

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
Lauréate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos s.a.”

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Bach. Rubén Mariños Castillo

ASESOR:

Ing. Luis Terry Noriega

Ing. Paola Tello Alburqueque

TRUJILLO – PERÚ

2014

DEDICATORIA

A DIOS nuestro padre por darme el gran don y privilegio de soñar, vivir y la salvación (fe y esperanza) a través de su hijo amado Jesús. Te amo DIOS.

A mi padre por tener su incondicional apoyo, perseverancia en el logro de mi existencia y toda una vida de enseñanza para mi crecimiento y desarrollo personal.

A mi madre por ser la mujer más especial que he conocido durante toda mi vida y por lo mucho que lo amo.

A mi esposa e hija por tener su absoluta confianza depositada en mi persona y poder lograr mi objetivo.

EPÍGRAFE

“somos lo que hacemos día a día, de modo que la excelencia, no es un acto,
Si no un hábito”.

(Aristóteles)

AGRADECIMIENTO

Doy las inmensas gracias a DIOS, por darme la vida y misericordia por sus bendiciones infinitas en mí para poder lograr mi objetivo.

Le doy gracias a mis asesores el ingeniero LUIS TERRY NORIEGA y a la ingeniera PAOLA TELLO ALBURQUEQUE por su ayuda durante la realización de mi tesis.

Le doy gracias a varias personas que trabajan en la empresa Tableros Peruanos que fueron la ayuda de la realización de mi tesis, tales como: Javier Amaya, Santos Benites, Alejandro Aguirre y Arturo Rodríguez. Muchas gracias a todos por el tiempo agradable que compartí con ellos durante el desarrollo.

Le doy gracias a la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, por contribuir en mi formación, tanto académica como personal.

A todos, Muchas Gracias !!!

RESUMEN

En el presente proyecto se presenta el estudio que tiene como finalidad realizar UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE LA EMPRESA TABLEROS PERUANOS S.A.". el trabajo se plantea como objetivo general: Mejorar la disponibilidad de equipos mediante la propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo programado para la ejecución de las reparaciones programadas en la empresa Tableros Peruanos S.A.

El propósito es de garantizar la disponibilidad de los equipos en estudio a lo largo de su funcionamiento. Por medio de la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se va poder evaluar y analizar el desempeño de la jefatura de mantenimiento mediante el uso de los indicadores de gestión, el procedimiento que se utilizó para que fuera posible alcanzar los objetivos se realizó lo siguiente: data histórica de análisis de fallas, tiempo de demoras, horas de reparación, referencias bibliográficas, ordenes de mantenimiento, toneladas dejadas de producir por causas de mantenimiento y producción real.

También se realizaron reuniones con la jefatura de mantenimiento de la empresa Tableros Peruanos y con las demás jefaturas encargadas para analizar la información recopilada y su aplicación en el estudio, donde se tuvo que realizar y seleccionar las estrategias de aplicación más adecuada y determinar los indicadores de gestión de mantenimiento. Donde se realizó las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
EPÍGRAFE.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
Índice de cuadros.....	viii
Índice de grficos.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
GENERALIDADES DE LA INVENSTIGACIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Delimitación de la Investigación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación.....	4
1.6 Tipo de Investigación.....	4
1.6.1 Investigación descriptiva.....	4
1.7 Hipótesis.....	4
1.8 Variables.....	4
1.8.1 Sistema de Variables.....	4
1.8.2 Operacionalización de Variables.....	5
1.8.3 Criterios del establecimiento de indicadores de gestión de mantenimiento.....	5
1.9 Diseño de la Investigación.....	5
CAPÍTULO II	
MARCO REFERENCIAL.....	7
BASE TEÓRICA.....	9
2.1 Mantenimiento.....	9
2.2 ¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento.....	9
2.3 Funciones del mantenimiento.....	10

2.4 Responsabilidades de mantenimiento	11
2. 5 Efectividad del mantenimiento	11
2.6 Tipos de mantenimiento	12
2.7 Mantenimiento correctivo	13
2.8 Gestión y Organización	16
2.9 Gestión de los materiales y repuestos.....	16
2.10 Programa o Plan de Mantenimiento Preventivo.....	17
2. 11 Análisis de criticidad	17
2.12 Orden de trabajo	21
2.13 Gestión de mantenimiento.....	22
2.14 Definición de términos	24

CAPITULO III

DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	27
3.1. Descripción general de la empresa	27
3.1.1. Visión y Misión	27
3.1.2. Productos	27
3.1.3. Clientes	29
3.1.4. Proveedores	30
3.1.5. Competidores.....	30
3.1.6. Maquinarias y equipos.....	31
3.1.7. Organigrama general	34
3.1.8. Mapa de Procesos	36
3.2. Descripción del área objeto de estudio.....	37
3.3 Diagrama de Ishikawa	42
3.3.2. Matriz de Priorización.....	43
3.3.3. Pareto	44
3.3.4. Indicadores actuales y metas proyectadas.....	44

CAPITULO IV

SOLUCIÓN DE PROPUESTA.....	46
4.1 diseño de contrastación.....	46
CUADRO PROPUESTA.....	47
4.2 Técnicas de recolección de datos	48
SITUACION ACTUAL.....	49
INDISPONIBILIDAD AÑO 2013	50
4.3 Estudio del comportamiento de los equipos críticos	63
4.4. Sistema de Indicadores de Gestión de Mantenimiento	70
4.5. Tablero de control	70
4.6 Tiempos paralizados por mantenimiento correctivo	74
4.7 Sistema documental.....	77
4.9 Planes de Mantenimiento Preventivo programado	87
4.10 Programa de capacitación.....	96
4.11 Equipos antiguos.....	97

Capítulo V

EVALUCIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA	101
EVALUACION DE RESULTADOS	103

Capítulo VI

Resultados y discusiones.....	107
6.1 Resultados	107
6.2 Discusiones.....	107

Capítulo VII

Conclusiones y recomendaciones.....	109
7.1 Conclusiones.....	109
7.2 Recomendaciones.....	110
Referencias bibliográfica	111
ANEXO	112

ÍNDICES DE CUADROS

Cuadro N° 1 planes de mantenimiento de equipos críticos.....	3
Cuadro N° 2: operacionalizacion de variables.....	5
Cuadro N° 3: frecuencia de cambio de piezas.....	16
Cuadro N° 4: análisis de criticidad.....	18
Cuadro N° 5: Matriz de criticidad 1.....	19
Cuadro N° 6: matriz de criticidad 2.....	20
Cuadro N° 7: parámetros de criticidad.....	21
Cuadro N° 8: formato de órdenes de trabajo.....	22
Cuadro N° 9: proveedores.....	30
Cuadro N°10: Diagrama de Flujo de Proceso o Flujo grama.....	40
Cuadro N° 11: Matriz de Priorización.....	43
Cuadro N° 12: Pareto.....	44
Cuadro N° 13: indicadores actuales.....	44
Cuadro N°14: fallas mecánicas y eléctricas.....	49
Cuadro N° 15: indisponibilidad 2013.....	50
Cuadro N°16: Análisis de falla año 2013.....	51
Cuadro N°16: Demoras (año 2013).....	53
Cuadros N°18 - 27: Análisis de falla.....	53,63
Cuadro N°28: Matriz de criticidad empleada para los equipos.....	65
Cuadro N°29: Parámetros para identificar los equipos de estudio.....	66
Cuadro N°30: análisis de criticidad de rotor mecánico.....	67
Cuadro N°31 resultados del análisis de criticidad 2013.....	68
Cuadro N°32: tablero de control	70
Cuadro N°33: Producción real vs programada.....	72
Cuadro N°34. Tiempos paralizados x mantto correctivo2013.....	73
Cuadro N°35: TDP por causas de mantenimiento.....	74
Cuadro N°36: gastos por mantenimiento correctivo 2013.....	75
Cuadro N°37: ahorro de energía 2013.....	76

Índice de cuadros

Cuadro N°38: remuneración mano de obra.....	76
Cuadro N°39: Formato de efectividad.....	77
Cuadro N°40: Formato administración de recursos.....	78
Cuadro N°41: Formato de análisis de fallas.....	78
Cuadros N°42 - 51: Estándares de inspección.....	80, 84
Cuadro N°52: Planes de lubricación para los equipos críticos.....	85
Cuadro N°53: Planes de mantenimiento preventivo.....	88
Cuadro N°54: plan de mantenimiento programado 2015.....	93
Cuadro N°55: costos de mantenimiento.....	95
Cuadro N°56: programa de capacitación.....	97
Cuadro N°57: vida útil de los equipos según fabricante.....	97
Cuadro N°58: análisis de OEE.....	98
Cuadro N°59: Plan de renovación de equipos.....	98
Cuadro N° 60: Plan de renovación de equipos para los siguientes años...99	
Cuadro N°61: perdidas económicas en la actualidad.....	101
Cuadro N°62: inversiones para las propuestas de mejora.....	101
Cuadro N°63: ahorro implementando las propuestas de mejora.....	102
Cuadro N°64: evaluación de resultados.....	103
Cuadro N°65: Flujo caja.....	104
Cuadro N°66: CÁLCULO DEL BENEFICIO COSTO DE LA TESIS.....	105

Índices de gráficos

Grafico N° 1: Esquema del sistema de gestión de mantenimiento.....	24
Grafico N° 2: maderba sp.....	27
Grafico N° 3: maderba MP.....	28
Grafico N° 4 maderba mrh.....	28
Grafico N° 5: maderba melanina.....	29
Grafico N° 6: proceso estretegicos.....	36
Grafico N° 7: Pareto.....	44
Grafico N°8: horas de fallas mecánicas y eléctricas 2013.....	49
Grafico N° 9: indisponibilidad 2013.....	50
Grafico N°10: análisis de fallas.....	52
Grafico N°11: demoras 2013.....	53
Grafico N°12: Método del Semáforo.....	68

INTRODUCCIÓN

Tableros Peruanos S.A es una empresa perteneciente actualmente al grupo gloria con más de 38 años de antigüedad y funcionamiento Liderando el mercado de tableros aglomerados a nivel nacional, donde esta empresa forma parte del sector manufactura a la fabricación de tableros aglomerados de diferentes espesores de 4 hasta 30 milímetros, utilizando como materia prima: bagazo, eucalipto, pino, etc. e insumos. Generando de esta manera empleo y apoyo social es así que la mano de obra es obtenida de su localidad y teniendo mayor énfasis en el impacto ambiental con un crecimiento de 2 % del PBI a diferencia de otras empresas del mismo rubro entre ellas: masisa, Novo pan, etc. Fuente: INEI

Para poder obtener y cumplir con la meta de producción se requiere una buena programación y ejecución por parte del equipo de planificación y mantenimiento. El mantenimiento es de gran importancia ya que nos permite que el equipo pueda funcionar eficientemente en el momento requerido.

Los tipos de mantenimiento que son aplicados en la empresa tableros Peruanos: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

Mantenimiento preventivo: este se refiere a actividades de corta duración de uso

Mantenimiento correctivo: esta se refiere a actividades de mantenimiento de impacto y gran escala, se ejecuta cuando se paraliza el equipo.

Dónde se va a realizar un sistema de mantenimiento preventivo para establecer cuáles son los equipos críticos que se encuentran con un alto índice de horas por falla. Es así que se realizará programación de reparaciones programadas en cada parada, para llevar un control y seguimiento a los equipos.

El mantenimiento basado en la disponibilidad consiste en realizar mediciones en las variables operacionales de una maquina o equipo. Al monitorear y registrar, mediante inspecciones periódicas, parámetros claves en el desempeño de una máquina, como variables operacionales, niveles de vibraciones, ruidos ultrasónicos, estado de lubricantes, tiempo entre fallas, es posible obtener patrones o señales que, al analizarlas, permiten determinar la disponibilidad del equipo, y de esta manera poder planificar actividades de mantenimiento.

En el capítulo I, se mencionan algunos aspectos generales de la empresa, el problema por el cual atraviesa y en función a este, se establece el objetivo general, junto a los objetivos específicos. En el capítulo II se presentan los antecedentes de esta investigación y el diagnóstico así como conceptos y principios básicos que permiten una mejor comprensión del tema. El capítulo III constituye las herramientas de mejora para alcanzar los objetivos propuestos. En el capítulo IV se desarrolla las propuestas de mejora. En el capítulo V se desarrolla la evaluación económica financiera. En el capítulo VI se realiza las discusiones del proyecto. Por último, se generan las conclusiones y recomendaciones del trabajo propuesto.

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad Problemática

Tableros Peruanos S.A es una empresa perteneciente actualmente al grupo Gloria con más de 38 años de antigüedad y funcionamiento lo cual la empresa.

Está tratando de mejorar el mantenimiento con el fin de reducir sus fallas de equipos, demoras de entrega; con esto aumentando su nivel de producción para garantizar las óptimas condiciones de disponibilidad de los equipos para ello se va a diseñar un plan de gestión de mantenimiento preventivo, donde se realizara un plan de mantenimiento programado preventivo que nos permita al equipo un funcionamiento eficiente.

A través de este diseño de gestión de mantenimiento preventivo, se llevará el control de rutinas de inspección y control de ejecución del mantenimiento a los equipos intervenidos durante las programaciones programadas por medio de indicadores de gestión de mantenimiento.

La empresa Tableros Peruanos no cuenta con planes de mantenimiento preventivo programados para todos sus equipos, por la gran cantidad de equipos que posee en la planta. Lo cual a través de análisis de criticidad se ha determinado a que equipos se va diseñar un plan de mantenimiento preventivo programado de dicha empresa. Por falta de mantenimiento y las consecuencias de falla en los equipos se a remunerado a la mano de obra inoperativa (producción) un total de s/. 100,838.36.

Los repuestos más rotativos del área de mantenimiento son: rodamientos, fajas, cadenas, chumaceras, cintas, pegamentos y fabricación de soportes, ejes, piñones, poleas, etc. La demora de algunos de estos repuestos de los equipos genera pérdidas de tiempo en su reparación como nos muestra nuestro indicador de gestión MTTR de 600 horas en el año 2013. El tiempo de entrega de estos repuestos en promedio son 2 días, donde todos estos repuestos son nacionales, el área no cuenta con un grupo de colaboradores capacitados para hacer la verificación de los repuestos, trabajos hechos en las factorías externa de maquinado y acabado

El área de logística por un problema de presupuesto adquiere repuesto de baja calidad. El área hace el requerimiento de repuesto hacia logística en función de los problemas presentados del día a día pero teniendo como resultado del 100% solo llega un 70% del pedido por un problema de presupuesto.

.La línea de procesamiento de tableros aglomerados tiene una velocidad máxima de 12 a 13 ton/h, con una capacidad de almacenaje de 19 ton/hr de materia prima. Donde en los registros de producción y registros de calidad del año 2013 muestran la falta de producción de acuerdo al programa por las altas intervenciones en los equipos, de la misma manera por consecuencia de

los equipo antiguos presenta reproceso por cada parada mayor a 15 minutos a un costo de reproceso de s/. 9,325 en el año 2013

El área de mantenimiento de la empresa se encarga de reparar, ensamblar, soldar de los equipos que cuenta la empresa. Teniendo como involucrados en esta área: un jefe, 2 supervisores y 18 operarios de mantenimiento. Además esta área está dividido en varias partes: soldadura y mecánica.

Cuando un equipo tiene una avería en el proceso el área de producción informa a mantenimiento de lo ocurrido. Supervisión crea la orden de trabajo para su requerimiento de repuestos y ser intervenido el equipo con presencia de falla. Una vez generada la orden de mantenimiento se espera en almacén 20 minutos por cada orden generada. Las causas principales de este ineficiente tiempo perdido son: la rotación del personal operativo (dos veces al año) y el desorden de almacenaje de los repuestos. Las órdenes generadas de trabajo son 4320 al año con una pérdida de s/.8640 teniendo como problema la entrega del equipo en funcionamiento

En la actualidad una disponibilidad de equipos a un 87 % en cual está por debajo del estándar 98.7%

De acuerdo al plan de producción en el año 2013 se obtenido una pérdida total de S/. 6, 551,043.78. Donde se tiene un monto por causas de mantenimiento una perdida S/. 5, 387,907.78 adicionado a ello el 8 % por conocimiento del personal técnico.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta mejora de la gestión de mantenimiento en la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos S.A.?

1.3 Delimitación de la Investigación

Los factores que pueden influenciar en las limitaciones para la realización de este proyecto son:

- Acceso a información de planes de mantenimiento
- Falta de tiempo
- Historiales de fallas
- Falta de información técnica por equipo
- Manejo de materiales

La investigación del proyecto comprenderá en un diseño de gestión de mantenimiento preventivo mecánico para las reparaciones programadas a los equipos críticos que han presentado más fallas en el 2013. Teniendo un total de 11

Equipos que se tiene que realizar un plan de mantenimiento preventivo

Cuadro N°1 – planes de mantenimiento de equipos críticos

GRUPO	EQUIPO	SISTEMA
103	banda transportadora de carga de troncos	manejo de materiales
109	rotor mecánico	manejo de materiales
112	ventilador tiro inducido	Reformación
204	arrastrador de cadenas (tkf)	manejo de materiales
212	bombas de inyección de bunker	servicio comunes
217	molino psk m	servicio de molido
307	encoladora capa externa	manejo de materiales
309	compresor – pistones	Aire
311	rodillos de lanzamiento	manejo de materiales
402	sistema hidráulico (válvulas)	servicios comunes
405	bombas de alta presión	fluido de presión
420	empujador sierra balanza	manejo de materiales

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Mejorar la disponibilidad de equipos mediante la propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo programado para la ejecución de las reparaciones programadas en la empresa Tableros Peruanos S.A.

1.4.3 Objetivos Específicos

- Definir equipos críticos
- diagnosticar situación actual de los equipos críticos de la empresa Tableros Peruanos S.A. utilizando diagrama de Pareto
- analizar y estudiar comportamiento de los equipos
- establecer los estándares de inspección
- determinar objetivos de mantenimiento
- establecer indicadores de gestión de mantenimiento
- generar un plan de mantenimiento preventivo mecánico de las reparaciones programadas a los equipos críticos de la empresa Tableros peruanos
- ejecutar la creación de los equipos en el sistema SAP. Ejecutar la creación y Modificación de las hojas de ruta en el sistema SAP

1.5 Justificación

Este estudio permitirá al investigador y a la empresa Tableros Peruanos S. A, definir cuáles son los equipos que necesitaran ser intervenidos para realizarse mantenimiento, cuales son la piezas o repuestos a reemplazar y conque frecuencia deben ser intervenidos cada máquina/equipo, controlar las actividades de mantenimiento a ejecutar, establecer y estandarizar parámetros de mantenimiento. Durante cada parada programada es para los equipos críticos

Esta investigación que se realiza es importante ya que la correcta ejecución de un plan de mantenimiento preventivo programado entre las fechas establecidas(inicio y final) disminuye la probabilidad de fallas o averías de los equipos además garantiza su funcionamiento, confiabilidad, disponibilidad y evitara la paralización en el proceso productivo por la reparación de un equipo crítico, Así mismo en la empresa contamos con los siguientes costos de mantenimiento: costos de mano de obra, costos de maquinaria/equipo, costos de servicio (agua y energía)

En el aspecto económico se justifica llevar un mejor control en los costos generados por mantenimiento, reparaciones, servicio y así mismo obteniendo una mejor producción e ingresos.

En el aspecto académico este estudio generara un nivel de aprendizaje y enseñanza para aquellas personas interesadas en mejorar sus equipos o cualquier otro fin.

1.6. Tipo de Investigación

1.6.1 Investigación descriptiva

Es descriptiva, porque se describe como está la situación actual de los equipos críticos que se encuentran en tableros Peruanos s.a. se tuvo que investigar la información con claridad y conciso para la aplicación del estudio

1.7 Hipótesis

La propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo programado incrementa la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos S.A.

1.8 Variables

1.8.1 Sistema de Variables

✓ **Variable independiente:**

Mantenimiento preventivo

✓ **Variable dependiente:**

Disponibilidad de equipos.

1.8.2 Operacionalización de Variables

Cuadro N° 2: operacionalización de variables

PROBLEMA	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos s.a.”	La propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo programado incrementa la disponibilidad de equipos en la empresa Tableros Peruanos	VI: mantenimiento preventivo	1. reducción de tiempos de fallas
			2. satisfacción al cliente
		V2: disponibilidad de equipos	1. cumplimiento con las metas de producción
			2. mayor calidad de producto terminado

VARIABLES		Definición	Indicadores
VD	MTBF (tiempo medio entre fallas)	Es el tiempo promedio que un equipo, maquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional	Tiempo total de operación / número de paradas por falla.
	MTTR (tiempo medio de reparación)	Es el tiempo medio real utilizado para arreglar la falla y restaurar la función de un equipo, maquina, línea o procesos después de una falla funcional	Tiempo total de las reparaciones /número total de fallas en un sistema.
VI	% de repuestos en stock	Es la cantidad de repuestos que se van usar en su momento de cambio	Cantidad total de los repuestos x 100 /Cantidad de repuestos en stock
	Costo de Reparación	Es la suma total de todo lo usado para la reparación del equipo	Costo mano de obra + costo de los repuestos + costo de transporte

1.8.3 Criterios del establecimiento de indicadores de gestión de mantenimiento:

- ✓ Facilidad de su cálculo al medir el indicador
- ✓ De fácil manejo y medibles
- ✓ Fácil interpretación

1.9. Diseño de la Investigación

Por el diseño: Pre-Experimental

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes de la Investigación

Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta H y L II (equipos de cada planta productiva) en la siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro

Realizado por:

Br. Carlos Zapata

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE” PUERTO ORDAZ 2009

El trabajo plantea como objetivo general: realizar un plan de mantenimiento preventivo mecánico con el propósito de garantizar la disponibilidad de los equipos en estudios a lo largo de su vida útil. Por medio del uso y aplicación del Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo se va a poder evaluar el desempeño de la Gerencia de Mantenimiento de HyL II mediante el uso de indicadores de gestión. El estudio que se propone en este trabajo será desarrollado como una investigación no experimental. El procedimiento que se utilizó para que fuera posible alcanzar los objetivos, requirió de la realización de las siguientes actividades: a) Revisiones y posterior análisis de las referencias bibliográficas. b) Recopilar información y data histórica de análisis de fallas, tiempo de demoras, indisponibilidad de los equipos, horas de reparación programadas vs ejecutadas, órdenes de mantenimiento programadas vs ejecutadas, producción programada, real y toneladas dejadas de producir por causas de mantenimiento. c) Realizar reuniones con el Jefe de Sector de Mantenimiento HyL II y con los Líderes de Grupo Técnico de HyL II para analizar la información recopilada y su uso en la investigación o estudio a realizar. d) Seleccionar la estrategia de aplicación más adecuada para realizar establecer los indicadores de Gestión de Mantenimiento e) Elaborar conclusiones y recomendaciones. f) Realizar la investigación.

Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo programado para la ejecución de las Reparaciones Programadas (RP) en la planta HyL II en la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR).

Propuesta de acciones de mantenimiento basadas en el mantenimiento centrado en confiabilidad (m.c.c) a los ventiladores de enfriamiento

Universidad de Oriente

Núcleo de Anzoátegui “BARCELONA, ABRIL 2009”

REALIZADO POR:

GUALBERTO PÉREZ

Mediante el presente trabajo se proponen acciones de mantenimiento, basadas en la metodología MCC, aplicada a los ventiladores de enfriamiento en el área 200, Planta de Hidro procesos, Refinería Puerto la Cruz. Para lograr este objetivo, fue necesario describir el contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento, jerarquizar los equipos críticos aplicando la metodología DS, analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos y definir las tareas de mantenimiento mediante la elaboración del Árbol Lógico de Decisiones, que permitirá minimizar las fallas de los equipos críticos. Entre las conclusiones más importantes se pueden mencionar; que las fallas funcionales están asociadas a la falta de ejecución de tareas de mantenimiento, identificándose como causas más frecuentes; desajustes, desgaste, fuga de aceite, desalineación y suciedad.

El objetivo de esta investigación es proponer acciones de mantenimiento basadas en el MCC a los ventiladores de enfriamiento de la ya mencionada planta, siguiendo los parámetros metodológicos y requerimientos de esta filosofía de mantenimiento, para ello se establecieron objetivos específicos cuyo desarrollo permite lograr la elaboración de los planes de mantenimiento centrado en confiabilidad.

El mantenimiento centrado en confiabilidad MMC tiene como fin, la ejecución del mantenimiento incrementando la disponibilidad de los activos a bajo costo y permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable, dentro del contexto operacional, mejorar los procesos de producción y disminuir considerablemente los riesgos sobre la seguridad de las personas y el ambiente que se presentan como resultados de fallas en los activos.

Objetivo general

Proponer acciones de mantenimiento basadas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a los ventiladores de enfriamiento en el Área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz.

BASE TEÓRICA

2.1 Mantenimiento.

Labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

Una concepción del mantenimiento es la estructura organizacional mediante la cual las políticas específicas del mantenimiento de las instalaciones son desarrolladas [1].

Es la materialización de la forma de cómo una compañía piensa acerca del rol del mantenimiento como una función operativa. [1]

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc. [1]

2.2 ¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento? [2]

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar daños ambientales.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente

2.2.1 Objetivos del mantenimiento.

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, manteniendo los registros adecuados.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto, empleando métodos más fáciles de reparación.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.

2.2.2. Políticas de mantenimiento

- Se establecerá e implementará la política de mantenimiento, en concordancia con la política de la organización, rubricada por las direcciones de la organización y de la función mantenimiento. Debe quedar concreta y claramente especificada la política de mantenimiento, incluyéndose todos los aspectos que se consideren pertinentes de incluir.
- La política de mantenimiento adquiere carácter de compromiso por lo que se debe tener especial cuidado en su cumplimiento e implementación, debiendo aplicar el mayor grado de responsabilidad para el efecto. La política de la organización, al igual que las etapas y contenidos de estas, también será susceptible de revisión y mejora. [3]
- Para implementar y desarrollar correctamente el sistema de gestión de mantenimiento SGM, la función mantenimiento, con apoyo de las funciones organizacionales involucradas y de la dirección de la organización preparará, entre otras y la documentación necesaria.
- Resultados de las últimas auditorías (internas, externas) realizadas a mantenimiento y al sistema de gestión de mantenimiento SGM.
- Clasificación y datos técnicos de activos (sistemas, áreas, máquinas, equipos, vehículos, infraestructura, otros similares)
- Listados codificados de activos y su correspondiente categorización. [3]

2.3 Funciones del mantenimiento

2.3.1 Funciones primario:

La función de mantenimiento debe preocuparse de: [3]

- REPARAR: Resolver las averías
- PRESERVAR: Lubricación, inspección, limpieza
- MANTENER: Gestión, programación y control del trabajo
- MEJORAR: Disminuir trabajos no planificados
- PROYECTAR: Participar en la ingeniería

2.3.2 Funciones secundario

Realizar pedidos de repuestos, herramientas y suministros.

- Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección
- Llevar la contabilidad e inventario de los equipos.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración

2.4 Responsabilidades de mantenimiento

- Planear y coordinar la distribución del trabajo acorde con la fuerza laboral disponible.
- Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
- Preparar anualmente un presupuesto, con justificación adecuada que cubra el costo de mantenimiento.
- Establecer una rutina adecuada inspección de los equipos.

2.5 Efectividad del mantenimiento

Veamos algunas características del servicio de mantenimiento, que llevan a que el mismo sea considerado *efectivo*. Hemos dicho que la confiabilidad o fiabilidad es la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

Otro de los parámetros que nos interesa conocer, es la *disponibilidad* que se tiene del equipo a mantener. Esta característica la podemos obtener como cociente entre el tiempo real que el bien se encuentra en condiciones de operación y el tiempo total en que el mismo debería estar disponible (tiempo programado). [2]

Como resulta obvio deducir, la disponibilidad es función de la frecuencia de las fallas y de su duración, asimilado al tiempo de reparación. Puede obtenerse con la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = (TP - TI) / TP$$

TP: es el tiempo programado de funcionamiento y

TI: es el tiempo de inactividad por falla.

También nos interesa conocer la eficiencia de un bien de producción. La eficiencia nos habla sobre el régimen de funcionamiento y la medimos como cociente entre el tiempo estándar para realizar una actividad y el tiempo real de la misma. *Calidad* del servicio de mantenimiento es otra medida a tener en cuenta. La misma nos indica en qué medida el bien a mantener elabora los productos con la calidad especificada por el diseño. Puede medirse por la siguiente relación: [2]

$$\text{Tasa de calidad} = (\text{CP} - \text{D}) / \text{CP}$$

CP: es la cantidad elaborada por el bien

D: es la cantidad que presenta defectos.

En definitiva, el mantenimiento debiera ser *efectivo*, denominando así al servicio que combina disponibilidad, eficiencia, calidad y costos resulta común definir una medida del desempeño de los equipos, mediante el *índice o tasa de efectividad*, obtenida como el producto de las tasas de disponibilidad, eficiencia y calidad: [2]

$$\text{Tasa de efectividad} = \text{disponibilidad} \times \text{eficiencia} \times \text{tasa de calidad}$$

2.6 Tipos de mantenimiento

1 – Mantenimiento correctivo a- de emergencia

b- programado

2 - Mantenimiento preventivo

3 - Mantenimiento predictivo

4 - Mantenimiento productivo total (TPM).

Normalmente coexisten varios de ellos en una misma empresa, pues tratamos de elegir el sistema que más convenga según el tipo de bien a mantener, la política empresarial en esta materia, la organización del mantenimiento y la capacidad del personal y de los talleres, la intensidad de empleo de los bienes, el costo del servicio o las posibilidades de aplicación como le resultará evidente, no todos los bienes a mantener son del mismo tipo así podemos discriminar entre:[6]

Críticos
Importantes
comunes o sin importancia

Esta clasificación está basada principalmente en las *secuencias* que pueden acarrear las fallas que se produzcan sobre cada uno de ellos.

2.7 Mantenimiento correctivo

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina. En el mantenimiento correctivo planificado se elabora un plan en el que se prevé repuestos, mano de obra, etc. [6]

✓ Mantenimiento correctivo de emergencia.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia. [5]

✓ Mantenimiento correctivo programado.

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción en general, programamos la detención del equipo. [5]

2.7.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que lo representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y la tercera no se realizan, la tercera es inevitable. Por otro lado, para los casos en que no disponemos de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la recorrida periódica de todos ellos y la confección de un programa de reparaciones anticipadas, nos permiten actuar antes que se produzcan muchas de las fallas. En todos los casos la prevención nos permite preparar el equipo la base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella. [5]

2.7.1.1 Características del mantenimiento preventivo:

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias: engrasar, cambiar correas, desmontaje, limpieza, etc. [6]

2.7.1.2 Ventajas:

- Confiabilidad: Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento, debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Debe hacerse correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones. Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos. [5]

2.7.1.3 Desventajas

Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados, Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

Es el efectuado a un equipo siguiendo

2.7.2 Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan las herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. [6]

2.7.2.1. Fallas de mantenimiento

Fallas

Se define como: “Defecto material de una cosa que merma su resistencia” podemos decir entonces que son desperfectos ocurridos durante la vida útil del equipo, se presentan tres etapas: [6]

- **Fallas tempranas**

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, diseño o de montaje. [6]

- **Fallas adultas**

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamiento de la caja, etc.) [6]

- **Fallas tardías**

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida útil del equipo. [6]

- **Fallas Funcionales** Es la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. La pérdida parcial de una función es razón por lo que la misma pueda tener más de una falla funcional, una función puede incorporar varios criterios de prestación y si no se cumple alguno ya es una falla funcional. [7]

- **Modos de Falla**

Son la causa de las fallas funcionales. En otras palabras, el modo de falla es el que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla). [7]

Se hace una lista de modos de falla, para cada falla funcional, anotando solo aquellos que tengan más probabilidad razonable de que se produzcan, estas pueden ser tales como:

Los que se han producido anteriormente en el mismo equipo. Los que son objeto de mantenimiento cíclico preventivo. Los que se consideren más posibles, así no hayan sucedido. Al describir un modo de falla, se debe intentar utilizar un verbo preciso para describir el mismo, y tratar de no usar excesivamente la palabra “Falla”. Para evitar concentrarse en los “Síntomas” de las fallas, es esencial registrar las causas fundamentales de cada falla funcional, al definir los modos de las mismas. Los operarios, especialistas, encargados o fabricantes del equipo, así como los antecedentes técnicos y base de datos, son las fuentes de información más importantes para identificar los modos de falla presentes en un equipo. [7]

- **Efectos de la Falla**

Forma de manifestación del modo de falla, permite definir lo que sucede al producirse cada modo de falla, con lo cual es posible determinar el nivel de mantenimiento a aplicar; con esta información de los efectos Para definir un efecto de falla se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: qué evidencias hay de que ocurrió la falla, de qué manera afecta la seguridad y al ambiente, de qué manera afecta la producción o las operaciones, es necesario parar el proceso, hay impacto en la calidad, hay impacto en el servicio al cliente, se producen daños a otros sistemas, qué daños físicos ocasiona la falla. [7]

2.8 Gestión y Organización

Las actividades de mantenimiento pueden organizarse y administrarse de formas variadas. Para todas ellas son aplicables las características que señalamos a continuación, con excepción del TPM la cual constituye una filosofía especial de mantenimiento y que debe incluirse en los planes de producción.

2.9 gestión de los materiales y repuestos

Si se trata del rubro repuesto, se debe tener en cuenta que cuando adquirimos un equipo nuevo, podemos solicitar al proveedor un listado de repuestos recomendados para emplear durante el primer o los dos primeros años de uso del equipo.

Sabiendo que un repuesto es: el elemento que sustituirá a otro en malas condiciones, se tendrá en bodega los repuestos considerados como los más importantes, para ello se tendrá que analizar los factores tales como: [6]

- **Frecuencia**

Recurriendo al historial de cada equipo se analizara las veces que el elemento ha sido cambiado, y el porqué de esa falla para determinar el grado de prioridad de ese elemento.

Para ello proponemos el formato siguiente: [6]

Cuadro N°3: frecuencia de cambio de piezas

formato de cambio de piezas				
Equipo		Fecha		
Código	elemento	Frecuencia	causa	Observaciones

2.10 Programa o Plan de Mantenimiento Preventivo

Se trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

2.10.1 SAP PM

Es el módulo SAP utilizado para la gestión del mantenimiento de los Equipos en la empresa tableros peruanos utiliza el SAP PM como el sistema informático que refleja la filosofía de mantenimiento.

2.10.2 Reparación programada (RP)

Son aquellas que se llevan a cabo en forma periódica (generalmente de dos, tres o cuatro semanas). Se toman en cuenta en el programa de producción mensual y tienen una duración normal entre 8 y 16 horas.

2.10.3 Control del mantenimiento.

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento, se cuenta:

- Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- Control de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planeados.
- Control sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad. [8]

2. 11 Análisis de criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un Análisis de Criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. [7]

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: [7]

- 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.

.Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

El Análisis de Criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta, personal. [7]

2.11.1 Metodología de Análisis de Criticidad

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de sistemas o equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar, basado en la realidad actual. [7]

El objetivo de esta metodología va dirigido a ofrecer una herramienta que ayude en la determinación de la jerarquía de sistemas y equipos de una planta, que permita manejarla. Hay que destacar que para cada parámetro están dadas unas series de factores predeterminados por el método [7]

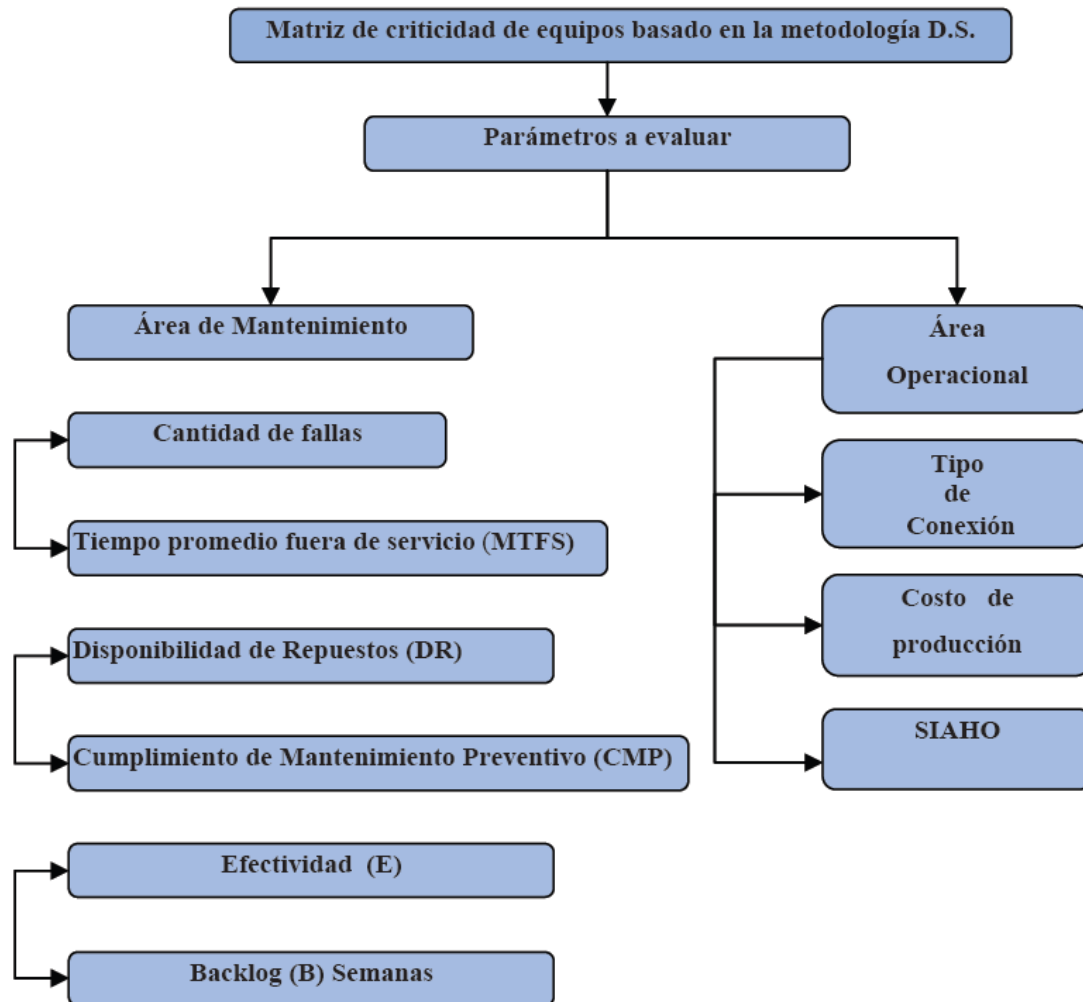
Cuadro N° 4: análisis de criticidad

Factor	1	2	3
Nivel gravedad	Menos grave	Grave	Más grave

Fuente: propia

Hecho el análisis a cada parámetro se suman las ponderaciones resultantes obteniendo un total por cada área y se introducen en la ecuación 2.1 que se utiliza para calcular la criticidad del equipo. La matriz es flexible por cuanto se pueden incluir o quitar parámetros, en dependencia del contexto operacional a evaluar.

Cuadro N°: 5 Matriz de criticidad 1




Backlog: Es la acumulación de trabajos o son todos los trabajos, que han sido identificados, pero que no han sido completados, hace referencia al trabajo incompleto o hecho, su unidad de medida son semanas.

Parámetros utilizados por la metodología de análisis de criticidad D.S.

Fuente: Suarez, Diógenes 2009 [4].

A continuación se muestran la matriz de criticidad, las ponderaciones de cada uno de los parámetros así como también la ecuación 2.1 (ecuación de criticidad).

Cuadro N°6: matriz de criticidad 2

	Equipo:	Sistema:	Realizado:	
	Código:	Evento de control:		
ÁREA DE MANTENIMIENTO				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1		
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1		
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1		
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1		
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad (E)	5a) $E \geq 80\%$	1		
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
6) Backlog (B) Semanas	6a) $0 \leq B \leq 2$	1		
	6b) $2 \leq \text{CMP} \leq 5$	2		
	6c) $B > 5$	3		
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (ΣA.M.)				
ÁREA OPERACIONAL				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
7) Tipo de conexión	7a) Sistema Paralelo	1		
	7b) Sistema Combinación	2		
	7c) Sistema Serie	3		
8) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	8a) Sin Consecuencias	1		
	8b) Efecto Temporal	2		
	8c) Efecto Permanente	3		
9) Costos de Producción	9a) Igual a la meta	1		
	9b) Menor a la meta	2		
	9c) Mayor a la meta	3		
Total puntos obtenidos en el área operacional (ΣA.O.)				
% Criticidad del equipo = $[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				

$$\text{Críticidad del equipo} = [K_1 * (\Sigma A.M.) + K_2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$$

$\Sigma A.M.$: Sumatoria de los puntos del área de mantenimiento.

$\Sigma A.O.$: Sumatoria de los puntos del área de operaciones.

K_1 : 0,0278; Constante del área de mantenimiento.

K_2 : 0,0555; Constante del área operacional.

La constante K_1 varía si la cantidad de parámetros del área de mantenimiento aumenta o disminuye, de igual modo sucede con la constante K_2 pero relacionado con los parámetros del área de operaciones. Esto dado a que dichas constantes garantizan que el resultado obtenido mediante la ecuación 2.1 no exceda el 100%. Dependiendo de dicho resultado se establece que equipo es crítico, semi crítico o no crítico [4]

Parámetros para definir la Críticidad de un Equipo.

Cuadro N° 7: parámetros de críticidad

PARÁMETROS PARA ESTABLECER CRÍTICIDAD
No Crítico ($33\% \leq \% \text{ Críticidad} < 50\%$)
Semi-Crítico ($50 \leq \% \text{ Críticidad} < 70\%$)
Crítico ($\% \text{ Críticidad} \geq 70\%$)

Fuente: Diógenes Suarez

2.12 Ordenes de trabajo de mantenimiento

Los trabajos del mantenimiento los podemos contabilizar por orden de trabajo requerido, es decir generando un formato para su fácil cuantificación. [8]

El formato de las órdenes de trabajo deberá llevar datos como son:

- Departamento que lo solicita
- Fecha de pedido
- Nombre del departamento ejecutor (algunas veces existen varias secciones de mantenimiento).
- Descripción del trabajo.

- Firma del solicitante.
- Firma de recibido. Esta firma es del encargado del departamento ejecutor.
- Firma de autorización. Aquí firma el encargado de producción.
- Fecha de entrega.
- Firma de conformidad del trabajo. Cuando el trabajo es recibido por el solicitante firma de conformidad.
- Folio

Cuadro N° 8: formato de órdenes de trabajo

ORDEN DE TRABAJO		
N° DE FOLIO		
DE:	FECHA DE PEDIDO	
PARA:	FECHA DE ENTREGA	
	FIRMA DE TRABAJO RECIBIDO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO		
SOLICITANTE	RECIBIDO	AUTORIZADO

2. 13 Gestión de mantenimiento

Todas las actividades de gestión que determinan los objetivos del mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, y las realizan por medio de planificación del mantenimiento, control y supervisión del mantenimiento, mejora de los métodos en la organización incluyendo los aspectos. [3]

✓ ¿Por qué debemos gestionar la función de mantenimiento?

Porque la competencia obliga a rebajar costos. Por lo tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. [3]

Para ello es imprescindible:

- Estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta.
- Analizar la influencia que tiene c/u de los equipos en los resultados de la empresa.
- Estudiar el consumo y stock de materiales que se emplean en mantenimiento.
- Aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiere en el plan de producción.

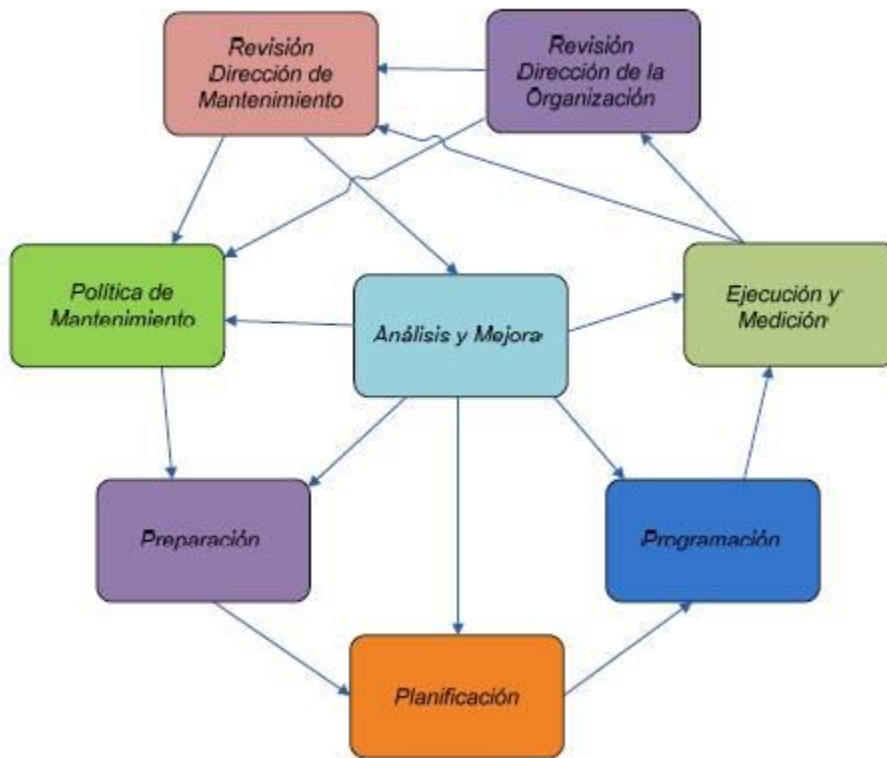
Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección. [3]

Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento. [3]

✓ **Componentes del sistema de gestión de mantenimiento**

De acuerdo a las características propias de la función mantenimiento, el sistema de gestión de mantenimiento SGM se compone de las siguientes ocho etapas: Política de Mantenimiento, Preparación, Planificación, Programación, Ejecución y Medición, todas las anteriores cinco etapas transversalidades por la etapa de Análisis y Mejora, y las etapas de Revisión de la Dirección de Mantenimiento, y Revisión de la Dirección de la Organización. [3]

Grafico N° 1: Esquema del sistema de gestión de mantenimiento



2.14 Definición de Términos

- ✓ efectividad: es el porcentaje del tiempo en que el activo está realmente en operatividad con respecto al tiempo programado para estar operativo.
- ✓ Cantidad de fallas ocurridas: este parámetro es la cantidad o número de veces que el equipo falla en el tiempo de estudio.
- ✓ Análisis de modo y efecto de falla: el análisis de los modos y efectos de falla (AMEF), constituye la herramienta principal del MCC para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.
- ✓ Modos de falla. Son las razones que dan origen a las fallas funcionales, es decir lo que hace que la planta, sistema o equipo no realice la función deseada. Cada falla funcional puede ser originado por más de un modo de falla y cada modo de falla tendrá asociado ciertos efectos, que son básicamente las consecuencias de que esta falla ocurra.
- ✓ Efectos de falla: cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decir

la importancia de cada falla, y por lo tanto que nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

- ✓ Tareas de mantenimiento preventivo: son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea teóricamente factible depende las características de la falla y la tarea.
- ✓ MTBF (tiempo medio entre fallas): es el tiempo promedio que un equipo, maquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional.
- ✓ MTTR (tiempo medio de restauración): es el tiempo promedio para restaurar la función de un equipo, maquinaria, línea o proceso después de una falla funcional.

CAPITULO III

DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

3.1. Descripción general de la empresa

3.1.1. Visión y Misión

Misión

La búsqueda constante de la innovación y la rentabilidad en la fabricación de tableros aglomerados; mantener elevados estándares de calidad de nuestros productos y servicio al cliente, lograr el reconocimiento en el mercado peruano por su actitud empresarial innovadora y competitiva. Actuar basado en el respeto a los valores humanos y en el desarrollo del liderazgo personal de cada uno de sus trabajadores.

Visión

Ser el ejemplo de empresa que se desarrolla y fortalece sobre la base del trabajo en equipo, la calidad de sus productos, el profesionalismo y creatividad de sus colaboradores; influyendo en la comunidad y en el desarrollo del país.

3.1.2 Productos

Los productos que se produce en la empresa tableros peruanos y en diferentes espesores de 4 – 30 mm son:

Maderba sp: es un tablero de superficie media creado principalmente como complemento para trabajos de carpintería

Es un tablero de superficie media creado principalmente como complemento para trabajos de carpintería. (Espesores Línea estándar: 6, 8, 12,15mm. Pedido Especial: 4 mm.).

Grafico N° 2: maderba sp



Uso: muebles cajonería asientos base de cielo raso divisiones separadores de ambiente

Maderba mp: de superficie lisa permite un amplio rango de aplicaciones en la industria de muebles decoración y construcción

De superficie fina, permite un amplio rango de aplicaciones superficiales, como chapas de madera fina, fórmicas de papeles decorativos, pinturas, etc. Utilizado en la industria del mueble y construcción. (Espesores Línea estándar: 9, 12, 15 y 18 mm. Pedidos Especiales: 10, 19, 22, 25,...)

Grafico N° 3: maderba MP



Uso: fabricación de muebles, viviendas pre fabricadas, techos

Maderba mrh: tablero aglomerado enchapado con láminas decorativas de alta resistencia a la humedad Apto para ambientes de extrema humedad (opción en crudo o láminas decorativas). Se puede aplicar en casas de playa, laboratorios, hospitales, zócalos de muebles, paneles, cocinas y baños. Es resistente a la humedad debido a su excelente estabilidad dimensional en climas húmedos

Grafico N° 4 maderba mrh



Uso: es especial para casas de playa, laboratorios, hospitales, cocinas y baños

Maderba melanina: tablero aglomerado enchapado con láminas decorativas de alta resistencia donde el alto nivel de gramaje en su papel melaminico permite una mayor resistencia al calor y al desgaste

Tablero Maderba revestido con láminas decorativas, para la fabricación de muebles y acabados en viviendas, oficinas y centros comerciales. Presentación en variados diseños y colores. (Espesor Línea estándar: 18 mm. Pedidos Especiales: 9, 12, 15, 22, 25 y 30 mm).

Grafico N° 5: maderba melanina



Presentación: diseños maderas, unicolores, corales y fantasía

Uso: todo tipo de muebles para el hogar y oficina

Encoferin: panel de resistencia a la humedad con propiedades físico mecánicas que lo hacen insuperable para el uso en la construcción y preparación de encofrados. Su aparición verde en sus dos capas externas hace la distinción de este tablero

Beneficios: no se deteriora con la lechada del concreto, acabado de concreto cara vista, resistencia a la reutilización de clavos y tornillos en promedio de 10 a 20 veces según su manipulación.

3.1.3 Clientes

✓ **Maestro**

Sabemos que encontrar la persona indicado para hacer arreglos o mantenimiento en tu hogar no es sencillo. Maestros especialistas es un completo buscador de especialistas y maestros independientes que te brinda, de manera gratuita y rápida, información exacta en el ámbito de la construcción y el mejoramiento del hogar, que te permitirá encontrar una amplia oferta de especialistas en tu misma ciudad.

✓ **sodimac**

En Sodimac, nuestro compromiso es crecer de manera responsable. Entendemos que la creación de valor económico no puede separarse de las obligaciones que tenemos con nuestro capital humano, la sociedad y el medioambiente.

Buscamos ser la mejor y más grande empresa de Latinoamérica en distribución de

materiales de construcción y productos para el mejoramiento del hogar, y así contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas de las comunidades donde actuamos.

✓ **Ferreterías en general**

Estas ferreterías se dedican a la distribución y venta de diferentes artículos de construcción y en forma minorista la venta de tableros aglomerados.

✓ **Rodrigues ltd**

Empresa Constructora con 28 años de experiencia en obras de Construcción de Viviendas, Locales Comerciales, Obras Civiles, Movimientos de Tierra y Arriendo de Maquinarias.

La especialidad del área construcción son las viviendas de gran metraje y exigentes terminaciones.

También tenemos experiencia en obras civiles y remodelaciones de plantas industriales y viviendas

3.1.4 Proveedores

Cuadro N° 9: proveedores

Proveedores	Insumos
Shell – oil	Todo tipo de lubricantes y aceites
Arcelormittal internacional Luxemburgo s.a	Cigueñales, alojamientos
Honda motorcycle & scooter India	Faja, cadenas, etc.
Bausch & Lomb México s. A	Kit de repuesto en bombas y cilindros
El rodajito	Rodamientos
Tracto mangueras	Mangueras, niples y adaptadores hidráulicos

3.1.5 Competidores

✓ **Industrial Ucayali s.a.c.**

Una de las principales empresas transformadoras y comercializadores de tableros de madera contrachapada (triplay), de enchapes de maderas exóticas y de madera en tablas para pisos y exteriores.

✓ **triplay amazónico sac**

El fruto de esta pasión maderera se funda en el año en 1964 Pucallpa - Perú tratándose dos años del montaje de la fabricas en el cual en 1966 se fabricó el primer tablero de madera lupuna desde ese momento se mantiene un liderazgo innovador y competitivo que ha

permitido el aprovechamiento de la materia prima para la satisfacción de la demanda peruana.

✓ **Novo pan s.a.c**

Es una empresa de gran importancia a la fabricación de tableros aglomerados en el país, es así que los procesos que están involucrados en esta actividad son primordiales a la hora de entregar un producto de buena calidad, además las necesidades actuales de competitividad hace que las empresas mejoren operativamente para mantenerse liderando en el mercado.

✓ **Masisa**

Es una empresa que se dedica a la fabricación de tablero aglomerado de partículas, recubierto por ambas caras con láminas impregnadas con resinas melamínicas, lo que le otorga una superficie totalmente cerrada, libre de poros, dura y resistente al desgaste superficial. Los tableros además cuentan con una protección antimicrobiana exclusiva, que disminuye hasta en un 99,9% la presencia de bacterias y moho en la superficie de los muebles, haciéndolos más seguros e higiénicos.

3.1.6 Maquinarias y equipos

Faja de alimentación: es un equipo conformado por varios elementos para transportar los troncos hacia el molino.

Chipe adora: este equipo está formado por un rotor de cuatro cuchillas y accionado por un Motor de 250 hp de potencia, es aquí donde se corta todos los troncos en chip.

Sinfín: es un gusano de alabes que transporta el material hacia los cangilones.

Cangilones: es un sistema de transporte de altura, el cual está conformado por 2 rodillos y una faja. En ella va fijada cada 20 centímetros depósitos de almacenaje de material y ser almacenado en los silos.

Rotor: es un conjunto de engranajes mecánicos que sirve para girar a las unas del rotor y remover el material acumulado.

Molinos: son dos ruedas una fija y otra móvil conformada en su contorno de 20 cuchillas cada una

Arrastrador: es un equipo con más de 50 metros de largo constituido con paletas en ambos extremos y es el encargado de transportar el material hacia el secador.

Quemador: es una recámara de ladrillos donde se inyecta los combustibles de polvillo y petróleo para generar la temperatura deseada para el secado del material.

Secador: es un conjunto de capas y es sostenida por cuatro soportes mecánicos, teniendo un peso en vacío de 10 toneladas es aquí donde se obtiene el secado del material para los siguientes procesos.

Ventilador: es un transportador neumático a través de un impulsor que lleva el material hacia los ciclones.

Criba: es una máquina rectangular con cuatro soportes elásticos para su movimiento y una calibración de 30 grados para realizar la clasificación de material, donde el material grueso es transportado hacia un molino PSKM y ser retroalimentado.

Silos: es el lugar de almacenamiento de los materiales de capa externa y capa interna para los siguientes procesos.

Planta de cola: es el lugar donde se prepara los reactivos de insumos para la mezcla con el material.

Encoladoras: es aquí donde se realiza la mezcla de material y los insumos a través de un eje y paletas rotativas.

Formadora: es un conjunto de equipos y máquinas (bandas, rodillos de formación, transmisiones, etc.)

Banda metálica: está conformado por dos rodillos en ambos extremos y polines de guía en parte inferior, esta banda metálica es usada en la transportación del material mezclado hacia pre – prensa.

Sistema hidráulico: es un conjunto de equipos (bombas, válvulas, electroválvulas y accesorios hidráulicos con el fin de ser usados a las presiones deseadas por pre - prensa y prensa.

Pre prensa: está dividido en dos platos un fijo y móvil a una temperatura de 60 °c grados y una presión de 20 bares, de los cuales el plato móvil es deslizado por cilindros hidráulicos.

Prensa: está dividido en dos partes un plato fijo y móvil, ambos platos a una temperatura de 205 °c y una presión de 210 Bar de los cuales el plato móvil es deslizado por cilindros hidráulicos. Es acá donde se consigue el espesor deseado por los clientes.

Mesa de polines: es un conjunto de polines para el transporte del tablero prensado.

Volteador: es un erizo de barras para el almacenaje y posterior corte de bordes del tablero

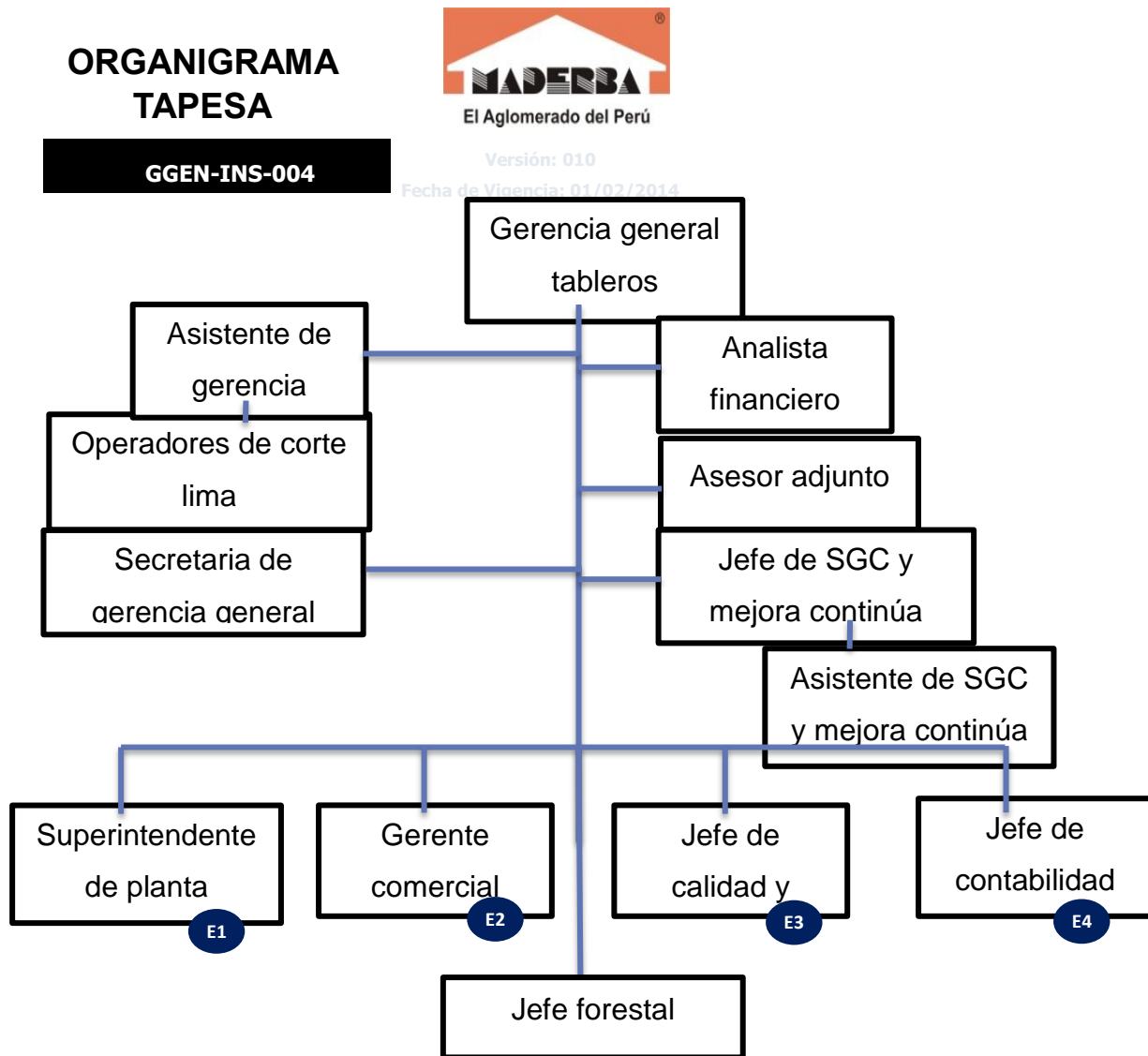
Empujador: es un equipo de paletas y accionado por un motor para el corte del tablero de acuerdo al formato.

Sierra balanza

Sierras: está fijado en un motor eléctrico y gira a una velocidad 2800 rpm para el corte del tablero de acuerdo al formato.

Balanza: es un dispositivo electrónico que pesa el tablero de acuerdo al espesor y formato.

3.1.7 Organigrama general



ORGANIGRAM
TAPESA

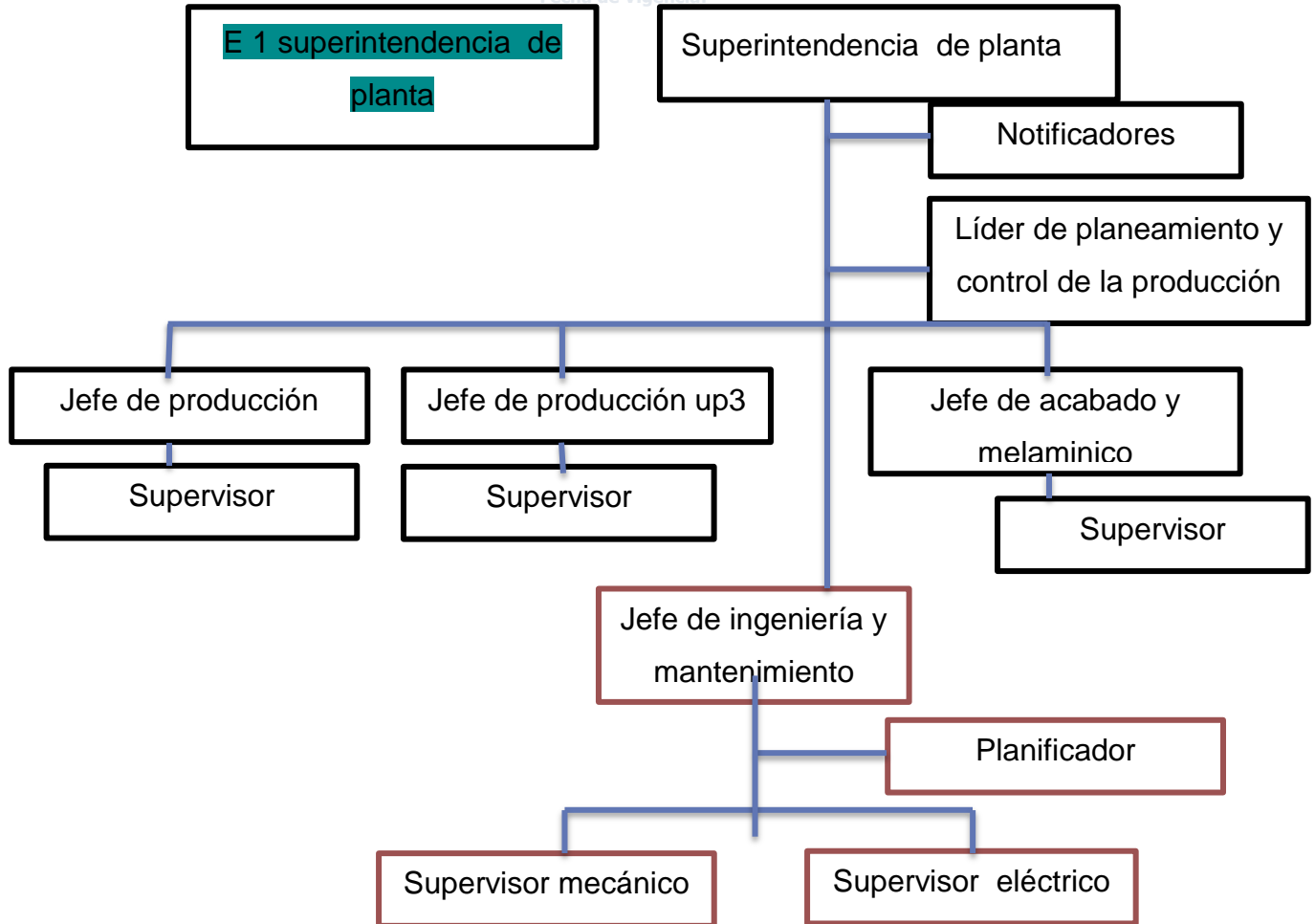
GGEN-INS-004



El Aglomerado del Perú

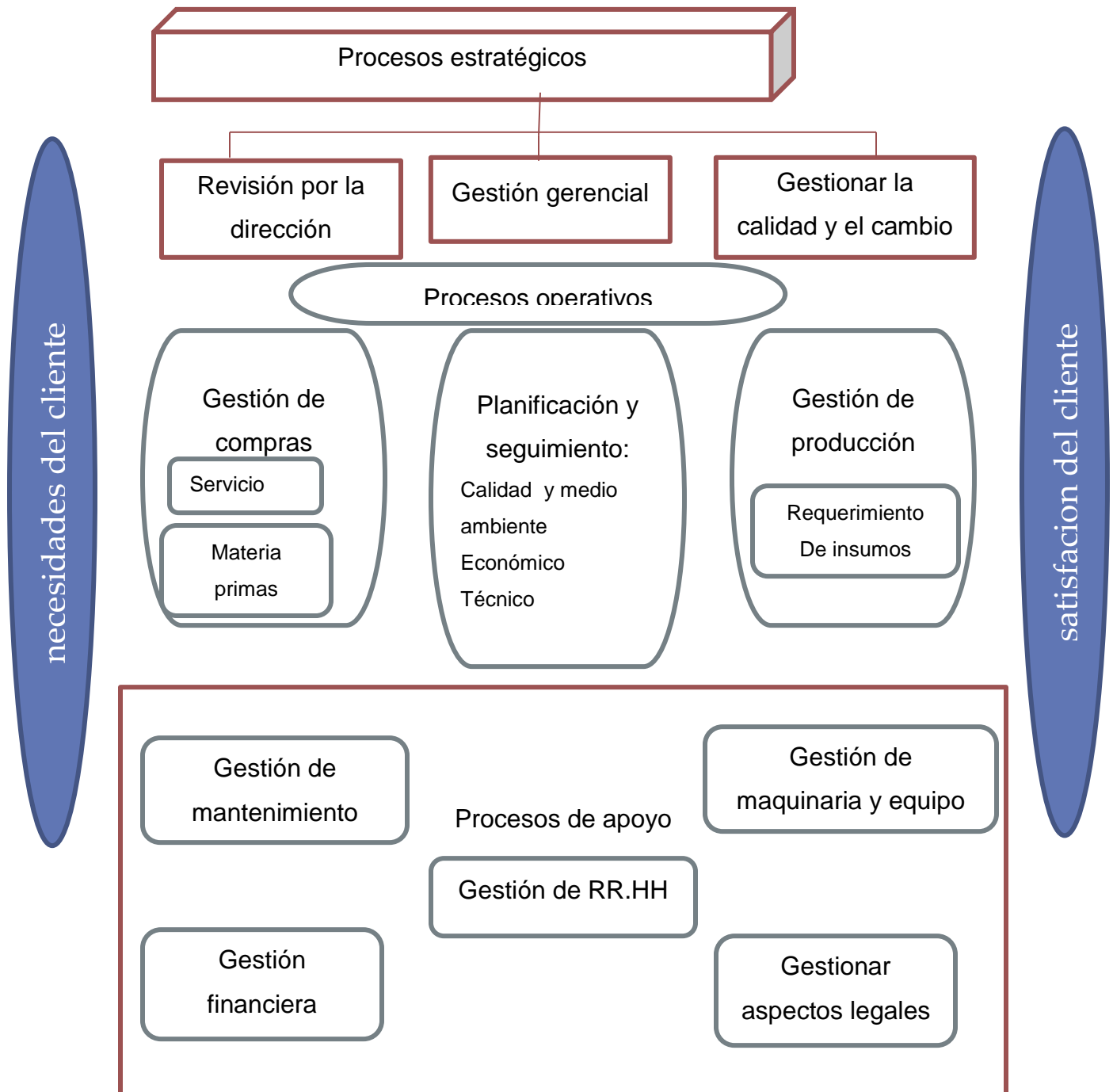
Versión: 010

Fecha de Vigencia:



3.1.8 Mapa de Procesos

Grafico N° 6: proceso estretegios



3.2. Descripción del área objeto de estudio

3.2.1 Descripción del área de mantenimiento

El área de mantenimiento tiene la responsabilidad de mantener operativo los equipos de manera rápida, segura y eficiente. El mantenimiento es una actividad o tarea específica que es desempeñada por el personal, Realizando de una manera oportuna las acciones necesarias para determinar, corregir, prevenir las fallas o averías de los equipos / maquina; garantizando calidad de servicio y seguridad de los propios trabajadores.

El mantenimiento está básicamente en engrasar las piezas o componente. Limpieza, ajuste, inspecciones y cambio de partes desgastadas por el uso. De otra manera se efectúa la revisión de aquellos equipos que exigen una prioridad especial. En tanto el mantenimiento se efectúa en renovación detallada de repuestos y componentes de los equipos.

El presente estudio se realizara precisamente en la disponibilidad de equipos de la empresa tableros peruanos, la justificaciones es el mal mantenimiento de equipos y falta de planificación de trabajo. Donde se involucra también a los trabajos de tercerización que no se efectúan de una manera eficiente teniendo una gran variedad de problemas.

Mantenimiento está conformado por:

Jefe de ingeniería y mantenimiento: es una persona dedicada a la gestión de materiales, repuestos y de informar a las demás jefaturas y gerencias

Asistente: es una sola persona encargada de planificar los trabajos y tareas a realizar durante el día

Supervisor: es una persona dedicada al control y supervisión de los trabajos y encargada de reportar todas las averías y consecuencias dadas en los equipos

Operarios: 18 son los encargados de ejecutar y llevar acabo todas las actividades planificadas y no planificadas de manera eficiente, segura y de calidad.

3.2.2 Detalle de los procesos mantenimiento

3.2.2.1 Recepción y reparación inicial

En este inicio del proceso, el operario informa al supervisor de turno de las fallas o consecuencias del equipo donde el supervisor o jefe de producción informa a mantenimiento de las ocurrencias

✓ **Objetivo principal**

Atender en todas las fallas ocurridas en los equipos y mantener la disponibilidad

Pasos	Descripción	○	⇒	□	▽	D	Tiempo	
1	El jefe de mantenimiento recibe la notificación de falla.	▪					0.30 min.	
2	El jefe emite al planificador de mantenimiento	▪					0.30 min.	
3	El planificador consulta con el supervisor.	▪					2 min.	
4	El supervisor ubica al mecánico correspondiente para el tipo de falla	▪					3 min	
5	el supervisor genera la orden de mantenimiento y pedido de repuestos						2 min.	
6	el operario recibe la orden y se traslada a almacén				▪		1.30 min.	
7	el operario espera para la entrega y avisa al supervisor para la coordinación de para del equipo					▪	20 min.	
	el operario obtenido el repuesto procede a la reparación	▪						

3.2.2.2 Requerimientos de repuestos

En esta parte de proceso, se realizan los requerimientos de repuestos y materiales necesario para cada equipo o máquina. De esta manera se mantiene el stock de repuestos y así realizar los cambios necesarios

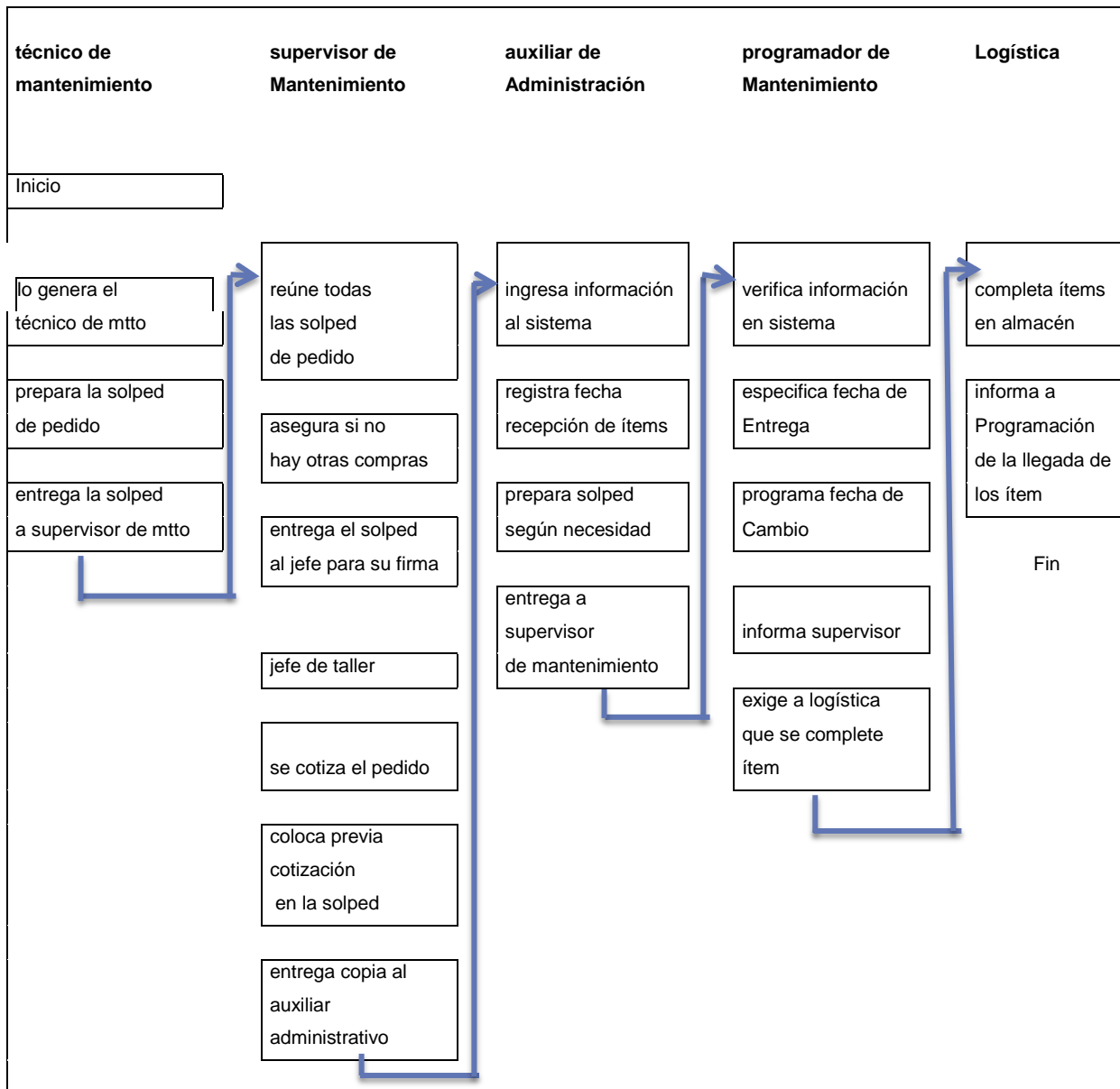
✓ **Objetivo principal**

Realizar todos los requerimientos necesarios para los equipos

Pasos	Descripción	○	⇒	□	▽	D	Tiempo
1	El técnico de mantenimiento genera todas las solped de pedido	▪					4 min.
2	El técnico lo entrega el pedido al supervisor y este recluta todos los pedidos	▪					30 min.
3	El supervisor entrega al jefe para su verificación y firma.	▪					5 min.
4	El jefe le entrega todas las aprobaciones al auxiliar de administración	▪					2 min.
5	El auxiliar le informa de los pedidos a logística.	▪					2.5 min.
	Logística se encarga de realizar todas las compras	▪					

3.2.1. Diagrama de Proceso

Cuadro N°10: Diagrama de Flujo de Proceso o Flujo grama

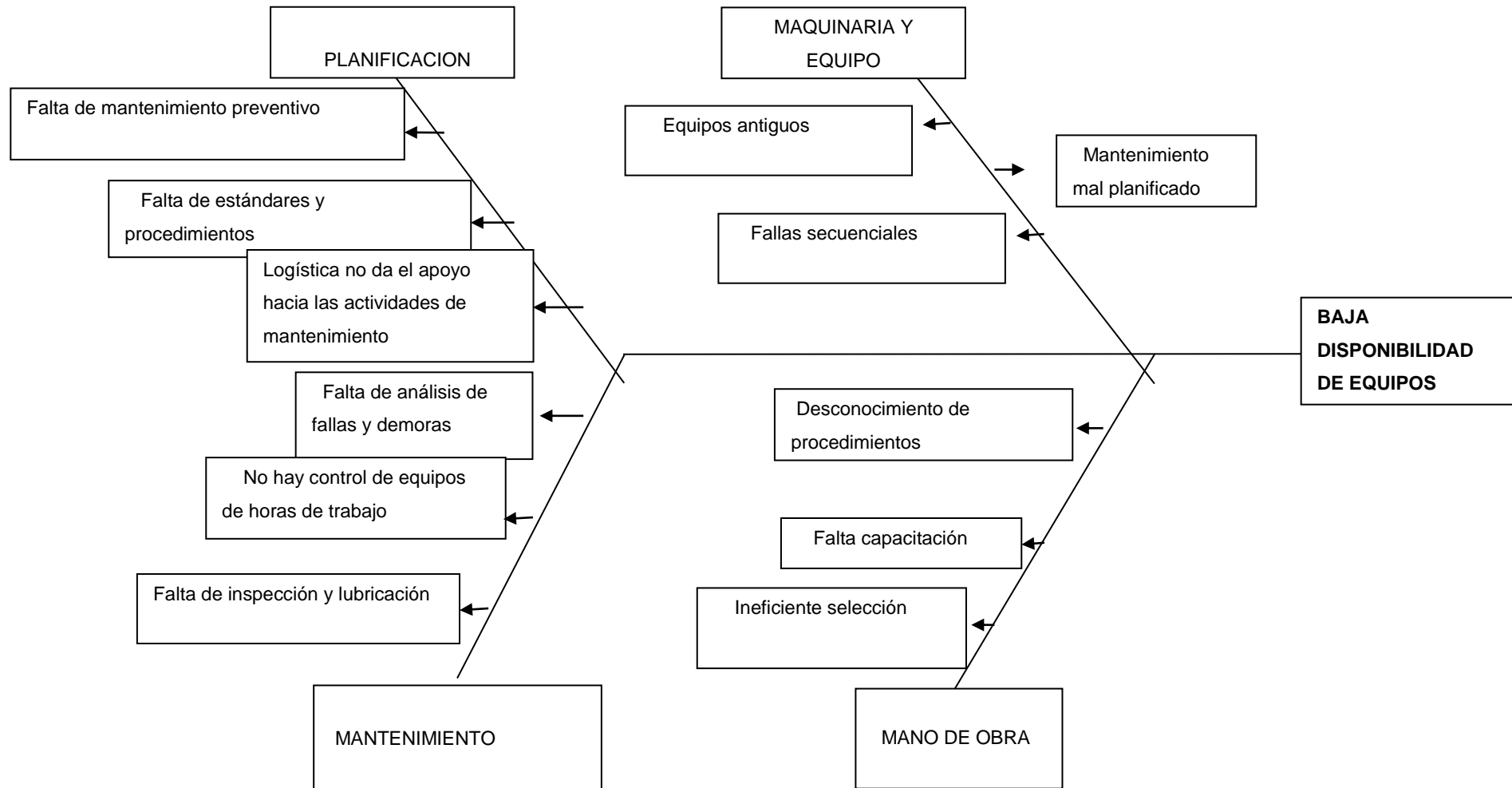


3.2.2. Análisis del proceso

Este proceso va de acuerdo a los pedidos de trabajo de nuestro cliente interno y averías presentadas durante el proceso. Cuando existe una avería en producción informa al área responsable, luego supervisión crea la orden de trabajo para su requerimiento de repuestos y ser intervenido el equipo con presencia de falla. Una vez generada la orden de mantenimiento se espera en almacén para la entrega de repuestos o materiales necesarios para la reparación teniendo en cuenta que los técnicos de mantenimiento, realizan los requerimientos de repuestos y generar las solped. Donde la supervisión realiza el reclutamiento de todas las solped de pedido por los técnicos y ser entregados a la jefatura para sus respectivas firmas y cotizaciones.

Esto es entregado al auxiliar de administración para ser ingresados en el sistema y generar su previa compra, de tal manera informa al auxiliar de mantenimiento su llegada del pedido y así se pueda planificar su cambio respectivo.

3.3 Diagrama de Ishikawa



3.3.2. Matriz de Priorización

Este estudio que se está realizando para mejorar la disponibilidad de los equipos de la empresa Tableros peruanos, se está logrando a través de diálogos y encuestas a los trabajadores involucrados en la parte operativa, supervisión y jefes encargados de diferentes áreas. De esta manera se puede determinar las causas que afectan a dicha disponibilidad y ser mostrados en una matriz de priorización

Cuadro N° 11: Matriz de Priorización

AREA	logística no da el apoyo hacia las actividades de mantenimiento	equipos antiguos	falta de mantenimiento preventivo	falta de capacitaciones
mantenimiento	14	14	18	14
producción	12	15	18	13
Calidad	10	14	19	12
Planificación	10	15	18	12
Total	46	58	73	51

Leyenda de las causas

A: logística no da el apoyo necesario para las actividades de mantenimiento

B: equipos antiguos

C: falta de mantenimiento preventivo

D: falta de capacitaciones

Cargo de personal de cada área

Jefatura de mantenimiento: Es el líder de mantenimiento en llevar el control de los indicadores de mantenimiento, gestión de materiales, etc. Reportar a la gerencia

Jefatura de producción: es el jefe responsable del área productiva y gestor de todos sus materiales.

Supervisor de calidad: es el encargado de llevar todos los estándares de calidad y control del producto.

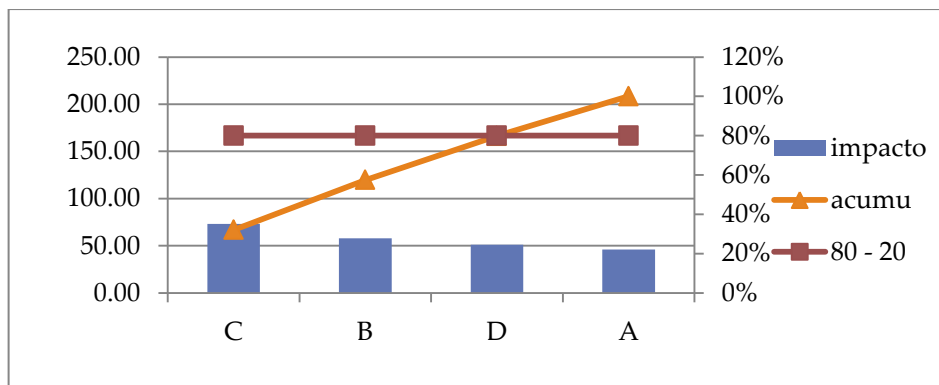
Jefatura de planificación: es el encargado de realizar la planificación de trabajos en conjunto con la supervisión de mantenimiento y generar todas las órdenes de mantenimiento.

3.3.3. Pareto

Cuadro N° 12: Pareto

	CAUSAS	Σ IMPACTO	%	% ACUMU
C	falta de mantenimiento preventivo	73	32%	32%
B	equipos antiguos	58	25%	57%
D	falta de capacitaciones	51	22%	80%
A	logística no da el apoyo hacia las actividades de mantenimiento	46	20%	100%
	TOTAL	228		

Grafico N° 7: Pareto



De acuerdo a las encuestas, diálogos y conversaciones directamente con las personas encargadas del control, supervisión, jefaturas y operarios se puede determinar las causas y el impacto que se tiene en la baja disponibilidad de equipos en la empresa Tableros Peruanos.

3.3.4. Indicadores actuales y metas proyectadas.

Cuadro N° 13: indicadores actuales

CAUSAS	INDICADOR	FORMULA	META ACTUAL	META PROYECTADA
Falta de mantenimiento preventivo	Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo programado	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de Ord ejecutadas}}{\text{N}^\circ \text{ de Ord total}} \times 100$	35 %	48 %
Equipos Antiguos	% del número de equipos antiguos	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de equipos antiguos}}{\text{N}^\circ \text{ total de equipos}} \times 100$	30 %	43 %
Falta de capacitación	Cumplimiento de las horas programadas de capacitación	$\frac{\text{Total de horas cumplidas}}{\text{Total de horas programadas}} \times 100$	36 %	43 %

CAPITULO IV

SOLUCIÓN DE PROPUESTA

4.1 diseño de contrastación

4.1.1 material.

4.1.1.1 Unidad de análisis:

Determinar el análisis que causa la baja disponibilidad de equipos en la empresa Tableros Peruanos S.A.

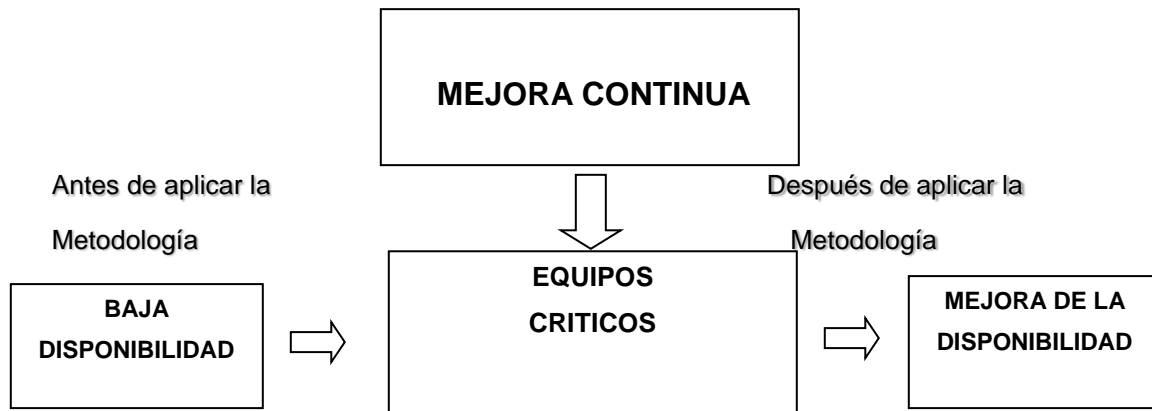
4.1.1.2 Población:

La población está constituida por todos los equipos de la empresa Tableros Peruanos S.A.

4.1.1.3 Muestra:

La muestra está compuesta por los equipos críticos pertenecientes a la empresa Tableros peruanos a los cuales se les aplicará el plan de mantenimiento preventivo.

4.1.2. Diseño General.



Cuadro de propuestas de mejora

ITEM	CAUSA	AREA	PLAN DE ACCION	HERRAMIENTAS
1	falta de mantenimiento preventivo	mantenimiento	diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo	sistema de gestión de mantenimiento preventivo planificado
2	equipos antiguos	Mantenimiento Y logística	implementar un plan adquisición de renovación de equipos	estandarizar los equipos a cambiar
3	falta de capacitaciones	mantenimiento	implementar un programa de capacitaciones	gestión de capacitaciones

Para realizar el presente estudio se obtiene de los historiales de fallas del año 2013 y determinar los equipos críticos, que se va diseñar un plan de gestión de mantenimiento preventivo programado

Software SAP

SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) es una compañía de software que ofrece una línea completa de soluciones de software de negocios. El software de SAP permite a las empresas optimizar y simplificar sus modelos de negocio para trabajar con la máxima eficiencia. El módulo PM (por sus iniciales en inglés) significa Mantenimiento de Planta y corresponde al módulo del software SAP que se utiliza para agilizar las plantas y los entornos de las plantas.

Funciones

El módulo de Mantenimiento de Plantas del programa SAP incluye las medidas de control que establecen las condiciones de trabajo de un sistema técnico o maquinaria. El módulo también incluye medidas de mantenimiento preventivo y medidas de reparación, que se ponen en su lugar para mantener la condición ideal de cada máquina y restaurarlas a su estado ideal si han sufrido daños.

4.2 Técnicas de recolección de datos.

4.2.1 Revisión documental.

Por medio de la revisión documental se pudo recopilar información necesaria informes, manuales, prácticas operativas, entre otros, para determinar los equipos con frecuencia de falla.

4.2.2 Observación directa.

La observación directa se aplicó para determinar cuáles son los equipos críticos que se encuentra en dicha empresa

Elaboración de la investigación.

- Definición de equipos críticos.
- Diagnóstico de la situación actual de los equipos en estudio y determinar el comportamiento de dichos equipos.
- Establecimiento de indicadores de gestión de mantenimiento.
- Diseño de un sistema documental.
- Diseño de un plan de mantenimiento preventivo.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

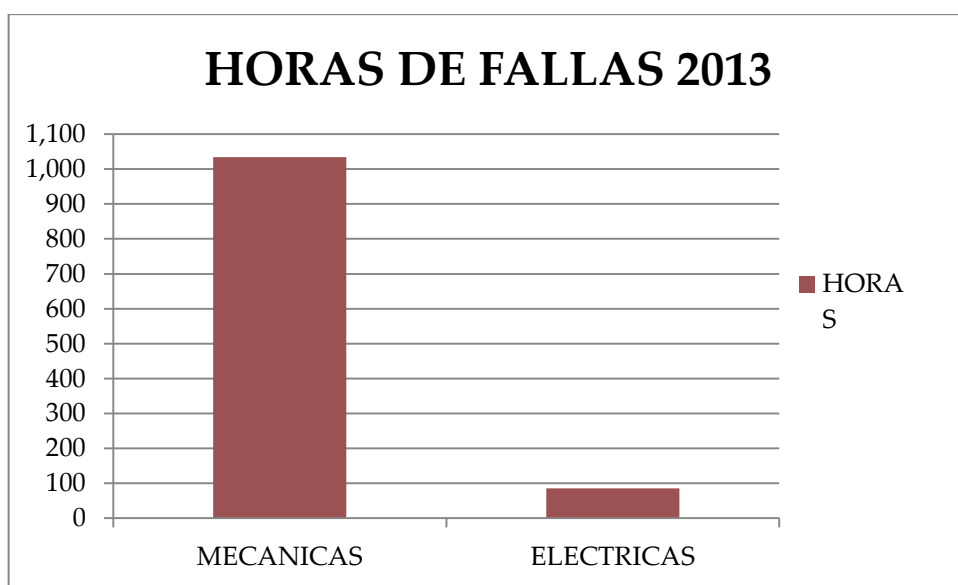
SITUACION ACTUAL

En la empresa Tableros Peruanos se identificó en el año 2013, equipos con alta frecuencia de fallas, los cuales no se ha cumplido con el estándar de disponibilidad de los equipos y también con las metas de producción programadas. De acuerdo al análisis se ha determinado el mayor índice de fallas por mecánica.

Cuadro N°14: fallas mecánicas y eléctricas

ANALISIS DE FALLAS 2013		
TIPO	HORAS	%
MECANICAS	1034.50	92.37%
ELECTRICAS	85.50	7.63%
TOTAL	1120.00	100.00%

Gráfico N°8: horas de fallas mecánicas y eléctricas 2013

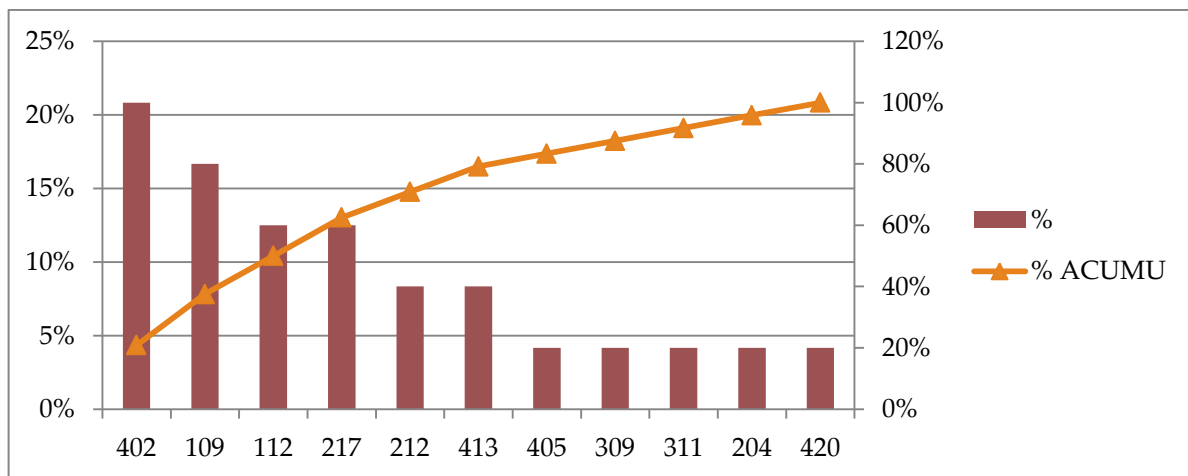


INDISPONIBILIDAD AÑO 2013

Cuadro N° 15: indisponibilidad 2013

GRUPO	EQUIPO	NUMERO DE INDISPONIBILIDADES	DURACION (MIN)	%	% ACUMULADO
402	sistema hidráulico (válvulas)	5	45210	21%	21%
109	rotor mecánico	4	10050	17%	38%
112	ventilador tiro inducido	3	1800	13%	50%
217	molino psk m	3	220	13%	63%
212	bombas de inyección de bunker	2	1935	8%	71%
413	mando asincrónico pre prensa	2	1235	8%	79%
405	bombas de alta presión	1	29350	4%	83%
309	compresor – pistones	1	430	4%	88%
311	rodillos de lanzamiento	1	510	4%	92%
204	arastrador de cadenas (tkf)	1	1650	4%	96%
420	empujador sierra balanza	1	1100	4%	100%
TOTAL		24	93490		

Grafico N° 9: indisponibilidad 2013



Este gráfico se realizó tomando como referencia los equipos que estuvieron indisponibles para operar durante el año 2013. Se puede observar que el sistema hidráulico fue el equipo que estuvo menos disponible con un total de (5 veces). Este es el primer equipo del área principal de producción, y que “garantiza la producción de tableros aglomerado en su calidad como el proceso productivo es secuencial, que este equipo no esté disponible afecta notablemente el proceso productivo de la planta, por lo tanto, este equipo está siendo intervenido actualmente por el personal de la empresa Tableros Peruanos para evitar que continúe este tipo de inconvenientes.

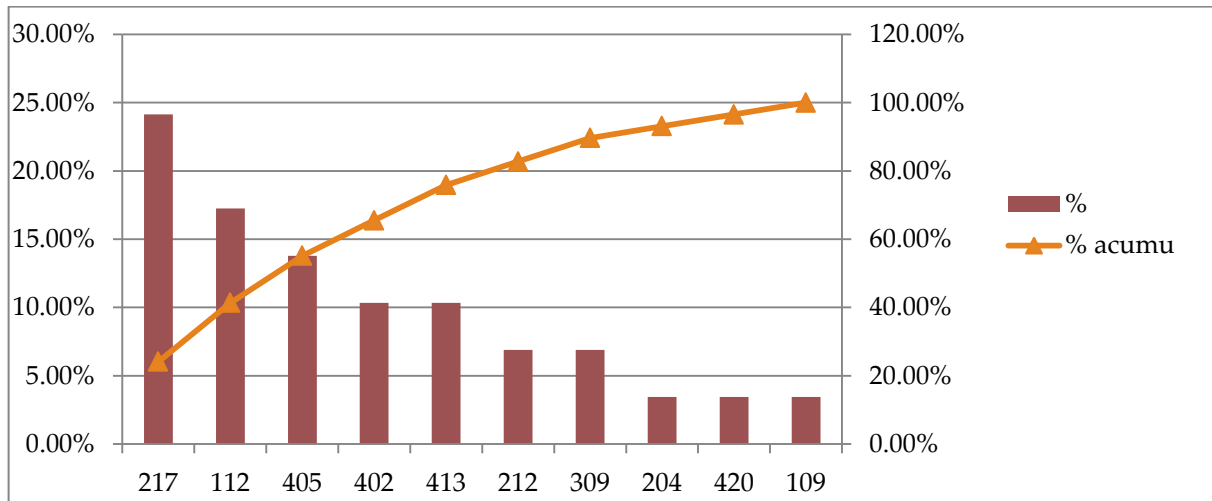
Otros de los equipos que estuvieron menos disponibles fueron el rotor mecánico (4) el número de indisponibilidades (109) y el ventilador tiro inducido (112) con 3 indisponibilidades durante el año 2013 estos equipos son de gran importancia para la producción, la empresa tiene un gran propósito que todos sus equipos se encuentren disponibles. Por lo tanto se les realizara un plan de mantenimiento preventivo mecánico que permita el cumplimiento de este objetivo.

Para los siguientes equipos de grupo: (217, 212, 413, 405, 309, 311, 204, 420) presentaron una indisponibilidad de 3 -1, pero estos equipos son de vital importancia para el proceso productivo en Tableros Peruanos. También se les realizara un plan de mantenimiento preventivo mecánico para disminuir el número de indisponibilidades registradas en el 2013.

Cuadro N°16: Análisis de falla año 2013

GRUPO	EQUIPO	NUMERO DE FALLAS	DURACION (MIN)	%	% ACUMULADO
217	molino psk m	7	27800	24.14 %	24.14%
112	ventilador tiro inducido	5	9800	17.24 %	41.38%
405	bombas de alta presión	4	2100	13.79 %	55.17%
402	sistema hidráulico (válvulas)	3	3380	10.34 %	65.52%
413	mando asincrónico pre prensa	3	1980	10.34 %	75.86%
212	bombas de inyección de bunker	2	1100	6.90%	82.76%
309	compresor - pistones	2	3255	6.90%	89.66%
204	arrastrador de cadenas (tkf)	1	455	3.45%	93.10%
420	empujador sierra balanza	1	220	3.45%	96.55%
109	rotor mecánico	1	9050	3.45%	100.00%
		29	59140		

Gráfico N°10: análisis de fallas



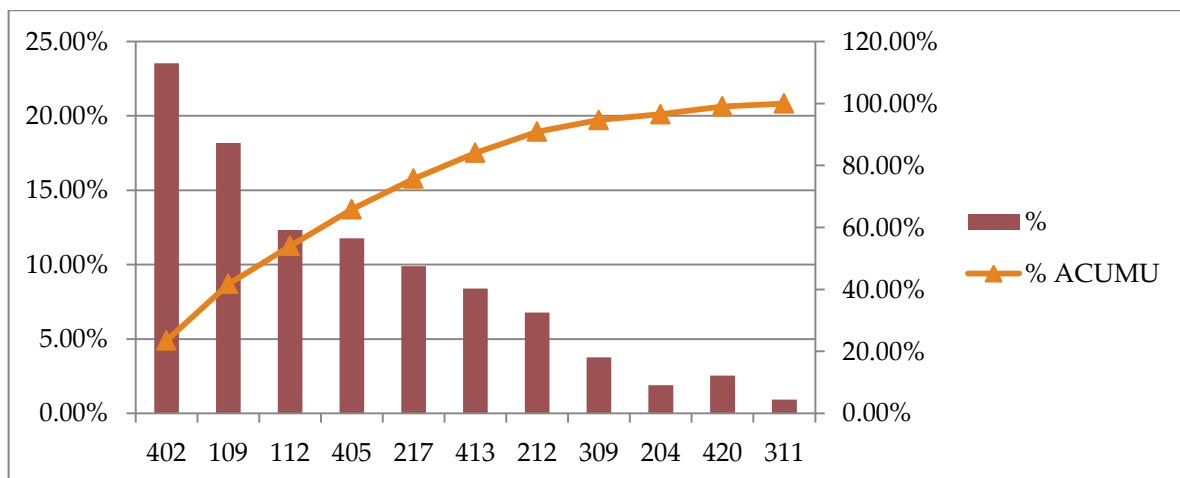
En la gráfica se puede observar que en el año 2013 el equipo que registró más fallas fue molino PSKM (217) con un total de 7 veces. Este equipo es el principal para la remolienda después de su respectiva clasificación de material y ser retomado a la línea principal del proceso productivo. Por la gran magnitud de fallas que se ha obtenido en este equipo, la empresa ha determinado realizarle un plan de mantenimiento preventivo mecánico para evitar que el equipo vuelva a presentar fallas y de esta manera garantizar la óptima disponibilidad del equipo para operar.

De acuerdo al análisis los equipos con menor frecuencia de falla son: (212, 405, 402, 413, 212, 309, 204, 420 y 109) fueron los que presentaron fallas entre (5 – 1), pero estos equipos son de vital importancia para el proceso productivo en Tableros Peruanos. También se les realizara un plan de mantenimiento preventivo mecánico para disminuir el número fallas registradas en el 2013.

Cuadro N°17: Demoras (año 2013)

GRUPO	EQUIPO	NUMERO DE DEMORAS	DURACION (MIN)	%	% ACUMULADO
402	sistema hidráulico (válvulas)	6	2500	23.54%	23.54%
109	rotor mecánico	4	1930	18.18%	41.72%
112	ventilador tiro inducido	4	1310	12.34%	54.06%
405	bombas de alta presión	5	1250	11.77%	65.83%
217	molino psk m	3	1050	9.89%	75.72%
413	mando asincrónico pre prensa	5	890	8.38%	84.10%
212	bombas de inyección de bunker	2	720	6.78%	90.88%
309	compresor - pistones	3	400	3.77%	94.65%
204	arrastrador de cadenas (tkf)	1	200	1.88%	96.53%
420	empujador sierra balanza	3	270	2.54%	99.08%
311	rodillos de lanzamiento	2	98	0.92%	100.00%
TOTAL		38	10618		

Grafico N°11: demoras 2013



En esta grafica se puede observar cual fue el equipo que presento más demoras durante el año 2013.fue el sistema hidráulico “válvulas” (402) con un tiempo de 2500 minutos, siendo un total de minutos muy elevado; otro equipos como el rotor mecánico (109), ventilador tiro inducido (112) y

bombas de alta presión (405), se obtuvo grandes demoras en un tiempo total de 1930, 1310 y 1250 minutos respectivamente. El propósito es evitar que continúe esta tendencia que afecta el proceso productivo de la empresa Tableros Peruanos, se va a realizar un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos que generan demoras en el año 2013.

Cuadro N°18: Análisis de falla de rotor mecánico

ANALISIS DE FALLAS ROTOR MECANICO (109)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
16/08/2013	9050	no transmite el movimiento hacia el rotor	la falta de aceite para la lubricación provocando daños en los rodamientos, ejes y cremallera de los planetarios	cambio de rodamientos reparaciones de eje y cremallera	programar cambio de cremallera al momento de poner en marcha un ligero ruido anormal en la cremallera cumplir con las rutinas de inspección y crear ordenes de mantenimiento para lubricación

El rotor mecánico durante el año 2013 presentó una falla y un tiempo de reparación de 9050 minutos por falla en el equipo, siendo el tiempo de gran magnitud en la reparación se desea cumplir con el plan de acción para mejorar al equipo en su disponibilidad.

Cuadro N°19 Análisis de falla del ventilador tiro inducido

ANALISIS DE FALLAS VENTILADOR TIRO INDUCIDO (112)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
12/01/2013	1200	sistema de transmisión	guarda sin soldar genera rotura de faja	reparar guarda y cambio de fajas	par cumplir las rutinas de inspección mensual de pedirá revisarlas fajas
07/03/2013	3000	atoro de material continuo	desgaste de alabes	reparar alabes	programar cambio de ventilador
06/05/2013	2050	desgaste de eje	falta ajuste de buje de rodamiento	rellenar con soldadura y rectificar	fue una reparación de emergencia se debe programar cambio de eje , en el funcionamiento quedo con mucha vibración ya que la rectificación no fue muy efectiva
23/09/2013	1250	vibraciones en chumaceras	desgaste de alojamiento de chumacera	limpieza y lavado del mismo	cumplir las rutinas de inspección mensual se pedirá desmontar y revisión de grasa

10/11/2013	2300	rotura de rodamiento	falta de lubricación	cambio de rodamiento y balanceo estático de ventilador	inspeccionar y elaborar ordenes de mantenimiento para lubricación
------------	------	----------------------	----------------------	--	---

El ventilador tiro inducido (112) no estuvo disponible para su funcionamiento durante 5 veces por presencia de falla, teniendo un total de 9800 minutos para su reparación desde esos momento se ha presentado diversas fallas de menor magnitud para su reparación.

Cuadro N°20: Análisis de falla de arrastrador de cadenas

ANALISIS DE FALLAS ARRASTRADOR DE CADENAS TKF (204)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACCION
11/05/2013	455	se descarrila el arrastrador y se sale seguro de pin provocando un atoro total	desgaste de seguro, pin y horquilla del arrastrador	cambiar 20 metros de cadena del arrastrador	programar cambio de cadena la parte que falta y cumplir con las rutinas de inspección

El arrastrador de cadenas durante el año 2013 presento una falla con un tiempo de reparación de 455 minutos, con el plan de acción se espera mejorar el funcionamiento del equipo.

Cuadro N°21: Análisis de falla de bombas de inyección de bunker

ANALISIS DE FALLAS					
BOMBAS DE INYECCION DE BUNKER (212)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACCION
10/07/2013	670	no genera movimiento a la transmisión	rotura de principal del acoplamiento y averaeaciones de los ejes secundarios	preparar en una factoría externa el eje y su limpieza	Esta fue una reparación de emergencia por lo que se debe programar el cambio del eje, al poner en marcha no emitía el caudal suficiente. Solicitar un plan de acción de mantenimiento rutinario
13/08/2013	430	falta presión al ingreso de la boquilla para la pulverización del bunker	la falta de lubricación ha generado rotura del rodamiento y desgaste del eje	rellenar el eje y rectificar en el torno y cambio de rodamientos	cumplir con rutinas de inspección y crear ordenes de mantenimiento para lubricación

Las bombas de inyección de bunker durante el año 2013 presento un total de 3 fallas, tiempo de reparación de 2100 minutos en las intervenciones por falla del equipo. Con el plan de acción se espera mejorar el tiempo de funcionamiento del equipo.

Cuadro N°22: Análisis de falla del molino pskm

ANALISIS DE FALLAS MOLINO PSKM (217)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
22/01/2013	3550	roturas de fajas de transmisión	Sobrecarga de material	limpiar poleas y cambio de fajas	inspeccionar y reportar daños en las fajas
08/02/2013	7000	rotura de rodamiento	falta de lubricación, provocando desgaste y rotura de rodamiento	cambio de rodamientos	implementar sistema de lubricación
05/05/2013	2580	desgaste de canal chivetero en el eje	prisionero sin ajuste en el buje de polea	rellenar y maquinar eje	verificar ajuste de prisioneros
01/07/2013	4500	rotura de cuchilla	pernos sin ajuste	cambiar de pernos y cuchilla	verificar ajuste de pernos
27/04/2013	3200	fisura en base de molino	exceso de vibración	soldar fisura	inspeccionar vibraciones de rodamientos
11/09/2013	4110	canastilla deformada	caída de cuchilla	centrar canastilla	verificar ajuste de pernos
13/10/2013	2860	rotura de eje en punta de polea	fatiga de material	soldar eje	planificar cambio

En el molino PSKM se presentó un total de 7 fallas en el año 2013, donde se tiene que realizar un seguimiento continuo a los planes de acción y al mantenimiento de rutinario aplicado para poder determinar si se presenta este tipo de fallas consecutivas.

Cuadro N°23: Análisis de falla sistema hidráulico

ANALISIS DE FALLAS					
SISTEMA HIDRAULICO VALVULAS (402)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
14/03/2013	1200	no acciona electroválvula	distribuidor con partículas en agujero	limpieza de electroválvula	estandarizar limpieza de electroválvulas y un plan de inspección de rutina
02/07/2013	1500	rotura de o ring	o ring con exceso de medida	cambio de o ring	control, inspección y reportar las averías
19/12/2013	680	no registra presión en pupitre	válvula S 2 asiento con ralladura	rectificar asiento de válvula	La rectificación de la válvula so asida muy eficiente, al accionar válvula se ha detectado fuga. Planificar cambio de válvula

El sistema hidráulico durante el año 2013 presentó, total de 3 fallas y un tiempo de reparación de 3380 minutos lo que se espera con el plan de acción de inspección es minimizar el número de fallas e intervenciones.

Cuadro N°24: Análisis de falla de bombas de alta presión

ANALISIS DE FALLAS BOMBAS DE ALTA PRESION (405)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
05/02/2013	710	rotura de cabezal de bomba	no funciona válvula de seguridad	soldar cabezal y revisión de válvula	inspeccionar funcionamiento de válvula
13/04/2013	545	no genera presión	asientos de válvulas averiadas	rectificar asientos	fue una reparación rápida se debe programar cambio de válvula , por la rectificación no fue muy efectiva ya poner en funcionamiento detecta fuga de presión
27/11/2013	565	poca succión de muzin	filtros sucios	limpieza de filtros	inspeccionar y reportar estado de filtros
07/12/2013	280	falla de bomba	falla en la conexión de alimentación eléctrica	se coloca una bomba de reserva y se arregla conexión eléctrica	solicita a la parte eléctrica controles de ajuste y cumplir con las rutinas de ajuste de conexiones

Las bombas de alta presión presento durante el año 2013, total de 4 fallas y un tiempo de intervención de 2100 minutos. Donde se tiene que cumplir con el plan de acción para mejorar el

número de fallas ocurridas en este equipo. Y así mantener una mejor disponibilidad de al momento de operar.

Cuadro N°24: Análisis de falla de compresor - pistones

ANALISIS DE FALLAS					
COMPRESOR - PISTONES (309)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
26/09/2013	1495	ruido anormal en la transmisión del compresor	desgaste del canal chavetero del eje y polea	rellenar en ambas partes con soldadura y rectificar en el torno	programar cambio de ambas partes y cumplir con las inspecciones de rutina
03/03/2013	1760	vibración en el cabezal	rodamiento con desgaste de 0.03 centésimas provocando calentamiento en el soporte	cambio de aceite, rodamiento y revisión en el torno la centralidad del eje	se requiere cumplir con las rutinas de inspección

El compresor de pistones durante el año 2013 presento un total de 2 fallas y un tiempo de 3255 minutos en la intervención al equipo, siendo un equipo muy fundamental en el proceso productivo. Se espera con el plan de acción mejorar la disponibilidad del equipo.

Cuadro N°26: Análisis de falla mando asincrónico pre prensa

ANALISIS DE FALLAS					
MANDO ASINCRONICO PRE PRENSA (413)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACCION
10/01/2013	640	no genera presión para la apertura del plato superior	válvulas de aguja asientos desgastados	rectificar asientos de válvulas	programar cambio de válvulas
23/06/2013	830	se descuelga plato superior	retenes hidráulicos torre de sincronismo con desgaste	colocar lana para mejorar ajuste	se requiere evaluar el conjunto de retenes hidráulicos si son los adecuados
11 / 08 13	510	control de válvulas de aguja	fuga de aire comprimido por vástago	cambio de o ring del vástago	cumplir con las rutinas de inspección y reportar las averreaciones

El mando asincrónico de pre prensa durante el año 2013 presento un total de 3 fallas, teniendo un tiempo de reparación de 1980 minutos durante las intervenciones, se espera con el plan de acción mejorar la disponibilidad del equipo en el momento requerido.

Cuadro N°27: Análisis de falla de empujador sierra balanza

ANALISIS DE FALLAS					
EMPUJADOR SIERRA BALANZA (420)					
FECHA	DURACION (MIN)	FALLA	MOTIVO DE LA FALLA	QUE SE HIZO?	PLAN DE ACION
06/06/2013	220	ruido anormal en caja del reductor	la falla de aceite de lubricación provocando daños en los rodamientos	cambiar rodamiento y aceite	cumplir con las rutinas de inspección y generar ordenes de mantenimiento para lubricación

El empujador de sierra balanza en el año 2013 presento una falla y un tiempo de reparación de 220 minutos.

4.3 Estudio del comportamiento de los equipos críticos

Para determinar el comportamiento de los equipos críticos a los cuales se les está aplicando este estudio, se va a presentar unas tablas (de cada equipo) donde se muestra: la fecha de ocurrencia de la falla, la duración en minutos de su reparación, la falla ocurrida, el motivo de dicha falla, que se hizo para atender esa falla y el plan de acción propuesto por los líderes mecánicos encargados del seguimiento, la planificación y control del mantenimiento de estos equipos.

Los datos mostrados pertenecen en el año 2013, debido a la falta de control de datos de los años anteriores para incluirlos en el estudio. La presentación de estos datos nos permite observar el comportamiento de los equipos críticos entre el período mencionado,

Es decir, se puede si las fallas ocurridas continuaron presentándose o si surgieron nuevas fallas, la duración en minutos por reparación para cada falla, la frecuencia en que fue intervenido el equipo, si las acciones tomadas y propuestas fueron exitosas o no arrojaron los resultados esperados.

4.3.1 Definición de las Funciones principales de los Equipos Críticos

Primeramente se revisaron los manuales del fabricante, luego se hicieron consultas a los operadores y al personal que trabaja con los equipos, de esta manera se conocieron las funciones en sitio y se obtuvieron ideas claras sobre la finalidad que cumplen cada equipo.

4.3.2 Definición de análisis de criticidad de los equipos críticos

La empresa cuenta en su proceso productivo con equipos críticos, los cuales son de vital importancia, ya que si no se encuentran en condiciones óptimas para operar puede detenerse el proceso productivo y esto genera pérdidas a la empresa.

La planta de Tableros Peruanos posee una lista de equipos de críticos, pero muchos de ellos van a ser reparados o cambiados, porque son equipos antiguos.

Para este estudio los equipos críticos han sido definidos por aquellos que han presentado fallas registradas en el último año(2013), ya que la Gerencia de Mantenimiento de Tableros Peruanos ha decidido enfocarse en estos equipos para evitar que continúe surgiendo este tipo de fallas en los mismos equipos se realizara en forma secuencial y continua, es indispensable que los equipos se encuentren disponibles para operar y así evitar una disminución en el volumen de producción o la paralización en el proceso productivo de dicha planta. Por ende, se va a presentar cuales son los equipos críticos con su respectivo grupo que es manejado en la empresa.

4.3.4 Justificación del Análisis de Criticidad

Debido al gran número de equipos, que operan en el la línea de producción, es necesario establecer hacia cuales se deben dirigir todos los esfuerzos, y la gestión de mantenimiento para así atender en primer lugar a los críticos, esto se hace con el objetivo de que las estrategias de mantenimiento implementadas, tengan el mayor impacto del buen funcionamiento.

4.3.5 Adaptación del Análisis de Criticidad al Ámbito Operacional de los Equipos en Estudio

En esta parte de la investigación procede a ajustar la metodología de análisis de criticidad, a la realidad operativa de la empresa, tomando en cuenta la cantidad y la calidad de información que se dispone por equipo, con el propósito de definir cuáles de los parámetros o factores incluidos dentro de la metodología.

Área de mantenimiento:

- ✓ Cantidad de Fallas ocurridas.
- ✓ Tiempo Promedio Fuera de Servicio (MTFS) en horas.
- ✓ Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMP).
- ✓ Disponibilidad de Repuestos (DR).

- ✓ Costo de reparación

Área de Operaciones:

- ✓ Seguridad e higiene industrial.
- ✓ Tipo de instalación.

Estos parámetros serán ponderados según lo establecido del uno al tres, uno para lo menos severo y tres para lo más severo.

Cuadro N°28: Matriz de criticidad empleada para los equipos

área de mantenimiento				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1		
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2		
	1c) fallas > 3	3		
2) tiempo promedio fuera de servicio(MTFS)	2a) ≤ 10	1		
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3		
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1		
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2		
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3		
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $\text{DR} \geq 95\%$	1		
	4b) $70\% \leq \text{DR} < 95\%$	2		
	4c) $\text{DR} < 70\%$	3		
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1		
	5b) medio 200 - 400 \$	2		
	5c) alto 400 - mas \$	3		
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma A.M.$)				

área de operaciones				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1		
	6b) efecto temporal	2		
	6c) efecto frecuente	3		
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1		
	7b) sistema en serie	2		
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)				
$\% \text{ Criticidad del equipo} = [K_1 * (\Sigma A.M.) + K_2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				

$$\text{Criticidad del equipo} = [K_1 * (\Sigma A.M.) + K_2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$$

Dónde:

$\Sigma A.M.$: Sumatoria de los puntos del área de mantenimiento.

$\Sigma A.O.$: Sumatoria de los puntos del área de operaciones.

K_1 : 0,0278; Constante del área de mantenimiento.

K_2 : 0,0555; Constante del área operacional

Cuadro N°29: Parámetros para identificar los equipos de estudio

PARAMETROS PARA ESTABLECER LA CRITICIDAD
No crítico ($1\% \leq \% \text{ Criticidad} < 25\%$)
Semi-crítico ($25 \leq \% \text{ Criticidad} < 55\%$)
Crítico ($\% \text{ Criticidad} \geq 55\%$)

4.3.6 Ejecución del Análisis de Criticidad.

Ya con todos los criterios seleccionados, mediante la metodología previamente expuesta, se procedió realizar la matriz de criticidad, para obtener la criticidad de cada equipo estudiado

Matriz de criticidad de banda de alimentación

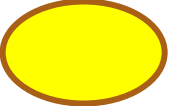

Cuadro N°30: análisis de criticidad de banda de alimentación

área de mantenimiento				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2		
	1c) fallas > 3	3		
2) tiempo promedio fuera de servicio(MTFS)	2a) $\text{de} \leq 10$	1	2 ^a	1
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3		
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3 ^a	1
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2		
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3		
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $\text{DR} \geq 95\%$	1	4c	3
	4b) $70 \leq \text{DR} < 95\%$	2		
	4c) $\text{DR} < 70\%$	3		
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5 ^a	1
	5b) medio 200 - 400 \$	2		
	5c) alto 400 - mas \$	3		
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma A.M.$)				8

área de operaciones				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1	6b	2
	6b) efecto temporal	2		
	6c) efecto frecuente	3		
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	7b	2
	7b) sistema en serie	2		
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)				4
$\% \text{ Criticidad del equipo} = [K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				44.45%

A continuación se muestra el Semáforo con los colores (verde amarillo, rojo) y posteriormente la tabla con los porcentajes de criticidad de los equipos.

Gráfico N°12: Método del Semáforo.

color	significado	Rango
	Optimo	Menor igual 25 %
	alerta (medio critico)	entre (25 y 55) %
	Critico	Mayor 55 %

Se muestran todos los equipos que obtuvieron el porcentaje de criticidad de los equipos (críticos) para el estudio respectivo.

4.3.7 Resultados del Análisis de Criticidad.

A continuación, se muestra los resultados arrojados por el análisis de criticidad para cada equipo

Cuadro N°31 resultados del análisis de criticidad 2013

Equipo	% criticidad	Clasificación
banda de alimentación	44,45%	semi critico
Chipe adora	41,67%	semi critico
sinfín mellizos	44,45%	semi critico
cangilones	36,12%	semi critico
rotor mecánico	58,35%	Critico
sinfín de descarga	30,55%	semi critico
Molino	47,22%	semi critico
ventilador tiro inducido	61,13%	Critico
tkf de arrastre	33,33%	semi critico
rotor hidráulico	36,11%	semi critico
sinfín de descarga	33,33%	semi critico
arrastrador de cadena	58,35%	Critico

secador combi	41,67%	semi critico
embrague del sacador	38,89%	semi critico
sinfín doble hélice	36,11%	semi critico
bomba de inyección de bunker	61,11%	Critico
Criba	47,23%	semi critico
molino pskm	55,57%	Critico
encoladoras c.e	30,55%	semi critico
encoladoras c.i	30,55%	semi critico
distribuidor bunker A	41,67%	semi critico
distribuidor bunker B	41,67%	semi critico
bomba c.e	41,67%	semi critico
bomba c.i	30,55%	semi critico
bascula dosificadora	41,67%	semi critico
Formadora	30,55%	semi critico
rodillos de niveladores	30,55%	semi critico
rodillos de formación	30,55%	semi critico
rodillos de limpieza	38,89%	semi critico
sistema hidráulico (válvulas)	66,67%	Critico
bombas de alta presión	55,56%	Critico
compresor de pistones	55,57%	Critico
sierra colchón	44,45%	semi critico
prensa	30,33%	semi critico
mando asincrónico pre prensa	58,34%	Critico
sierra corte transversal	36,11%	semi critico
volteador de tableros	41,65%	semi critico
mesa de rodillos	36,10%	semi critico
orugas sierra balanza	36,10%	semi critico
empujador sierra balanza	55,55%	Critico
sierras corte longitudinal	36,10%	semi critico
mesa telescópica	36,10%	semi critico
mesa de rodillos para montacargas	30,55%	semi critico
Tranverl	30,55%	semi critico

A través de la matriz de criticidad se ha podido identificar los equipos críticos que se realizará un plan de mantenimiento preventivo. Usando como factores de evaluación área de mantenimiento y operaciones.

✓ **Área de mantenimiento**

Cantidad de fallas: viene hacer la frecuencia de fallas con la que ocurre en un equipo

Tiempo promedio fuera de servicio: es tiempo promedio que un equipo ha estado fuera de servicio por averías o fallas.

Cumplimiento del mantenimiento preventivo: es el % del cumplimiento del plan de mantenimiento.

Disponibilidad de repuestos: viene hacer el % disponibilidad de los repuestos en momento requerido.

Costo de reparación: es el costo total de la reparación de cada equipo.

✓ **Área de operaciones**

Seguridad e higiene: este análisis es a través del riesgo e impacto de cada equipo.

Tipo de instalación: la instalación está en 2 tipos en serie y paralelo

- **Instalación en serie:** esta instalación indica que el equipo no tiene reemplazo inmediato y si falla paralizará la producción.
- **Instalación en paralelo:** esto significa que el equipo tiene reemplazo y está instalado a través de un by pass y no paraliza la producción.

4.4. Sistema de Indicadores de Gestión de Mantenimiento.

El sistema de indicadores de gestión que permita llevar un control sobre el funcionamiento, desempeño y cumplimiento de los objetivos determinados por la empresa. Estos indicadores de gestión de mantenimiento tienen como propósito evaluar el desempeño de la gerencia de mantenimiento.

4.5. Tablero de control

Se utiliza con la finalidad de llevar un control de los objetivos de la empresa.

Cuadro N°32: tablero de control

medición	Definición	Indicador	Meta	Obs	Frecuencia
% efectividad 1	El propósito de este indicador es determinar el impacto que tiene mantenimiento en la producción programada de Tableros Peruanos	$\frac{(\text{ton prog}) - (\text{tdpm})}{(\text{ton prog})} * 100$	100 %	= 100 %	Mensual
% efectividad 2	El propósito de este indicador es determinar el impacto de la cantidad de toneladas perdidas en la producción real por causas de mantenimiento	$\frac{(\text{Ton reales})}{(\text{Ton reales}) + \text{tdpm}} * 100$	100 %	= 100 %	Mensual
% Efectividad 3	La finalidad de este indicador es determinar cómo está la producción programada vs la real en tableros peruanos	$\frac{(\text{ton reales})}{(\text{ton prog})} * 100$	100 %	= 100 %	Mensual
% eficacia	El propósito de este indicador es medir cual asido el porcentaje de eficacia en las ordenes de mantenimiento ejecutadas vs programadas	$\frac{\text{Ord mtto ejecutadas}}{\text{Ord mtto prog}} * 100$	100 %	Entre 80 y 100 %	Mensual
% eficacia	La finalidad de este indicador es calcular el porcentaje de las horas	Hrs rep reales	100 %	Entre 90 y	Mensual

	de reparación ejecutadas vs programadas	$\frac{\text{Hrs rep}}{\text{Hrs prog}} * 100$		100 %	
--	---	--	--	-------	--

Leyenda de indicadores

MTTO: mantenimiento

ORD: ordenes

REP: reparación

HRS: horas

TDPM: toneladas dejadas de producir
Imputadas a mantenimiento

PROG: programación

TON: toneladas

- ✓ En la primera columna de la izquierda del Tablero de Control se muestra lo que se desea medir.
- ✓ En la segunda columna especifica la definición del indicador
- ✓ En la tercera columna se coloca la expresión matemática del indicador que medirá el cumplimiento de los objetivos establecidos por la jefatura de mantenimiento de Tableros Peruanos
- ✓ En la cuarta se indica la meta de valor del indicador para determinar si está en el rango.
- ✓ las observaciones donde se define el valor fijo de excelencia o el rango de aceptación del indicador.
- ✓ La última columna del Tablero de Control se muestra la frecuencia de medición del indicador.

4.5.1 Criterios del establecimiento de indicadores de Gestión de Mantenimiento.

Los indicadores establecidos deben ser:

- ✓ Medibles.
- ✓ De fácil manejo.
- ✓ De sencilla interpretación.
- ✓ Accesibles a todo el personal de la jefatura de mantenimiento de Tableros Peruanos.

4.5.2 Cálculo de indicadores de Efectividad.

En la tabla que será mostrada a continuación se refleja los datos registrados de la producción (programada y real) de 12 meses (enero – diciembre) del año 2013. De la misma manera se muestran los datos de las toneladas dejadas de producir imputables a mantenimiento en el mismo período, donde se tiene que calcular la: Efectividad1, Efectividad2 y la Efectividad3.

La Efectividad 1: permite determinar el impacto de las “toneladas dejadas de producir imputables a mantenimiento” en la producción programada mensual.

La Efectividad 2: permite comprobar que tanto influyeron las “toneladas dejadas de producir imputables a mantenimiento” en la producción real mensual.

La Efectividad 3: tiene como función calcular como fue la producción real vs la producción programada durante cada mes

Cuadro N°33: Producción real vs programada

mes	PRODUCCION 2013		TDPM
	Programado	real	
Enero	7000	5980	873.38
Febrero	6700	4800	1249.31
Marzo	7000	5760	965.74
Abril	7000	5890	698.38
Mayo	7000	5900	859.61
Junio	7000	6200	134.49
Julio	6500	4000	1599.31
Agosto	7000	6350	262.50
septiembre	7000	5700	1110.76
Octubre	7000	5900	463.43
noviembre	7000	6300	372.69
diciembre	7000	6540	45.37

Producción 2013			
Indicador	% Efectividad 1	% efectividad 2	5 efectividad 3
	$\frac{(\text{ton prog}) - (\text{tdpm})}{(\text{ton prog})} * 100$	$\frac{(\text{Ton reales})}{(\text{Ton reales}) + \text{tdpm}} * 100$	$\frac{(\text{ton reales})}{(\text{ton prog})} * 100$

Enero	88%	87%	85%
Febrero	81%	79%	72%
Marzo	86%	86%	82%
Abril	90%	89%	84%
Mayo	88%	87%	84%
Junio	98%	98%	89%
Julio	75%	71%	62%
Agosto	96%	96%	91%
Septiembre	84%	84%	81%
Octubre	93%	93%	84%
Noviembre	95%	94%	90%
Diciembre	99%	99%	93%

Para el mes de enero del 2013 por medio de los indicadores de efectividad se determina los siguientes resultados obtenidos.

Efectividad 1: el porcentaje de toneladas dejadas de producir por mantenimiento fue significativo con un 12 %. Esto indica que las actividades de mantenimiento no asido efectivo

Efectividad 2: el porcentaje de toneladas dejadas de producir imputadas por las actividades de mantenimiento es de 13% en la producción real del mes. Por lo tanto es un factor determinante en la producción.

Efectividad 3: que la diferencia entre la producción real vs producción programada es de 15 % por causas de mantenimiento.

4.6 Tiempos paralizados por mantenimiento correctivo

Cuadro N°34. Tiempos paralizados x mantto correctivo2013

Mes	min / men	hr / día	1 / día	prod / día
		60	24	233
Enero	5389.920	89.83	3.743	
Febrero	7711.000	128.52	5.355	
Marzo	5960.160	99.34	4.139	
Abril	4309.920	71.83	2.993	
Mayo	5304.960	88.42	3.684	
Junio	829.440	13.82	0.576	
Julio	9869.760	164.50	6.854	
Agosto	1620.000	27.00	1.125	
Septiembre	6852.960	114.22	4.759	
Octubre	2859.840	47.66	1.986	
Noviembre	2299.680	38.33	1.597	
Diciembre	279.360	4.66	0.194	
TOTAL			37.005	

De acuerdo a los tiempos obtenidos por mantenimiento correctivo, en el año 2013 se tiene un total de 37 días paralizados.

4.6.1 Toneladas dejadas de producir por mantenimiento

Cuadro N°35: toneladas dejadas de producir por causas de mantenimiento

TDPM	8634.47
Costo de producción por TM	S/. 1,176.00
precio de venta	S/. 1,800.00
costo total de producción	S/. 10,154,133.89
Costo total de venta	S/. 15,542,041.67
utilidad total	S/. 5,387,907.78

En el año 2013 se ha dejado de producir 8634.47 toneladas métricas de producción y una utilidad total de S/. 5,387, 907.78. Lo cual afecta el crecimiento de nuestra empresa.

4.6.2 Gastos por día de mantenimiento correctivo

El gasto obtenido por mantenimiento correctivo en las reparaciones de los equipos, para poder mantener la disponibilidad de cada uno de ellos. El gasto de mantenimiento correctivo día, se obtenido a través de la suma de los tiempos de paralización.

Cuadro N°36: gastos por mantenimiento correctivo 2013

costo /día	S/. 12,500.00
------------	---------------

Mes	días / paralizados	Gast0 x mantenimiento correctivo
enero	3.743	S/. 46,787.50
febrero	5.355	S/. 66,935.76
Marzo	4.139	S/. 51,737.50
Abril	2.993	S/. 37,412.50
Mayo	3.684	S/. 46,050.00
Junio	0.576	S/. 7,200.00
Julio	6.854	S/. 85,675.00
agosto	1.125	S/. 14,062.50
septiembre	4.759	S/. 59,487.50
octubre	1.986	S/. 24,825.00
noviembre	1.597	S/. 19,962.50
diciembre	0.194	S/. 2,425.00
TOTAL	37.00	S/. 462,560.76

4.6.3 Ahorro de energía por mantenimiento correctivo

Durante el año 2013 se obtuvo 37 días paralizados por mantenimiento correctivo. Lo cual se ha dejado de pagar energía eléctrica, siendo el costo por día de 12,670.67 soles. Lo cual significa que se ha dejado de pagar un total de S/. 468,876.26. de esta manera no se obtuvo consumo de energía y tampoco había producción.

Cuadro N°37: ahorro de energía 2013

Mes	costo	costo día
30	S/. 380,120.00	S/. 12,670.67

Mes	días / paralizados	ahorro de energía
enero	3.743	S/. 47,426.31
febrero	5.355	S/. 67,849.66
marzo	4.139	S/. 52,443.89
abril	2.993	S/. 37,923.31
mayo	3.684	S/. 46,678.74
Junio	0.576	S/. 7,298.30
Julio	6.854	S/. 86,844.75
agosto	1.125	S/. 14,254.50
septiembre	4.759	S/. 60,299.70
octubre	1.986	S/. 25,163.94
noviembre	1.597	S/. 20,235.05
diciembre	0.194	S/. 2,458.11
TOTAL	37.00	S/. 468,876.26

4.6.4 Remuneración de mano de obra

Cuadro N°38: remuneración mano de obra

# de trabaj	Rem/mens	Total	día /traba	rem /día	rem / año
50.00	1635	S/. 81,750.00	30	S/. 2,725.00	S/. 981,000.00

Mes	días / paralizados	pago m.o inoperativa
enero	3.743	S/. 10,199.68
febrero	5.355	S/. 14,592.00
Marzo	4.139	S/. 11,278.78
Abril	2.993	S/. 8,155.93
Mayo	3.684	S/. 10,038.90
Junio	0.576	S/. 1,569.60
Julio	6.854	S/. 18,677.15
agosto	1.125	S/. 3,065.63

septiembre	4.759	S/. 12,968.28
octubre	1.986	S/. 5,411.85
noviembre	1.597	S/. 4,351.83
diciembre	0.194	S/. 528.65
TOTAL	37.00	S/. 100,838.25
rem/ año m.o	rem m.o inop	% rem/inactivo
S/. 981,000.00	S/. 100,838.25	10.28%

4.7 Sistema documental.

A través de este sistema documental son todos aquellos documentos o formatos por medio de la cual facilitara de apoyo al sistema de gestión de mantenimiento preventivo propuesto. Este sistema contiene registro de información de datos y cálculo de indicadores con la finalidad que la jefatura de mantenimiento de tableros Peruanos pueda crear (a través de ellos) un registro o historial de datos que permitan evaluar el desempeño de dicha gestión en un período de tiempo determinado.

Este formato tiene como función llevar el registro de los datos de la producción programada, real, las toneladas dejadas de producir por causas de mantenimiento y el porcentaje de efectividad calculado con su respectivo indicador de mantenimiento.

Medición de efectividad del mantenimiento en la producción

Cuadro N°39: Formato de efectividad

MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN					
año	mes	Programado	real	TDPM	% CMP

Medición de eficiencia en la administración de recursos utilizados para mantenimiento

Cuadro N°40: Formato administración de recursos

MEDICIÓN DE EFICIENCIA EN LA ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS UTILIZADOS PARA MANTENIMIENTO				
año	mes	horas/programado	horas/real	% CMP

Reporte de análisis de fallas

Cuadro N°41: Formato de análisis de fallas

análisis de fallas					
fecha	equipo	Duración/ min.	falla	que se hizo	plan de acción

4.8.1 Elaborar el plan de mantenimiento preventivo considerando el balance de los recursos

De acuerdo al plan de mejoras teniendo un supervisor en nuestra área de mantenimiento, junto a planificación se va iniciar un proceso de control estadístico del programa de mantenimiento. En el proceso de mejora se plantea reducir los % de errores entre lo planificado y el real

Revisar y analizar el % de errores de años anteriores de los planes de mantenimiento

Revisar los stock de repuestos, equipos y herramientas de mantenimiento

Presentar el plan de mantenimiento.

Esta propuesta es basada en la mejora del plan de mantenimiento preventivo, no existen costos adicionales el personal ya existe en la empresa.

4.8.2 diseño del sistema de mantenimiento preventivo

La Gerencia de mantenimiento de la empresa Tableros Peruanos requiere establecer un nuevo Sistema de gestión de mantenimiento para llevar el control de los equipos de planta que está tratando de mejorar en su proceso se va a presentar el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de la empresa.

4.8.2.1 Estándares de inspección

La efectividad para determinar las condiciones en la que se encuentra un equipo es a través de la inspección, ya que por medio de ésta se puede verificar si el equipo está operando bajo condiciones normales (establecidas por el fabricante) o si está presentando alguna irregularidad.

De acuerdo a los resultados arrojados en cada inspección de los equipos, se puede programar una intervención en el equipo que esté presentando alguna irregularidad en su funcionamiento o no permitir que continúe trabajando si se encuentra en óptimas condiciones.

La inspección es de gran importancia para la aplicación del mantenimiento a un equipo determinado, ya que muestra si el equipo está presentando irregularidades (fugas de algún fluido, temperatura, vibración, ruido, entre otros) o si existe una avería, de esa manera se puede programar la ejecución de un tipo de mantenimiento apropiado según la situación presentada.

Los estándares de inspección son establecidos con el propósito de evaluar las condiciones del equipo según los parámetros fijados por el fabricante de cada uno de ellos. A continuación se muestra los estándares de inspección por equipo donde se especifica la parte del equipo inspeccionada.

Cuadro N°42: Estándar de inspección – rotor mecánico

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de los rodamientos del reductor	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
temperatura de rodamiento de transmisión	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial de los rodamientos	Vibrometro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial de los rodamientos	Vibrometro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
nivel de aceite	Visual	cerca al máximo	Mensual
ruido de los rodamientos	Estetoscopio	ruido normal	Mensual
pernos de fijación del rotor	torquímetro	de 90 a 120 n/m	Mensual
transmisión por cadena	Visual	estado normal	Mensual
eje de transmisión sin fuga (reten)	Visual	estado normal	Semestral

Cuadro N°43: Estándar de inspección – tiro inducido

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de chumacera lado ventilador	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
temperatura de chumacera lado conducido	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial de ambas chumaceras	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial de ambas chumaceras	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
desgaste de alabes	Visual	estado normal	cada / parada
limpieza de las poleas	Visual	sin acumulación de polvo	Mensual
ruido en ambas chumaceras	Estetoscopio	ruido normal	Quincenal
picadura de voluta de ventilador	Visual	estado normal	Mensual

Cuadro N°44: Estándar de inspección – arrastrador de cadenas

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de rodamiento de cola	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
temperatura de rodamiento de transmisión	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial en ambos rodamientos	Vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial en ambos rodamientos	Vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
nivel de aceite del reductor	Visual	cerca al máximo	Mensual
ruido en ambos rodamiento	Estetoscopio	ruido normal	Quincenal
cadena de arrastre	Visual	estado normal	Mensual
piñón motriz	Visual	estado normal	Mensual
catalina conducida	Visual	estado normal	Mensual

Cuadro N°45: Estándar de inspección – bombas de inyección de bunker

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de rodamiento	termómetro	de 60 a 75 °c	Quincenal
vibración axial de rodamiento	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial de rodamiento	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
ajuste de pernos de bridas	torqui metro	de 85 a 95 N/m	Quincenal
ruido en rodamiento	Estetoscopio	ruido normal	Quincenal
tuberías de entradas y salidas sin fuga	Visual	estado normal	Quincenal

Cuadro N°46: Estándar de inspección – molino PSKM

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de chumacera lado canastilla	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
temperatura de chumacera lado conducido	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial de ambas chumaceras	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial de ambas chumaceras	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
ajuste de pernos de canastilla	torqui metro	de 50 a 60 N/m	cada /parada
limpieza de las poleas	Visual	sin acumulación de polvo	Mensual
ruido en ambas chumaceras	Estetoscopio	ruido normal	Quincenal

Cuadro N°47: Estándar de inspección - sistema hidráulico

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	frecuencia
estado de o ring	Visual	estado normal	Mensual
filtros de succión	Visual	estado normal	Mensual
anillos de respaldo del o ring	Visual	estado normal	Mensual
asiento de válvulas	liquido penetrante	estado normal	Semestral
tuberías de salida de banco sin fuga	Visual	estado normal	Quincenal
electroválvulas	Visual	estado normal	Mensual

Cuadro N°48: Estándar de inspección - bombas de alta presión

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de chumacera de cigüeñal	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial de chumaceras de cigüeñal	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
desgaste de vástagos de bomba	Visual	estado normal	cada/ parada
limpieza de las poleas	Visual	sin acumulación de polvo	Mensual
ruido en chumaceras	estetoscopio	ruido normal	Quincenal
filtros de succión	Visual	estado normal	Mensual
manifhol sin presencia de fuga	Visual	estado normal	Mensual
válvulas sin presencia de fuga	liquido penetrante	estado normal	cada/ parada

Cuadro N°49: Estándar de inspección - compresor de pistones

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura de rodamiento de cola	termómetro	de 60 a 75 °c	Quincenal
temperatura de rodamiento de transmisión	termómetro	de 60 a 75 °c	Quincenal
vibración axial en ambos rodamiento	vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial en ambos rodamiento	Vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
nivel de aceite	Visual	cerca al máximo	Quincenal
ruido en ambos rodamiento	estetoscopio	ruido normal	Quincenal
estado de filtros	Visual	estado normal	Mensual

Cuadro N°50: Estándar de inspección – mando asincrónico pre prensa

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
asiento de válvulas de aguja	liquido penetrante	estado normal	Mensual
filtros de succión	Visual	estado normal	Mensual
torre de asincrónico sin fuga	Estetoscopio	estado normal	Semestral
neumáticos sin fuga	Visual	estado normal	Mensual
pernos reguladores de los neumáticos	Visual	estado normal	Mensual

Cuadro N°51: Estándar de inspección – empujador de sierra balanza

PARTES DE EQUIPO	EQUIPO DE INSPECCION	ESTATUS	Frecuencia
temperatura delos rodamiento del reductor	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
temperatura de rodamiento de transmisión	termómetro	de 30 a 45 °c	Quincenal
vibración axial de los rodamiento	Vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
vibración radial de los rodamiento	Vibro metro	de 0.00 a 4.00 mm/seg	Quincenal
nivel de aceite	Visual	cerca al máximo	Mensual
ruido de los rodamiento	estetoscopio	ruido normal	Quincenal
Cremallera	Visual	estado normal	Mensual
transmisión por cadena	Visual	estado normal	Mensual

4.8.2 Plan de lubricación

Para la jefatura de mantenimiento, es importante rol que juega la adecuada lubricación en la confiabilidad de los equipos. Lograr excelencia en la lubricación en de nuestros equipos.

Este proceso inicia con el reconocimiento de la necesidad por cambiar y mejorar. En la disponibilidad de los equipos Lo que sigue generalmente, es la preparación de un plan y la asignación de tareas. Contamos con ingenieros y operarios, para tratar de obtener una mejora en la confiabilidad y poder obtener el buen funcionamiento de equipos en el momento necesarios para su uso.

Contando con el plan de lubricación se puede decir que evitaremos tener un consumo de energía menor, desgaste de piezas fricción entre puntos de contacto y sobre esfuerzo de cada uno de ellos

Cuadro N°52: Planes de lubricación para los equipos críticos

Equipo	Partes	Frecuencia
rotor mecánico	rellenar nivel de aceite a tipo c 90 al acumulador	Mensual
	cambiar aceite tipo c 90 al acumulador	Anual

Equipo	Partes	Frecuencia
ventilador tiro inducido	rellenar grasa chumacera lado ventilador	Quincenal
	rellenar grasa chumacera lado polea	Quincenal
	cambiar grasa en ambas chumacera	Anual

Equipo	Partes	Frecuencia
arrastrador de cadena	rellenar grasa tipo EP2 ambas chumaceras de sproket conducido	Quincenal
	rellenar grasa tipo EP 2 ambas chumaceras de sproket motriz	Quincenal
	lubricar cadena de transmisión tipo 610	Quincenal

Equipo	Partes	Frecuencia
bomba de inyección de bunker	rellenar de grasa EP 3a ha rodamiento motriz	Quincenal

Equipo	Partes	Frecuencia
molino PSKM	rellenar grasa a soporte lado ventilador	Quincenal
	rellenar grasa a soporte lado polea	Quincenal

equipo	Partes	Frecuencia
sistema hidráulico	rellenar aceite a tanque principal	Semestral

equipo	Partes	Frecuencia
bomba de alta presión	rellenar aceite a caja de cigüeñal Shell	Semestral
	rellenar grasa portes de chumacera	Quincenal

equipo	Partes	Frecuencia
compresor de pistones	rellenar aceite a tanque principal Shell	Mensual
	cambio de aceite a tanque principal	Anual

equipo	Partes	Frecuencia
mando asincrónico pre prensa	rellenar aceite a tanque principal	Mensual
	rellenar aceite a a tanque secundario	Mensual

equipo	partes	Frecuencia
empujador sierra balanza	rellenar aceite a reductor	Mensual
	rellenar de grasa EP 2 soporte del eje	Mensual

4.9 Planes de Mantenimiento Preventivo programado.

La jefatura de mantenimiento dentro de la empresa está organizando y tratando preservar y garantizar que los equipos que pertenecen al proceso productivo de la estén constantemente disponibles para operar, ya que de esto depende la existencia de la organización.

El propósito es de garantizar el estado óptimo en los equipos, la jefatura de mantenimiento de Tableros Peruanos debe planificar, programar, controlar y ejecutar los tipos de mantenimiento apropiados según los requerimientos de cada equipo.

Entonces la jefatura ha decidido generar unos planes de mantenimiento preventivos programados a los equipos críticos I con la finalidad de prolongar la vida útil de dichos equipos y estén operativos en los momentos requeridos. A continuación se va a presentar los planes de mantenimiento preventivos a los equipos críticos (los cuales fueron definidos por ser los que poseen una más alta frecuencia de falla).

La frecuencia de mantenimiento del equipo, las actividades de mantenimiento a ejecutar y la frecuencia de mantenimiento para cada actividad de mantenimiento a realizarse.

Cuadro N°53: Planes de mantenimiento preventivo – rotor mecánico

plan de mantenimiento - rotor mecánico		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	completar nivel de aceite a tanque de engranajes	Mensual
1	verificación ajuste de pernos del rotor	Mensual
2	revisión de rodamiento, buje y ajuste de los planetarios	Anual
3	Cambio de fajas de transmisión	Anual
4	Revisión de alineamiento de transmisión	Mensual
5	Verificación de estado de retenes de reductor secundario	Anual
6	Limpieza general del equipo	Mensual

Plan de mantenimiento preventivo – ventilador tiro inducido

plan de mantenimiento - ventilador tiro inducido		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	completar nivel de grasa a chumaceras	Quincenal
2	revisar alabes del ventilador	Bimensual
3	alineamiento de transmisión por fajas	Semestral
4	revisión de tapa superior de chumaceras	Semestral
5	realizar balanceo dinámico o estático al ventilador	Bimensual

6	limpieza general del equipo	Quincenal
7	verificación de ajuste de los pernos del ventilador	Bimensual

Plan de mantenimiento preventivo – arrastrador de cadena

plan de mantenimiento - arrastrador de cadenas		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	completar nivel de grasa a chumaceras	Mensual
1	verificación de tensado de cadena	Mensual
2	revisión de rodamiento y buje de ajuste	Anual
3	verificación de guías de cadena	Mensual
4	verificar desgaste de sproker	Mensual
5	limpieza del equipo en general	Mensual

Plan de mantenimiento preventivo – bomba de inyección de bunker

plan de mantenimiento - bomba de inyección de bunker		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	limpieza de filtros	Mensual
2	limpieza de sello mecánico	cada/ parada
3	cambio de rodamientos	Semestral
4	verificación de carcasa de alojamiento	cada/ parada

5	rectificar válvula de alivio de presión	cada/ parada
6	alineamiento de acople	cada/ parada

Plan de mantenimiento preventivo – molino PSKM.

plan de mantenimiento - molino PSKM		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	revisión de canastilla y ajuste de pernos	cada/ parada
2	revisar ajuste de buje de rodamiento	Semestral
3	alineamiento de transmisión por fajas	Semestral
4	completar nivel de grasa a chumaceras	Quincenal
5	realizar balanceo dinámico a rueda de precisión	cada/ parada
6	limpieza general del equipo	Quincenal
7	calibración de holgura de alojamiento de rodamiento	Semestral
8	verificación de eje y de canal chavetero	Semestral

Plan de mantenimiento preventivo – sistema hidráulico (válvulas)

plan de mantenimiento - sistema hidráulico (válvulas)		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	limpieza de distribuidores de electroválvulas	Mensual
2	rectificar asiento de válvulas de control	Bimensual
3	limpieza de filtros de ingreso a banco hidráulico	Mensual
4	cambio de o ring	Semestral
5	limpieza del equipo completo	Mensual

Plan de mantenimiento preventivo – bombas alta presión

plan de mantenimiento - bombas de alta presión		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	calibración de válvula de seguridad a 270 bar de presión	Semestral
2	rectificar asiento de válvulas	Bimensual
3	revisión de estado de las fajas de transmisión	Semestral
4	revisión de rodamientos del cigüeñal	Anual
5	verificación de ajuste de las arandelas del vástago	Bimensual
6	dar ajuste del preno topa de ajuste de empaquetaduras	Quincenal
7	completar el nivel de aceite al tanque de la bomba	Mensual

Plan de mantenimiento preventivo – compresor de pistones

plan de mantenimiento - compresor de pistones		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	cambio de filtro de aceite	Bimensual
1	cambio de filtro de aire	Bimensual
2	revisión de rodamiento de cigüeñal	Anual
3	alineamiento de transmisión por faja	Anual
4	completar nivel de aceite a tanque principal	Mensual
5	limpieza de intercambiador de calor	Mensual
6	revisión de purgador automático de agua	cada/ parada

Plan de mantenimiento preventivo – mando asincrónico pre prensa

plan de mantenimiento - mando asincrónico pre prensa		frecuencia de mantenimiento del equipo anual
N° de actividades	actividades	frecuencia
1	revisión de retenes hidráulicos	Anual
2	rectificar asiento de válvulas de pre carga de presión	cada/ parada
3	revisión de válvulas de aguja	cada/ parada
4	limpieza de toberas de distribución	cada/ parada
5	regulación de pernos de apertura de válvula	Mensual
6	limpieza de sensores de indicadores de presión	Mensual

Cuadro N°54: plan de mantenimiento programado 2015

equipos	05- jul	05- ago	05- sep	05- oct	05- nov	05- dic	05- ene	05- feb	05- mar	05- abr	05- may	05- jun
rotor mecánico	X	X	x	x	X	X	X	X	X	x	X	X
ventilador tiro inducido	X		x		X	X			X		X	X
arrastrador de cadena	X	X	x	x	X	X	X	X	X	x	X	X
bomba de inyección de bunker						X						X
molino pskm						X						X
sistema hidráulico (válvulas)	X		x		X	X	X		X		X	X
bombas de alta presión						X						X
compresor de pistones	X		x		X		X		X		X	
mando asincrónico pre prensa	X	X	x	x	X	X	X	X	X	x	X	X
empujador sierra	X			x			X			x		

Plan de requerimiento y renovación de herramientas, instrumento y equipos

Para esta propuesta se ha determinado que se necesitan herramientas, instrumentos y equipos de gran utilidad para las actividades de mantenimiento

Plan de requerimiento de herramientas

descripción	cost /unit	cantidad año	subtotal
llaves de mixtas 10,11,12,13,14,15,16,18,19,22,24,30	13	8	104
juego de Allen	10	7	70
llaves stilson de 10,12,18 y 36"	25	6	150
racht de 3/8, 1/2 y 3/4	12	5	60
llave francesa de 12 y 18"	18	4	72
extensiones de 3/8, 1/2 y 3/4	18	4	72
Alicates	14	4	56
pinza de seguros interior	8	5	40
pinza de seguros exterior	8	6	48
destornillador plano	5	10	50
destornillador estrella	5	10	50
extractor de 3 uñas	170	3	510
gato hidráulico	200	2	400
		TOTAL	S/. 1,682.00

Plan de requerimiento de instrumentos

descripción	cost /unit	cantidad año	subtotal
vibro metro	1680	3	5040
Stestetocopio	1750	3	5250
termómetro	1630	2	3260
Tacómetro	925	2	1850
Micrómetro	1200	2	2400
nivel de precisión	1100	2	2200
		TOTAL	S/. 20,000.00

Requerimiento de repuestos

descripción	cost /unit	cantidad	
		año	subtotal
grasa (kg)	18	200	3600
aceite (gl)	24.5	250	6125
rodamientos (unidades)	1750	80	140000
ejes	2000	11	22000
Poleas	800	8	6400
Válvulas	2000	50	100000
Engranajes	1900	10	19000
planchas(unid)	800	60	48000
soldadura(kg)	126	100	12600
Otros	423	100	42300
		Total	S/. 400,025.00

Cuadro N°55: costos de mantenimiento

Costo de mantto	costo mantto correctivo	costo mantto preventivo
S/. -510,927.24	S/. 462,560.76	S/. 973,488.00

Producción sin propuesta

prod / promedio TM	meta propuesta %	Incremento TM
5777	33	7683

Disponibilidad de los equipos a través de la producción

87 % \longrightarrow 5776 TM

x \longrightarrow 7683 TM

Disponibilidad = 115.7 %

Entonces obteniendo una sobre producción y llegando mayor al 100 % de disponibilidad, se producirá solo 28 días del mes y los 2 días se cumplirán con el programa de mantenimiento siendo la producción diaria de 256 toneladas métricas. En conclusión obtendremos una producción total de 7171 toneladas. Lo cual tendremos una nueva disponibilidad de equipos mayor al 100 %

87 %	→	5776 TM
x	→	7171 TM
Disponibilidad =		108 %

Gestión de inventarios de partes (SAP) por mantenimiento

Actualmente en la empresa Tableros Peruanos ya se implantado afines del 2013

Algunos módulos de SAP de gestión de mantenimiento preventivo

SAP MP (gestión de mantenimiento)

PM1 mantenimiento preventivo

PM2 mantenimiento correctivo

PM- SM gestión de servicio

PM – ih0 ordenes de mantenimiento

Para este proyecto de mejora de tesis se ha planteado un módulo de gestión de inventarios, para asegurar el control y buen manejo del stock de repuestos y materiales de esta manera poder cumplir con el programa de mantenimiento preventivo programado

SAP (gestión de materiales

IV verificación de facturas

IM gestión de inventarios

PUR gestión de compras

MRP plan de requerimiento de materiales

Para la implementación de este módulo tendría un costo de 10,000 soles

4.10 Programa de capacitación

De acuerdo a las encuestas realizada se estima que un porcentaje que no se cumple de inmediato con las reparaciones de los equipos por falta de conocimientos

Y preparación al personal. Esto con lleva tener mucho tiempo en la reparación y nos muestra en nuestro indicador de disponibilidad de equipo, al mismo tiempo no llegar a cumplir con la metas de producción en la empresa Tableros Peruanos.

Planes de capacitaciones

El área de recursos humanos, contrata una empresa de capacitación especializada para los programas de capacitación anual. De acuerdo a los datos proporcionados por recursos humanos tiene un costo de 40,000 soles anual.

Cuadro N°56: programa de capacitación

Ítem	ESPECIALIDAD	MES	Calendario – 2015			
1	sistemas hidráulicos	Enero	05-ene	09-ene	19-ene	23-ene
2	circuitos neumáticos	febrero	02-feb		09-feb	27-feb
3	Mecánica	Marzo	02-mar	13-mar	16-mar	26-mar
4	Soldadura	Abril	06-mar	10-abr		24-abr
5	trabajo en equipo	Mayo	04-may	08-may	14-may	
6	5 s	Junio	01-jun	05-jun	12-jun	26-jun

4.11 Equipos antiguos

Todos estos equipos que se encuentran funcionando en el proceso productivo, se está realizando su plan de mantenimiento preventivo y al mismo tiempo se revisado la información técnica para poder determinar su vida útil de cada equipo. Donde se llega a la conclusión según el fabricante que se tiene que cambiar dos equipos: rotor mecánico y mando asincrónico de pre prensa. Este cambio se debe realizar inmediato para poder tener la disponibilidad eficiente y el incremento de la producción de la empresa Tableros Peruanos.

Cuadro N°57: vida útil de los equipos según fabricante

EQUIPOS CRITICOS	SEGÚN FABRICANTE		
	año / montaje	vida útil	equipo a cambio
rotor mecánico	1980	30	X
ventilador tiro inducido	1978	45	
arrastrador de cadena	1975	45	
bomba de inyección de bunker	1980	45	
molino pskm	1980	50	
sistema hidráulico (válvulas)	1979	45	
bombas de alta presión	1978	45	
compresor de pistones	1978	45	
mando asincrónico pre prensa	1980	30	X
empujador sierra balanza	1978	45	

4.11.1 Análisis a través de OEE

Donde OEE = disponibilidad, rendimiento y calidad o también (TVC), a través de este análisis proporciona una medida de productividad real de la maquinaria y equipos comparada a la productividad ideal, durante un período de tiempo específico y de esta manera se mide la efectividad de los equipos para mantener la operatividad o si requiere de algún mantenimiento necesario para su funcionamiento correcto donde OEE. Determina los porcentajes mayor a 65% es aceptable para la operación de cada uno de ellos, los que estén por debajo es necesario reparar o cambiar los equipos. A continuación se presenta la tabla de equipos críticos de acuerdo al análisis y ser cambiados.

Cuadro N°58: análisis de OEE

EQUIPO	TIEMPO	VELOCIDAD	CALIDAD	TOTAL
rotor mecánico	92%	88%	90%	73%
ventilador tiro inducido	88%	98%	97%	84%
arrastrador de cadena	90%	95%	95%	81%
bomba de inyección de bunker	97%	93%	85%	77%
molino pskm	84%	88%	87%	64%
sistema hidráulico (válvulas)	94%	97%	93%	85%
bombas de alta presión	96%	93%	97%	87%
compresor de pistones	97%	97%	90%	85%
mando asincrónico pre prensa	85%	89%	83%	63%
empujador sierra balanza	98%	99%	98%	95%

Cuadro N°59: Plan de renovación de equipos

descripción	cost /unit	cantidad año	Subtotal
molino PSKM	500000	1	500000
mando asincrónico	20000	1	20000
		Total	S/. 520,000.00

Cuadro N° 60: Plan de renovación de equipos para los siguientes años

EQUIPO	TIEMPO	VELOCIDAD	CALIDAD	TOTAL
mando asincrónico pre prensa	85%	89%	83%	63%
molino pskm	84%	88%	87%	64%
rotor mecánico	92%	88%	90%	73%
bomba de inyección de bunker	97%	93%	85%	77%
arrastrador de cadena	90%	95%	95%	81%
ventilador tiro inducido	88%	98%	97%	84%
sistema hidráulico (válvulas)	94%	97%	93%	85%
compresor de pistones	97%	97%	90%	85%
bombas de alta presión	96%	93%	97%	87%
empujador sierra balanza	98%	99%	98%	95%

Contratar personal para mantenimiento para llevar un mejor control de repuestos y materiales (gestión de stock)

Considerando una de las mejores estrategias para mejorar la disponibilidad de nuestros equipos y llevar un mejor control del stock, se ha determinado contratar 2 personas para el área de mantenimiento que asegure la calidad y cantidad de cada repuesto.

Contratar un supervisor de mantenimiento para controlar las tareas de mantenimiento

Considerando una de las estrategias es el control de cada actividad y cumpliendo con los estándares de calidad. De esta manera mantenimiento está asegurando el plan de mantenimiento preventivo.

Requisitos

Ingeniero mecánico

Colegiado y habilitación

Cursos en mejora continua

Experiencia mínima 3 años en supervisión de mantenimiento-

Trabajo en equipo

Liderazgo y compromiso en el área

Capítulo V

5.1 pérdidas económicas en la actualidad

En el siguiente cuadro se especifica los detalles de las pérdidas económicas antes de la aplicación de la propuesta de mejora

Cuadro N° 61 pérdidas económicas en la actualidad

CAUSA RAIZ	DETALLE	PERDIDAS (s/.)
falta de mantenimiento preventivo	días acumulados por fallas	S/. 5,387,907.78
equipos antiguos	producto de segunda calidad	falta de cumplimiento al objetivo de primera calidad
falta de capacitaciones	M.O falta de conocimiento técnico	S/. 431,032.62
TOTAL		S/. 5,818,940.40

5.2 inversiones para las propuestas de mejora

En el siguiente cuadro se especifica las inversiones de que son necesarios para cada propuesta de mejora.

Cuadro N° 62 inversiones para las propuestas de mejora

CAUSA RAIZ	DETALLE	Inversiones (s/.)
falta de mantenimiento preventivo	compra de herramientas	1,682.00
	compra de instrumentos de medición	20,000.00
	compra de repuestos	400,025.00
equipos antiguos	Compra del molino PSKM	500,000
	Compra del mando asincrónico	20,000
falta de capacitaciones	Pasajes y viáticos	5,000.00
	contratación de la empresa especializada	35,000.00
TOTAL		981,707.00

5.3 ahorro implementando las propuestas

En el siguiente cuadro se especifica el ahorro generado por cada propuesta de mejora

Cuadro N° 63 ahorros implementando las propuestas

PROPUESTA DE MEJORA	INDICADOR	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
plan de gestión de mantenimiento preventivo	N° de días acumulados por fallas	37	0	S/. 462,560.76
	remuneración M.O inoperativa	37	0	S/. 100,838.25
Plan de renovación de equipos antiguos	costo de reproceso de materia prima	9,325	0	S/. 9,325.00
Programa de capacitaciones	costo de M.O especializada	431,032.62	0	S/. 431,032.62
TOTAL				S/. 1,003,756.63

5.4 EVALUACION DE RESULTADOS

En el presente cuadro todos los ingresos (ahorros de la propuesta) y todos los egresos generados por el proyecto de mejora.

Horizonte de evaluación	Años
Inversión total	s/ 971,707.00
Costo de oportunidad	12 %

Cuadro N°64: evaluación de resultados

Años			crecimiento para los próximos años en porcentaje			
			1.5	2.5	3	3.5
0	1	2	3	4	5	
Ingresos	S/. 1,009,980.00	S/. 1,514,970.00	S/. 2,524,950.00	S/. 3,029,940.00	S/. 3,534,930.00	
costos operativos	S/. 58,000.00	S/. 58,000.00	S/. 58,000.00	S/. 58,000.00	S/. 58,000.00	
Depreciación activos	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	
GAV	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	
utilidad antes de impuestos	S/. 928,242.83	S/. 1,433,232.83	S/. 2,443,212.83	S/. 2,948,202.83	S/. 3,453,192.83	
Impuestos (30%) a la renta	S/. 278,472.85	S/. 429,969.85	S/. 732,963.85	S/. 884,460.85	S/. 1,035,957.85	
utilidad después de impuestos	S/. 649,769.98	S/. 1,003,262.98	S/. 1,710,248.98	S/. 2,063,741.98	S/. 2,417,234.98	

5.5 Flujo de caja, cálculo del VAN Y TIR

En el presente cuadro se muestra los flujos de caja más depreciación de activos, obteniendo el valor actual neto (VAN) positivo y la tasa interna de retorno (TIR) mayor al costo de oportunidad; por ello se determina que el presente proyecto es viable.

Cuadro N°65: Flujo caja

Año	0	1	2	3	4	5
utilidad después de impuestos		S/. 660,699.91	S/. 1,014,192.91	S/. 1,721,178.91	S/. 2,074,671.91	S/. 2,428,164.91
más depreciación		S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17	S/. 11,737.17
Inversión	S/. 971,707.00	S/. 672,437.08	S/. 1,025,930.08	S/. 1,732,916.08	S/. 2,086,409.08	S/. 2,439,902.08

Calculo del VAN COK 12%

Año	0	1	2	3	4	5
flujo neto de efectivo	S/. - 971,707.00	S/. 672,437.08	S/. 1,025,930.08	S/. 1,732,916.08	S/. 2,086,409.08	S/. 2,439,902.08

TIR

Calculo:

VAN	S/. 3,88 2,251.23
TIR	75%
PRI	1.00

PRI

5.6 cálculo de beneficio costo

En el presente cuadro se analiza los ingresos y egresos generados en los 5 años.

Cuadro n°66: cálculo del beneficio costo de la tesis

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 672,437.08	S/. 1,025,930.08	S/. 1,732,916.08	S/. 2,086,409.08	S/. 2,439,902.08
Egresos		S/. 348,472.85	S/. 499,969.85	S/. 802,963.85	S/. 954,460.85	S/. 1,105,957.85

VAN Ingresos	S/. 4,853,958.23
VAN Egresos	S/. 2,285,898.99

B/C	2.12
------------	------

El análisis del beneficio costo, nos muestra que por cada S/. 1.00 que se invierte en proyecto se recupera S/. 1.12.

Capítulo VI

Resultados y discusiones

6.1 Resultados

La inversión realizada en el sistema de gestión de mantenimiento preventivo es de gran satisfacción tanto para el cliente con la disponibilidad de sus equipos y para la empresa cumpliendo con sus objetivos en tiempo y costo. Así el proyecto resulta ser positivo obteniendo un resultado económico financiero de gran rentabilidad: teniendo un TIR de un 99 % y un B/C de 2.21

6.2 Discusiones

Para el desarrollo de la investigación que se realizó en un determinado tiempo y aplicado en el campo, tratando con las diferentes áreas interrelacionadas entre sí. De mantenimiento; en donde se desarrollara las actividades del programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de cada uno de los equipos. Logrando con la capacidad y compromiso de cada uno de sus colaboradores.

La información se obtuvo a través de consultas, base de datos históricos y observaciones de comportamiento de los equipos. Partir del presente estudio de tesis se empieza analizando historial de fallas, número de indisponibilidades y encuestas a las jefaturas encargadas de la empresa Tableros Peruanos

Con toda la información necesaria se procesó para realizar la investigación correcta y estudios exactos de diferentes tesis y libros relacionados con el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para lograr la mejor disponibilidad y tener un mejor planteamiento de alternativas a la problemática de estudio de la empresa Tableros Peruanos.

Donde se tiene una gran responsabilidad del área para cumplir con el plan de mantenimiento y un servicio de calidad, porque cualquier error o falla por parte del personal involucrado en este proceso perjudicará los indicadores y no cumplir con el objetivo.

De acuerdo al análisis de estudio de las causas identificadas en la empresa Tableros Peruanos hemos llegado con plan de propuesta de mejora a tener éxito, en la disponibilidad de los equipos de un 108 % y una sobre producción que nos permite tener dos días programados de parada para poder cumplir con el plan de mantenimiento preventivo.

Capítulo VII

Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

En el presente estudio de mejora podemos sustentar que las propuestas de mejora planteadas son viables de acuerdo a los análisis de estos podemos decir lo siguiente.

- ✓ La implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo aumento en la productividad de la empresa Tableros Peruanos
- ✓ Disponibilidad de los equipos con respecto a las horas de operación y horas de producción
- ✓ El costo de variación del mantenimiento, que se analiza el % del costo de mantenimiento excedente
- ✓ Mantenibilidad a través del TMR como el tiempo promedio cuando ocurre la falla en uno de los equipos y el momento cuando esta es reparada
- ✓ La disponibilidad de los equipos a través del mantenimiento llego al 108 % con la propuesta de mejora
- ✓ Los resultados esperados de la propuesta de mejora permite mejorar los indicadores de gestión de mantenimiento

INDICADOR	ACTUAL	PROPUESTO
disponibilidad	87%	108%
(p)TMEF	368.17	246.67
(P)TMR	33.53	22.46
% variación del costo de mantenimiento	%	%

7.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar una estadística de equipos más rotativos y un plan de actividades para mejorar la disponibilidad de cada uno de ellos.
- ✓ Se recomienda continuar con trabajos de investigación en sobre gestión de mantenimiento considerando disponibilidad y confiabilidad.
- ✓ Tener capacitado a todo el personal involucrado en mantenimiento para lograr y cumplir los tiempos acordados.
- ✓ Mejorar la atención del servicio de mantenimiento preventivo según las estrategias a seguir para no tener un % de pérdida en la disponibilidad de los equipos.
- ✓ Realizar encuestas bimensuales a los clientes, para saber que opinan del nuevo servicio y así poder realizar mejoras en sistema de gestión de mantenimiento.

Referencias bibliográfica

- [1] los directores zonales y jefes de las unidades operativas **“Guía-Teórico Práctico de Mantenimiento Mecánico”**, Senati - Trujillo. (2009).
- [2] *Ing. Tomás A. R. Fucci, “generalidades de mantenimiento”, 2010*
- [3] ing. Frenando Espinoza, “charlas especiales de mantenimiento industrial”, 2009
- [4] Suárez Diógenes. **“Guía-teórica de Mantenimiento Mecánico”**, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz. (2009)
- [5] Aladon Ltd, U.S.A. Technologies, INC. **“Reability Centred Maintenance”**, 2009
- [6] Derechos reservados **“plan de mantenimiento pdf”**
- [7] Montaña, L y Rosas Elkin. **“Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la Planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías paz del Río S.A.”** trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Electromecánica. (2010).
- [8] Corpoven, S.A **“Taller de Mantenimiento Preventivo”**, Gerencia de Recursos Humanos. (2010).

ANEXO

Personal encuestado

	ENCUESTADOS	
	PERSONAL	CARGO
A	Arturo Rodríguez	soldador de taller
B	Alex Alva	Supervisor de ventas
C	Javier Amaya	planificador de mantenimiento
D	Renzo Roca	supervisor de producción
E	Santos Benítez	supervisor de mantenimiento
F	David Villareal	jefe de calidad

BDE	+	: elevado	A=3
BDE	+/-	: regular	B=2
BDE	-	:bajo	C=1

Matriz de criticidad de todos los equipos

matriz de criticidad de chipe adora

área de mantenimiento					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1a		1
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2			
	1c) fallas > 3	3			
2) tiempo promedio fuera de servicio(MTFS)	2a) $\text{de} \leq 10$	1	2a		1
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2			
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3			
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3a		1
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2			
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3			
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $\text{DR} \geq 95\%$	1	4c		3
	4b) $70\% \leq \text{DR} < 95\%$	2			
	4c) $\text{DR} < 70\%$	3			
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5c		3
	5b) medio 200 - 400 \$	2			
	5c) alto 400 - mas \$	3			
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma A.M.$)				9	

área de operaciones					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
6) seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1	6b		2
	6b) efecto temporal	2			
	6c) efecto frecuente	3			
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	6c		1
	7b) sistema en serie	2			
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)				3	
% Criticidad del equipo = $[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				41,67%	

matriz de criticidad de sinfín mellizos

área de mantenimiento					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1a		1
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2			
	1c) fallas > 3	3			
2) tiempo promedio fuera de servicio (MTFS)	2a) $de \leq 10$	1	1a		1
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2			
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3			
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3a		1
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2			
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3			
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $\text{DR} \geq 95\%$	1	4b		2
	4b) $70\% \leq \text{DR} < 95\%$	2			
	4c) $\text{DR} < 70\%$	3			
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5c		3
	5b) medio 200 - 400 \$	2			
	5c) alto 400 - mas \$	3			
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma A.M.$)				8	

área de operaciones					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
6) seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1	6b		2
	6b) efecto temporal	2			
	6c) efecto frecuente	3			
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	7b		2
	7b) sistema en serie	2			
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)				4	
$\% \text{ Criticidad del equipo} = [K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				44,45%	

**matriz de criticidad de
cangilones**

área de mantenimiento					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1b		2
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2			
	1c) fallas > 3	3			
2) tiempo promedio fuera de servicio(MTFS)	2a) $de \leq 10$	1	2a		1
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2			
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3			
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3b		2
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2			
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3			
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $DR \geq 95\%$	1	4a		1
	4b) $70\% \leq DR < 95\%$	2			
	4c) $DR < 70\%$	3			
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5a		1
	5b) medio 200 - 400 \$	2			
	5c) alto 400 - mas \$	3			
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (Σ A.M.)				7	

área de operaciones					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
6) seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1	6a		1
	6b) efecto temporal	2			
	6c) efecto frecuente	3			
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	7b		2
	7b) sistema en serie	2			
Total puntos obtenidos en el área operacional (Σ A.O.)				3	
$\% \text{ Criticidad del equipo} = [K1 * (\Sigma \text{A.M.}) + K2 * (\Sigma \text{A.O.})] \times 100$				36,12%	

**matriz de criticidad de
rotor mecánico**

área de mantenimiento					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1a		1
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2			
	1c) fallas > 3	3			
2) tiempo promedio fuera de servicio (MTFS)	2a) $de \leq 10$	1	2c		3
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2			
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3			
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3c		3
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2			
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3			
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $DR \geq 95\%$	1	4c		3
	4b) $70\% \leq DR < 95\%$	2			
	4c) $DR < 70\%$	3			
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5c		3
	5b) medio 200 - 400 \$	2			
	5c) alto 400 - mas \$	3			
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (Σ A.M.)				13	

área de operaciones					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
6) seguridad e	6a) sin consecuencia	1	6b		2

higiene ocupacional	6b) efecto temporal	2			
	6c) efecto frecuente	3			
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	7b		2
	7b) sistema en serie	2			
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)				4	
% Criticidad del equipo = $[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$				58,35%	

matriz de criticidad si

área de mantenimiento					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	
1) cantidad de fallas	1a) fallas = 1	1	1a		1
	1b) $1 < \text{fallas} \leq 3$	2			
	1c) fallas > 3	3			
2) tiempo promedio fuera de servicio (MTFS)	2a) $de \leq 10$	1	2a		1
	2b) $10 < \text{MTFS} \leq 25$	2			
	2c) $\text{MTFS} \geq 25$	3			
3) cumplimiento del mantenimiento preventivo	3a) $85\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	3a		1
	3b) $70\% \leq \text{CMP} < 85\%$	2			
	3c) $0\% \leq \text{CMP} < 70\%$	3			
4) disponibilidad de repuestos (DR)	4a) $DR \geq 95\%$	1	4a		1
	4b) $70\% \leq DR < 95\%$	2			
	4c) $DR < 70\%$	3			
5) costo de reparación	5 a) bajo 0 - 200 \$	1	5a		1
	5b) medio 200 - 400 \$	2			
	5c) alto 400 - mas \$	3			
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma A.M.$)				5	

área de operaciones					
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos	

6)seguridad e higiene ocupacional	6a) sin consecuencia	1	6a		1
	6b) efecto temporal	2			
	6c) efecto frecuente	3			
7 tipo de instalación	7a) sistema en paralelo	1	7b		2
	7b) sistema en serie	2			
Total puntos obtenidos en el área operacional ($\Sigma A.O.$)					3
% Criticidad del equipo = $[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$					30,55%