2	9	31,04	3,4	2
Digestor 3	13	31,41	2,4	2
Percolador	4	4,22	1,1	2
Prensador	8	9,21	1,2	2
Molienda	14	4,23	0,3	1
Decantador	16	9,21	0,6	1
Tamizado	3	7,89	2,6	2

Tabla 3.4: Influencia en el mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Para identificar la influencia sobre el mantenimiento, se determinó el costo promedio de falla de cada equipo. Para obtener la ponderación de cada equipo. Como lo muestra la tabla 3.5 siguiente.

Influencia en el mantenimiento	
Equipos	Costo promedio por falla [US\$]
Triturador	170
Caldera	4739
Digestor 2	5985
Digestor 3	5836
Percolador	421
Prensador	402
Molienda	206
Decantador	129
Tamizado	154

Tabla 3.5: Influencia costo promedio
Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Descripción de equipos críticos

En este trabajo de título se encontraron dos equipos críticos, los cuales fueron identificados por un exhaustivo procedimiento, datos recopilados, e información de los trabajadores (“expertos”) de la plata. Esto llevo a obtener cuales eran los equipos más críticos, los que se detallaran a continuación.

Caldera

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado destinado a producir vapor o calentar agua mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.

Funcionamiento: funcionan mediante la transferencia de calor, producido generalmente al quemarse un combustible, el que se le entrega al agua contenida o que circula dentro de un recipiente metálico.

Tiene como principal objetivo alimentar de vapor al digestor para que este último haga su proceso de cocción.

Digestores

El digestor es un cilindro o contenedor sellado, por donde entran las materias a tratar, convenientemente humedecidas. Dentro no hay oxígeno y las bacterias anaerobias se multiplican y procesan la materia orgánica, produciendo gas metano.

El digestor continuo es uno de los sistemas de cocinado más eficiente para cualquier tipo de subproducto animal. Este método de procesamiento de subproductos animales es adecuado para capacidades de producción elevadas. Asegura la homogeneidad del producto final y permite conseguir una relación muy baja de energía por kg de material procesado. Dentro del cuerpo del digestor, el eje multitubular rotativo, calentado por vapor, aporta una gran superficie de calefacción.

La temperatura de cocinado es de 120 °C aproximado y presión de 50 PSI. El agua evaporada durante el proceso se conduce a través de un ciclón para retener las partículas arrastradas y retornarlas al digestor.

El chicharro, (mezcla de proteína y grasa deshidratada), se extrae del digestor de manera continua para separar, en etapas posteriores, la proteína de la grasa. Este fabrica digestores continuos con capacidades de evaporación entre 1,300 y 10,000 Kg/h.

Decantador

Es un método físico para separar componentes de distinta densidad situándose el más denso en el fondo del decantador por gravedad y quedando el agua clarificada en la superficie. [HIDRI00].

- Descripción técnica

El decantador está constituido por un conjunto giratorio y una estructura fija, el conjunto giratorio es formado por un tambor cilíndrico/cónico un transportador en espiral y un reductor de engranajes que proporciona la rotación diferencial entre el tambor y el depósito.

Todo el conjunto es accionado por un motor eléctrico que transmite el movimiento a través de poleas y correas, el conjunto giratorio se apoya en dos puntos sobre cojinetes de rodillos.

La estructura fija soporta el montaje rotativo, el motor eléctrico y la armazón de coleta de productos separados, la fase sólida en un extremo y la líquida en un otro. Este decantador tiene una capacidad de procesar de 2500litros en una hora.

Molienda

Proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida, especialmente granos o frutos, golpeándola con algo o frotándola entre dos piezas duras hasta reducirla a trozos muy pequeños, a polvo o a líquido. [RAE04].

- Principio de funcionamiento

El molino de martillos consiste en martillos fijos u oscilantes, montados en un eje de rotación; de una criba y de un ventilador. Martillos de acero, montados sobre un eje que rota dentro de un bastidor fuerte, a una velocidad de 1500 a 4000 revoluciones por minuto, tienen una separación de 2.5 a 7.5cm, dependiendo del diámetro de las puntas de los martillos. La velocidad de las puntas puede variar entre 75 y 100 metros por segundo.

Los martillos golpean el material y reducen su tamaño hasta permitirle pasar a través de una rejilla (criba). Criba, a través de la cual pasa el producto molido, va montada debajo, sobre o alrededor de los martillos.

El producto que se muele permanece en la cámara de molido hasta que esté suficientemente pequeño para pasar a través de los agujeros de la criba; los martillos no deben tocar la criba. Estos pueden ser invertidos para ofrecer 4 superficies de desgaste o pueden tener puntas desmontables para ser reemplazadas después del desgaste. La velocidad de alimentación al molino se controla con unas compuertas deslizables o con un alimentador positivo, tal como un tornillo.

3.2 Etapa 2: Cuantificación de los costos de los equipos críticos

En esta etapa se detallará los costos asociados a los equipos críticos. El cálculo de los costos es indispensable para la gestión de una empresa. Debido a que el análisis de los costos empresariales es de gran importancia para la práctica, ya que su desconocimiento puede traer riesgos a la empresa, y en gran parte de los casos llevarla a su desaparición.

Debido a lo recién mencionado se definirá y cuantificará los costos de mano de obra, materiales, repuestos y costo asociado a la reparación de cada equipo crítico.

- **Mano de obra:** Se conoce como mano de obra al esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien. El concepto también se aprovecha para apuntar hacia el costo de esta labor (es decir, el dinero que se le abona al trabajador por sus servicios). [DEF10].

- **Repuestos:** Es una pieza que se utiliza para reemplazar las originales en máquinas que debido a su uso diario han sufrido deterioro o una avería. [DEF10].

3.2.1 Mano de obra

A continuación, en la tabla 3.6 se detallará los costos mensuales de mano de obra requerida.

Cargo	Cantidad	Sueldo Mensual	
		[\$]	[US\$]
Jefe de Producción	1	995.870	1633
Jefe de turno	1	450.450	738
Prevencionista	1	615.899	1010
Técnico de mantenimiento	1	680.210	1115
Operadores	5	350.890	575
Recepcionista	1	350.000	574
Control de calidad (Químico)	1	1.250.000	2049
Total		4.693.319	7694

Tabla 3.6: Costo de mano de Obra

Fuente: Elaboración propia, información entregada por la empresa.

Podemos concluir del análisis anterior que la empresa La Libertad S.A tiene un costo en mano de obra de US\$7.694 mensual que para efecto de estos cálculos se tomo en cuenta \$610, el dólar.

3.2.2 Repuestos y/o materiales

A continuación, en la tabla 3.7 se detallarán un extracto de los costos de mantención preventivo del digestor año 2015. Cabe mencionar, que los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de cada equipo crítico se encuentran en el anexo 3.

Equipos	Mantenimiento (repuestos y/o Materiales)	Costo unidad anual
		[US\$]
Digestor	Correas	434
	Filtro de salida	79
	Aceite	911
	Motor	144
	válvula salida	116
	Válvula	142
	Bomba	129

Tabla 3.7: Extracto de costos mantenimiento digestor

Fuente: Elaboración propia, información entregada por la empresa.

3.3 Etapa 3: Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos

Para comenzar con esta etapa, y confeccionar la hoja de información RCMII, fue necesario identificar las funciones principales de cada equipo crítico, luego se detalló la Falla funcional, esta se determinó contestando la siguiente pregunta; ¿De qué manera podrían dejar de cumplir con dichas funciones principales?.

Luego de analizar las fallas funcionales, se identificó los modos de falla, estas se determinaron contestando ¿cuál es la causa de cada falla funcional?, Por último, se detalló los efectos de estas fallas de cada equipo crítico, contestando ¿Qué sucede cuando falla?. Esta información fue proporcionada por la empresa y ayuda de manuales de fabricantes.

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos del AMFE relacionado con la hoja de información RCMII. Cabe mencionar que el subsistema a analizar es el “digestor”. Los demás equipos se pueden ver en el anexo.4.

Por último, se realizará la hoja de decisión, donde las consecuencias encontradas se someten a análisis para determinar las actividades de mantención necesaria para eliminar o reducir las fallas.

3.3.1 Hoja de información de la metodología RCMII

Una vez identificadas la función, modo de falla y efecto de los equipos críticos, se realizó la hoja de información de la metodología RCMII, de cada uno de ellos (ver anexo --). Cabe mencionar que el equipo escogido para el análisis es el digestor.

A continuación, en la tabla 3.8 se muestra la hoja de información del equipo crítico, Digestor.

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA: PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA LA LIBERTAD S.A				HOJA N°
		SUB - SISTEMA: DIGESTOR			FECHA	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)		MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)	
1	Está diseñado para la cocción continúa de los sub-productos, es en esta etapa dónde se separa lo sólido, la harina de carne y hueso de lo líquido, la grasa.	A	Problemas en la fuente de alimentación	1	Fallo de alimentación	Pérdida del funcionamiento del sistema, fallo de la bomba de alimentación
				2	Baja potencia	Daños a los componentes del sistema
	B	Problema en la bomba	1	Aceite y filtros en mal estado	Calentamiento del aceite	
			2	Falla eléctrica	No arranca adecuadamente	
			3	Desgaste de las piezas	Rotura y/o filtraciones	
			4	Fugas internas y fugas en los sellos	Problema de packing y sellos	

Tabla 3.8: Consecuencias, tareas proactivas y acciones “a falta de”
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Hoja de decisión de la metodología RCMII

Para realizar la hoja de decisión de la metodología RCMII, fue necesario clasificar cada efecto de fallas encontradas en la etapa anterior. Estas se clasificaron según su tipo y gravedad de las consecuencias.

En la tabla 3.9, se presenta un cuadro resumen de las categorías fundamentales para aplicar la hoja de decisión y así realizar correctamente el procedimiento.

CONCEPTO	CATEGORIAS
Consecuencias	- Fallas ocultas - Operacionales - No operativas - Seguridad y ambientales
Tareas proactivas	- Tarea a condición - Reacondicionamiento cíclico - Situación cíclica
Acciones a falta de	- Búsqueda de falla - Ningún mantenimiento programado - Rediseño

Tabla 3.9: Categorías consecuencias, tareas proactivas y acciones “a falta de”
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 3.10 Se muestran los datos obtenidos en la hoja decisión de la metodología RCMII. El equipo a estudiar es el digestor.

HOJA DE DECISIÓN RCM II				SISTEMA:				FACILITADOR:								FECHA		
				SUB-SISTEMA: Digestor				AUDITOR:										
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ANÁLISIS A FALTA DE						TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
							N1	N2	N3	H4	H5	S6						
A	1	S	S				S								Realizar mantenimiento en el sistema de alimentación	Cada 1 semana	Mecánico	
	2	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio en los componentes dañados	Cada 6 meses	Mecánico	
B	1	S	N	N	S	S									Realizar cambio en aceites y filtros	Cada 6 meses	Mecánico	
	2	S	S				S								Realizar mantenimiento de la bomba	Cada 1 mes	Mecánico	
	3	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio de las piezas con desgaste	Cada 6 meses	Mecánico	
	4	S	S				S								Realizar mantencion en los sellos	Cada 1 mes	Mecánico	

Tabla 3.10: ejemplo hoja de decisión metodología RCMII
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Etapa 4: Elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar (POE) y propuesta de mantenimiento

En esta etapa se elaboró un procedimiento operativo estándar para un mejor mantenimiento de los equipos críticos en estudio, para realizar esta etapa se consideró los datos obtenidos de la etapa anterior, donde se identificó la actividad de mantenimiento, la frecuencia en que se deben realizar estas mantenciones y la responsabilidad que requiere cada uno de los activos físicos.

El principal propósito de un POE es suministrar un registro que demuestre el control del proceso, minimizar o eliminar desviaciones o errores y riesgos en la inocuidad alimentaria y asegurar que la tarea sea realizada en forma segura

En este punto se procederá a confeccionar los procedimientos operativos estándar para todas aquellas tareas de mantención que requieren mantenimiento preventivo. Es preciso señalar que actualmente la empresa no cuenta con manuales de procedimiento para un adecuado mantenimiento, por lo tanto fue necesario realizar una serie de reuniones y conversaciones con los especialistas encargados, mecánicos, operadores, planificadores y supervisores.

En la tabla siguiente se observa un extracto del POE realizado al digestor, se puede observar en detalle en el anexo---- los procedimientos operativos estándar de todos los equipos críticos.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR		
SISTEMA: DIGESTOR		
PROCEDIMIENTO DE:	INTERVALO:	REALIZADO POR:
	SEMANAL	MECÁNICO ENCARGADO
Inspección visual	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Verificar que la temperatura del equipo sea óptima para el procedimiento 5.- Chequear que el depósito se encuentre vacío, si no se debe vaciar. 6.- Controlar el nivel de aceite que mantiene al equipo 7.- Controlar lubricación de las piezas 6.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 7.- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	MENSUAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Inspeccionar la válvula de seguridad para asegurarse que mientras el equipo este funcionando esta se mantenga abierta, si no se debe cambiar. 5.- Inspeccionar el motor del equipo para asegurarse que transmite movimiento 6.- Verificar si el equipo tiene rotura mecánica interna 7.- Verificar que la trampa de vapor no este obstruida, si no se debe limpiar. 8.- Realizar los sellos para ver si están en mal estado, si es así se deben cambiar 9.- Realizar una inspección visual de los componentes internos y una limpieza de estos, si se encuentran sucios. 10.- Revisar todos los rodamientos para ver si están gastados, si es así cambiarlos 11.- Despejar zona de trabajo	


Tabla 4.1: Extracto Proceso operativo estándar del digestor

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Manual procedimiento operativo estándar

El manual de procedimiento operativo estándar es un documento que establece el procedimiento para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de la empresa La Libertad S.A, con el fin de asegurar su desempeño.

A continuación, se mostrará un extracto del manual de procedimiento operativo estándar, cabe mencionar que el manual completo se encuentra en el anexo 6.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 1 a 14

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	EN REVISION:
DANIELA GONZÁLEZ ILLANES	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Y MANTENIMIENTO	JEFE DE MANTENIMIENTO	REVISION 00
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

Tabla 4.1: Manual procedimiento operativo estándar
Fuente: Elaboración propia.

3.6 Resumen de la aplicación de la metodología

En este capítulo se realizó la aplicación de la metodología, RCMII, donde en la primera etapa se utilizó el análisis de criticidad para identificar los equipos críticos, estos son el digestor, caldera, molino martillo y prensador de la empresa La Libertad S.A. Posteriormente se detalló cada equipo crítico, especificando su característica y función.

En la etapa 2 se cuantificaron los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de dichos equipos, en este análisis arrojó que el equipo con más costo correctivo es la caldera junto con el digestor.

A continuación, en la tercera etapa se ocupó la herramienta AMFE, la cual profundizó en la investigación de la funcionalidad de los equipos críticos, además se identificó los modos de falla y efectos de cada equipo, con estos antecedentes se logró confeccionar la hoja de información y luego la “hoja que decisión”, la cual nos proporcionó información para desarrollar la cuarta y última etapa.

Por último, en la etapa cuatro se confeccionó un manual de procedimiento operativo estándar que ayuda a suministrar un registro que muestre el control del proceso, y aquellas tareas de mantención que requieren mantenimiento preventivo.

Capítulo 4: Análisis de resultados

En este capítulo se da a conocer el análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología RCMI, identificando los equipos críticos de la planta, los costos asociados a ellos, por concepto de mantenimiento correctivo y preventivo realizado el año 2015, además la identificación de modos de falla, efectos y funcionamiento, para luego llegar a una propuesta de plan de mantenimiento.

4.1 Análisis de criticidad

Al realizar el análisis de criticidad de los equipos de la planta de la empresa La Libertad S.A, se tomó en cuenta información del año 2015, este se dividió en tres ítem, para llegar a la elección, estas son; la frecuencia de falla, influencia en el proceso y influencia sobre el mantenimiento.

Para el primero ítem, se calculó el factor de frecuencia de falla y el tiempo medio entre fallas, con esto se obtuvo la siguiente distribución.

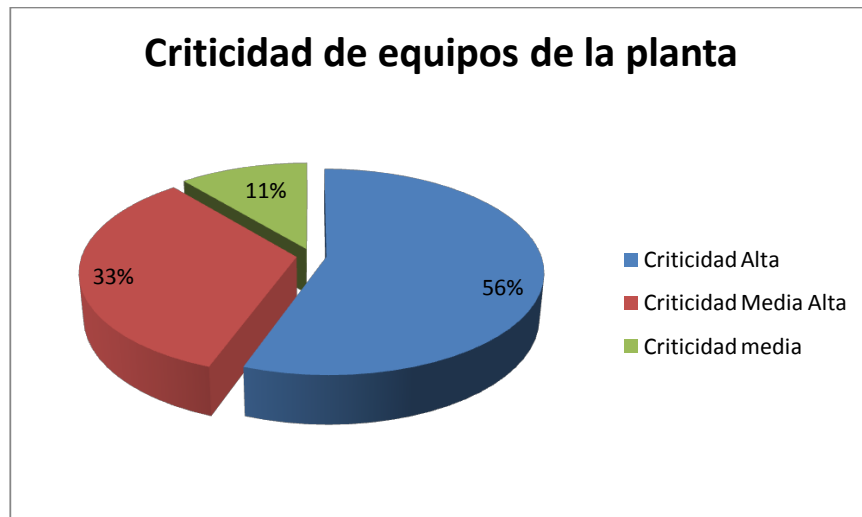


Gráfico 4.1: criticidad de equipos de la planta
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior muestra que un 56% de los equipos de la planta obtuvo una “criticidad alta”, estos son: caldera, digestor, molienda, y decantador. Cabe mencionar que ningún equipo obtuvo una criticidad baja.

Para desarrollar el segundo ítem, se identificó el porcentaje de uso de los equipos de la planta, esta información fue proporcionada por los operarios de la planta. Este arrojó que los equipos con mayor incidencia dentro de los equipos con “criticidad alta”, son el digestor y la caldera, ponderando un 84% y 81% respectivamente. Mientras que la molienda un 42% y decantador un 54%.

Para evaluar la influencia del mantenimiento, se analizó los costos de reparación por falla de cada equipo de la planta. En la tabla siguiente muestra los equipos con mayor costo medio por falla.

Influencia en el mantenimiento			
Equipos	Costo promedio por falla [\$]	Costo promedio por falla [US\$]	Ponderación
Triturador	103520	170	1
Caldera	2890900	4739	5
Digestor 2	3650600	5985	7
Digestor 3	3560200	5836	7
Percolador	256780	421	2
Prensador	245189	402	2
Molienda	125678	206	1
Decantador	78590	129	1
Tamizado	93780	154	1

Tabla 3.11: Costo promedio por falla en US\$

Fuente: Elaboración propia.

Se puede concluir que el digestor posee mayor costo promedio por falla con US\$ 5985-. Después de todo lo expuesto anteriormente, el análisis de criticidad arrojó lo siguiente:

Equipo	Criticidad	Clase
Caldera	66	A
Digestor 2	117	A
Digestor 3	169	A
Molienda	42	A
Decantador	64	A

Tabla 3.12: Equipos críticos

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar, que los equipos sobre 40 puntos de criticidad pertenecen a la clase A, estos son equipos que cuya parada interrumpen el proceso, por lo tanto son equipos críticos.

4.2 Cuantificación de los costos del plan de mantenimiento

Para evaluar los costos de mantenimiento, identificamos por costos de mano de obra y los repuestos de los equipos críticos la caldera y del digestor.

Para identificar los costos de mano de obra se consideró la información entregada por la empresa del año 2015, esta arrojó un costo de mano de obra de US\$7.694- mensuales.

4.3 Costos de mantenimiento actual versus propuesta

Hay que tener en cuenta que el costo de mantención correctiva a largo plazo, siempre superara considerablemente los costos de mantención preventiva, debido a que a cualquier imprevisto la empresa debe tomar decisiones rápidas y contratar especialista para solucionar averías, cobrando altas sumas de dinero por trabajos imprevistos.

Como ha sido mencionado anteriormente, el único equipo que posee actualmente mantenimiento preventivo es la caldera, porque en la eventualidad de una avería provocaría una detención de la planta y por los altos costos que esto conlleva conviene un mantenimiento preventivo.

por lo tanto se realizo un plan de mantenimiento preventivo, ya que a largo plazo será más conveniente que un mantenimiento correctivo.

A continuación se comparará los costos de mantención actual, ya sea por mantenimiento preventivo como correctivo, versus mantenimiento propuesto de cada equipo crítico.

Digestor

Este equipo no consta actualmente con mantenimiento preventivo, solo mantenimiento correctivo, en el año 2015, este equipo tuvo un costo de mantención correctiva de US\$ 1200, e implementando la propuesta este costo aumentaría US\$ 481.

Este aumento se debe principalmente a la frecuencia de cambio en el año de las correas, estas aumentaron de 3 a 4, el filtro de salida de 1 a 2, el aceite de 3 a 6 y válvulas de 2 a 3.

Caldera

Como se ha mencionado este equipo posee mantención preventiva y correctiva, la nueva propuesta se basa en el aumento de la frecuencia de 2 filtros y 1 válvulas, aumentando el costo de mantención preventiva en US\$ 53,71.

Molino de martillo

Este equipo no posee mantención preventiva, solo correctiva que en el año 2015 tuvo un costo de US\$3.137- . Se realizó un plan de mantenimiento preventivo el cual implementándolo aumentaría en US\$85.- esta alza se debe al aumento de frecuencia de cambio de 1 a 3 controles de vibraciones, y pernos de martillo de 2 a 3 cambios.

Prensador

Este equipo actualmente no posee mantención preventiva, solo correctivo, que en el año 2015, el costo fue de US\$1179, por lo que se propuso un plan de mantenimiento preventivo, implementado aumentaría en US\$407.-

En la tabla siguiente muestra una comparación entre los costos de mantenimiento actual y mantenimiento propuesto.

EQUIPOS	MANTENIMIENTO ACTUAL (US\$)		MANTENIMIENTO PROPUESTO (US\$)
	CORRECTIVO	PREVENTIVO	
Digestor	1.200	-	1.681
Caldera	4.303	4.820	4.739
Molino Martillo	3.137	-	3.222
Prensador	1.176	-	1.586
TOTAL	9.816	4.820	11.228

Tabla 3.12: Mantenimiento actual versus mantenimiento propuesto

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Identificación de los modos de falla, efecto y funcionamiento de los equipos críticos

Para poder aplicar el diagrama de decisión de RCMII, se debió responder las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Cuál es el funcionamiento?
- 2.- ¿De qué forma puede fallar?
- 3.- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- 4.- ¿Qué sucede cuando falla?

A continuación, se responderán estas preguntas mencionadas anteriormente de cada equipo crítico.

Digestor, su funcionamiento principal es la cocción continúa de los sub-productos, es en esta etapa donde se separa lo sólido, la harina de carne y hueso de lo líquido, la grasa. Este equipo tuvo falla del funcionamiento del motor, ya que tuvo desgaste del material, disminución de la lubricación del movimiento, también mostró problemas de válvula, por quemadura de la pieza o ruptura de ella. Además presentó problemas en la fuente de alimentación, donde bajo la potencia de esta. Estas fallas provocaron pérdida del volumen en las tuberías, filtraciones en las válvulas, calentamiento del sistema y rodamiento quemado.

La caldera tiene como funcionamiento generar vapor mediante la transferencia de calor, producida al quemarse un combustible al agua contenida o circulando dentro de un recipiente metálico. Este equipo tuvo fallas tales como exceso de presión, causada por la disminución del espesor de las paredes, por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulado. Además, se detectó obstrucción en los tubos por la dureza del agua. Estas fallas provocaron una ruptura en la caldera, mala transferencia de calor y ruptura de las partes de la caldera.

Molino de martillo, tiene como funcionamiento realizar impulsos del motor al rotor, el material es triturado uniformemente. Las fallas encontradas son equipo ruidoso, ya sea por un material extraño o mal control de vibraciones, lo que conlleva a un daño en el eje del equipo. Y estas vibraciones que provocan desajustes en las piezas.

Prensador, es un equipo que se utiliza para comprimir, está vinculado a ejercer una presión o aplicar una fuerza. Una de las fallas es el problema de lubricación esta causa viscosidad reducida del aceite, y conlleva al desgaste del equipo por uso de aceite inadecuado. Además comprime inadecuadamente, causa mal funcionamiento de las boquillas rociadoras de agua, y deterioro excesivo de la malla filtrante, esto produce retrasos, pérdida económica.

Capítulo 5. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias

En el presente capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del trabajo de título. Primero se muestran las respuestas a los objetivos específicos, posteriormente al objetivo general. Y para terminar se darán recomendaciones a la empresa La Libertad S.A.

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo de título, se realizó un plan de mantenimiento de los equipos críticos, utilizando la metodología RCMII. Para lograr este estudio se formuló tres objetivos específicos a desarrollar.

Primero, se diagnosticó la situación actual de los equipos de la planta, para ello se utilizó información entregada por la empresa y encuestas realizadas a los operarios, administradores y jefe de control de calidad y mantenimiento, con esta información se concluyó que la empresa no cuenta con disponibilidad adecuada para la entrega de sus productos en la fecha acordada por contrato. Además, utilizando esta información obtenida se identificaron los equipos críticos de la planta, proceso productivo, clientes, proveedores y antecedentes generales de la empresa. Por otra parte, se identificó el tipo de mantenimiento que emplean en la empresa, de los nueve equipos que posee, solo uno cuenta con mantenimiento preventivo (caldera). Con este primer objetivo se obtuvo la información necesaria para obtener la situación actual de la empresa e identificar el problema.

Para definir el problema, primero se identificó las cantidades de mantenciones preventivas anuales de la caldera, luego la cantidad de fallas que se detectaron de cada equipo por los últimos tres años, los costos de mantención de los últimos tres años y por último cuantificar las multas por incumplimiento de contrato en los últimos tres años, al analizar esta información se determinó las causas, utilizando las herramientas de diagrama Ishikawa y Pareto. Se concluyó que el problema es la “Falta disponibilidad del proceso para entregar los productos en la fecha acordada”.

Se identificó los equipos críticos de la planta, mediante el análisis de criticidad. Este análisis determinó los equipos más importantes y/o necesario para mejorar la confiabilidad operacional, cuatro de los nueve equipos de la planta son críticos, Caldera, Digestor, Molino de martillo y prensador.

Se formuló una propuesta de un plan de mantenimiento para la planta de producción La Libertad S.A, utilizando la metodología RCMII. Para ello, se realizó una hoja de información, que detalló los modos de falla de cada equipo crítico, luego se realizó una hoja de decisión la cual detalla tareas propuestas para cada modo de falla de cada equipo.

Se identificó los costos de mantenimiento correctivo y preventivo actuales de los equipos críticos, estos son US\$ 9.816 de mantenimiento correctivo y US\$4.820- preventivo. Junto con este análisis se confeccionó un plan de mantenimiento preventivo, el cual tiene un costo de implementación relacionado a materiales y/o repuestos de US\$11.228 anual. Los beneficios asociados a esta implementación son una disminución en las multas por incumplimiento de contrato, ya que reduce la probabilidad de paros imprevistos, disminución en las mantenciones correctivas de los equipos, y permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

Por último, se confeccionó un manual de procedimientos preventivos, utilizando el análisis de procedimiento operativo estándar (POE), a partir de los cuales se detallan funciones y responsabilidades. Es aquel procedimiento escrito que describen y explican cómo realizar una tarea para lograr un fin específico, de la mejor manera.(Extracto del manual de procedimiento, hoja de vida del equipo).

	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 9 a 14

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS				REGISTRO- MANT-01		PAG DE
HOJA DE VIDA DEL EQUIPO						
Nombre del equipo		Código		Sección		
Fecha de adquisición		Factura N°		Garantía		
Modelo		Serie		Ubicación		
Dimensiones		Peso		Valor		
DATOS FABRICANTE						
Nombre		Representante				
Dirección		Fax				
E- mail		Teléfono				
CARACTERISTICA TÉCNICA						
Voltaje		Resistencia			Agua	
Consumo		Tipo de control			Aire	
Potencia		Tipo de operación			Vapor	
INTERVENCIONES REALIZADAS AL EQUIPO						
N°	FECHA	DESC. DE ACTIVIDAD	REPUESTO	MATERIALES	TIEMPO	RESPONSABLE
1						

5.2 Recomendaciones y sugerencias

En esta etapa se plantearan las recomendaciones y sugerencias importantes para la planta de la empresa La Libertad S.A. son las siguientes:

- Asignar un departamento o área exclusiva de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo de los equipos.
- Para implementar el plan de mantenimiento preventivo, se requiere contratar a un mecánico extra. Actualmente hay un mecánico de turno pero no da abasto con las actividades a realizar.
- Dar capacitación a los trabajadores acerca del funcionamiento de los equipos, para disminuir las fallas por errores humanos.
- Utilizar formatos para los registros de las fallas de los equipos, para poder estandarizar la información.
- Establecer una calendarización oficial para la realización de mantenimiento preventivo a los equipos, sin tener mayor daño en la producción.
- Cumplir con todas las actividades de mantenimiento propuestas y con sus intervalos de tiempo de realización, ya que su cumplimiento daría como resultado una disminución de falla y un aumento de disponibilidad de equipos.
- Desarrollar mayor tecnología para el registro de mantenciones preventivas y correctivas. Con el fin de aumentar el tiempo de funcionamiento de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento preventivos y correctos.
- Tener un stock de los repuestos más utilizados, para disminuir el tiempo de detención del equipo.

Anexos

Anexo 1: Definiciones

1.1 Tipos de mantenimiento

El mantenimiento está definido por la EFNMS (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento) como: “El conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza en o a la condición que la permita desarrollar su función.”

A continuación se presentan los cinco tipos básicos de mantenimiento, cada uno tiene distintas aplicaciones en función del tipo de planta. Para aplicaciones más concretas del mantenimiento puede acceder a nuestra línea mantenimiento y eficiencia.

1.1.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel en que solo se interviene en el equipo después de su fallo. Este tipo de mantenimiento, aplicado en muchas situaciones, tiene como principal ventaja la reducción de costes de inspecciones y reparaciones.

Es evidente que sólo se aplicará en aquellas situaciones en que los elementos sean de bajo coste y baja criticidad de funcionamiento. Este mantenimiento por tanto resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida a la producción o explotación llevada a cabo por la compañía o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo resulte menos rentable que una práctica correctiva. El mantenimiento correctivo, sin embargo, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de componentes que permitan alargar la vida útil del ítem, a menos que se trate de una instalación o componente en las fases finales de su vida útil. [MOBLEY02]

1.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un conjunto de técnicas que tiene como finalidad disminuir y/o evitar las reparaciones de los ítems con tal de asegurar su total disponibilidad y rendimiento al menor coste posible. Para llevar a cabo esta práctica se requiere rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorados.

Las inspecciones son los procesos por el cual se procede al desmontaje total o parcial del equipo a fin de revisar el estado de sus elementos. Durante la inspección se reemplazan aquellos elementos que no cumplan con los requisitos de funcionamiento de la máquina. Los elementos también pueden ser sustituidos tomando como referencia su vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su riesgo de fallo.

Los periodos de inspección son cruciales para que el mantenimiento preventivo tenga éxito ya que un periodo demasiado corto comportará costos innecesarios mientras que un periodo demasiado largo conlleva a un aumento del riesgo de fallo.

1.1.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es el conjunto de técnicas que permiten; reduciendo los costes del programa de mantenimiento tradicional, preventivo y correctivo, asegurar la disponibilidad y rendimiento de los elementos que componen la planta.

Este tipo de mantenimiento se basa en la realización de un seguimiento del estado del equipo mediante monitorizaciones que permiten realizar sustituciones y reparaciones cuando estos no se encuentren en buen estado, sin necesidad de realizar ciertas inspecciones, y reducir los fallos imprevistos por medio de un programa de detección de anomalías.

Una de las tareas más importantes que el mantenimiento preventivo conlleva es el planeamiento adecuado de las tareas que deben realizarse en la planta. Si esto se consigue se podrá atacar al problema y a su raíz antes que éste se produzca. Será importante que se acompañe al mantenimiento con un historial que indique cuánto tiempo y cuantos operarios son necesarios para llevar a cabo las tareas, de manera que el programa mejore a medida que se lleve a cabo.

1.1.4 Mantenimiento proactivo.

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero, para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesaria una implicación del personal de mantenimiento. Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

1.1.5 Mantenimiento Mejorativo

Las estrategias de mantenimiento mejorativo se basa en la modificación genética de equipos y de plantas industriales como respuesta a los niveles de disponibilidad no convenientes para cumplir de manera más adecuada con los planes maestros de producción.

1.2 Diagrama de efecto y causa (Ishikawa)

El diagrama de Ishikawa es una herramienta de control de calidad utilizada para facilitar el análisis de un problema, concebida por el experto japonés en química Kaoru Ishikawa en 1943. Se trata de una gráfica visualmente atractiva, que ordena causas y efectos separando las causas o ideas principales de las causas o ideas secundarias. Sobre la cabeza del pescado se escribe el síntoma a analizar, y la espina central agrupará y clasificará las causas que producen el síntoma o efecto.

El diagrama de Ishikawa es una técnica gráfica muy sencilla utilizada por la administración, que suele combinarse con la técnica *brainstorming* (“lluvia de ideas”) y “los

cinco porqués de toyota” para el control de gestión y calidad de los procesos. Es realizado por el grupo de trabajo compuesto por todos los agentes implicados en el proceso que se analiza.

El sistema posibilita una estructura jerárquica de las causas posibles de un determinado problema, como así también una oportunidad de mejora con sus consecuentes efectos sobre la calidad del producto. [QUESIG]

Los beneficios de esta metodología son:

- ✓ Ayuda a clasificar causas dispersas y a organizar las relaciones mutuas.
- ✓ Analiza todas las diferentes causas que ocasionan un problema.
- ✓ Facilita la selección de las causas de mayor influencia y ayuda a adoptar medidas correctivas.
- ✓ Expresa un formato claro y sencillo de entender.

La limitación de esta metodología es:

No es particularmente útil para atender los problemas extremadamente complejos, donde se correlacionan muchas causas y muchos problemas.

1.3 Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto es una grafica de barras que ilustran las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de aparición, costo o actuación.

“Un 20% de las fuentes causan el 80% de cualquier problema”

Es una técnica grafica, que consiste en poner de manifiesto los problemas más importantes sobre los que deben concentrarse los esfuerzos de mejora y determinar en qué orden resolverlos.

El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto, el objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las “pocas vitales” (los elementos muy importantes en su contribución) y los “muchos Triviales” (Los elementos poco importantes en ella).

Para lo construcción de un diagrama de Pareto es necesario realizar los siguientes pasos:

- 1.- Decidir qué elementos se estudiaran y recoger los datos.
- 2.- Tabular dos datos y calcular los números acumulativos.
- 3.- Dibujar los ejes horizontal (categorías de datos) y vertical (escala numérica con intervalos).
- 4.- mostrar los datos como un gráfico de barras en orden descendente.

- 5.- Dibujar la curva acumulativa.
- 6.- Crear una escala porcentual en un eje vertical en el lado derecho.
- 7.- Etiquetar el diagrama: Título, periodo de recogida de datos, número total de datos, nombre del proceso, responsable.
- 8.- Examinar el diagrama.

Las beneficios del diagrama de Pareto son:

- ✓ Canaliza los esfuerzos hacia los “pocos vitales”.
- ✓ Simplicidad: No se requieren cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráficas
- ✓ Ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.

Las Limitaciones del diagrama de Pareto son:

- ✓ El método del análisis de Pareto tiene como desventaja que la selección, confiabilidad y consistencia de las categorías depende de la experticia de quien haga el estudio.
- ✓ Necesita más de la mitad de la categoría para sumar más del 60% de efecto de calidad, por lo que un buen análisis e interpretación depende en su gran mayoría de un buen análisis previo de causas y posterior recogida de datos.

1.4 Mantenibilidad

Es la capacidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y las condiciones planeadas. También nos indica la accesibilidad para realizar un mantenimiento.

En términos probabilísticas, Francois Monchy [8], define la mantenibilidad como “*la probabilidad de reestablecer las condiciones específicas de funcionamiento de un sistema, en límites de tiempo deseados, cuando el mantenimiento es realizado en las condiciones y medios predefinidos*”. O simplemente “la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo t.

El indicador característico de mantenibilidad es el tiempo medio para reparar o MTTR, es el tiempo que se espera que un sistema tarde en recuperarse ante una falla.

1.5 Disponibilidad

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TPPF y el TPPR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad. [MANTPLA]

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de operabilidad de un elemento. Representa el porcentaje del tiempo disponible (de uso) del activo en un periodo determinado. Es una medida importante y útil en casos en los que el usuario tiene que tomar decisiones con respecto a la adquisición de un elemento entre varias posibilidades alternativas.

En la fase de diseño de equipos o sistemas, se debe buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo. Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el diseñador puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a disminuir el costo total del ciclo de vida.

La disponibilidad relacionada básicamente los tiempos promedios de reparación de las fallas.

(MTTR / TPPR – Mantenibilidad)

Y los tiempos promedios operativos.

(MTTF / TPO- Confiabilidad (depende de la tasa de falla))

$$A_o = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \times 100\%$$

Disponibilidad operacional:

1.6 Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento tienen una gran importancia cuando se trata de medir la eficiencia del mismo. La ayuda de la contabilidad de costo es de suma importancia, ya que se puede estudiar el cumplimiento de los presupuestos tanto de operación como de obra.

El objetivo que tiene los costos de mantenimiento, es precisar de manera objetiva y realista lo que cuesta la función de mantenimiento para reducir los costos totales del mismo o mantenerlos, siempre respaldando que exista una buena producción, alta calidad, y un buen estado de las instalaciones, cabe mencionar que la información que se obtiene ayuda a la toma de decisiones.

Los objetivos pueden ser enfocados de manera particular o general, o sea a una pieza, una maquina, un grupo de maquinas, equipos auxiliares, instalaciones, áreas, etc. y se expresan en valor monetario de mano de obra o material cargado a lo anteriormente mencionado. La elaboración de los mismos requiere el análisis de la información de los costos pasados los cuales deben ser exactos de lo contrario no serían dignos de confianza, esta información además de las cifras contables adecuadas, debe contener los cargos de mano de obra y del material de mantenimiento.

Anexo 2: Equipos críticos

Digestor

El digestor continuo es uno de los sistemas de cocinado más eficiente para cualquier tipo de subproducto animal.

Este método de procesado de subproductos animales es adecuado para capacidades de producción elevadas. Asegura la homogeneidad del producto final y permite conseguir una relación muy baja de energía por kg de material procesado.

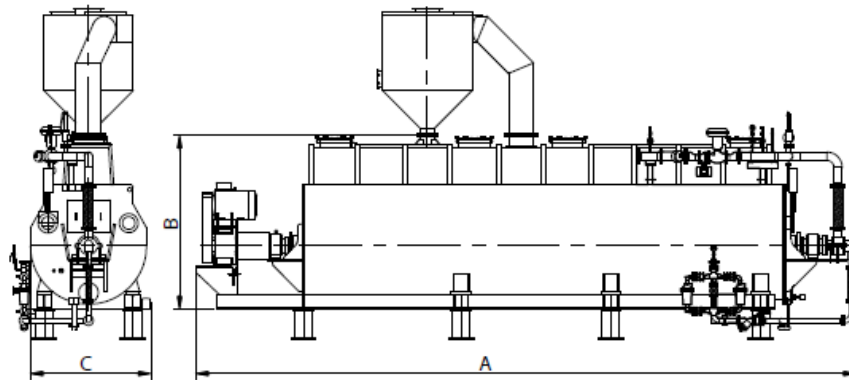


Dentro del cuerpo digestor, el eje multitubular rotativo, calentado por vapor, aporta una gran superficie de calefacción.

La temperatura de cocinado se ajusta en función de las necesidades del proceso y tipo de materia prima. El agua evaporada durante el proceso se conduce a través de un ciclón para retener las partículas arrastradas y retomarlas al digestor mientras que los vapores continúan hacia etapas posteriores de condensación u otros sistemas de tratamiento.

El chicharro (mezcla de proteína y grasa deshidratada), se extrae del digestor de manera continua para separar. En etapas posteriores, la proteína de la grasa.

Este digestor fabrica con capacidades de evaporación entre 7.000 y 10.000 kg/h. y procesa a una presión de 10 bar máximo.



Caldera

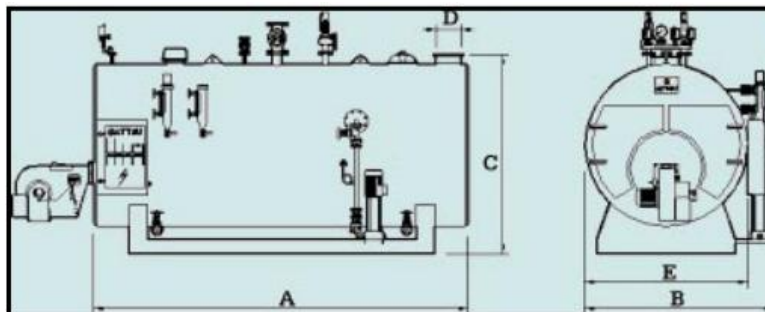
Generador de vapor horizontal, piro-tubular, de tres pasos de humos y hogar totalmente refrigerado por agua.

Producción de vapor de 2.000 a 16.000 kg/h y potencia térmica desde 1.300.000 a 10.440.000 kcal/h. Modelo disponible en combustible de Gasóleo, Fuelóleo, Gas natural y GLP.



Generador sin masas refractarias, con puertas abatibles y calorifugadas, salida de humos vertical, gran cámara de vapor, equilibrio perfecto entre volumen, superficie y potencia, así como rapidez de puesta a régimen.

	modelo HH	16000
Producción de vapor	kg/h	16000
	BHP	1024
Potencia térmica útil	kcal/h x 1000	10438
	kW	12137
Consumo de combustible	Gasóleo l/h	
PCI=(8900kcal/l) lts/h		1163
	Fuel kg/h	
PCI=(9600kcal/kg)		1078
	Gas natural m ³ /h	
PCI=(11900Kcal/m ³ N)		1137
Peso de transporte	Tn	40
Sobrepresión hogar	mm.c.d.a	140
	mbar	14
Dimensiones	A mm	8600
	B mm	3650
	C mm	3850
	D mm	1100
	E mm	3250



Molino

Reduce el tamaño de partículas de harina previamente enfiada.

Construcción extra pesada con cubierta altamente resistente del desgaste y revestimiento de las bases reemplazables, martillos reemplazables, cribas soportadas por construcción en cuna de cadena.

Completo con plataforma en acero al carbono y mangas filtrantes de polvo. Eje del rotor acoplado directamente al motor. Potencia instalada 18- 22kw.

Capacitación, 1 a 3 toneladas de alimentación.



Prensador

La prensa de grasa separa el líquido de los materiales sólidos mediante la aplicación de altas presiones. Inicialmente fue diseñada para eliminar la grasa líquida del chicharrón.

Diseño y datos de proceso	
Empresa/ ubicación:	Iron Dynamics Inc. /Butler, Indiana
Diámetro del rodillo:	1,400 mm
Anchura del rodillo:	800 mm
Material alimentado:	Pellet feed de mineral de hierro
Humedad alimentada:	1 %
Tamaño máximo alimentado:	2 mm
Aumento de la finura:	50% <75 µm
Capacidad:	400t/h
Consumo energ. espec.:	< 1.75 kWh/t
Fuerza esp. de prensado:	5 N/mm ² (máx.)
Tamaño del motor:	2 x 670 kW
Vida útil revestimiento con estoperales:	8,500 horas de operación

Anexo 3: Costos de los equipos críticos

Costo de mantenimiento del digestor preventivo y correctivo del año 2015.

COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO						
Equipos	Mantenimiento (repuestos y/o Materiales)	Frecuencia de cambio en un año 2015	Costo unidad [\$]	Costo unidad	Costo unidad anual	
				[US\$]	[\$]	[US\$]
Digestor	Correas	4	47601	78	190404	312
	Filtro de salida	2	21591	35	43182	71
	Aceite	6	83331	137	499986	820
	Motor	1	79101	130	79101	130
	válvula salida	3	21240	35	63720	104
	Válvula	3	26010	43	78030	128
	Bomba	1	71010	116	71010	116
TOTAL			349884	574	1025433	1681

COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO ACTUAL						
Equipos	Mantenimiento (repuestos y/o Materiales)	Frecuencia de cambio en un año 2015	Costo unidad [\$]	Costo unidad	Costo unidad anual	
				[US\$]	[\$]	[US\$]
Digestor	Correas	3	52890	87	158670	260
	Filtro de salida	1	23990	39	23990	39
	Aceite	3	92590	152	277770	455
	Motor	1	87890	144	87890	144
	válvula salida	2	23600	39	47200	77
	Válvula	2	28900	47	57800	95
	Bomba	1	78900	129	78900	129
TOTAL			388760	637	732220	1200

Costo de mantenimiento de molino martillo preventivo y correctivo del año 2015.

COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO										
Equipos	Mantenimiento y/o Materiales)	(repuestos	Cantidad por equipo	Frecuencia de cambio en un año 2015	Cambiar el repuesto Cada	Costo unidad [€]	Costo unidad		Costo anual	
							[US\$]	[€]	[US\$]	[€]
Molino	Martillos		120	12	1 mes	112.500	184	1350000	2213	
	Pernos de martillo		8	3	12 Meses	88.713	145	266139	436	
	Chapa desgaste entrada		2	1	1 a 5 años	19.701	32	19701	32	
	Chapa desgaste entrada superior		2	1	6 a 12 Meses	7.704	13	7704	13	
	Camisa de cilindro		1	1	2 a 5 años	31.410	51	31410	51	
Martillo	resorte de tracción		1	6	3 Meses	23.130	38	138780	228	
	Tamiz de perf. Circular		64	2	1 año	5.310	9	10620	17	
	Control de vibraciones		1	3	1 año	11.610	19	34830	57	
	Perfil de goma		1	2	1 a 2 años	28.980	48	57960	95	
	Sensor temperatura		1	1	12 meses	48.420	79	48420	79	
TOTAL						377.478	619	1965564	3222	

COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO ACTUAL										
Equipos	Mantenimiento y/o Materiales)	(repuestos	Cantidad por equipo	Frecuencia de cambio en un año 2015	Cambiar el repuesto Cada	Costo unidad [\$]	Costo unidad		Costo anual	
							[US\$]	[US\$]	[\$]	[US\$]
Molino Martillo	Martillos		120	12	1 mes	125,000	205	1500000	2459	
	Pernos de martillo		8	2	12 Meses	98,570	162	197140	323	
	Chapa desgaste entrada		2	0	1 a 5 años	21,890	36	0	0	
	Chapa desgaste entrada superior		2	1	6 a 12 Meses	8,560	14	8560	14	
	Camisa de cilindro		1	0	2 a 5 años	34,900	57	0	0	
	resorte de tracción		1	4	3 Meses	25,700	42	102800	169	
	Tamiz de perf. Circular		64	1	1 año	5,900	10	5900	10	
	Control de vibraciones		2	1	1 año	12,900	21	12900	21	
	Perfil de goma		1	1	1 a 2 años	32,200	53	32200	53	
	Sensor temperatura		1	1	12 meses	53,800	88	53800	88	
TOTAL						419,420	688	1913300	3137	

Costo de mantenimiento del prensador preventivo y correctivo del año 2015.

COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO						
Equipos	Mantenimiento (repuestos y/o Materiales)	Frecuencia en el año 2015	Costo unidad [\$]	Costo	Costo	Costo
				unidad [us\$]	unidad [\$]	unidad [us\$]
Prensador	Rodillos	3	71010	116	213030	349
	Correa de velocidad	3	23310	38	69930	115
	Acople motor - rodillo	2	17010	28	34020	56
	Motor	1	152865	251	152865	251
	Electroválvula para aceite	1	14310	23	14310	23
	manguera para vapor	8	23283	38	186264	305
	Válvula reguladora de presión	1	92304	151	92304	151
	Válvula de máxima presión	3	68301	112	204903	336
	TOTAL		462393	758	967626	1586

COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
Equipos	Mantenimiento (repuestos y/o Materiales)	Frecuencia en el año 2015	Costo unidad [\$]	Costo	Costo unidad anual	
				unidad [US\$]	[\$]	[US\$]
Prensador	Rodillos	1	78900	129	78900	129
	Correa de velocidad	1	25900	42	25900	42
	Acople motor - rodillo	1	18900	31	18900	31
	Motor	1	169850	278	169850	278
	Electroválvula para aceite	1	15900	26	15900	26
	manguera para vapor	6	25870	42	155220	254
	Válvula reguladora de presión	1	102560	168	102560	168
	Válvula de máxima presión	2	75890	124	151780	249
	TOTAL		513770	842	719010	1179

Anexo 4: Hoja de información de cada equipo crítico

Hoja de información del digestor

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA: PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA LA LIBERTAD S.A		FECHA	HOJA N°		
	SUB - SISTEMA: DIGESTOR					
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)	MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)			
Está diseñado para la cocción continúa de los sub-productos, es en esta etapa dónde se separa lo sólido, la harina de carne y hueso de lo líquido, la grasa.	A	Problemas en la fuente de alimentación	1	Fallo de alimentación	Pérdida del funcionamiento del sistema, fallo de la bomba de alimentación	
			2	Baja potencia	Daños a los componentes del sistema	
	B	Problema en la bomba	1	Aceite y filtros en mal estado	Calentamiento del aceite	
			2	Falla eléctrica	No arranca adecuadamente	
			3	Desgaste de las piezas	Rotura y/o filtraciones	
	1	C	Problema con la tubería	4	Fugas internas y fugas en los sellos	Problema de packing y sellos
				1	Fuga en la tubería	Pérdida de volumen
	D	Mal funcionamiento del motor	3	No transmite movimiento	Rodamiento quemado, motor quemado	
			4	Desgaste del material	Pierde potencia y filtraciones	
			5	Lubricación del movimiento	Desgaste de las piezas	
	E	Problema de la válvula	6	Quemadura de la pieza	Calentamiento excesivo del sistema	
			7	Rotura de válvula	Filtración en el sistema	

Hoja de información de la caldera

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA: PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA LA LIBERTAD S.A			FECHA	HOJA N°
	SUB - SISTEMA: CALDERA				
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)	MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)		
1 Generador de vapor mediante la transferencia de calor, producida generalmente al quemarse un combustible, al agua contenida o circulando dentro de un recipiente metálico.	A Exceso de presión	1 Por la vaporización instantánea brusca del agua contenida en la caldera	Rotura de las partes de la caldera		
		2 Por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulado	Rotura de la caldera		
		3 Disminución del espesor de las paredes	Implosión de la caldera		
	B Incremento de flujo de agua de alimentación o combustible	1 Válvula de flujo de agua deteriorada	Llama inestable del combustible.		
	C Incremento de nivel	1 Válvula de nivel de agua deteriorada	Inundaciones de la caldera		
	D Disminución de presión	1 Disminución del espesor de las paredes	Implosión de la caldera		
	E Aumento en la corrosión	1 Por alta temperatura se genera una capa magnética que aísla térmicamente	Aislamiento térmico que aumenta la temperatura		
	F Obstrucción en tubos	1 Por dureza del agua	Malta transferencia de calor		
	G Aumento en la erosión	1 Por incidencia directa de partículas abrasivas cenizas, agua y vapor.	Pérdida de espesor de la tubería		
	H Falla en las bombas	1 Problemas en los rodamientos del motor	El motor deja de funcionar		
	I No genera el calor necesario para calentar el fluido	1 Ruptura de las paredes de la caldera	Contaminación del ambiente e impacto en la salud del personal. Se genera de quemar más combustible		
		2 Sistema de soplado de la caldera no funciona	Se acumula ollín en el interior de la caldera		
		3 Fuga de combustible en los quemadores	Incendio		
		4 Visores sucios	No se manda combustible a través de los quemadores		

Hoja de información del molino martillo

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA: PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA LA LIBERTAD S.A			HOJA N°	
	SUB - SISTEMA: MOLINO		FECHA		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)	MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)		
Por medio de impulsos del motor al rotor, el material es triturado uniformemente.	A	Equipo ruidoso	1	Material extraño en equipo	Daño en el equipo
			2		
	B	Problema en la elise	1	No mole bien el material	Genera mala calidad en el material
			2	Fractura del mecanismo	Genera paradas del equipo
	C	Problema en el rodamiento de pala	1	Vibraciones	Genera ruido en el funcionamiento
			1	Exceso de viruta en la máquina	Puede ocasionar desgaste adhesivo en otros
	D	Problema en el eje principal	1	Vibraciones	Genera desajustes en las piezas
			2	Sobrecalentamiento	Genera calentamiento en el equipo
	E	Problemas en engranes	1	Pérdida de material	Puede generar desgastes adhesivo en partes del equipo
			2		
	F	Problemas en el motor	1	No trasmite movimiento	Rodamiento dañado, motor quemado

Hoja de información del prensado

HOJA DE INFORMACION RCMI II	SISTEMA: PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA LA LIBERTAD S.A		FECHA	HOJA N°
	SUB - SISTEMA: Prensador			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCIÓN)	MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)	EFECTO DE FALLA (QUE SUCEDE CUANDO FALLA)	
Es un equipo que se utiliza para comprimir. está vinculado a ejercer una presión o aplicar una fuerza.	A No funciona, no prensa	1 Obstrucción de rodillos por introducción de objetos extraños	Parada del proceso por reparación, pérdida económica	
		2 Atascamiento de los rodillos por averías de rodamiento		
		3 Ruptura de correa de variador de velocidad		
		4 Acople motor- rodillo conductor		
		5 Avería total del motor eléctrico por sobrecarga o falla eléctrica		
	B Prensa inadecuada	1 Mala alineación de los rodillos	Produce retrasos, produce pérdidas económicas	
		2 Mal funcionamiento de las boquillas rodadoras de agua		
		3 Deterioro excesivo de la malla filtrante		
		4 Elongación excesiva de la correa del variador de velocidad		
	C Problemas de lubricación	1 Viscosidad reducida del aceite	Desgaste del equipo por uso de aceite inadecuado	
		2 Dilución de aceite		
3 Pérdida de aceite		Desgaste del equipo		

Anexo 5: Hoja de decisión de los equipos críticos

Hoja de decisión de digestor

HOJA DE DECISION RCM II		SISTEMA: SUB-SISTEMA: Digestor						FACILITADOR: AUDITOR:						FECHA	
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	H1	H2	H3	ANÁLISIS A FALTA DE						TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR		
					S1	S2	S3	H4	H5	S6					
A	1	S	S										Realizar mantenimiento en el sistema de alimentación	Cada 1 semana	Mecánico
	2	S	N	N	S								Realizar cambio en los componentes dañados	Cada 6 meses	Mecánico
B	1	S	N	N	S								Realizar cambio en aceites y filtros	Cada 6 meses	Mecánico
	2	S	S		S								Realizar mantenimiento de la bomba	Cada 1 mes	Mecánico
1	3	S	N	N	S	N	S						Realizar cambio de las piezas con desgaste	Cada 6 meses	Mecánico
	4	S	S		S								Realizar mantenimiento en los sellos	Cada 1 mes	Mecánico
C	1	S	S		S								Realizar mantenimiento de la tubería	Cada 1 mes	Mecánico
	1	S	S	N	S	S							Realizar cambio de rodamiento	Cada 6 meses	Mecánico
D	2	S	S		S	S							Realizar mantenencias en el motor	Cada 1 mes	Mecánico
	3	S	N	N	S	S							Realizar lubricación de las piezas	Cada 3 meses	Mecánico
E	1	S	S		S								Realizar cambio de la válvula	cada 3 meses	Mecánico
	2	S	S		S								Realizar cambio de válvula	Cada 3 meses	Mecánico

Hoja de decisión de caldera

HOJA DE DECISIÓN		SISTEMA:						FACILITADOR:						FECHA
RCM II		SUB-SISTEMA:						AUDITOR:						
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	H1	H2	H3	ANÁLISIS A FALTA DE						TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR	
					S1	S2	S3	H4	H5	S6				
F	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S6	Realizar monitoreo del nivel de agua	Diaria	Mecánico
A	1	S	S			S						Realizar monitoreo de la combustión del combustible	Diaria	Mecánico
	2	S	N	S	S	S						Realizar monitoreo de espesor de paredes	Cada 6 meses	Mecánico
	3	S	S	N	S	S						Realizar cambio de válvula de flujo de agua	Cada 2 meses	Mecánico
B	1	S	S	N	S	S						Realizar monitoreo de espesor de paredes	Cada 6 meses	Mecánico
C	1	S	S	N	S	S						Realizar monitoreo de temperatura	Diaria	Mecánico
D	1	S	S	N	S	S						Realizar monitoreo de dureza del agua	Cada 1 semana	Mecánico
E	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección de cenizas, agua y vapor	Diaria	Mecánico
1	F	1	S	N	N	S						Realizar mantenimiento en tubería	Cada 3 meses	Mecánico
	G	1	S	N	N	S						Realizar Mantenimiento al motor	Cada 3 meses	Mecánico
	H	1	S	S	N	S	N	S				Realizar inspección de las paredes de la caldera	Cada 6 meses	Mecánico
I	1	S	S	N	S							Realizar limpieza al interior de la caldera	Cada 1 año	Mecánico
	2	S	S	N	S	S						Realizar monitoreo a los quemadores de la caldera	Diaria	Mecánico
	3	S	S	N	S	S						Realizar limpieza a los visores	Diaria	Mecánico
	4	S	S	N	S	S	S							

Hoja de decisión del prensador

HOJA DE DECISIÓN		SISTEMA:						FACILITADOR:						FECHA
RCM II		SUB-SISTEMA:						AUDITOR:						
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	H1	H2	H3	ANÁLISIS A FALTA DE						TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR	
					S1	S2	S3	H4	H5	S6				
F	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S6			
A	1	S			S	S	S					Realizar Limpieza de rodillos	1 vez por semana	Mecánico
	2	S	S			N	S					Realizar mantenimiento al rodamiento	Cada 2 meses	Mecánico
	3	S	N	N	S	S						Realizar Cambio de Correa	Cada 1 mes	Mecánico
	4	S	S			S						Realizar mantención del acople del motor-rodillo	Cada 1 mes	Mecánico
	5	S	S			S						Realizar mantención al motor	Cada 1 año	Mecánico
B	1	S	N	N	S	S						Realizar alineamiento de rodillos	Cada 3 meses	Mecánico
	2	S	S			N	S					Realizar cambio de Boquillas	Cada 6 meses	Mecánico
	3	S	S			N	S					Realizar cambio de filtros	Cada 6 meses	Mecánico
	4	S	S			S	S					Realizar cambio de correas	Cada 4 meses	Mecánico
C	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de la viscosidad	Cada 2 meses	Mecánico
	2	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de aceite	Cada 2 meses	Mecánico
	3	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de nivel de aceite	Cada 2 meses	Mecánico

Anexo 6: Procedimientos operativos estándar (POE)

Procedimiento operativo estándar del digestor

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR		
SISTEMA: DIGESTOR		
PROCEDIMIENTO DE:	INTERVALO:	REALIZADO POR:
	SEMANAL	MECÁNICO ENCARGADO
Inspección visual	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Verificar que la temperatura del equipo sea óptima para el procedimiento 5.- Chequear que el depósito se encuentre vacío, si no se debe vaciar. 6.- Controlar el nivel de aceite que mantiene al equipo 7.- Controlar lubricación de las piezas 6.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 7.- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	MENSUAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Inspeccionar la válvula de seguridad para asegurarse que mientras el equipo este funcionando esta se mantenga abierta, si no se debe cambiar. 5.- Inspeccionar el motor del equipo para asegurarse que transmite movimiento 6.- Verificar si el equipo tiene rotura mecánica interna 7.- Verificar que la trampa de vapor no este obstruida, si no se debe limpiar. 8.- Realizar los sellos para ver si están en mal estado, si es así se deben cambiar 9.- Realizar una inspección visual de los componentes internos y una limpieza de estos, si se encuentran sucios. 10.- Revisar todos los rodamientos para ver si están gastados, si es así cambiarlos 11.- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	PREVENTIVO BOMBA DIGESTOR	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Verificar si los rodamientos tienen desgaste, si no se deben cambiar 5.- Verificar que los conductores de tierra estén bien ajustados 6.- Realizar limpieza de las entradas naturales de ventilación, si es que las hay 7.- Verificar que no se presenten daños visibles o piezas flojas o sueltas. 8.- Realizar supervisión de la nueva instalación 9.- Despejar zona de trabajo	

Procedimiento operativo estándar de la caldera

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR		
SISTEMA: CALDERA		
PROCEDIMIENTO DE:	INTERVALO:	REALIZADO POR:
	DIARIO	MECÁNICO ENCARGADO
Inspección visual	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Verificar que el agua del equipo este en los niveles correspondiente , si no se le debe agregar más. 5.- Verificar que no exista fuga en la combustión 6.- Verificar que la temperatura del equipo sea la óptima para el proceso 7.- Chequear que el cuarto de caldera este limpio y ordenado, si no se debe intervenir y realizar lo anteriormente mencionado. 8.- Chequear que el estanque de condensado este sin fuga y limpio 9.- Chequear estanque de agua que este sin fuga y limpio 13.-- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 14.-- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	SEMANAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Realizar inspección de cenizas, agua y vapor 5.- Realizar cambio de válvula de seguridad 6.- Chequear dureza del agua 7.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 8- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	MENSUAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar procedimiento de detención de línea 4.- Realizar limpieza de fogón del equipo 5.- Realizar limpieza de tubos del equipo 6.- Realizar limpieza de la caja de fuego 7.- Realizar Limpieza de inyectores 8.- Realizar supervisión de la nueva instalación 9.- Despejar zona de trabajo	


Procedimiento operativo estándar del molino martillo

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR		
SISTEMA: MOLINO MARTILLO		
PROCEDIMIENTO DE:	INTERVALO:	REALIZADO POR:
	DIARIO	MECÁNICO ENCARGADO
Inspección visual	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar que no existan ruidos extraños, si no se detiene el equipo 4.- Verificar que el equipo no tenga vibraciones extrañas 5.- Controlar Lubricación en las piezas 6.- Revisar inspección de rodamiento del equipo 8.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 9.-- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	MENSUAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Realizar limpieza del equipo 2.- Realizar cambio en las elise del molino 3.- Realizar relleno de martillo 4.- Verificar que no se presenten daños visibles o piezas flojas o sueltas. 5- Verificar que los cambios realizados tengan perfecto funcionamiento 6- Despejar zona de trabajo	

Procedimiento operativo estándar del prensador


PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR		
SISTEMA: PRENSADOR		
PROCEDIMIENTO DE:	INTERVALO:	REALIZADO POR:
	DIARIO	MECÁNICO ENCARGADO
Inspección visual	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Inspección visual de limpieza del cuarto del equipo 4.- Verificar que no existan ruidos extraños en el equipo 5.- Revisar tensión de correas 6.- Realizar alineamiento de rodillos 7.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 8.- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	SEMANAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar el equipo que se encuentra detenido 3.- Verificar nivel de aceite, dejarlo en el óptimo 4.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 5.- Despejar zona de trabajo	
PROCEDIMIENTO DE:	MENSUAL	MECÁNICO ENCARGADO
Mantenimiento de la empresa	1.- Reconocer zona a intervenir 2.- Verificar que el equipo se encuentre detenido 3.- Verificar los filtros, y si es necesario cambiarlos 4.- Realizar cambio de correas 5.- Instalar cambio de boquillas 6.- Verificar que el equipo se encuentre en perfecto funcionamiento 7.- Despejar zona de trabajo	

Anexo 7: Manual de procedimiento

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 1 a 14


MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	EN REVISION:
DANIELA GONZÁLEZ ILLANES	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Y MANTENIMIENTO	JEFE DE MANTENIMIENTO	REVISION 00
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 2 a 14

INDICE

1.-	CARATULA	1
2.-	OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO	2
3.-	CRITERIO DE APLICACIÓN	3
4.-	POLITICA	3
5.-	DEFINICIONES	3
6.-	DESARROLLO	4
7.-	SITUACIÓN EXCEPCIONALES	5
8.-	RESPONSABILIDADES	5
9.-	ARCHIVOS Y REGISTROS ASOCIADOS	5
10.-	DOCUMENTOS ASOCIADOS	6
11.-	ANEXOS	7

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 3 a 14

2.- OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO

En este documento establece el procedimiento para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de la empresa La Libertad S.A, con el fin de asegurar su desempeño.

3.- CRITERIO DE APLICACIÓN

Este procedimiento se aplica para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de la empresa la Libertad S.A.


4.- POLITICA

Mantener operativo los equipos.

5.- DEFINICIONES

- **Mantenimiento Correctivo:** Es aquel que se realiza cuando el equipo se avería, con el fin de devolverlo a sus condiciones normales de trabajo.

- **Mantenimiento Preventivo:** Tareas de revisión de los elementos del equipo con el fin de detectar a tiempo posibles fallos, además de labores de engrase, ajustes, limpieza, etc.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 4 a 14

6.- DESARROLLO

Cuando el jefe o los operarios del departamento de Control de calidad y Mantenimiento observen un fallo o problema en el equipo, se avisa al responsable de mantenimiento para que proceda a gestionar su reparación.

Las averías o labores de mantenimiento, en caso de ser resueltas con medios propios se anotan en la ficha de mantenimiento de los equipos, indicando las horas de paro, los materiales utilizados y su costo. En el caso de que se contrate la reparación, se anota en la ficha de equipo la descripción de la tarea, la referencia del parte de trabajo, albarán o factura de la reparación y las horas de paro de los equipos.


Al menos una vez al año, el Responsable de mantenimiento estudia el mantenimiento realizado durante el ejercicio anterior y propone acciones de mejora para el periodo siguiente (búsqueda de proveedores de repuestos o consumibles, variación en la frecuencia del mantenimiento de cierto equipo, cambiar el modo de mantenimiento de un equipo de correctivo a preventivo o viceversa, propuestas de formación, mejoras en los equipos, etc).

El responsable de mantenimiento es responsable de analizar y presentar en la revisión del sistema, los datos más representativos del plan de mantenimiento realizado así como los recursos que estime necesario adquirir. En estas revisiones se estudiará la conveniencia o no de la propuesta.

Todas las labores de reparación y mantenimiento han de quedar registradas en formato "Historial de revisiones/ Reparaciones" (Ver anexo D), siendo responsabilidad del responsable de mantenimiento que esto se lleve a cabo, bien por él, o bien por el personal responsable del equipo si es el caso.

Mientras no se indique lo contrario en el "Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento" (Ver anexo A), se aplicará mantenimiento Correctivo. No obstante es indispensable recoger en el "Historial de Revisión / Reparaciones" (Ver anexo D), los trabajos que se realicen en estos equipos sea cual sea tipo de mantenimiento aplicado.

En caso de aplicar Mantenimiento preventivo, se debe determinar previamente un "plan de mantenimiento" (Ver anexo B), en el que se indicarán las labores a realizar y su periodicidad. Estos planes de mantenimiento son elaborados por el responsable de mantenimiento, con ayuda de Oficina Técnica si es necesario, y son aprobados por Gerencia tras la revisión anual del sistema de gestión de calidad o tras una revisión extraordinaria si es necesario.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 5 a 14

7.- SITUACIONES EXCEPCIONALES

En principio, se excluyen de este procedimiento aquellas máquinas y equipos cuyo funcionamiento no afecte sustancialmente a la calidad de los materiales y/o servicios prestados por empresa a sus clientes (impresoras, fotocopadoras, etc) En cualquier caso, tras la revisión del sistema de gestión de calidad, se puede estudiar la posibilidad de incluir algunos de estos equipos en función del costo de reparación, del valor del equipo, etc. Estas inclusiones quedan reflejadas en el Listado de equipo y maquinaria bajo mantenimiento (Ver anexo A).

8.- RESPONSABILIDADES


En general, los trabajos de mantenimiento y reparación son realizados por el responsable de mantenimiento y el personal a su cargo, a excepción de aquellas labores que pueden ser realizadas con eficacia y eficiencia por el personal responsable de la máquina o equipo correspondiente.

Además, el personal es responsable de mantener los documentos generados por este procedimiento en buenas condiciones, evitando su deterioro o pérdida.

El departamento de gestión de calidad posee copia de los formatos necesarios para este proceso, y velará por el correcto cumplimiento del mismo.

9.- ARCHIVOS Y REGISTROS ASOCIADOS

ARCHIVO / REGISTRO	PROPIETARIO	TIEMPO RETENCIÓN
Reg. Listado equipo bajo mantenimiento.	Responsable Mantenimiento	Mayor a 3 años
Reg. Plan de mantenimiento	Responsable Mantenimiento	Mayor a 3 años
Reg. Ficha equipo	Responsable Mantenimiento	Indefinido
Reg. Historial revisiones y reparaciones	Responsable	Indefinido

		Mantenimiento	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO		Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		Revisión:
			Fecha:
			Páginas: 6 a 14

10.- DOCUMENTOS ASOCIADOS


El responsable de mantenimiento dispone de la siguiente documentación para gestionar el mantenimiento de equipos y máquinas.

- a.- Listado de equipo y máquinas bajo mantenimiento
- b.- Hoja de vida de los equipos
- c.- Plan de mantenimiento de equipo y máquinas
- d.- Plan de mantenimiento preventivo
- e.- Ficha técnica de equipo y máquinas
- f.- Hoja de inspección y limpieza
- g.- Historial de revisiones y reparaciones

A continuación, se explica la utilidad y el uso de cada uno de estos documentos

a.- Listado de equipo y máquinas bajo mantenimiento

Lista de todas las máquinas y equipos que van a ser objeto de este procedimiento (Ver anexo A y B). Este listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento será elaborado por el responsable de mantenimiento y aprobado por gerencia. En esta lista se indica el código de cada máquina, su descripción y también el tipo de mantenimiento que va a tener. Por defecto, el mantenimiento será correctivo (se arregla cuando ocurre avería), hasta que se demuestre y apruebe que un mantenimiento preventivo (se revisa, engrasa, ajusta, etc., antes de que falle, en periodos programados y periódicos) pueda resultar económico para la empresa y permita evitar deficiencias en el servicio prestado, teniendo en cuenta las horas de paro, personal necesario, pérdidas por no-mantenimiento, etc.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 7 a 14

c.- Plan de mantenimiento de equipos / mantenimiento preventivo

En el caso de aprobarse el mantenimiento preventivo, el responsable de mantenimiento (con ayuda de oficina técnica o fuentes externas si es necesario), debe elaborar un plan donde se reflejen las tareas periódicas a realizar para minimizar o hacer desaparecer las averías imprevistas que el equipo o máquinas pueda sufrir. El plan de mantenimiento preventivo es individual para cada una de las máquinas y /o equipos.

En caso de optar por mantenimiento correctivo no se rellena este formato, por carecer de sentido, aunque se siguen registrando las labores de mantenimiento en el historial del equipo.

e.- Ficha técnica de equipo y máquina

Documento donde reflejan datos del equipo o máquina, tales como código, fabricante, fecha de entrada en la empresa, fecha de fabricación, descripción, situación en el almacén y otros de interés, como número de serie, etc.


Se recogen aquí además, datos de contacto de las personas que suministraron el equipo, representantes de zona, etc. Que pudieran ser de interés ante cualquier avería o consulta. Existe una ficha técnica para cada equipo o máquina bajo mantenimiento.

Además de la ficha técnica, el responsable de mantenimiento archiva otros documentos relacionados con el equipo o máquina, como pueden ser catalogados, manual del usuario, esquemas de funcionamiento, instrucciones de uso, medidas preventivas a tomar para evitar riesgos sobre las personas y material, etc. y el resto de documentos citados en este procedimiento. (Ver anexo Fy G).

f.- Historial de revisiones y reparaciones/ Hoja de inspección y limpieza

Formato en el que se registra cada una de las operaciones realizadas en el equipo, tanto si se trata de mantenimiento preventivo como correctivo.

En caso de que sea necesaria la sustitución o reparación de un componente del equipo o de la máquina, se anota en el campo correspondiente de la ficha, así como la fecha, las horas de parada, el importe dl repuesto/ reparación, etc. Con el fin de que el responsable de mantenimiento lleve un control de repuesto y gastos. Existe un historial de revisiones y reparaciones para cada equipo bajo mantenimiento. (Ver anexo E y H).

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 8 a 14

11.-


ANEXOS**ANEXO A:** Listado de equipo y máquina bajo mantenimiento

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS		REGISTRO- MANT-01		PAG DE
Fecha aprobación:		Fecha próxima evaluación:		
LISTADO DE EQUIPO Y MÁQUINAS BAJO MANTENIMIENTO				
MAQUINA/EQUIPO	CODIGO	CORRECTIVO	PREVENTIVO	
APROBACIÓN DEL LISTADO				
FECHA:		FIRMA:		
ELABORADO POR:		V° B° GERENCIA:		
OBSERVACIONES:				

	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 9 a 14


ANEXO B: Hoja de vida de los equipos

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS				REGISTRO- MANT-01		PAG DE
HOJA DE VIDA DEL EQUIPO						
Nombre del equipo		Código		Sección		
Fecha de adquisición		Factura N°		Garantía		
Modelo		Serie		Ubicación		
Dimensiones		Peso		Valor		
DATOS FABRICANTE						
Nombre			Representante			
Dirección			Fax			
E- mail			Teléfono			
CARACTERISTICA TÉCNICA						
Voltaje		Resistencia			Agua	
Consumo		Tipo de control			Aire	
Potencia		Tipo de operación			Vapor	
INTERVENCIONES REALIZADAS AL EQUIPO						
N°	FECHA	DESC. DE ACTIVIDAD	REPUESTO	MATERIALES	TIEMPO	RESPONSABLE
1						
2						
3						
4						
5						

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 10 a 14

ANEXO C: Plan de mantenimiento de equipo

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS	REGISTRO- MANT-01	PAG DE
Fecha aprobación:	Fecha próxima evaluación:	
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
FECHA:	FIRMA:	
ELABORADO POR:	V° B° GERENCIA:	
OBSERVACIONES:		


	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 11 a 14

ANEXO D: Plan de mantenimiento preventivo

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS					REGISTRO- MANT-01				PAG DE	
PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REGISTRO Y CONTROL										
Nombre:					Código:				Ubicación:	
MES	SEMANA				FRECUENCIA				OBSERVACIÓN	
	1°	2°	3°	4°	MEN.	TRIM.	SEM.	ANU.		
ENERO										
FEBRERO										
MARZO										
ABRIL										
MAYO										
JUNIO										
JULIO										
AGOSTO										
SEPTIEMBRE										
OCTUBRE										
NOVIEMBRE										
DICIEMBRE										


SIMBOLOGÍA

L	=	Lubricación	MS	=	Mantenimiento semestral
M	=	Mecánico	MA	=	Mantenimiento anual
E	=	Eléctrico	A	=	Aseo
H	=	Hidráulico	C	=	Cambio
I	=	Inspección	R	=	Reparación

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 12 a 14


ANEXO E: Ficha técnica de los equipos

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS		REGISTRO- MANT-01		PAG DE
FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINA/EQUIPO				
Fecha de entrada:		Fecha fabricación:		
Código:		Fabricante:		
DESCRIPCIÓN:				
CONTRATOS				
NOMBRE	CARGO	EMPRESA	TELÉFONO	
IMAGEN DEL EQUIPO				

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 13 1 14

ANEXO F: Hoja de inspección y limpieza

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS		REGISTRO- MANT-01		PAG DE	
HOJA DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA					
Nombre equipo		Código		Ubicación	
Marca		Modelo		Serie	
Partes principales del equipo a inspeccionar					
N°	Rutina de trabajo	Sistema/partes/estadio y criticidad/ observaciones			
1					
2					
3					
4					
5					
6					

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código:
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Revisión:
		Fecha:
		Páginas: 14 a 14

ANEXO G: Historial de revisiones y reparaciones

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MÁQUINAS	REGISTRO- MANT-01	PAG DE
HISTORIAL DE REVISIONES Y REPARACIONES		
MÁQUINA/ EQUIPO	CÓDIGO	
DESCRIPCIÓN, HORAS, PERSONAL, REPUESTOS, ETC.	HORA/FECHA	
	INICIO	
	FINALIZACIÓN	
	INICIO	
	FINALIZACIÓN	
	INICIO	
	FINALIZACIÓN	
	INICIO	
	FINALIZACIÓN	

Bibliografía

[DREA 14] Diccionario de la Real Academia Española. Edición 2014.

[Mounbray 04] John Mounbray, “mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM II” Edición español, 2004.

[Pinto97] A.K.Pinto “Contratacao por Disponibilidade”. 12 congreso Brasileiro de manutencao, Sao Paulo, 1997.

[Suárez03] Daniel Suárez Rovello. “diseño de un plan de mantenimiento para la infraestructura e instalaciones técnicas de los túneles de Guayaquil”. Tesis facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción, Escuela Superior Politecnica, 2003.

[ABC14] via Definicion ABC <http://www.definicionabc.com/comunicacion/diagrama-de-flujo.php>

[JohnBowel&Ronald98] John B. Bowels y Ronald D. Bonnell en el “Simposium Anual de Confiabilidad y Mantenibilidad, USA, 1998

[FCEFN14]. Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba

[joseCB09] Mag. Jose carlos Barriento

[Repsol05] Repsol YPF. Estudio de criticidad de equipos. Ingeniería de Mantenimiento – Staff Técnico ABB. 2005

[DEF10] <http://definicion.de/mano-de-obra/>

[HIDRI00] <http://www.hidritec.com/hidritec/decantadores>

[MOBLEY02] L.R. HIGGINS, R. K. MOBLEY. “*Maintenance Engineering Handbook*”. Ed 6. 2002.

[MANTPLA]http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.ph

