

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS
CRITICOS DE UNA INDUSTRIA OLEAGINOSA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

CESAR GUSTAVO TAPIA QUEZADA

PROMOCION: 2007- I

LIMA-PERU

2011

Dedicatoria.

Este trabajo está dedicado a mi familia que siempre me apoyaron para realizarlo.

A mi asesor Edwin Abregú por su gran aporte y apoyo en la elaboración del informe.

INDICE

	Pág.
Índice de figuras.....	v
Índice de tablas.....	vi
Índice de ecuaciones.....	vii
PROLOGO.....	1
CAPITULO 1: INTRODUCCION	
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Objetivo.....	6
1.3. Alcance.....	6
1.4. Justificación.....	6
CAPITULO 2: GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO Y EQUIPOS	
2.1. Definiciones de mantenimiento	
2.1.1. Clases de mantenimiento.....	10
2.2. Definición del Programa de Mantenimiento Preventivo.....	14
2.3. Equipos a incluir en Programa de Mantenimiento Preventivo.....	17
2.4. Definición de Matriz de Criticidad de Equipos.....	20
CAPITULO 3: SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO Y EQUIPOS DE LA EMPRESA	
3.1. Estudio de la situación actual de la empresa	
3.1.1. Proceso Productivo.....	24
3.1.2. Descripción de los Equipos.....	31
3.2. Situación actual del mantenimiento en la planta.....	47
3.2.1. Descripción del departamento de mantenimiento.....	47
3.2.2. Información Existente en la Actualidad.....	56

3.2.3. Actividades de Mantenimiento Realizadas Actualmente.....	57
---	----

CAPITULO 4: PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. Determinación y Selección de los Equipos Críticos.....	59
4.2. Descripción de las actividades de mantenimiento de los equipos críticos.....	69
4.3. Descripción de las frecuencias y duraciones de las actividades del Mantenimiento preventivo.....	77
4.4. Elaboración del plan anual del programa de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos.....	82

CAPITULO 5: EVALUACION ECONOMICA

5.1. Análisis de costos.....	86
5.1.1. Costo de mantenimiento actual.....	86
5.1.2. Costo del programa de mantenimiento preventivo.....	89
5.2. Beneficio económico.....	93
5.3. Retomo de la inversión.....	95
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	100
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Evolución del mantenimiento.....	10
Figura 2.2. Mantenimiento Preventivo.....	12
Figura 2.3. Matriz de Criticidad.....	21
Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso de Refinería.....	26
Figura 3.2. Etapas del proceso productivo.....	27
Figura 3.3. Distribución y ubicación de áreas.....	32
Figura 3.4. Caldera de Vapor Intesa.....	35
Figura 3.5. Quemador de la caldera.....	36
Figura 3.6. Bomba de alimentación de agua de la caldera.....	37
Figura 3.7. Controlador de nivel de agua.....	38
Figura 3.8. Bomba de alimentación de combustible.....	40
Figura 3.9. Bomba de trasegado de borra.....	43
Figura 3.10. Bomba de anillo liquido.....	46
Figura 3.11. Departamento de Mantenimiento.....	47
Figura 3.12. Taller de Maestranza.....	52
Figura 4.1. Matriz de criticidad de los equipos.....	61
Figura 4.2. Estructuración de las partes que forman parte del caldero.....	65
Figura 4.3. Diagrama de Pareto de los equipos de la caldera.....	67
Figura 4.4. Diagrama de flujo de generación de vapor en la caldera.....	69
Figura 5.1. Beneficio del programa de mantenimiento preventivo.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Cuantificación de criterios.....	20
Tabla 3.1. Descripción física de los tanques de crudo.....	33
Tabla 3.2. Descripción física de Reactores.....	42
Tabla 3.3. Descripción física de los tanques de producto terminado.....	45
Tabla 4.1. Clasificación de equipos por áreas.....	59
Tabla 4.2. Cuantificación de los equipos.....	59
Tabla 4.3. Criticidad de los equipos.....	61
Tabla 4.4. Partes y sub-partes de la caldera.....	64
Tabla 4.5. Cantidad de fallas en equipos.....	66
Tabla 4.6. Actividades de mantenimiento preventivo.....	78
Tabla 4.7. Plan anual de programa de mantenimiento preventivo.....	84

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 2.1. Criticidad total.....	22
Ecuacion 5.1 Retorno de la inversión.....	95

PROLOGO

A continuación se presentan las principales partes del trabajo:

En el capítulo uno, se describe todo lo referente a la introducción, el objetivo, alcance, justificación y antecedentes donde se describe cómo ha ido evolucionando la industria oleaginosa en lo referente al proceso productivo y el mantenimiento que se realiza en la planta.

En el capítulo dos, vemos todo lo relacionado a las definiciones y tipos de mantenimientos que se requiere conocer para el desarrollo del tema. También se describe las pautas para establecer y desarrollar el programa de mantenimiento preventivo que se requiere implementar. En esta parte también se desarrolla los criterios para seleccionar los equipos que van a participar del programa, así como también la definición de matriz de criticidad para los equipos.

En el capítulo tres, se estudia la situación actual de la empresa, analizando el mantenimiento que se aplica en la planta, desde su presentación, ubicación, personal de mantenimiento con que cuenta, descripción del departamento de mantenimiento y como se encuentra estructurada, su infraestructura, su relación de

equipos existentes y en qué estado se encuentran, su línea de producción, descripción de los distintos procesos que se realiza, también el diagrama de flujo del proceso, una breve descripción de los equipos agrupados por áreas de trabajo.

En el capítulo cuatro, se selecciona como equipo crítico a la CALDERA DE VAPOR, mediante la evaluación de la matriz de criticidad. Una vez identificado a la Caldera y sus partes, se procede a buscar información acerca de las tareas de mantenimiento en los manuales del fabricante, experiencia de los técnicos de mantenimiento, apuntes del mantenimiento anterior y otros tipos de información. Se procede a desarrollar el programa de mantenimiento preventivo, aquí se menciona las actividades (inspección, operación, parada. renovación), la frecuencia, tiempo de ejecución, personal asignado. Y finalmente se elabora el plan anual del programa de mantenimiento preventivo.

En el capítulo cinco, se hace una comparación entre los costos del mantenimiento correctivo que existe en la planta y los costos generados por la implementación del programa de mantenimiento preventivo, resultando una ganancia (beneficio) para la empresa. Se hace también un estudio del retorno de la inversión, recuperándose el dinero invertido en el PMP, dentro de 10 meses, una vez iniciado el programa.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En la evolución económica de la industria se ha determinado que las paradas en la producción son consecuencia de las fallas o averías y mal funcionamiento de los equipos, generando pérdida en la producción y elevados costos de mantenimiento. Ante esta situación se ha visto en la necesidad de elaborar un programa de mantenimiento preventivo basado en las necesidades de cada tipo de maquina o equipo que participan en el proceso productivo de la industria, siguiendo unos principios establecidos, ya sea por manuales técnicos del fabricante u otros tipos de registros históricos de mantenimiento correctivo.

Como parte de este estudio, es necesario hacer un levantamiento de información de la condición actual de los equipos principales de la empresa, así como también de la situación actual del departamento de mantenimiento, es decir, identificar los tipos de mantenimiento que realiza, el personal con que cuenta para su realización, herramientas y equipos utilizados. La herramienta que se utilizara para seleccionar los equipos será la matriz de criticidad, la cual por medio de un análisis que

comienza por la especificación del proceso productivo, determina cual es la etapa del proceso que presenta mayor necesidad de enfoque, en otras palabras, es aquella etapa que presenta en conjunto una mayor frecuencia de fallos de sus equipos, un alto grado de impacto operacional, poca flexibilidad operacional, altos costos de mantenimiento y un alto impacto en la seguridad ambiental y humana.

Con la determinación de los equipos críticos involucrados directamente e indirectamente con el mismo; y de esta manera se comenzó a detallar las frecuencias y actividades de mantenimiento sugeridas por los manuales técnicos de cada equipo, complementado además por las sugerencias de los técnicos de la empresa y empresas especializadas del medio.

Todo este estudio finaliza con la elaboración del programa anual de mantenimiento preventivo de los equipos críticos, el mismo que incluye tres actividades principales que son: operación (inspección), parada y renovación (desmontaje) general periódico de los mismos. Estas actividades permiten mantener un correcto funcionamiento y alargamiento de la vida útil de los equipos críticos determinados; pero como punto más importante lograr mantener la calidad del producto y la satisfacción de los cliente.

1.1. ANTECEDENTES

La empresa dedicada a la producción de aceite semirrefinado de origen vegetal y marino (pescado) sobre la cual está orientado este estudio, tiene una participación en la industria oleaginosa, desde el año 1992. Durante este período de tiempo ha presentado muchos cambios en su infraestructura, principalmente

en el incremento de áreas y equipos, para así poder cubrir la demanda creciente del producto en el mercado local e internacional; y también para poder estar acorde con las exigencias que las diversas certificaciones le han exigido.

El proceso productivo de la empresa, de manera general, se desarrolla de la siguiente manera (en etapas): recepción y almacenamiento de materia prima, neutralizado, lavado, secado, blanqueado, almacenamiento y despacho de producto terminado.

Con respecto al estado actual de los equipos e instalaciones, se puede decir que una parte de los equipos que se encuentran funcionando en la empresa, desde sus inicios, son los destinados al área de calderas (generador de vapor). En el caso de las bombas, por su gran tiempo de uso y las reparaciones que se han realizado a través del tiempo, se encuentran algo deteriorados pero operativos y funcionando en la actualidad. Así mismo los equipos destinados al proceso de blanqueado del producto tienen semejante antigüedad, pero dado que sus componentes no son de complejo mantenimiento, tienen una operatividad mejor que los equipos anteriormente mencionados.

El mantenimiento actual en la empresa está caracterizado por solucionar problemas de los equipos cuando fallan, reparando o sustituyendo las piezas o equipos averiados. En su gran mayoría, los trabajos que se ejecutan, son reparaciones, dado que no existe un cronograma o un plan anual programado de los mantenimientos preventivos (especialmente) necesarios para los diversos equipos; razón por la cual el estado de los equipos se ve afectado en su mayoría y con la misma tendencia para los equipos de menor y reciente tiempo de instalación.

1.2 .OBJETIVO

Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de una industria oleaginosa, para que funcione como herramienta de trabajo y sirva de guía al departamento de producción, con el fin de reducir las ocurrencias de fallas, aumentando su eficiencia y confiabilidad.

1.3. ALCANCE

El presente informe de suficiencia consiste en el estudio de los equipos críticos para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, a través del diseño de hojas de tareas de mantenimiento y su seguimiento por un tiempo determinado, a los equipos críticos, para determinar su efectividad con respecto al mantenimiento anterior que se aplicaba en la planta.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La justificación está basada en 2 puntos de vista:

Justificación técnica: Esta investigación es importante para la empresa, porque no existe ningún tipo de mantenimiento específico que se realice, y se pretende implementar y desarrollar como primer paso un programa de mantenimiento preventivo, que ayude a mejorar la disponibilidad de los equipos, y adicionalmente involucrar a los operadores para que aprendan a mantener su equipo en condiciones normales.

Justificación económica: con la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se reducirá notoriamente los costos de mantenimiento y se obtendrá un beneficio económico a corto plazo, que es lo que la empresa anhela.

CAPITULO 2

GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO Y EQUIPOS

2.1. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento ha evolucionado mucho a lo largo del tiempo. El mantenimiento industrial, día a día, está rompiendo con las barreras del pasado. Actualmente, muchas empresas aplican la frase: **“el mantenimiento es inversión, no gasto”**. El primer mantenimiento llevado a cabo por las empresas es el llamado mantenimiento correctivo, también llamado mantenimiento de emergencia. Esta clase de mantenimiento consiste en solucionar los problemas de los equipos cuando fallan, reparando o sustituyendo las piezas o equipos estropeados. Estas técnicas son obsoletas, ya que, si bien el programa de mantenimiento está centrado en solucionar el fallo cuando se produce, va a implicar altos costos por descenso de la productividad y mermas en la calidad.

De esta situación surge el **mantenimiento preventivo**, que consiste en revisar de forma periódica los equipos y reemplazar ciertos componentes en función de

estimaciones estadísticas, muchas veces proporcionadas por el fabricante. Con este mantenimiento se reduce el costo del mantenimiento no planeado y los fallos imprevistos, de forma que se incrementa la confiabilidad en los equipos pero el principal inconveniente es que presenta unos costos muy elevados, ya que genera gastos excesivos y muchas veces innecesarios.

En la década de los noventa se observa una nueva tendencia en la industria, el llamado **mantenimiento predictivo** o mantenimiento basado en la condición de los equipos. Se basa en realizar mediciones periódicas de algunas variables físicas. Su objetivo es ofrecer información suficiente, precisa y oportuna para la toma de decisiones. Predecir significa “ver con anticipación”. Con el conocimiento de la condición de cada equipo podemos hacer “el mantenimiento adecuado en el momento adecuado” anticipándonos a los problemas. Por eso se dice que es un mantenimiento informado.

Las técnicas aplicadas al mantenimiento han evolucionado y se han logrado nuevas herramientas básicas, entre otras, los sistemas de información, capaces de facilitar la toma de decisiones a través del suministro de información sobre aspectos técnicos y económicos, programas de mantenimiento, control de trabajos, diagnóstico de condición de equipos y estadísticas de comportamiento y falla; los planteamientos sistémicos que integran las funciones, la gerencia de procesos. El impacto de los nuevos conceptos como: **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**, **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** y **Costeo Basado en Actividad (ABC)** está borrando los linderos tradicionales entre organizaciones al punto de que se necesitan conceptos nuevos de función y de los procesos de negocios.

En la figura 2.1, se muestra la evolución del mantenimiento a través del tiempo.

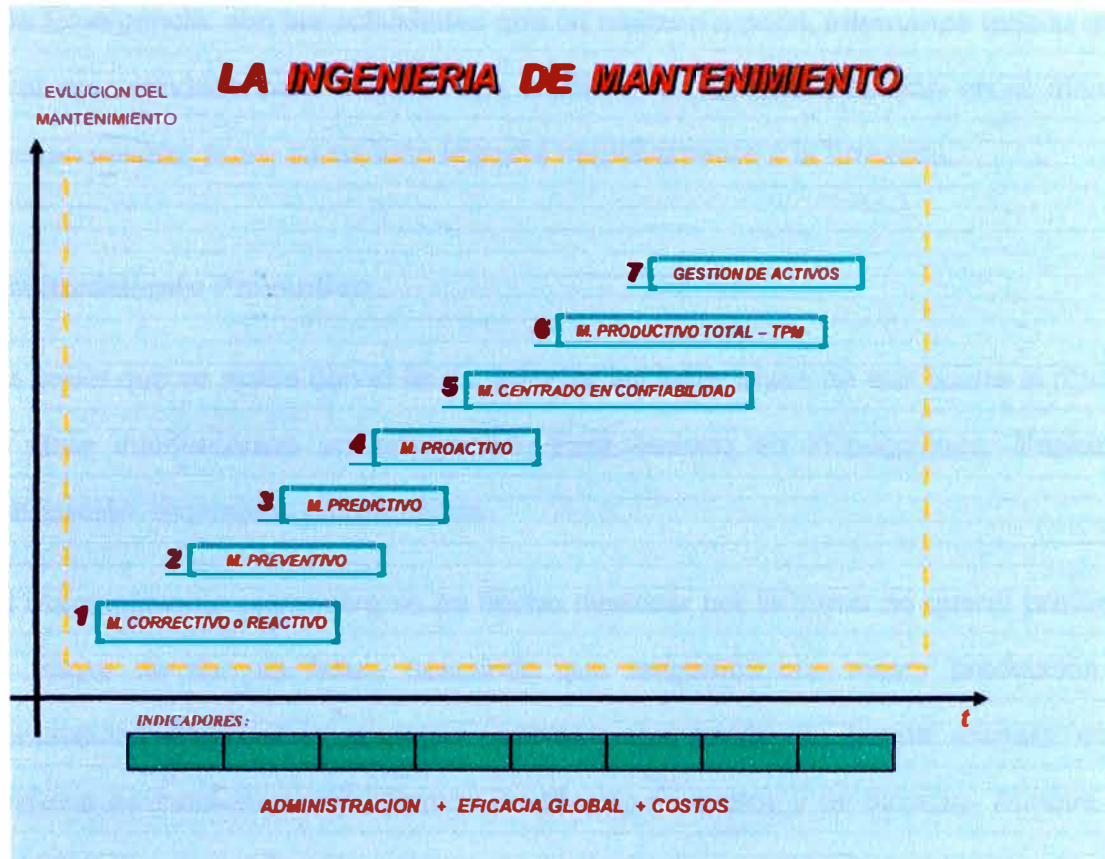


Figura 2.1. Evolución del mantenimiento

2.1.1. CLASES DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Correctivo o por Fallas

Se realiza cuándo el equipo es incapaz de seguir operando, es decir, es la intervención cuando los componentes están fallando o han fallado, no teniendo en cuenta intervalos de tiempo, así que la ocurrencia puede ser en cualquier momento (o instante) de tiempo por lo que se deben definir tolerancias de riesgos (incertidumbre), además, requiere de la coordinación de esfuerzos para determinar

los recursos necesarios y contribuir a satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento. Tiene dos dimensiones:

De Emergencia: son las actividades que se realizan a priori, interrumpe todo lo que está ejecutándose para atender con el mayor apremio la situación en el menor tiempo posible, pues, su omisión impacta negativamente a la Empresa.

Mantenimiento Preventivo

Es aquel que se aplica con el fin de detectar las fallas antes de que ocurra la rotura u otras interferencias en producción. Está basado en inspecciones, limpieza, lubricación, recambios programados.

El mantenimiento preventivo se ha hecho destacar por la forma de querer prevenir el mayor de tipo de fallas, buscando que tengamos una mayor producción y rentabilidad de nuestra empresa, además ejecutando de buena manera este sistema de mantenimiento bajamos los niveles de costos y de paradas. Aunque al comenzar a ejecutar este sistema aumentarán los costos de mantenimiento en general, debido al consumo de repuestos. Además se puede corroborar que este tipo de mantenimiento suele dar muy buenos resultados, porque permite que la producción continúe en flujo normal, permitiendo que los niveles de productividad aumenten considerablemente; los equipos no sufrirán deterioros de mayor consideración y algo muy importante habrá menos desperdicio de la materia prima.

En la figura 2.2, hace referencia al flujograma del mantenimiento preventivo, el cual nos detalla la secuencia de pasos a seguir.

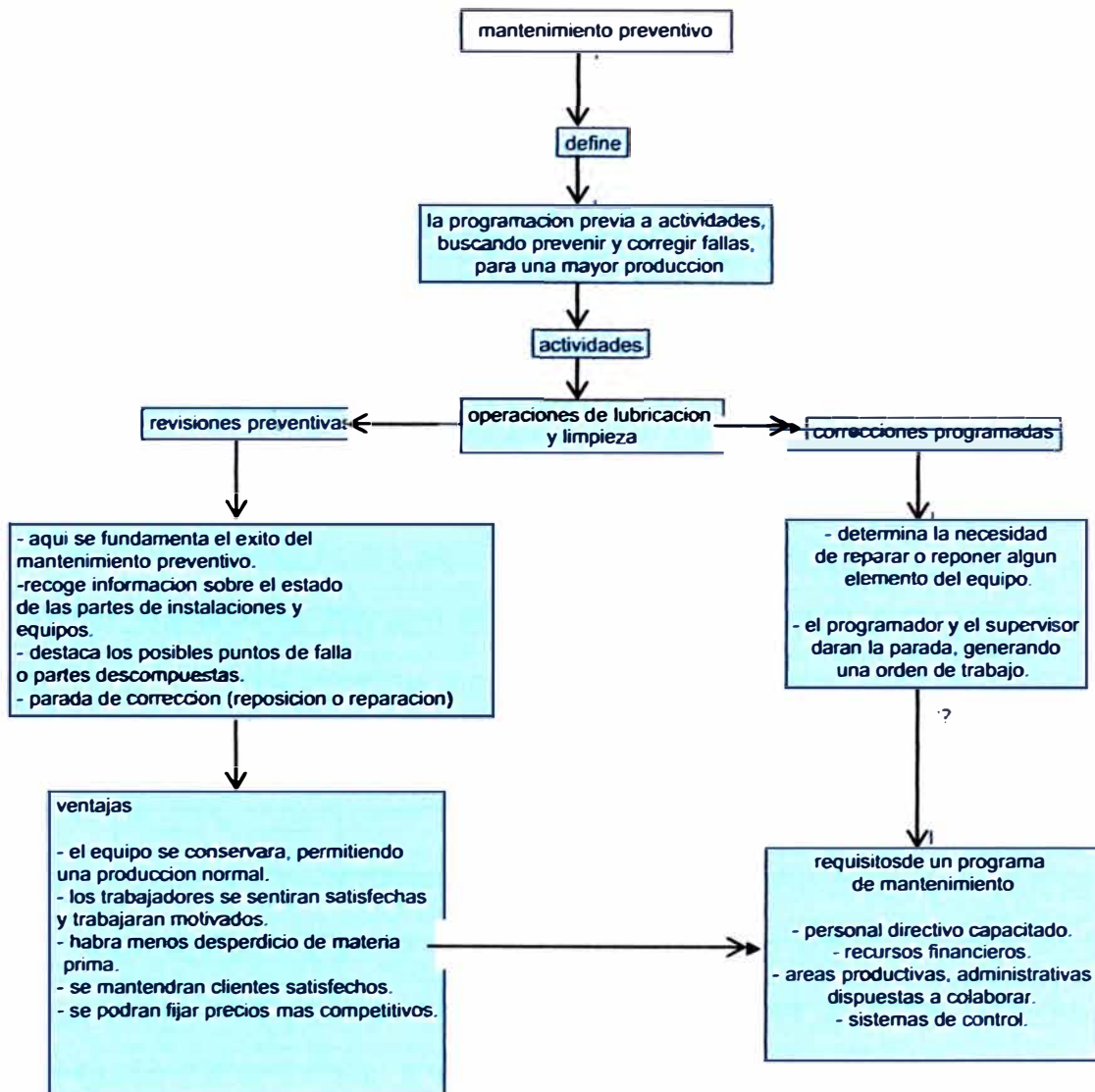


Figura 2.2. Flujograma del Mantenimiento preventivo

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es aquel que se aplica para predecir una falla de los equipos, generalmente utilizando algún tipo de instrumento de medición o análisis de laboratorio para poder determinar el estado del equipo aun cuando este no presenta ninguna falla a simple vista. Esto tiene la particularidad que puede tener

un costo muy elevado ya que los análisis pueden ser muy costosos. En un paro general de planta por mantenimiento se debe determinar la factibilidad de aplicar las técnicas disponibles del mantenimiento predictivo al equipo (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y lineación con rayos láser) para que sea este el que determine su mantenimiento y no en base a una fecha determinada.

Mantenimiento Proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Total Productivo no es una forma nueva de hacer mantenimiento, es una filosofía o forma de pensar, que cambia nuestras actitudes en la búsqueda de la eficiencia y mejora continua de la maquinaria y de su entorno.

Está basado en tres principios básicos:

T.P.M. = Principio Preventivo + Principio cero Defectos + Participación de Todos

El principio Preventivo implica implementar todos los programas y buscar los recursos necesarios para prevenir que:

- Los equipos fallen
- Que oculten problemas
- Que haya se presenten pérdidas de cualquier tipo
- Que se presenten accidentes
- Que se presenten defectos de calidad

El principio cero defectos implica implementar todos los programas y buscar los recursos necesarios para lograr.

- Cero defectos: 100 % Productos de Calidad
- Cero paradas de equipos: Cero paradas no planeadas
- Cero incidentes 1, cero accidentes

2.2. DEFINICIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a equipos e instalaciones, que se consideran importante realizar, para evitar fallos.

- **Objetivo**

Mejorar la condición operacional de los equipos y aumentar la productividad.

- **Ventajas del Programa de Mantenimiento Preventivo**

- Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de equipos, que son reemplazados por paros programados.
- Se mejora notoriamente la eficiencia (se alarga la vida útil) de los equipos y por lo tanto de la producción.
- Mejora notablemente la imagen del Departamento de Mantenimiento, al entregar reparaciones más confiables.
- Después del tiempo de estabilización del programa, se obtienen una reducción real de costos.
- Una moral más elevada del personal.

- **Procedimiento del programa de mantenimiento preventivo**

1. Es el procedimiento más importante a definir, estratégicamente se debe seleccionar un conjunto de máquinas o equipos que le pueda significar al departamento de mantenimiento poder demostrar posteriormente un exitoso resultado de su gestión.
2. Considerar: las recomendaciones técnicas del fabricante en el manual de operaciones y mantenimiento, las de los registros históricos de mantenimiento correctivo, la experiencia del personal en identificar las

partes o componentes más críticas y las recomendaciones técnicas de proveedores de productos y servicios.

3. Determinación de las frecuencias y duración de las actividades del programa de mantenimiento preventivo.

OPERACIÓN: actividad de la más alta intensidad de ejecución (por turnos, diarios, semanales o por equivalente en horas) caracterizadas por ser básicamente de inspección y control no interrumpen la producción y su tiempo de ejecución es el más corto de realizar (máximo 20 minutos)

PARADA: actividades de mediana intensidad de ejecución (quincenal, mensual, semestral o por equivalentes en hora) se caracteriza por ser de revisiones o cambios de materiales o partes no estructurales, pueden o no interrumpir la producción y su tiempo de ejecución es de mediana duración relativa (máximo 2 horas)

RENOVACION: actividades de más baja intensidad (anual, bianual o por equivalente en horas) se caracteriza por ser de recambio de partes y piezas estructurales (desmontaje del equipo), interrumpiendo la producción y su tiempo de ejecución es el máximo (no tiene escala de referencia) su duración será establecida por el tipo de equipo y complejidad de su estructura.

4. Asignar el personal adecuado a realizar las tareas programadas, el que se selecciona dentro del personal técnicamente muy bien calificado y con predisposición a emprender actividades que impliquen orden, limpieza y puntualidad con capacidad de administrar un reporte de sus actividades (si no existe se debe de capacitar internamente)

5. Se deberá consignar todos los gastos a efectuarse en cada actividad programada. Establecer su clasificación por frecuencia y tipo de intervención. Cada valor de ejecución se acumulará con su respectivo monto, indicando el número de veces que deba ser realizado.
6. Son gastos más costosos generados por su recambio en máquina o equipo, cuyos valores muchas veces son altamente significativos para la economía de las empresas y se producen cuando se interviene su estructura por ser el término de su vida útil.

Estos valores generalmente son generados en largos periodos por lo tanto deberán ser valorizados y aplicado su costo en las fechas de utilización en que efectivamente son consumidos.

2.3. EQUIPOS A INCLUIR EN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para determinar que equipos incluir en el programa inicial se podrá seguir los siguientes criterios:

- Los equipos que se consideren más críticos del proceso y que estén presentando más fallas, los cuales al parar pueden detener toda la línea de producción o pueden dañar gran cantidad de materia prima, materiales o producto en el proceso.
- Los equipos básicos de servicio y que estén presentando más fallas. Tales como: calderas, compresores, bombas de agua, suministro eléctrico, etc.
- Los equipos que al fallar podrían poner en riesgo la vida humana, tales como: equipos de alta presión, equipos que controlen procesos

riesgosos, sistema de conducción de líquidos tóxicos e inflamables, sistemas eléctricos de media y baja tensión, etc.

Estratégicamente se debe seleccionar un conjunto de unidades que le pueda significar al área de mantenimiento poder mostrar posteriormente un exitoso resultado de su gestión, para que llegado el momento de Reportarlo a nivel gerencial se le mida con equivalente valor. Por lo tanto el nivel y cantidad a seleccionar debe estar enmarcado en un plan piloto inicial. Para el presente caso, escoger un grupo de 3 a 5 dentro de las aplicadas en el ejemplo. Combinar su nivel de antigüedad entre nuevas, en desgaste y obsoletas en función de intensidad de su vida útil.

Determinar su selección aplicando la Matriz de Criticidad “Tabla de Prioridad para evaluar Equipos”

Con su aplicación seleccionar los equipos, maquinas, sistemas o Subsistemas a ser incorporados al Programa de Mantenimiento Preventivo

Criterios para determinar la criticidad de equipos

Los criterios que van a ser expuestos a continuación están sujetos a dos factores muy importantes, la frecuencia del fallo y la consecuencia de su aparición. Cabe señalar que estos factores a considerar para la selección y determinación de equipos críticos son expuestos en el acápite 2.3.1, los cuales resumen los siguientes aspectos:

- **Seguridad:** riesgo potencial para las personas, medio ambiente e instalaciones.

- **Calidad:** efecto de la falla de los equipos afecta la calidad del producto en las diversas etapas de la producción.
- **Régimen de trabajo:** tiempo de operación del equipamiento, cuando es programado.
- **Atención:** efecto de la falla sobre las interrupciones del proceso productivo.
- **Frecuencia:** cantidad de fallas por periodo de utilización (tasa de falla).
- **Costo:** costo de mano de obra y materiales involucrados en la reparación.

Estos criterios y su cuantificación están sujetos a ser ajustados para cada empresa, en la tabla 2.1, se muestra la cuantificación que recibirán los equipos de acuerdo a cada criterio.

Tabla 2.1. Cuantificación de criterios

CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTF.
FRECUENCIAS DE FALLA	
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas año	2
Mínimo de 1 falla/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la Planta(recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales(indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$ 20.000	2
Menor o inferior a \$ 20.000	1
IMPACTO EN LA SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores(accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente	0

Fuente: MORA GUTIÉRREZ LUIS ALBERTO, Material proporcionado en Seminario de **MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**, Medellín – Colombia, 2002

2.4. DEFINICIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS ¹

La Matriz de Criticidad es una herramienta que permite establecer niveles jerárquicos de criticidad en sistemas, equipos y componentes en función del

1. Fuente: Mora Gutiérrez Luis, Seminario Mantenimiento RCM, Medellín Colombia

impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y priorización de los mantenimientos programados, sean preventivos o predictivos.

Los pasos para elaborar la matriz de criticidad son los siguientes:

- Describir el proceso productivo pero indicando en cada parte del proceso, el tipo de operación que realizan, es decir, si son de operación manual (sólo personas), semi-automático (personas y equipos) o sólo automáticos (máquinas especializadas).
- Identificar los sub-sistemas que involucren operación semi-automático u automático.
- Definir el tipo de estructura del sistema (En serie, paralelo activo o pasivo, o combinado).
- Efectuar el cálculo de frecuencias y consecuencias de fallos en los equipos principales para cada parte del proceso.
- Determinar la matriz de criticidad con cada uno de los procesos sujetos al análisis previo.

En la figura 2.3, se muestra la matriz de criticidad que se aplicara a los equipos en estudio.

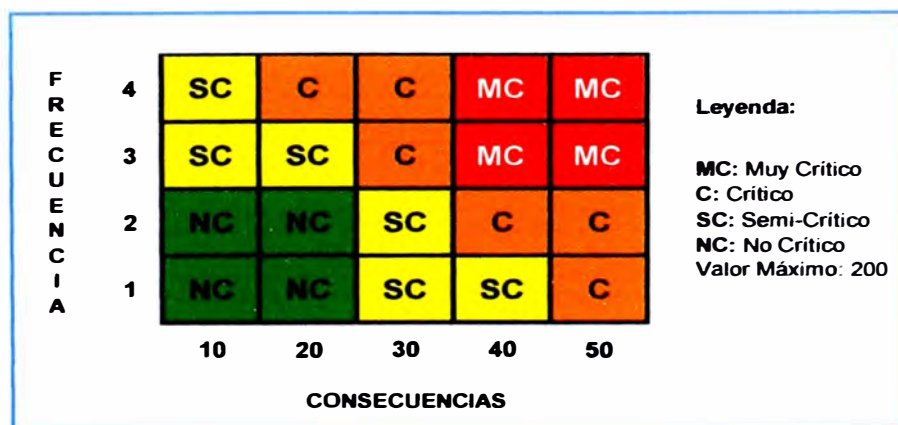


Figura 2.3. Matriz de criticidad

Fuente: MORA GUTIÉRREZ LUIS ALBERTO, Material proporcionado en Seminario de MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, Medellín – Colombia, 2002

Continuando con el ejemplo de aplicación del punto anterior tenemos que, una vez determinada y cuantificada las Consecuencias de las fallas y sus Frecuencias, se procederá a realizar la matriz de criticidad sobre la base de la siguiente ecuación:

Ecuacion 2.1. Criticidad total

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de Mto.} + \text{Impacto de Seguridad Ambiental Humana (SAH)}$$

Fuente: MORA GUTIÉRREZ LUIS ALBERTO, Material proporcionado en Seminario de MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, Medellín – Colombia, 2002

Donde el impacto operacional, flexibilidad, costo del mantenimiento y el impacto a la seguridad ambiental y humana (impacto de SAH) están detalladas en la tabla 2.1.

CAPITULO 3

SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO Y EQUIPOS DE LA EMPRESA

3.1. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa actualmente se encuentra produciendo aceite semirrefinado de soya y pescado, para el mercado nacional. Y tiene en mente la exportación del aceite, al mercado colombiano, en los próximos meses.

Actualmente en la empresa no existe un programa de mantenimiento preventivo que permita el buen funcionamiento de la maquinaria usada, lo cual trae como consecuencia la realización de una serie de actividades de mantenimiento correctivo de mala calidad y con costos elevados por un sin número de paradas y no disponibilidad de equipos. Es de constante interés en la industria reducir el porcentaje de paradas y a su vez las pérdidas de tiempo y envejecimiento denotado de sus equipos, que se presenta a causa del continuo mantenimiento correctivo. Se desarrolla un proyecto que presenta el diseño de un programa de manutención, con el fin de implementarlo en los equipos críticos. Esto surgió con el interés de

incrementar el índice de eficiencia de los procesos que permitirá mejorar la disponibilidad, reduciendo pérdidas de tiempo y equipos, que se traducen en dinero.

Los equipos y maquinaria de la planta tienen 15 años de uso, sin el debido mantenimiento preventivo que respalde y coordine las actividades de revisión periódica de este equipo.

En la actualidad, algunos equipos y maquinaria reflejan deterioros muy visibles como: motores con partes oxidadas, empaques y abrazaderas dañadas, conexiones eléctricas sin protección y fugas de agua que corroen la maquinaria. Como resultado del mínimo mantenimiento que recibe la maquinaria tenemos peligros de contaminación por agentes físicos como partículas de metal que se desprenden de la maquinaria y peligros por agentes químicos como derrame de lubricantes en el producto.

La falta de un plan de mantenimiento con lleva a un incremento de los costos de la Planta, por imprevistos de reparación de equipo cuando se presenta una situación inesperada durante la producción, el tiempo perdido por daños o fallas de la maquinaria ya que este influye en las metas de producción y volúmenes de ventas, los cuales, repercuten de manera directa, en la rentabilidad y desarrollo de la empresa.

3.1.1. Proceso Productivo.

El aceite crudo ya sea vegetal (soya, algodón, achote, etc.) o marino (pescado), para convertirlo en un aceite tratado (semirrefinado), tiene que pasar por una serie de etapas de proceso como son: neutralizado (bajar la acidez), lavado (extraer las

gomas), secado (extraer la humedad) y blanqueado (dar la calidad al aceite, da el color al aceite).

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de flujo del proceso que sigue el aceite desde la llegada a planta hasta la obtención del producto terminado.

En la figura 3.2, se muestra las etapas del proceso de semirrefinado del aceite crudo.

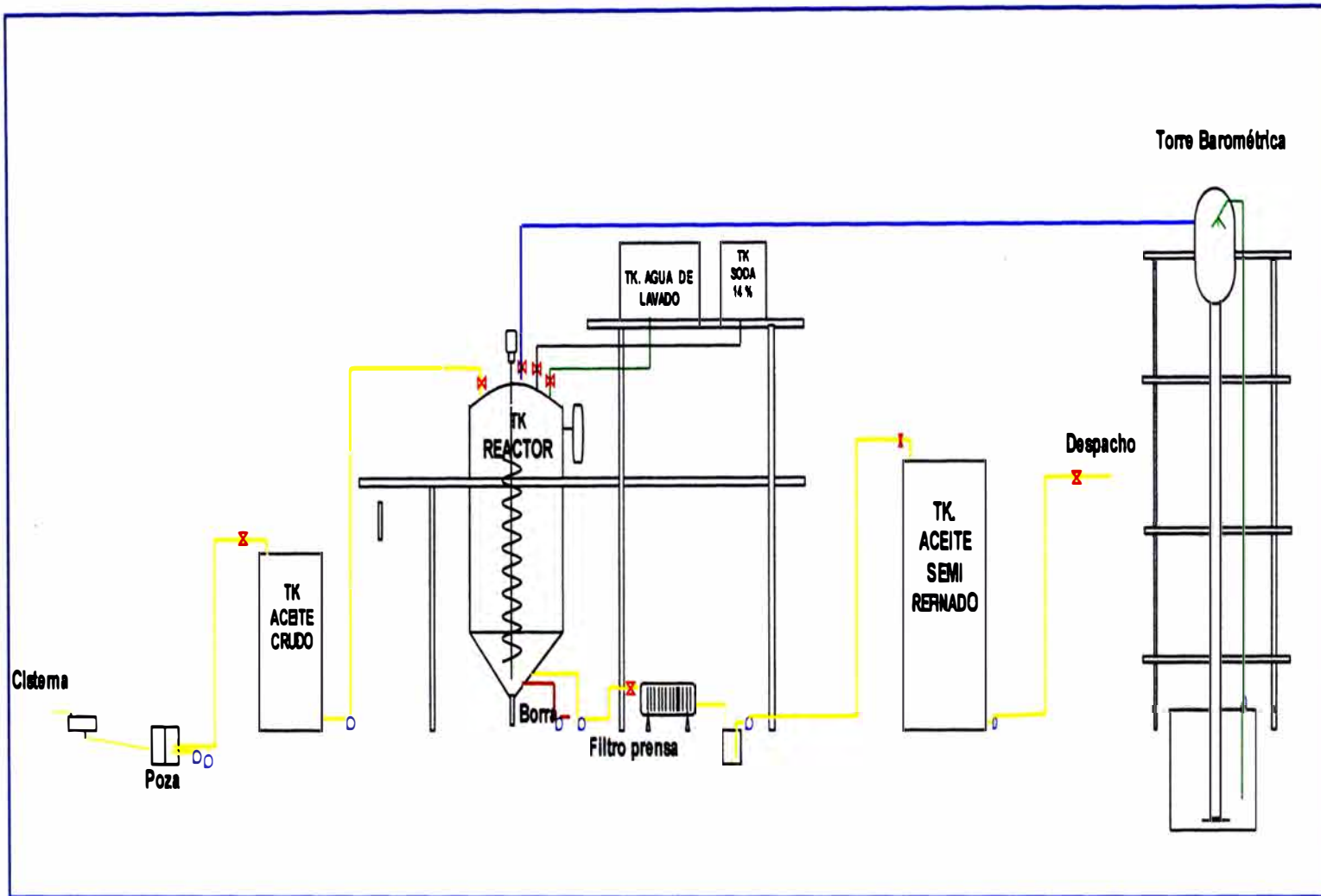
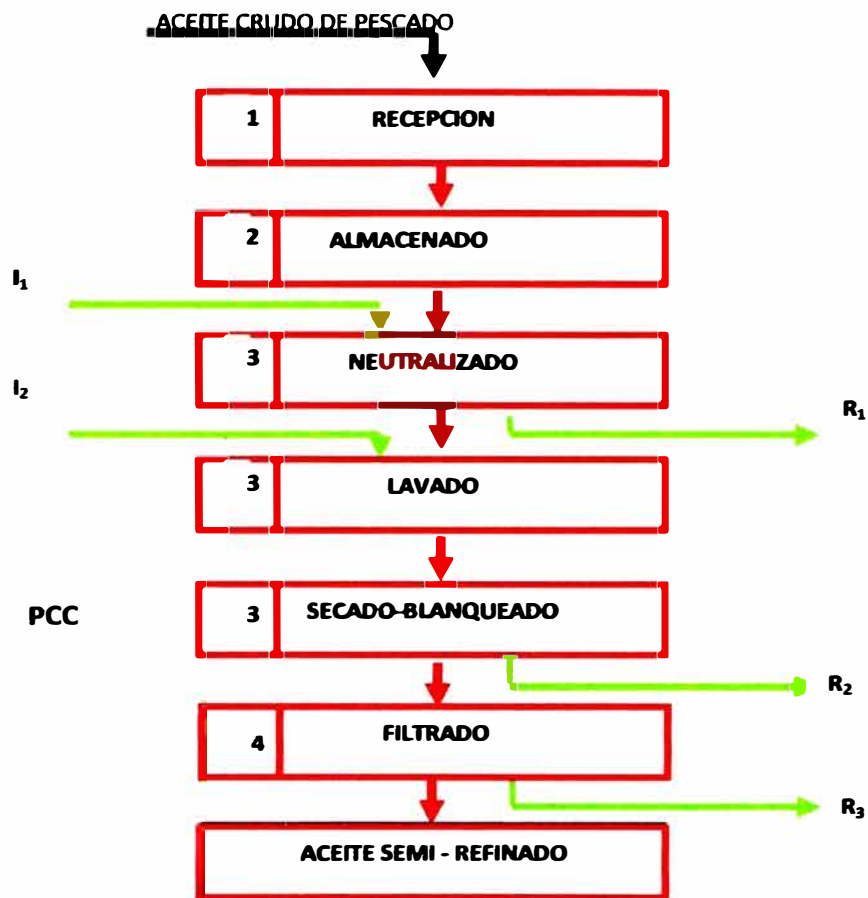


Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso de Refinería



LEYENDA:

I ₁ : Hidroxido de Sodio 20 ^o Beaume	R ₁ : Borra
I ₂ : Agua 90°C	R ₂ : Vapor
I ₃ : Tierra de colorante	R ₃ : tierra Del filtro

Figura 3.2. Etapas del proceso productivo

A continuación se describe cada etapa del proceso:

1. Neutralización

El aceite de pescado a semirefinar es conducido a los tanques de neutralización a través de una tubería de 3 pulgadas de diámetro previamente es eliminado parte de las gomas al agregársele ácido fosfórico en una proporción de 300 ml por TM de aceite crudo.

El aceite crudo bombeado a los neutralizadores tiene que cubrir el serpentín de vapor, una vez que es almacenado en el neutralizador se analiza el grado de acidez y según eso se agrega la solución de Hidróxido de Sodio en la proporción necesaria a su concentración de 20° Beaume + - 5 % cuando la temperatura del aceite se encuentra en 55 ° C previa agitación para que exista un mejor contacto entre el aceite y el hidróxido de sodio a una velocidad aproximada de 40 a 50 RPM que la genera un motoreductor, esto cesa al notarse la separación del aceite con las impurezas (jabón, gomas, mucílagos). Posteriormente se deja reposar unos 15 a 20 minutos para poder separar el aceite del jabón y otras impurezas que se van a la parte inferior del tanque.

Esta es retirada abriendo una válvula compuerta ubicada en la parte inferior del neutralizador, a este subproducto se le conoce como BORRA, y es almacenada en un tanque para su posterior comercialización a empresas que procesan ácidos grasos.

2. Lavado

Se realiza en el mismo tanque de neutralizado, una vez evacuada la borra de neutralización, el aceite es calentado hasta 95 ° C y se le agrega agua a una temperatura de 90 a 100 °C, un 10 % del volumen de la carga de aceite, no se debe agitar porque puede variar físicamente el aceite originándose una Emulsión.

Con la operación del lavado se eliminan impurezas como, fosfátidos. Generalmente el residuo de jabón remanente en esta etapa del proceso es de 80 a 90 ppm.

3. Secado

Para decolorar el aceite previamente es necesario evaporar el agua existente, lo cual se utiliza un equipo de vacío, accionando la bomba de alimentación de agua para la condensación de la columna barométrica del agua evaporada, se acciona la bomba de vacío al evaporador, controlando la caída de presión por medio del vacuometro (25 mm Hg) procediéndose a cargar con la bomba respectiva y la ayuda del vacío del tanque de aceite, simultáneamente se calienta la carga del evaporador hasta llegar a 95 °C temperatura en la cual el agua presente empieza a evaporarse debido a que la presión interna es menor que la presión atmosférica. Esto suele suceder aproximadamente a los 10 minutos de iniciada la carga, la finalidad de trabajar a presión menor que la atmosférica es evitar la ebullición del aceite, produciéndose con ello la ruptura de sus moléculas, dando lugar a la oxidación del mismo, de igual manera el evitar la

fomación de espuma que al ser arrastrado por el vacío junto con el agua evaporada lleva consigo moléculas de aceite.

Luego de haber eliminado el agua presente en el aceite, se agrega la tierra decolorante con la finalidad de que adsorban los pigmentos que colorean el aceite. Aproximadamente es un 0.6 a 0.8 % del peso de la carga, que succionada con la ayuda del vacío se mezcla con el agitador de paletas del evaporador, que es accionado por un motoreductor cuya velocidad de salida es de 50 RPM, cesa esta agitación luego de 20 minutos de agregada la tierra decolorante, se muestrea el color por intermedio de los visores el color se da en escala Gardner (de acuerdo al cliente se da el color generalmente es de 7.8 escala Gardner)

4. Blanqueado

El aceite antes de pasar por los filtro prensas es sometido a una homogenización, la mezcla (aceite-tierra) a través de una bomba centrifuga de alta presión es llevada a los filtros, pasando por unas placas filtrantes, con paños de lona que retienen la tierra decolorante, El aceite sale de cada placa del filtro por una caería y se deposita en una canaleta de acero inoxidable que conduce el aceite semirrefinado a un tanque empotrado en el piso, de acero inoxidable. Cuando la cámara de filtración se llena de impurezas, la velocidad de filtración disminuye, cesándose de filtrar.

3.1.2 Descripción de los Equipos.

Debido a la variedad de equipos, que cumplen una determinada función dentro del proceso, se ordenó y clasifico por áreas o zonas de trabajo que tiene la planta, como son: área de almacenamiento de crudo de aceite, área de calderas, área de refinería, área de almacenamiento de producto terminado.

Los equipos encontrados son: bombas centrifugas (encargadas del bombeo tanto del aceite crudo como el aceite terminado), bombas de piñones (encargados de transportar la borra), bomba de vacío (encargados de extraer la humedad presente en el aceite), filtro prensa, caldera de vapor (genera el vapor para el calentamiento del aceite), ablandadores de agua (bajar las durezas del agua de poza), etc.

En la siguiente figura 3.3, se muestra la distribución de las áreas en la planta de la industria oleaginoso.

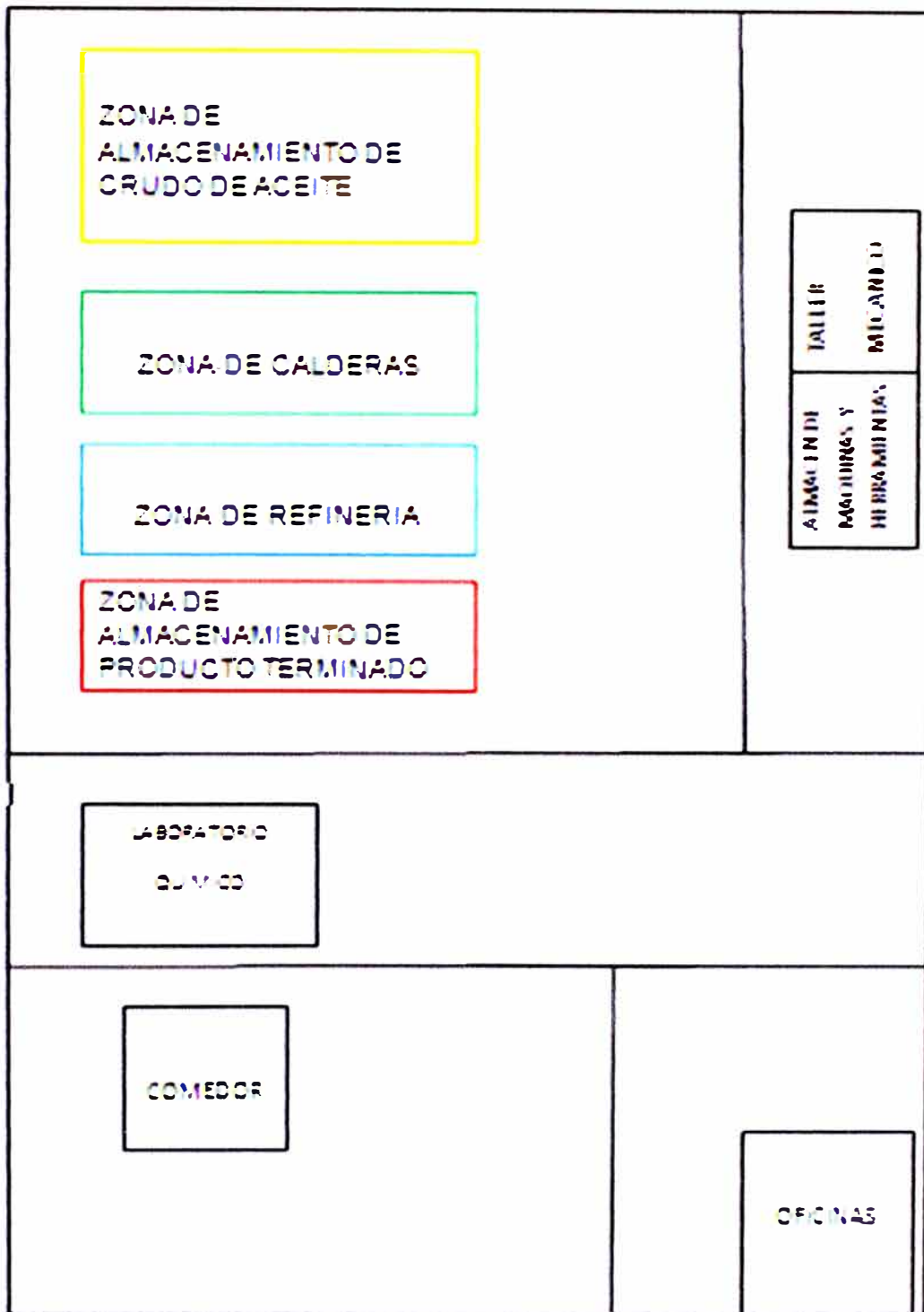


Figura 3.3. Distribuciones y ubicación de las áreas

1. zona de almacenamiento de crudo de aceite

- **Tanques de Almacenamiento**

El crudo llega en cisternas de 30TM, procedente de las industrias pesqueras, para luego ser almacenados en los tanques.

La capacidad de almacenamiento es aproximadamente de 1,800TM, que está distribuida en 7 tanques que a continuación en la tabla 3.1, se detalla sus características físicas:

Tabla 3.1. Características físicas de los tanques de crudo

DESCRIPCION	DIAMETRO(m)	ALTURA(m)	CAPACIDAD(TM)
TANQUE A1	5.8	7.6	185
TANQUE A2	5.8	7.6	185
TANQUE A3	2.95	4.56	28.5
TANQUE A4	2.95	4.56	28.5
TANQUE A5	2.95	4.56	28.5
TANQUE A6	3.2	6.8	50
TANQUE A7	12	12	1250

- **Bomba centrífuga 1**

Su función es enviar el crudo desde los tanques de almacenamiento hacia los reactores para su posterior proceso del crudo de aceite de pescado.

Características:

DIAMETRO DE SUCCION: 3"

DIAMETRO DE DESCARGA: 3"

POTENCIA DE MOTOR: 18 HP

VELOCIDAD DEL MOTOR: 1700 RPM

Los problemas más frecuentes relacionados con las bombas fueron debido a fallas en los sellos mecánicos, cojinetes del eje y desgaste en el impulsor debido a la corrosión, acentuándose más en las bombas de la planta de proceso las cuales operan de forma continua.

Tiene una bomba en paralelo, es decir entre en acción cuando la otra bomba falla.

2. Zona de calderas

- **Calderas de vapor**

CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS:

MARCA: INTESA **MODELO:** PT-250BHP **TIPO:** PIROTUBULAR

POTENCIA: 250BHP

CAPACIDAD CALORIFICA: 10,500MBTU/HR

PRESION DE TRABAJO: 15-150 PSI

CONSUMO DE COMBUSTIBLE: 75 GAL/HR

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE VAPOR: 8,625 LB/HR A 212 °F

En la figura 3.4, se muestra al equipo caldera de vapor marca Intesa.

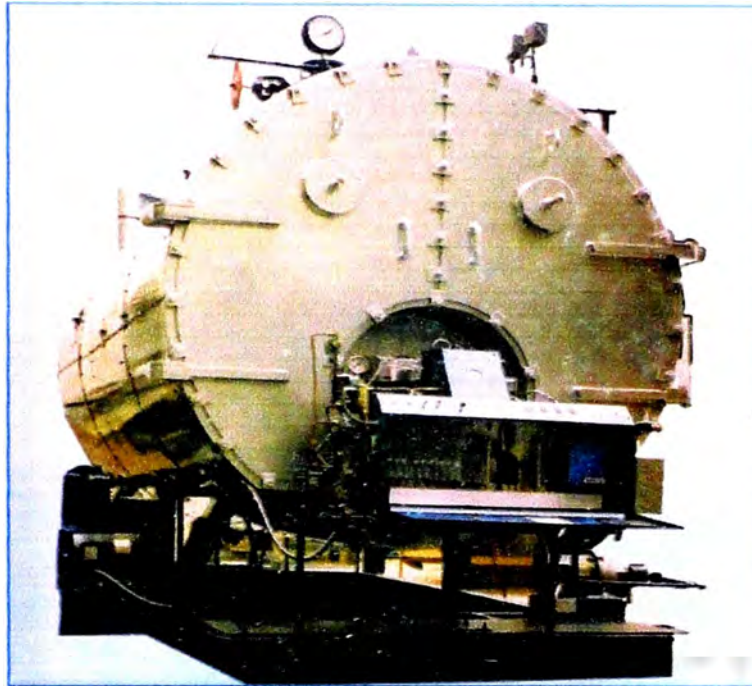


Figura 3.4. Caldera de vapor Intesa

- **QUEMADOR**

Quemador para petróleo pesado N° 6, de aire a baja presión para atomización, y alta velocidad 3,450 rpm, totalmente automático con las siguientes especificaciones técnicas

MARCA	: POWER FLAME
MODELO	: HAC6-06
COMBUSTIBLE	: PETROLEO PESADO N°6
VARIACION DE DESCARGA	: 71 GPH
POTENCIA DEL VENTILADOR	: 7.5 HP / 3450 RPM / 220V
POTENCIA DEL COMPRESOR:	3 HP
CALENTADOR ELECTRICO	: 5 Kw
PROGRAMADOR	: HONEYWEL 4140G

CONTROLADOR DE SEGURIDAD DE FLAMA, FOTOCELDA
HONEYWELL ULTRAVIOLETA MODELO C7027A-1023

En la figura 3.5, se muestra al quemador que opera el caldero de vapor.

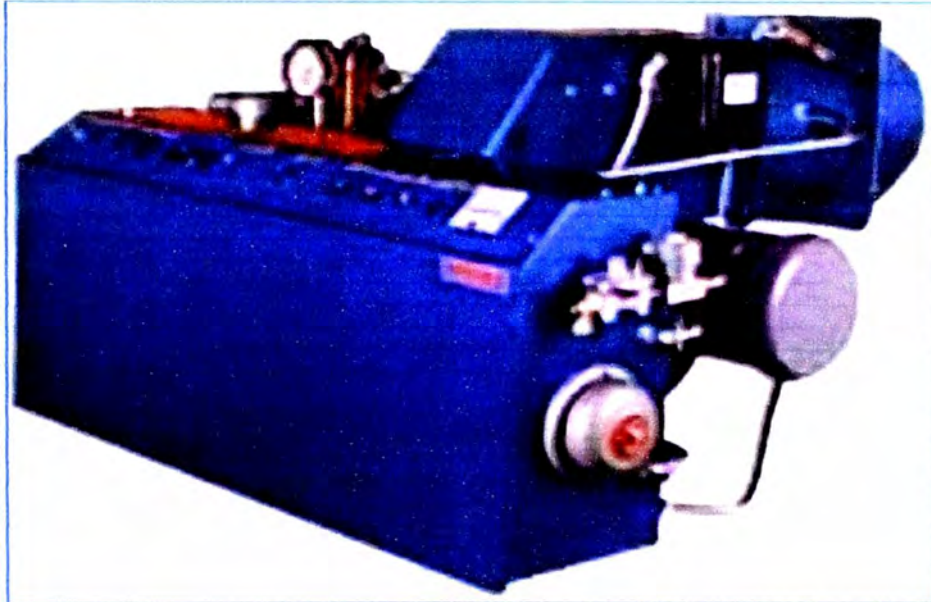


Figura 3.5. Quemador de la caldera

- **ELECTROBOMBA DE AGUA DE ALTA PRESION**

Su función es alimentar de agua a la caldera piro tubular .Esta agua previamente tratada y almacenada en tanque de 20 TM, es succionada por la bomba a través de tuberías de 1 ½" de diámetro, para luego ser descargada por medio de tuberías de 1 1/4" de diámetro a la caldera mencionada. El agua tiene que ingresar a 60°C y 80PSI.

Características y especificaciones técnicas de la electrobomba de agua:

MARCA: AURORA **MODELO:** 15T

CAUDAL: 23.2 GPM

PRESION: 80 PSI

VELOCIDAD: 1,750 RPM

POTENCIA: 5 HP

DIAMETRO DE SUCCION: 1 ¼"

DIAMETRO DE DESCARGA: 1 ¼"

En la figura 3.6, se muestra a la bomba de agua de alta presión de la caldera.



Figura 3.6. Bomba de alimentación de agua de la caldera

Tiene aproximadamente 8 años de antigüedad, pero en la empresa viene operando 2 años.

- **Control de nivel de agua**

Son los que se encargan de llevar un buen control sobre el abastecimiento de agua, para llevar a cabo el proceso de evaporación de la misma.

Columna de control automático de nivel de agua, con interruptores de mercurio para el control del quemador de petróleo y electrobomba de alimentación de agua, así como el sistema de alarma por bajo nivel de agua.

Con las siguientes especificaciones y características:

MARCA: MC DONNELL MODELO: 157 PRESION: 150 PSI
SISTEMA AUXILIAR: TIPO ELECTRODO WARRIK

En la figura 3.7, se muestra el controlador de nivel de agua.

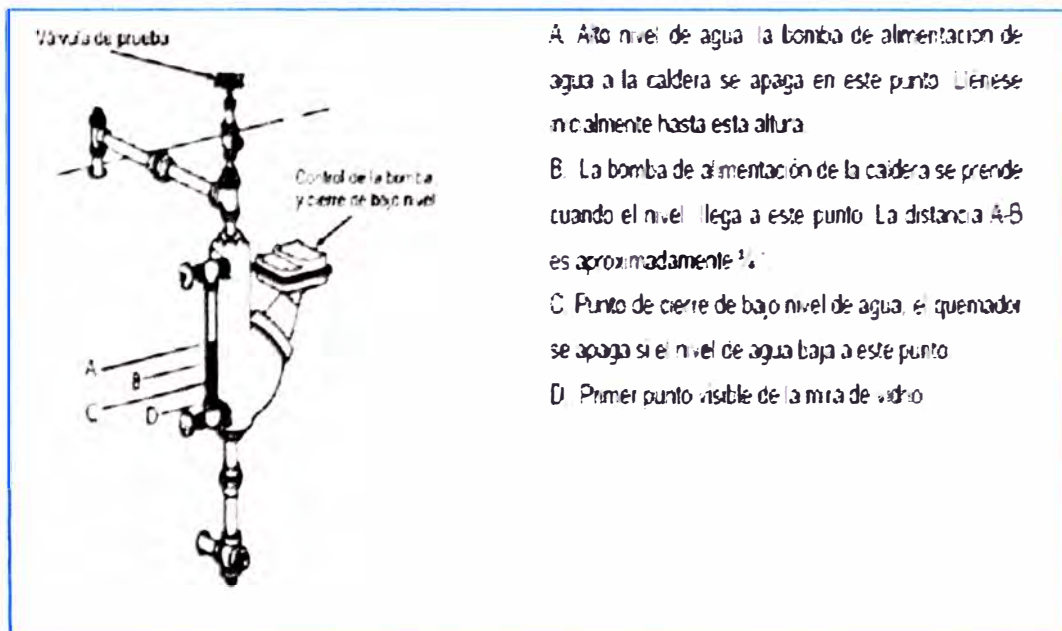


Figura 3.7. Controlador de nivel de agua

- **Control de presión**

Estos permiten mantener la presión de vapor en sus límites de operación alto y bajo, por medio de un juego de resortes y levas en conjunto con una

cápsula de mercurio como interruptor eléctrico. Es necesario que toda caldera tenga un control de presión auxiliar.

- Dos controles de seguridad por límite de presión con las siguientes características:

MARCA: HONEYWELL USA MODELO: L-404 A
RANGO: 0-150 PSI

- Un control de modulación con las siguientes características:

MARCA: HONEYWELL USA MODELO: L-91 B

RANGO: 0-150 PSI

- MANOMETRO PRINCIPAL de 0-200 PSI de MARCA: MARSHALL TONW USA
- Válvula de venteo: tipo bola ½" APOLLO COMBRACO

- **Válvula de salida de vapor**

Es la que regula el flujo de vapor de la salida del caldero, que será suministrada a una matriz o distribuidor de vapor, desde donde se repartirá el vapor al lugar de trabajo necesario donde se requiera calentar el aceite.

MARCA: Tipo globo de 4"x 300 PSI bridada con asiento de acero inoxidable.

- **Válvula de seguridad**

Es la encargada de garantizar la evacuación del vapor con la rapidez que se genera.

Dos válvulas de seguridad tipo resorte marca APOLLO COMBRACO de 2" de diámetro, regulada a 125 PSI-150 PSI.

- **Bomba de combustible**

Es la encargada de alimentar el petróleo desde el tanque de combustible diario a través de tuberías de 1 ½", hacia el quemador en donde en combinación con el aire producirá la llama.

En la figura 3.8, se muestra a la bomba de engranajes de alimentación de combustible de la caldera.



Figura 3.8. Bomba de alimentación de combustible

- **Purgas**

- Dos válvulas de purga rápida de fondos que permite una rápida evacuación de los sedimentos internos de 2" de diámetro marca EVERLASTING.
- Una válvula de purga lenta tipo "Y" de 2" de diámetro marca UNITED BRASS para 250 PSI.
- Una válvula de purga para columna de control de nivel tipo bola de 1" de diámetro marca APOLLO COMBRACO.

- **Tanque de agua ablandada**

Es utilizado para almacenar agua tratada (ablandada). El agua cruda proveniente del subsuelo es ablandada por medio de un sistema de ablandamiento.

Capacidad: 20 m³

Diámetro : 2.30 m

Altura : 4.80 m

- **Tanque de almacenamiento de combustible**

Es utilizado para almacenar el bunker, proveniente de las cisternas.

Capacidad: 3880 gal.

Diámetro : 2.28 m

Altura : 3.60 m

- **Tanque diario de combustible**

Se almacena bunker

Capacidad: 565 gal.

Diámetro:

3. Área de refinado

Es donde se realiza el proceso productivo del aceite. En esta área encontramos variedad de equipos como son: tanques reactores, bombas, motores, tableros eléctricos, motoredutores, filtros prensa entre otros.

- **Tanques reactores**

Son equipo de parte cónica en la parte inferior y de cuerpo cilíndrico, aquí se realizan los diferentes procesos ya mencionados.

En la tabla 3.2, se describe las características físicas de los reactores.

Tabla 3.2. Características físicas de Reactores

DESCRIPCION	DIAMETRO (m)	ALTURA CONICA (m)	ALTURA CILINDRICO (m)	VOLUMEN CONICO (m ³)	CAPACIDAD TOTAL (TM)
REACTOR 1	2.3	1.35			
REACTOR 2	2.3	1.35			
REACTOR 3	2.85	1.2	4.5	2.55	29
REACTOR4	2.85	1.2	4.5	2.55	29
REACTOR5	2.85	1.2	4.5	2.55	29

- **Bomba de piñones**

Su función es enviar la borra (subproducto del aceite al ser neutralizado) a un tanque de almacenamiento.

DIAMETRO DE SUCCION: 3"

DIAMETRO DE DESCARGA: 3"

POTENCIA DE MOTOR: 18 HP

VELOCIDAD DEL MOTOR: 1700 RPM

VELOCIDAD DE LA BOMBA: 1000RPM

En la figura 3.9, se muestra la bomba de trasegado de borra.

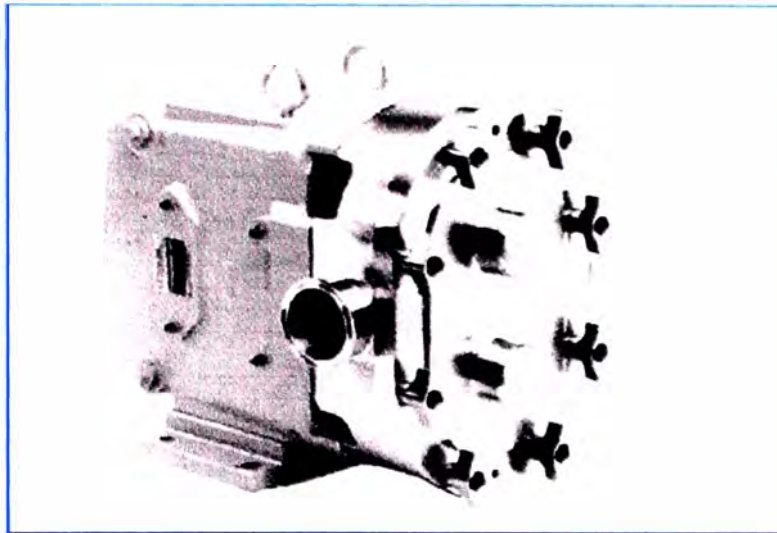


Figura 3.9. Bomba de trasegado de borra

- **Bomba centrifuga 2**

Bomba de alta presión su función es enviar el aceite proveniente del proceso de secado a unos filtro prensas donde se queda toda la tierra (arcilla activada).

DIAMETRO DE SUCCION: 3"

DIAMETRO DE DESCARGA: 2"

POTENCIA DE MOTOR: 10 HP

VELOCIDAD DEL MOTOR: 3600 RPM

- **Bomba centrífuga 3**

Su función es enviar el aceite blanqueado (semirrefinado) procedente de los filtros prensa a los tanques de almacenamiento de producto terminado.

DIAMETRO DE SUCCION: 3"

DIAMETRO DE DESCARGA: 3"

POTENCIA DE MOTOR: 10 HP

VELOCIDAD DEL MOTOR: 3600 RPM

- **Filtro prensa 1 y 2**

Está formado por 20 placas y 20 marcos que se ajustan manualmente. El aceite mezclado proveniente del secador ingresa por unas tuberías de 2" que están conectadas al filtro prensa, quedándose las tortas de tierra en las telas de lona que son colocados entre cada placa y marco. Saliendo el aceite blanqueado por el otro lado del filtro prensa, a través de unas tuberías de 2".

4. Área de producto terminado

Aquí se almacena el aceite terminado proveniente del área de semirrefinado.

- **Tanques de Almacenamiento de Producto Terminado**

Son tanques de forma cilíndrica con fondo plano y techo bombeado, aquí se deposita el aceite semirefinado proveniente de la etapa de blanqueado y filtrado.

En la tabla 3.3, se describe las características físicas de los tanques de almacenamiento de producto terminado.

Tabla 3.3. Características físicas de los tanques de producto terminado

	DIAMETRO(m)	ALTURA(m)	CAPACIDAD(TM)
Tanque 1	2.85	4.5	26.5
Tanque 2	2.88	3.6	21.5
Tanque 3	2.92	3.4	21
Tanque 4	2.3	4.8	18.4

- **Bomba centrífuga 4**

Su función es enviar una determinada cantidad de aceite semirrefinado a una cisterna para su posterior entrega al cliente.

Este equipo viene operando continuamente en el proceso, las reparaciones más comunes que se ha realizado ha sido al motor eléctrico, cambio de sello mecánicos.

Sus características son :

DIAMETRO DE SUCCION: 3"

DIAMETRO DE DESCARGA: 3"

POTENCIA DE MOTOR: 10 HP

VELOCIDAD DEL MOTOR: 3600 RPM

- **Bomba de vacío**

El principio de operación de las bombas de vacío de tipo anillo líquido, es la resultante de la combinación de compresión isotérmica de los gases y de la condensación de los mismos al contacto del líquido sellante. La gran ventaja

de las bombas de anillo líquido radica en que el fluido sellante de la bomba puede ser afín al gas bombeado.

En la industria viene operando hace 15 años, siendo las reparaciones más realizadas, cambio de rodamientos, sellos mecánicos, balanceo dinámico, cambio de empaquetadura etc.

En la figura 3.10, se muestra la bomba de anillo líquido que se usa para generar vacío para el secado de aceites.

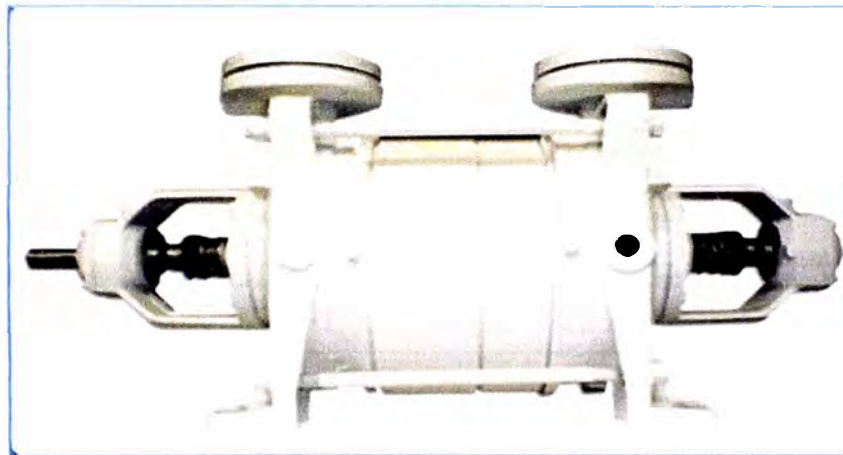


Figura 3.10. Bomba de anillo líquido

- **Bomba centrífuga 5**

Trabaja conjuntamente con el vacío para condensar los vapores extraídos del secado del aceite, en una botella que se encuentra en torre barométrica a una altura de 12m aproximadamente.

Esta bomba tiene una antigüedad de 8 años de operación.

3.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA

El mantenimiento que se realiza actualmente en la planta, en su mayoría es correctivo y algunos preventivos. Las actividades de mantenimiento que se realizan son de limpieza, lubricación, reparación y otras.

Estas actividades de mantenimiento son realizados por el personal de mantenimiento de la empresa, salvo algunas actividades que se requiere de más conocimiento es realizado por terceros.

La empresa no cuenta con registros de mantenimientos de los equipos, por lo que urge planificar el mantenimiento e implementar un programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos.

3.2.1. Descripción del departamento de mantenimiento

En la figura 3.11, se muestra como está organizado el departamento de mantenimiento de la empresa.

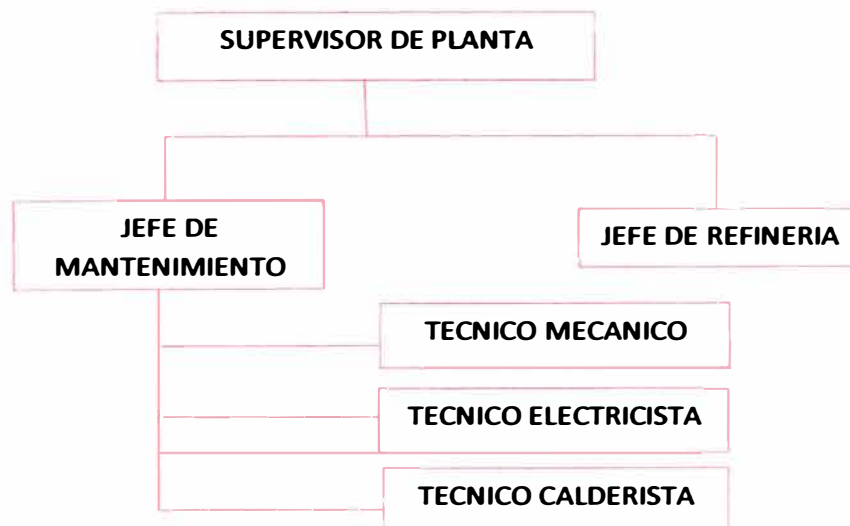


Figura 3.11. Departamento de mantenimiento

- **SUPERVISOR DE PLANTA.**

Es la persona responsable de establecer las actividades diarias de los procesos productivos y de mantenimiento. Es el encargado de hacer trabajar a los miembros como un equipo que apunta a un solo rumbo.

El supervisor de planta tiene estudios universitarios y tiene a su cargo a todos los trabajadores de planta.

Tanto el Jefe de Mantenimiento como el Jefe de Refinería tienen que reportar y mantener informado de los acontecimientos diarios que suceden al supervisor de planta.

- **JEFE DE MANTENIMIENTO**

Es el encargado de verificar que las actividades de mantenimiento se realicen, según lo requiera la producción. Cuando se detecta una falla o desperfecto de un equipo que está operando en pleno proceso, es cuando se comunica al Jefe de Mantenimiento que hay que realizar el estudio correspondiente, parando parcial o totalmente la producción.

El Jefe de Mantenimiento tiene estudios técnicos y experiencia en planta y tiene a su cargo al personal de mantenimiento mecánico, eléctrico, calderistas.

Tiene un cuaderno de todas las tareas y actividades de mantenimiento que se realizan en planta.

Trabaja en forma coordinada con El jefe de Refinación (producción en sí).

Siendo su jefe el Supervisor de Planta.

- **JEFE DE REFINERIA**

Es el encargado de verificar que los procesos productivos se realicen de acuerdo a los estándares establecidos por el supervisor de planta. Tiene a su cargo 3 operadores, y dos ayudantes que se distribuyen en los diferentes procesos que se realizan.

El mismo realiza trabajos de laboratorio, es decir lleva muestra de aceite para su respectivo análisis, para verificar que se estén cumpliendo con los parámetros requeridos por el aceite según el proceso requerido.

El Jefe de Refinería tiene estudios secundarios, pero tiene amplia experiencia en proceso productivos de refinación de aceites.

Siendo su Jefe el Supervisor de Planta.

- **TECNICO MECANICO**

Su labor es de realizar trabajos de limpieza, desmontaje reparación y renovación de equipos (bombas, compresoras de aire), trabajos de reparación de tuberías, cambio de empaquetaduras, etc. Los técnicos mecánicos están conformados de la siguiente manera: un tornero, un soldador, y el que realiza el mantenimiento del equipo, todos ellos están preparados para realizar cualquier actividad mencionada, y además cuando no tienen tarea de mantenimiento, apoyan al personal operativo.

Estas personas tienen estudios secundarios, algunos con más experiencia que otros en las actividades que realizan.

Tienen que escribir detalladamente los trabajos de mantenimiento realizados en un cuaderno de registros.

- **TECNICO ELECTRICISTA**

Su labor es de realizar mantenimiento a los tableros eléctricos, transformadores, limpieza de cables, motores. Solo hay un electricista en mantenimiento, que trabaja con su ayudante que es contratado por turnos, y cuando el electricista lo requiera.

Cuando no tiene trabajo de electricidad realiza trabajo con el equipo de los mecánicos o apoya al personal operativo (proceso productivo).

Tiene estudios técnicos en Senati en electricidad industrial. Tiene tres años trabajando en la empresa.

- **TECNICO CALDERISTA**

Su labor es de operar y mantener en óptimas condiciones las calderas, para poder proveer de vapor al proceso productivo cuando lo requiera.

Es el responsable de la generación de vapor para la producción, a través de la caldera.

Tiene que ver la alimentación de agua y combustible, para abastecer a la caldera, para su adecuado funcionamiento.

También tiene que ver con el sistema de ablandamiento del agua, para lo cual requiere de un ayudante proveniente de producción.

El calderista tiene estudios secundarios, y a través de capacitaciones en calderas (proporcionado por la empresa) ha adquirido conocimientos de operación de la caldera mencionada.

El trabaja en coordinación con el Jefe de Refinación, para realizar sus labores cotidianas.

- **TALLER DE MAESTRANZA**

En este lugar se realizan labores de mantenimiento, reparaciones de los equipos y de sus componentes, realizado por los técnicos mecánicos, técnicos electricistas, etc.

A continuación se describen las maquinas o equipos existentes en el taller:

- 1 Torno mecánico (TM1) :se realizan trabajos de cilindrado, refrentado (bridas, bocinas, ejes)
- 1 Compresora de aire (CA):
- 3 equipos oxicorte (EO) : para realizar trabajos de corte de planchas, ejes, tubos,
- 1 equipo autógena (EA) : para soldar planchas delgadas hasta 3mm
- 1 máquina de soldar alterna SOLANDINA de 300 AMP (MS1): se realizan trabajos de unión por soldadura para planchas, tubos, platinas, etc.
- 1 máquina de soldar alterna MILLER de 400 AMP (MS2)
- 1 máquina (generadora) de soldar continua de 440 AMP (MS3)
- 1 Taladro eléctrico (TE): para ser agujeros hasta ¾".
- 1 Esmeril eléctrico de bancada (EE): para desbastar y limpiar la escoria de las planchas, tubos, platinas, proveniente de un trabajo de corte.
- 1 maquina roscadora (MR) para tubo hasta 4" de Φ : se realizan trabajos a los tubos con el fin de hacer niples desde ¼" hasta 4".
- 2 Tornillos de banco (TB): para sujetar piezas a realizar un trabajo.
- Cizalla (C) hasta 3mm de espesor.

En la figura 3.12, se encuentra la distribución de equipos en el taller de maestranza.

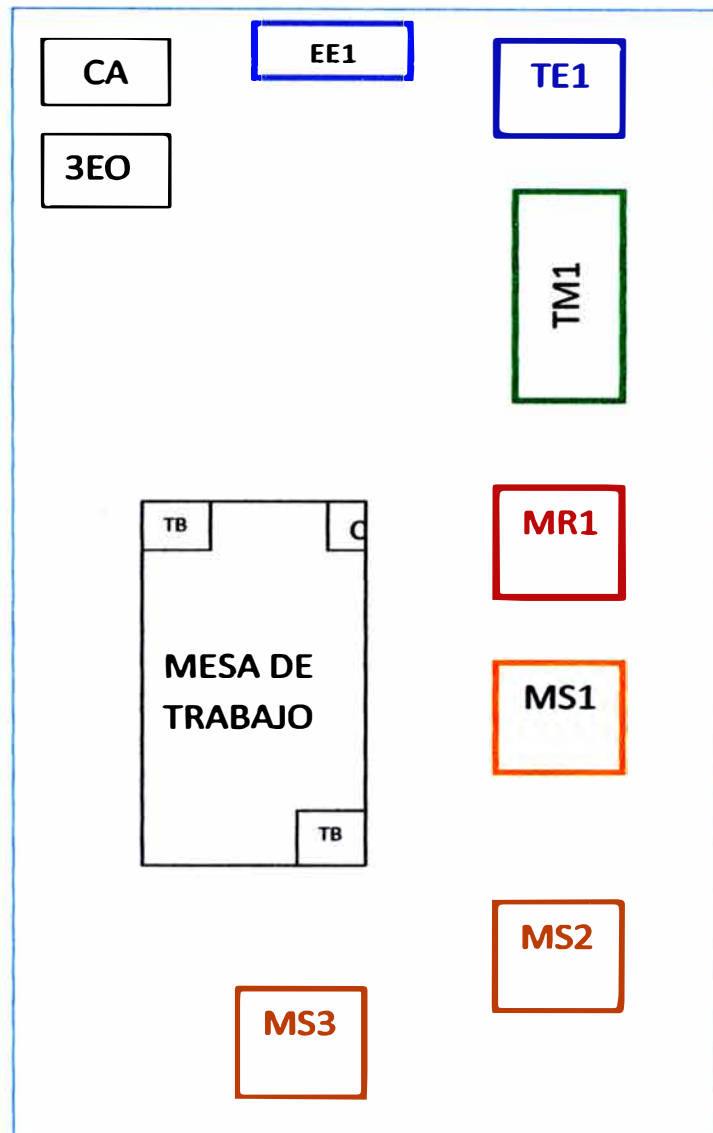


Figura 3.12. Distribución de Taller de maestranza

- **ALMACEN DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS**

Tiene un área de aproximadamente de 60 m², ahí se encuentra almacenado las herramientas como son:

Entre las funciones secundarias a realizar por parte de un departamento de mantenimiento está la administración de bodegas e inventarios, así como el

manejo de materiales y repuestos necesarios para el mantenimiento de las instalaciones.

De mantenimiento que se deben ejecutar.

A continuación se detallará la cantidad y tipo de equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento ya definidas y los requerimientos de inventario de repuestos para mantener en la bodega, previo a la programación de las actividades.

Detalle de Equipos para Mantenimiento

Los equipos y herramientas necesarios para las labores de Inspección y Mantenimiento General Periódico que deberá realizar el personal del departamento de Mantenimiento, será el siguiente:

- ✓ Máquinas de soldar.
- ✓ Amoladora.
- ✓ Esmeril de banco.
- ✓ Taladro.
- ✓ Taladro eléctrico.
- ✓ Pulidora.
- ✓ Juego de llaves de boca y corona milimétricas.
- ✓ Juego de llaves de boca y corona en pulgadas.

- ✓ Juego de dados de mando de media milimétrico.
- ✓ Juego de dados de mando de media en pulgadas.
- ✓ Juego de destornilladores de copa en pulgadas.
- ✓ Juego de saca bocados.
- ✓ Juego de brocas desde 1/8" hasta 3/4"
- ✓ Juego de brocas de 3/4" hasta 1 1/2"
- ✓ Lima plana de 40 cm.
- ✓ Lima redonda de 40 cm.
- ✓ Lima media caña de 40 cm.
- ✓ Juego de llaves Allen.
- ✓ Llaves de tubo de 12" – 14" – 18" – 24".
- ✓ Torquímetro.
- ✓ Equipo de oxicorte.
- ✓ Equipo autógena.
- ✓ Equipo protector para soldar.
- ✓ Equipo protector para pulir.
- ✓ Taladro de banco.
- ✓ Equipo de torno.
- ✓ Cinzaya.

- ✓ Prensa hidráulica.
- ✓ Cortadora de tubo de 3".
- ✓ Alicates a presión.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Gatas hidráulicas de 5 toneladas.
- ✓ Pinzas de mano.
- ✓ Destornilladores planos.
- ✓ Destornilladores de estrella.
- ✓ Juegos de machos U.N.C.
- ✓ Juegos de machos U.N.F.
- ✓ Máquina roscadora. (desde ½" hasta 4")
- ✓ Multímetros.
- ✓ Dobladora de tubos.
- ✓ Juego de estampa para tubos (desde ½" hasta 2")
- ✓ Manómetros para alta y baja presión.
- ✓ Linternas.
- ✓ Escalera de tijera de 10 m.
- ✓ Implementos de Seguridad (casco, gafas, guantes, botas, cinturones).

3.2.2. Información Existente en la Actualidad.

La información recopilada en el departamento de mantenimiento es en su mayoría de manera informal, es decir, cada sección reporta por medio de escritos (en un cuaderno de registros) de las actividades realizadas en el día a día. Esta información ha sido considerable para guardar fechas de eventos importantes, como mantenimientos integrales o instalación de algún equipo nuevo, características de repuestos de equipos.

Otro tipo de información existente, es la de carácter técnico, como son los manuales de mantenimiento e información general de los equipos adquiridos a lo largo del desarrollo de la empresa. Cabe señalar que esta información es manejada principalmente por el Supervisor de planta y Jefe de Mantenimiento.

El almacenamiento de manuales técnicos de los equipos principales de la empresa (calderas, bombas, entre otros) se encuentra almacenado en perchas y repartido en las oficinas del jefe de mantenimiento y el gerente de proyectos. Estos manuales en su mayoría están en castellano y sólo los supervisores bajo la autorización de alguno de los 2 jefes pueden hacer uso de los mismos.

Con respecto a la organización y provecho que se le puede dar a la información técnica, se puede decir que, no existe en la actualidad un detalle de componentes o repuestos de la gran mayoría de los equipos y sólo se procede a buscar o conseguir los repuestos en el mercado interno cuando se trata de equipos de tecnología poco compleja, los repuestos que encajan dentro de este tipo son: rodamientos, chumaceras, piñones, bandas, entre otros; pero cuando se aproxima un mantenimiento de algún equipo que necesite de repuestos originales y

necesarios de importación, se hace una revisión en los manuales para así de esta manera hacer la lista de repuestos que se van a cambiar.

3.2.3. Actividades de Mantenimiento Realizadas Actualmente.

Las actividades de mantenimiento que se realizan, en los equipos involucrados directamente con la caldera de vapor, son las de limpieza de filtro de la línea de combustible, lectura de instrumentos de medición (manómetros, termómetros), aunque la gran mayoría de las actividades que se realizan son de carácter correctivo, ya sea en instalaciones o equipos. En el **Anexo 1** se muestra los reportes diarios de las actividades realizadas en la caldera, dentro de las cuales están reportados los trabajos de mantenimiento correctivo realizados en el caldero.

Los únicos reportes de trabajos de mantenimiento, que se encuentran escritos son los del calderistas que apunta (escribe en su reporte diario de su caldero). Con respecto al mantenimiento realizado a los demás equipos: como son las bombas, motores, reactores, etc.; no se tiene registros.

4. PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.

Para establecer cuáles son los equipos o sistemas críticos de la planta, nos basamos en los 5 puntos necesarios para conformar la matriz de criticidad, los mismos que se mencionaron en el acápite 2.4 y que de manera metódica, logran determinar aquellos equipos con mayor índice de criticidad. Este análisis es la base para poder proceder a elaborar el plan de mantenimiento preventivo programado definitivo en la empresa.

Como la planta se encuentra dividida en 4 áreas, en las cuales se encuentran los equipos que cumplen una determinada función para llevar a cabo el proceso productivo.

En la tabla 4.1, se muestra la selección de los equipos de acuerdo al área que pertenecen.

Tabla 4.1. Clasificación de equipos por áreas

AREA DE MATERIA PRIMA	BOMBA CENTRIFUGA1 BOMBA CENTRIFUGA 2 CALDERA PIROTUBULAR INTESA SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA
AREA DE CALDERA	SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE SISTEMA DE ENCENDIDO SISTEMA DE INGRESO DE AIRE BOMBA CENTRIFUGA BOMBA DE PIÑONES
AREA DE REFINERIA	BOMBA CENTRIFUGA FILTRO PRENSA MOTOREDUCTORES
AREA DE PRODUCTO TERMINADO	BOMBA CENTRIFUGA BOMBA DE VACIO

Una vez identificado los equipos existentes y más importantes en planta, se procede a dar puntajes de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla 2.1, Los resultados de dichos puntajes se encuentra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Selección de equipos de acuerdo al área de pertenencia.

EQUIPO	FREC. DE FALLA	IMPAC. OPER.	FLEX. OPER.	COSTO MANT.	IMPACTO EN LA SEGURIDAD
AREA DE CALDERAS	3	8	4	2	4
BOMBA DE VACIO	4	3	3	2	1
BOMBA CENTRIFUGA	4	6	3	1	1
BOMBA DE PIÑONES	4	3	3	1	1
MOTO REDUCTORES	1	3	3	1	1
FILTRO PRENSA	1	3	1	1	1
BOMBA DE TORNILLO	3	3	3	1	1

Cálculo de la Criticidad

De acuerdo a la ecuación 1 y con los valores numéricos de cuantificación de los equipos de la tabla 4.2, se realiza los cálculos para obtener la criticidad de los equipos participantes.

Se realiza el cálculo de criticidad para el caldero de vapor, como ejemplo, se sigue el mismo procedimiento para los demás equipos participantes.

La frecuencia de falla para la caldera de vapor según indica la tabla 6 es 3, el impacto operacional es 8, la flexibilidad operacional es 4, el costo por mantenimiento es 2 y el impacto en la seguridad es 4.

Reemplazando los valores en la ecuación 1 del acápite 2.4, se obtiene:

$$\text{Criticidad total} = 3 \cdot (8 \cdot 4 + 2 + 4) = 114$$

El cálculo de la criticidad total de cada equipo nos va a dar el principal indicador para establecer cual es equipo o sistema de mayor criticidad, aunque para la elaboración de la matriz de criticidad necesitaremos ubicar los equipos dentro de ella utilizando las frecuencias de fallas y consecuencias obtenidas en los análisis previos.

En la tabla 4.3, se muestra los resultados de criticidad de los equipos participantes.

Tabla 4.3. Criticidad de los equipos

EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
CALDERA DE VAPOR	3	38	114
BOMBA DE VACIO	4	12	48
BOMBA CENTRIFUGA	4	20	80
BOMBA DE PIÑONES	4	11	44
MOTO REDUCTORES	1	11	11
FILTRO PRENSA	1	5	5
BOMBA DE TORNILLO	3	11	33

Una vez calculado el puntaje de la criticidad de cada equipo evaluado, lo comparamos con los valores establecidos en la Matriz de criticidad del acápite 2.4, para luego establecer en que zona de criticidad se encuentra nuestros equipos.

En la figura 4.1, se muestra la ubicación de los equipos participantes dentro de las zonas de la matriz de criticidad.

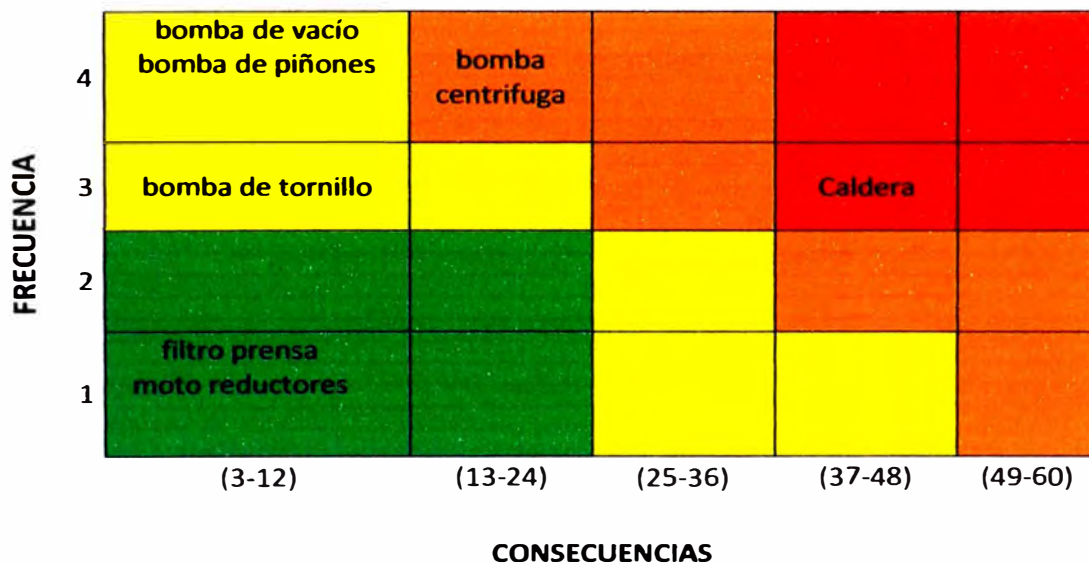


Figura 4.1. Matriz de criticidad de los equipos participantes

Luego de realizar la matriz de criticidad de los equipos en base a los datos de la tabla 4.3, se determina que el equipo que presenta la mayor criticidad es **la Caldera de vapor**. Por lo tanto a continuación se mostrarán aquellos equipos, que siendo parte de este sistema deberán ser considerados de manera prioritaria en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo programado anual en la empresa, con el propósito de garantizar la producción continua en la organización.

Selección de las partes de la caldera

Los equipos que participarán de este programa, son:

- a) Caldera Piro tubular, INTESA de 250 BHP, año 1998.

Es el caldero en sí, tanto su parte exterior como su parte interior

- b) Sistema de Alimentación de Agua.

Mediante una bomba de alta presión se inyecta agua a la caldera, ingresando a una cierta presión y temperatura.

- c) Sistema de encendido (quemador).

Aquí se ve todo el paquete del quemador como son: el programador, fotocelda ventilador, modulador, pre calentador, etc.

- d) Sistema de Alimentación de Combustible

Mediante una bomba de engranajes de desplazamiento positivo se alimenta combustible bunker N°6 al quemador para producir el encendido.

Como el bunker es un combustible pesado, se tiene que calentar a 90-100°C, para poder ingresar al quemador y producir la combustión.

e) Sistema de Alimentación de Aire

Mediante un compresor con motor asíncrono eléctrico, proporciona el aire necesario que se mezcla con el combustible para producir la combustión (llama)

f) Sistema de ablandamiento de agua

El agua proveniente del pozo (agua altamente dura), se tiene que bajar las ppm, a las requeridas (agua tratada) por el análisis químico de dicha agua.

Los equipos, que no son la caldera en sí, pero que se encuentran físicamente como paquete de la unidad generadora de vapor (caldera), serán tomados como una parte o sub -parte de la caldera según sea el caso.

A continuación en la tabla 4.4, se muestran los diversos equipos involucrados como paquete de la caldera Piro tubular Intesa (generadora de vapor),

Tabla 4.4. Partes y sub-partes de la caldera

	SISTEMA/PARTE	EQUIPO / SUB-PARTES
CALDERA PIROTUBULAR DE 250 BHP	SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA	BOMBA CENTRIFUGA
		BOMBA AURORA
		BOMBA CENTRIFUGA
	SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
		PRECALENTADOR ELECTRICO
		BOMBA VIKING
		TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE
	SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA	TANQUE DE ABLANDAMIENTO
		TANQUE DE SAL
		BOMBA HIDRONEUMATICA
		TANQUE HIDRONEUMATICO
	SISTEMA DE INGRESO DE AIRE	COMPRESOR DE AIRE
	SISTEMA DE ENCENDIDO (QUEMADOR)	VENTILADOR
		MODULADOR
		PROGRAMADOR
		FOTOCELDA
	CONTROLES,ACCESORIOS Y OTROS	VALVULAS DE PURGADO
		VALVULAS DE SEGURIDAD
		CONTROLES DE AGUA
		TRAMPAS DE VAPOR
CONTROLES DE PRESION		

En la figura 4.2, se muestra la estructuración de las partes conformantes del caldero.

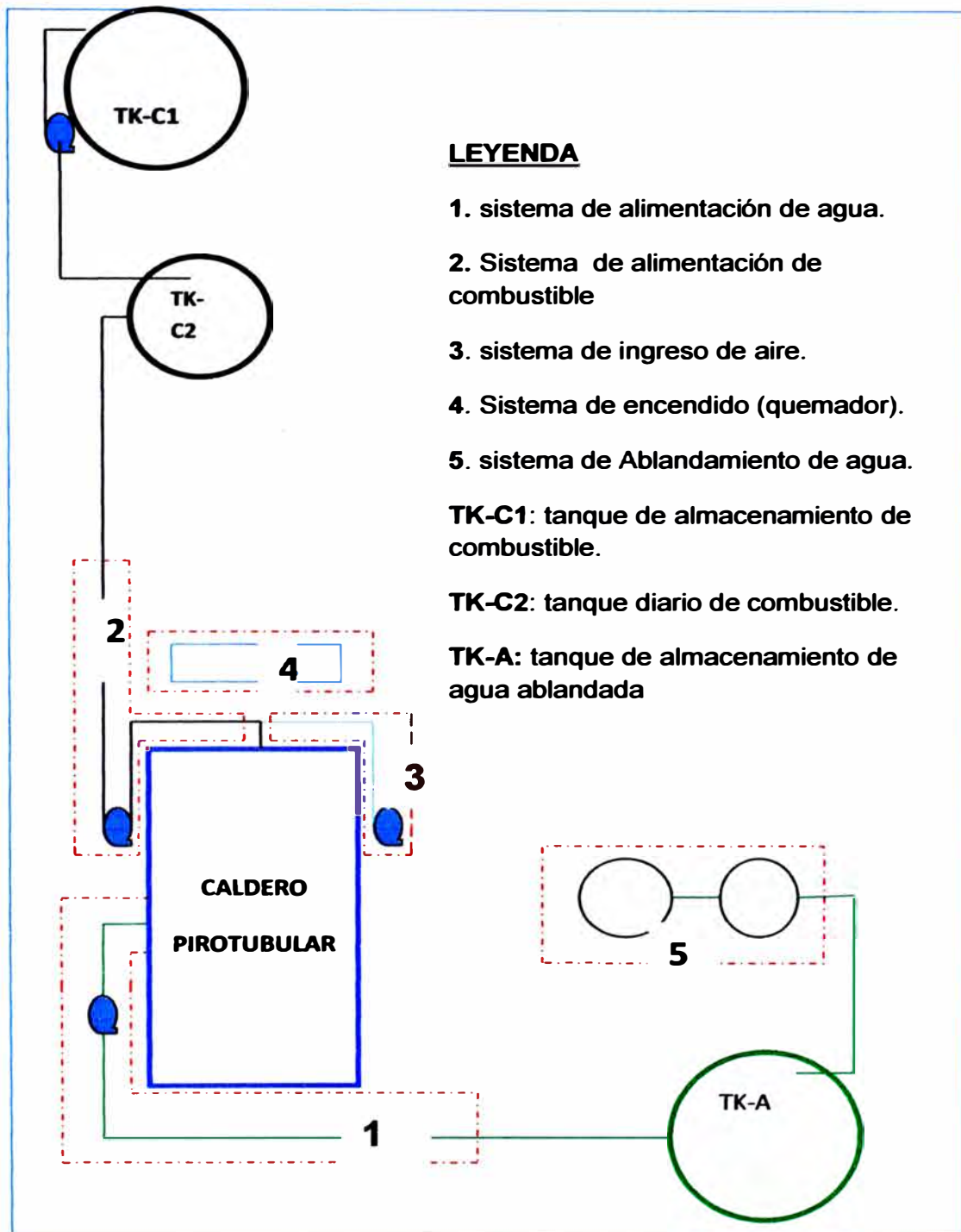


Figura 4.2. Estructuración de las partes conformantes del caldero

Una vez identificado los sistemas o partes de la caldera pirotubular, se requiere saber cual de ellos esta causando las mayores fallas en el sistema de generacion de vapor (CALDERA PIROTUBULAR).

Para esto usaremos una herramienta para priorizar en que partes esta concentrado los mayores problemas, siendo la tecnica empleada el DIAGRAMA DE PARETO.

De los documentos encontrados en planta en cuanto a los mantenimientos correctivos realizados, se recopilaraon informacion acerca de las fallas presentadas en dichos equipo.

A continuación en la tabla 4.5, se muestra la frecuencia de fallas de los componentes de la caldera de vapor.

Tabla 4.5. frecuencia de fallas de los componetes de la caldera de vapor.

SISTEMA/PARTE	FALLAS
SIST. BOMB. AGUA	24
SIST. BOMB. COMBUSTIBLE	18
SIST. ABLAN. AGUA	12
SISTEMA DE ENCENDIDO	8
SIST. ALIM. AIRE	6
CONTROLES Y OTROS	3
CALDERO INTESA	1

En base a la tabla 4.5, se construye el diagrama de pareto, para ver en que parte o sistema de la caldera se concentra la mayor cantidad de problemas, como se muestra en la figura 4.3.

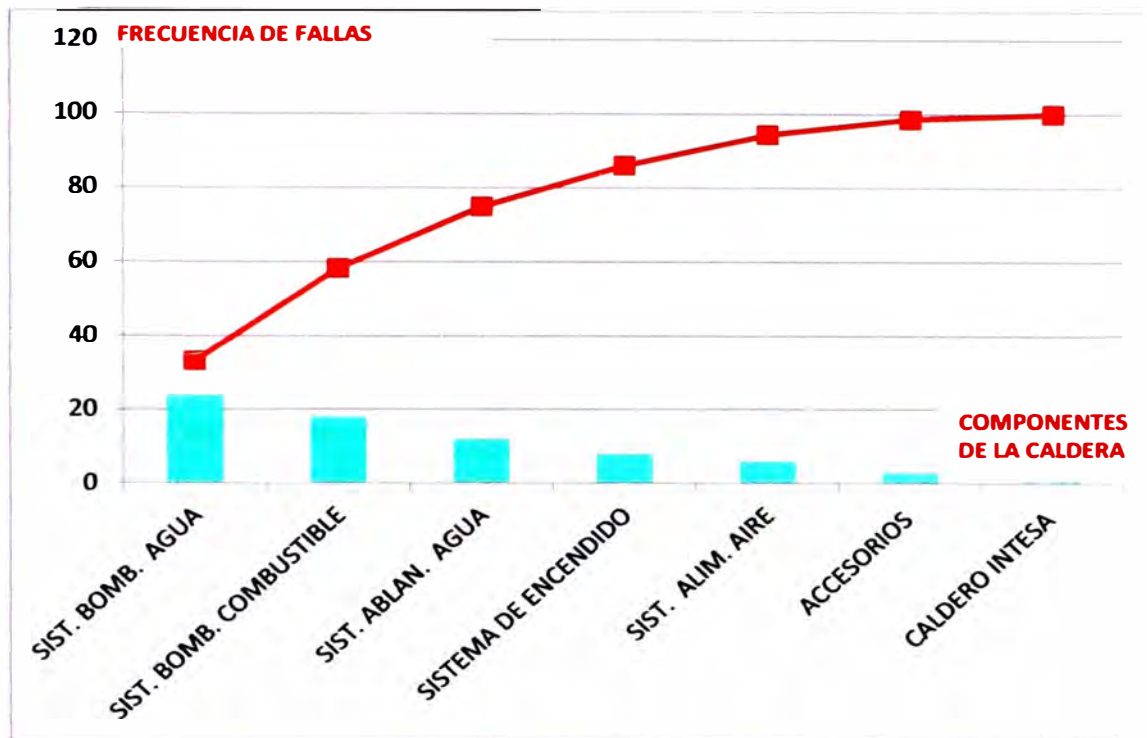


Figura 4.3. Diagrama de Pareto de los equipos de la caldera

Del gráfico se determina que los tres primeros, presentan la mayor cantidad de fallas, y representan el 80% de los problemas presentados en la caldera, de manera que si se eliminan las causas que lo provocan desaparecería la mayor parte de las fallas, por consiguiente las paradas en producción disminuyen.

Antes de describir las actividades de mantenimiento de los equipos críticos, tenemos que ver como las partes involucradas dentro de la caldera, participan en el proceso de generación de vapor.

De estos equipos seleccionados, va depender de que el vapor generado por la caldera sea eficiente y eficaz. Ya que el vapor es fundamental para el proceso productivo de la planta.

Las entradas y salidas que se dan en la caldera, producto de la generación de vapor se muestran en la figura 4.4.

- **Agua .**

Debe ser de alta calidad (agua tratada) y mantener siempre el nivel de agua requerido por el caldero.

- **Combustible**

Debe ingresar a 100°C y limpio para producir la combustión.

- **Aire**

Debe ingresar sin humedad y mezclarse con el combustible para producir la combustión.

- **Vapor**

A presión constante y seco.

- **Gases**

Lo más limpios posibles, sin elementos no quemados y con el menor exceso de aire posible.

- **Purgas**

Mantener la concentración de sólidos en valores admisibles.

A continuación, en la figura 4.4, se muestra el diagrama de flujo de generación de vapor en la caldera.

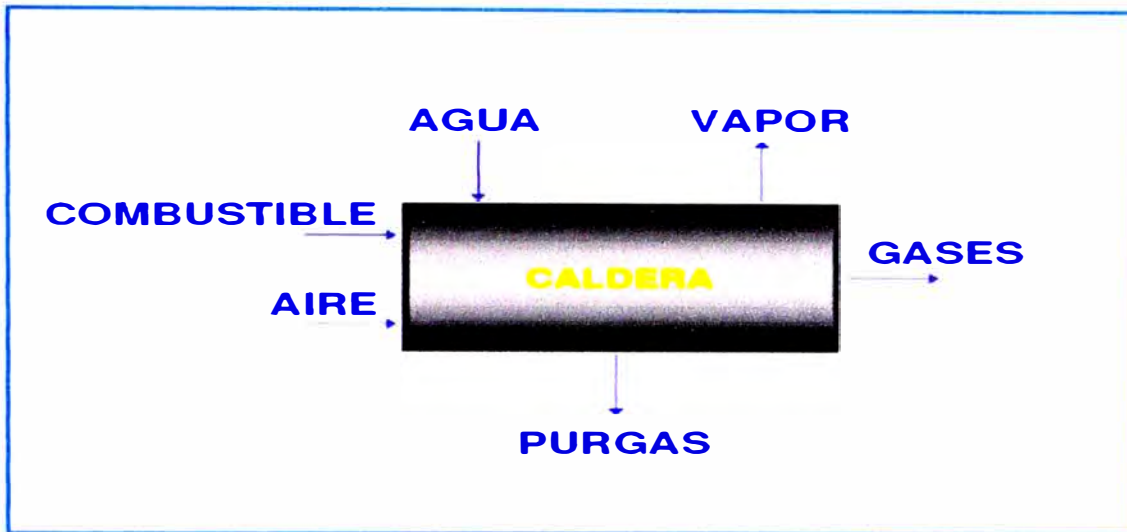


Figura 4.4. Diagrama de flujo de generación de vapor en la caldera

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

En este punto es necesario precisar las principales características y recomendaciones que sugieren los fabricantes de los equipos críticos determinados en el punto anterior. Cabe recalcar que desde la adquisición de los equipos en la empresa, no se ha llevado a cabalidad las diversas actividades de mantenimiento sugeridas o establecidas por los diferentes fabricantes. Lo que se ha realizado, son tareas de mantenimiento sobre la base de las inspecciones informales, no programadas y de manera aleatoria de los técnicos de la empresa. En otros casos se realizaban actividades de mantenimiento debido a las apariciones de fallas y en ciertos casos por averías presentadas en los equipos.

A continuación se describen las actividades de mantenimiento para los equipos críticos:

CALDERO INTESA

MANTENIMIENTO

Cada 08 horas

- Purga de fondo de caldero.
- Purgar el control del nivel del agua cuando haya presión.
- Purgar el tubo de vidrio de nivel de agua.

Semanalmente

- Hacer la prueba de control de agua.
- Probar el funcionamiento de la válvula de seguridad levantando con la mano.

Mensualmente

- Engrasar la bomba de agua.
- Hacer una limpieza al quemador, el rotor, la voleta, el cabezal de ignición, el tubo de mira de la fotocelda y el lente de la fotocelda.
- Las boquillas deberán ser desarmadas para limpiar el filtro que tiene. Debe mantenerse la posición de los electrodos y su separación.
- Limpiar los filtros de petróleo y agua .esta limpieza deberá ser más frecuente cuando el caldero es nuevo. La frecuencia de limpieza será mayor si las condiciones lo exigen.

Trimestralmente

- Se abrirá una de las tapas de handhole para inspeccionar el estado de los tubos.
- Se hará un cambio total del agua del caldero. Se abrirá la tapa de manhole y la tapa de handhole de fondo y se lavaran los tubos con agua a presión botando el lodo que hay depositado en el fondo del caldero. El calentamiento y/o enfriamiento del caldero debe hacerse lentamente, para poder destapar el caldero se necesita esperar por lo menos 24 horas después de que la presión haya bajado a cero.
- Se hará limpieza interior de los tubos.

Semestralmente

- Se inspeccionara el estado del refractario de las tapas.
- Se hará una limpieza de los flues. Abrir los handhole solo con el caldero frío.

LINEA DE AGUA, VAPOR Y PETROLEO

Las fugas de las tuberías de agua, vapor y petróleo deben ser eliminadas tan pronto se presenten.

Las fugas de la línea de vapor se subsanaran con la tubería sin presión.

CONTROL QUIMICO DEL AGUA DE ALIMENTACION

La dureza del agua debe ser controlada diariamente.

La dureza debe ser 0 máx. A (grado alemán).

El pH del agua también debe ser controlada diariamente, debe fluctuar entre 10.5 y 11.5.

Se debe hacer un análisis manual del agua de alimentación.

Tenga en cuenta que el pH, bajo exceso de oxígeno o anhídrido carbónico, no puede ser eliminado por su ablandador.

Use aditivos químicos apropiados de una firma de confianza.

Precauciones

- Si el encendido ha fallado tres veces, antes de seguir probando, deberá encontrarse la falla. En cada prueba entrara cierta cantidad de petróleo sin quemar dentro del flue, que se irá acumulando, si ocurre esto llamar al teléfono 62-2840.
- No bloquear, no puentear con alambres los controles de presión y de agua.
- Nunca se deberá quitar la conexión a tierra del tablero electrónico pues es la seguridad del caldero en caso de corto circuito.
- En caso de quemarse un fusible reponer el fusible de la capacidad indicada en el plano eléctrico. Por ejemplo si se quemara 6 AMP, reponerlo con el mismo, no así con otro.
- No se debe someter al caldero a cambios bruscos de temperatura que puedan ocasionar el aflojamiento de los tubos.

- Mantenga el caldero, el quemador y los tableros limpios.
- Revise siempre su folleto de instrucciones.
- Confié el cuidado y mantenimiento de su caldero a una persona entendida y responsable.

Recomendaciones

- El tanque diario de petróleo debe estar en una altura máxima de 1.2m y mínimo de 0.8m y una distancia de 3m con salida y retorno de ½" de diámetro. Debe ponerse una tubería flexible en succión y retorno del quemador para la vibración.
- El tanque de agua debe estar cerca del caldero y de una distancia aproximada de 3m máximo. La tubería de succión de la bomba de agua debe ser mayor diámetro que la entrada de la misma y con una válvula Check.

Tubería y bombas de petróleo

Durante el servicio de combustible pueden ocurrir los siguientes problemas, siendo muchas de las causas posibles las que mencionamos a continuación.

- **Despacho de combustible no realizado**
 1. Rotación de la bomba en sentido inverso.
 2. Elevación de la succión demasiado alta.
 3. Fuga del aire en la línea de succión.

4. Bomba no alimenta o que ha perdido combustible.
 5. Acoplamiento de la bomba instalado inapropiadamente.
 6. Falla en la bomba.
 7. Línea tapada.
 8. Válvula cerrada.
- **Bomba que hace ruido**
 1. Escape del aire en la línea de sección.
 2. Bomba no ensamblada firmemente.
 3. Vibración causada por la inclinación del eje o mala alineación.
 4. Bomba sobrecargada.
 5. Vacío en la línea de succión tan alta que se forma vapor en el líquido.
 - **Capacidad demasiado baja**
 1. Elevación de la succión demasiado alta.
 2. Escape del aire en la línea de sección.
 3. Línea de succión demasiado baja.
 4. Válvula de chequeo o filtro obstruido o sucio.
 5. Defectos mecánicos.
 - **Fugas de la bomba**
 1. Los pernos externos necesitan ajustarse o la empaquetadura está rota o defectuosa.
 2. El cierre mecánico (utilizando en ciertos modelos) puede rasgarse debido a la suciedad.

3. Presión en la entrada del cabezal demasiado alta (instalación de una válvula de presión reducida colocada a 3 PSI o menos).
4. Accesorios en la línea de combustible sueltos.

Compresor de aire

1. Usar aceite de alto grado de lubricación, recomendados por el fabricante del compresor. De no hacer esto, todas las garantías son nulas.
2. Los filtros de entrada de aire deberán limpiarse regularmente.
3. Un mecánico especializado en este servicio deberá reemplazar las partes internas del compresor in situ. La revisión o reparación en la fábrica es normalmente recomendable.
4. La correcta rotación del compresor de aire se realiza en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Quemador

Solo técnicos de servicio calificado deberán realizar los ajustes mecánicos o eléctricos al quemador y o equipo de control asociado.

El mantenimiento preventivo puede ser ejecutado por personal de mantenimiento de la fábrica.

Apagar siempre el abastecedor de energía del quemador y cerrar las válvulas manuales de combustibles apropiadas para el mantenimiento rutinario.

Asegurarse de que las fuentes de combustión y ventilación de aire fresco en el cuarto del quemador permanezcan limpias y abiertas.

Periódicamente chequear todas las conexiones eléctricas y asegurarse de que el chasis de control de seguridad de la flama este firmemente conectado a su base eléctrica.

Remitirse a los boletines de productos del fabricante suministrados con el quemador para el mantenimiento del control de seguridad de la flama y otros componentes.

- **Lista de verificación semanal**

1. Reducir los cortes de corriente de agua para remover la suciedad y el moho.
2. Chequear la temperatura de la caldera o los indicadores de presión.
3. Revisar los indicadores del medidor de presión del quemador.
4. Verificar todo lo relacionado al quemador. Ajustar lo necesario.
5. Visualmente observe la flama a través del interruptor de calor para una apariencia normal.
6. Drenar el tanque receptor de aire cuando el combustible quemé.

- **Lista de verificación normal**

1. Lubricar los motores eléctricos de acuerdo con las instrucciones del fabricante del motor (la mayoría de los quemadores tienen los soportes sellados)
2. Chequear el centro del analizador de la llama y la tubería de montaje del analizador para limpieza.

- **Lista de verificación anual(para ser ejecutado por un técnico de servicio calificado)**
 1. Remover el montaje de la caja de combustible. Limpiar y chequear el combustible de la boquilla, el electrodo de ignición y el montaje de difusión de aire. Chequear la tubería del soplador.
 2. Chequear la maquina sopladora y la del compresor para la limpieza. Remover y limpiar lo necesario.
 3. Remover, inspeccionar y limpiar el montaje del piloto de gas.
 4. Inspeccionar la cámara de combustión y hacer las reparaciones necesarias.
 5. Hacer funcionar el quemador a través de secuencias operacionales completas y chequear la operación correcta de todas las uniones, controles de operación y límite, válvulas de corte de combustible y otros componentes apropiados.
 6. Llevar a cabo el mantenimiento y procedimiento del servicio de acuerdo al boletín del fabricante que viene con el quemador.
 7. Realizar las pruebas de análisis de combustión completa en el quemador y el interruptor de calor. Limpiar lo necesario y ajustar para una operación eficiente en todas las entradas de combustible.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS FRECUENCIAS Y DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Una vez definidas, en el punto anterior, las rutinas de mantenimiento de los equipos críticos sugeridas por los manuales de los fabricantes, ahora es necesario confirmar si aún son aplicables dadas las condiciones actuales de los equipos y los mantenimientos que se les ha dado a lo largo de su vida útil, o si habrá que incluir

más actividades de control o ajustar las frecuencias de mantenimiento para así lograr un buen funcionamiento de los mismos y garantizar el proceso productivo constante en la empresa.

El establecimiento de las frecuencias de mantenimiento, ya sea la sugerida por los manuales o por los recursos propios y/o externos a la empresa, se realizarán analizando los siguientes criterios, presentados a continuación en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Actividades de mantenimiento preventivo

ACTIVIDAD	INTENSIDAD	FRECUENCIA	DURACION	COMPLEJIDAD	COSTO
OPERACION	La más alta del programa	Por turnos. Diarias, semanales o por equivalencia en horas	Más breve duración de 1 a 20 minutos promedio	Básicamente de inspección y control NO INTERRUMPE LA PRODUCCION	La de menor costo del programa
PARADA	La intermedia del programa	Quincenal, mensual bimensual, trimestral semestral o equivalente en horas	De mediana duración relativa de 30 minutos a 2 horas	Basada en revisiones o cambios de materiales o partes no estructurales PUEDE INTERRUMPIR LA PRODUCCION	Tiene un costo relativamente mayor que el de las operaciones
RENOVACION	La más baja o lejana del programa	anual, bianual o equivalente en horas	La de más larga duración y establecida por la complejidad de su ejecución	Basada en recambio estructural de partes piezas y componentes INTERRUMPE LA PRODUCCION	Es el de mayor costo relativo en el programa

FUENTE: Gestión del Mantenimiento-Víctor Ortiz-UNI

- **Situación actual de los equipos.-** Si los equipos críticos determinados se encuentran operativos y con las condiciones originales o de fabricación,

entonces sí es aplicable todavía mantener las frecuencias de mantenimiento sugeridas por los manuales de los fabricantes.

- **Condiciones de operación.-** Si los equipos fueron adquiridos nuevos, si aún conservan sus elementos y si su instalación fue en un área de trabajo recomendada por los fabricantes, entonces sí es aplicable mantener las frecuencias de mantenimiento sugeridas por los manuales de los fabricantes.
- **Historial de mantenimientos realizados.-** Una vez que fueron adquiridos los equipos y han sido respetadas las condiciones de operación, es necesario saber si los técnicos de la empresa han seguido de manera correcta (procedimientos de mantenimiento) y repetitiva las frecuencias de mantenimiento sugeridas por los fabricantes y además que se mantenga un registro confiable (en papel o digital) de los mismos.
- **Modificaciones o adaptaciones efectuadas.**
Hay que verificar si los equipos a lo largo de su operación en la empresa, no han sufrido modificaciones en alguno de sus componentes, ya que de ser así el cronograma de mantenimientos recomendados por los fabricantes se verá adelantado o retrasado en su frecuencia según sea el caso.
Si alguno de los criterios expuestos en los párrafos anteriores no se lo ha llevado correctamente o se lo ha ignorado, es necesario ajustar los mantenimientos sobre la base de la experiencia de los técnicos responsables (recursos propios), pero considerando las frecuencias

originales de los fabricantes a manera de guía y, tratando además de incluir las recomendaciones de empresas que brinden servicios de detección de posibles fallas en base a mediciones (mediciones de temperatura, vibración, análisis de calidad de lubricantes, entre otros).

Por lo tanto, considerando el análisis anterior y revisando la situación actual de los equipos expuesta en el capítulo 3, se pudo determinar que ninguno de los equipos críticos directa o indirectamente involucrados en el proceso productivo, **a excepción del caldero en sí**, deberá seguir de manera puntual las frecuencias de mantenimientos sugeridas por los fabricantes, pero sí servirán como una guía muy confiable para la elaboración de las frecuencias de mantenimiento que estarán detalladas en el plan anual de mantenimiento.

En el **Anexo 2** se indica de manera general las frecuencias de mantenimiento que se van a establecer para los equipos críticos que intervienen directamente en el proceso productivo que han sido seleccionados para el presente trabajo, actividades de mantenimiento que divididas en 3 grupos principales que son:

- 1. Operación.-** Las actividades de inspección son parte importante dentro del Plan de Mantenimiento, ya que ayudan a determinar el estado de las edificaciones, instalaciones y equipos que conforman los diferentes sistemas, y porque además permiten definir las actividades necesarias para prevenir desperfectos en los mismos que ocasionen paros imprevistos y por ende la paralización de la línea de proceso de la empresa.

- 2. Operación.-** Dadas las condiciones de humedad y salinidad en la planta, es necesario efectuar una buena limpieza de todos aquellos equipos y componentes que estén en contacto directo o indirecto con el producto, ya que de no hacerlo, la vida útil de los mismos será menor y presentarán fallas constantes en su operación diaria afecta de manera directa a los procesos productivos.
- 3. Reemplazo.-** Esta actividad va muy de la mano de las recomendaciones de los fabricantes y especialmente de las inspecciones realizadas por el personal de mantenimiento, ya que muchas veces los elementos comienzan a presentar mal funcionamiento antes de lo previsto debido a mala manipulación de los operarios, variaciones de voltaje o por las condiciones de funcionamiento de los equipos, lo cual aceleran los procesos de desgaste normal de partes o piezas, que deben ser reemplazadas para evitar daños mayores o paradas generales en los procesos productivos.
- 4. Mantenimiento General.-** El Mantenimiento General Periódico es parte importante del cualquier Plan de Mantenimiento, aquí se incluyen actividades de limpieza, verificación, ajustes, reemplazos, pintado, etc. Este tipo de mantenimientos generalmente se realizan con periodicidad anual como mínimo. Lo recomendable es además basarse en los procesos de mantenimiento preventivo programado y aleatorio (inspecciones) para adelantar o retrasar las actividades programadas de mantenimiento general.

Las actividades mencionadas en párrafos anteriores, serán realizadas por los técnicos de la empresa en su mayoría, aunque habrán mantenimientos que se los realizará con terceros (Contratistas), especialmente cuando se realicen los mantenimientos generales, que dado la experiencia de los técnicos deberá efectuarse una vez cada año.

4.4. ELABORACIÓN DEL PLAN ANUAL DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS.

El plan anual de mantenimiento preventivo de los equipos y sistemas de la caldera de vapor, se realizó haciendo uso de los datos históricos de mantenimientos que se vinieron registrando desde el comienzo de este estudio de investigación, además teniendo en consideración la información proporcionada por los manuales técnicos de cada equipo; pero por sobre todo basados en la experiencia de los técnicos de la empresa y las consultas realizadas a las empresas especializadas en mantenimiento de calderas, los mismos que han brindado un gran aporte para la consecución de este plan.

En la **tabla 4.7**, se muestra la concepción del plan anual de mantenimiento preventivo para el año 2012, año en el cual se piensa dejar como punto de partida para la futura estandarización de los diversos mantenimientos. Es decir, que este plan servirá como una guía anual para todos los años subsiguientes una vez que ha sido terminado, y el cual deberá cumplirse a cabalidad para los demás equipos de las distintas aéreas del proceso productivo.

Aunque cabe señalar que no es un plan inflexible, ya que las constantes inspecciones sugeridas para los técnicos de la empresa, complementado con los mantenimientos preventivos de las empresas especializadas, podrán alertar a tiempo de alguna anomalía o desperfecto venidero en cada uno de los equipos, los mismos que durante su tiempo de operación en la empresa no han sido tratados de

Una vez implementado este programa de mantenimiento preventivo, es necesario que se comience a obtener información de los mantenimientos realizados de manera programada para contraponerlos con los mantenimientos correctivos que aparecerán de manera imprevista, ya que de esta manera se podrá tener una buena base del ahorro incurrido con esta nueva modalidad de trabajo

En el **Anexo 3** se podrán apreciar los formatos elaborados para las fichas técnicas de los equipos. En el **Anexo 4** se elaboran los formatos de órdenes de trabajo.

En el **Anexo 5** se muestran las solicitudes de mantenimiento donde se describe el diagnóstico de falla del equipo.

CAPITULO 5

EVALUACION ECONOMICA

5.1. ANÁLISIS DE COSTOS

En la realización de este proyecto, es necesario considerar varios aspectos de orden económico; como los costos operativos y derivados del proyecto, respecto del costo del mantenimiento actual que existe en la industria, así como el costo de la implementación del Programa de Mantenimiento Preventivo.

5.1.1. Costos de Mantenimiento Actual

Son aquellos costos generados por las fallas o averías sufridos por los equipos durante su operación normal dentro de la industria, de manera no programada.

Al detectarse de manera inesperada la falla en la máquina o equipo, esta origina una parada en la producción, y por consiguiente una pérdida por dejar de producir durante ese tiempo de parada.

Hay dos tipos de costos: los costos de mantenimiento que están involucrados de alguna manera con el equipo en si (mano de obra directa, material, repuesta, etc.) y los costos debido a la pérdida de producción.

1. Costos debido al mantenimiento del equipo en sí.

- **Mano de obra de personal directo**

Costos debido a la intervención del personal de mantenimiento (técnicos, operarios, ayudante), en la reparación del equipo.

Debido a que el mantenimiento es de emergencia y no programado, no había una distribución ordenada y correcta del personal, para realizar dichas labores de mantenimiento.

Los datos sobre los pagos a este personal, lo proporciono el departamento de Contabilidad-sección de planillas, y es como sigue:

Operarios-mecánico-electricista.....	S/.50xdia
Ayudante.....	S/.30xdia

Entonces el gasto semanal por mano de obra es:

5 operariosxS/.50x7 días	S/. 1,750
3 ayudantes/.30x7días	S/. 630
Total	S/. 2,380

Gasto anual por personal anual: 52 semanas por añoxS/.2,380xsemana.

Gasto anual: S/.123,760 Nuevo soles

- **Mano de Obra del personal adjunto a Jefatura**

En este rubro, se considera a todo el personal técnico, que participa también de la producción, del cual está formada el área de mantenimiento, lo cual lo constituye el jefe del área y su personal de apoyo. Estas remuneraciones son quincenales o a veces mensuales, pero en nuestro caso eran mensuales, los conceptos son los mismos, es decir están contemplados todos los beneficios sociales. Los datos a los que se tuvo acceso de información de Contabilidad para este rubro, para el mismo periodo del año 2011, fueron: Asistente de mantenimiento, jefe de taller mecánico y jefe de taller eléctrico, y se obtuvo las siguientes cifra:

Jefe de mantenimiento (1):S/.2,500 /Mes

Entonces el gasto anual por este rubro seria: 12 meses xS/.2,500, que

Resulta: **S/. 30,000. Nuevo soles**

- **Compra de Materiales**

Gastos ocasionados por la compra de repuestos, piezas, herramientas, suministro, etc., que se necesitan, para poner nuevamente operativo el equipo averiado.

Entre los materiales se puede mencionar los siguientes:

Repuestos: sellos mecánicos, rodamientos, válvulas, accesorios, pernos, tuercas, fajas, poleas.

Materiales consumibles: soldadura, empaquetadura de sogas de teflón, empaquetadura de asbesto, pintura, oxígeno, acetileno, grasas, tuberías, planchas, material de ferretería: lijas, escobillas de acero, trapo industrial, cables eléctricos y otros.

Los montos de estos gastos, proporcionados por el departamento de contabilidad, son aproximadamente los siguientes:

Gastos por compra de Materiales: **S/. 57,000 Nuevo soles**

- **Pago a terceros**

Son todas las empresas y/o personas naturales, que le brindan servicios a la fábrica, relacionados con la ejecución de trabajos específicos, que no se pueden hacer con el personal de mantenimiento de la planta. Estos servicios son diversos, y tienen diferentes actividades, tales como: limpieza y revisión del quemador, del programador, calibración de válvulas e instrumentos de medición, balanceo dinámico de bombas, rebobinado de motores eléctricos, arenado y pintado en general de tanques.maquinas,equipos.

Los datos que se obtuvieron de departamento de Contabilidad, en este caso, fueron los que mejor información tenían y estaban bien ordenados, y fueron:

1er Semestre.....	S/. 10,000
2do Semestre.....	S/. 30,000
Total.....	S/. 40,000

Para poder evaluar el costo resultante de mantenimiento actual, se consideran todos los gastos, obteniéndose los siguientes resultados:

- Gasto de personal directo.....S/. 123,760
- Gasto de personal administrativo.....S/. 30,000
- Gasto por compra de materiales.....S/. 57,000
- Gasto de pagos a terceros.....S/. 40,000

El Gasto Total anual es.....S/. 250,760

Podemos apreciar el costo resultante anual, sin implementar el programa de mantenimiento preventivo, que analizaremos a continuación.

5.1.2. Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo

Consiste en los costos en que la empresa incurre por la implementación del programa de mantenimiento propuesto, estos costos representan aquellos necesarios para llevar a cabo las actividades de inspección, lubricación, limpieza, paradas, renovación y ajustes, tales como: material de apoyo, repuestos, suministros, etc.

También saber que personal va realizar dichas actividades de mantenimiento y como se va distribuir las tareas con dicho personal.

• Mano de Obra de personal directo

Aquí prácticamente se reflejaba, que los trabajadores no estaban bien distribuidos en cuanto a sus responsabilidades de su trabajo a ejecutar, ya que existía demasiado personal en el departamento, que ellos mismos se

daban cuenta que los trabajos encomendados a ellos, a veces eran repetitivos, y que se redundaba en cosas que ya tenían que haber sido ejecutadas y que se perdía tiempo por la falta de orientación. Por eso se toma la determinación, de reducir la mano de obra del personal directo de mantenimiento, de 8 personas a solo 5 personas, es decir ya mejor distribuidas, a veces con doble función, pero eso se efectuó previa evaluación, tanto teórica como práctica, para aprovechar así su mejor aptitud de los trabajadores, para los trabajos a desarrollarse durante la jornada de trabajo. Los factores que definen este gasto son similares, a los descritos anteriormente, es que allí sacamos la conclusión, que la planilla anual una vez ejecutado de aplicado el programa de mantenimiento es como sigue:

Entonces el gasto semanal por mano de obra es:

3 operariosxS/.50x7 días	:	S/. 1,050
2 ayudantes/.30x7dias	:	S/. 420
Total	:	S/. 1,470

Gasto anual por personal anual: 52 semanas por añoxS/.1,470xsemana.

Gasto anual: S/.76,440 Nuevo soles

• **Mano de obra del personal adjunto a Jefatura**

Bueno, aquí se tiene que conversar con los directamente involucrados, es decir el Jefe de mantenimiento con los técnicos mecánico , eléctrico , y explicarles lo que se tenía que hacer y la implementación del nuevo programa de mantenimiento preventivo a ejecutarse, para que con sus

amplios conocimientos tanto teóricos como prácticos, llevemos adelante el programa, es decir fundamentalmente la organización y el planeamiento de las actividades por realizar, es decir ser más proactivos, tener reuniones semanales , para ver la problemática de la planta en cuanto a nuestro rubro, y coordinación con las demás áreas principalmente con la de producción, y que los trabajos sean los rápidos y técnicos posibles, sin poner en riesgo la producción de la planta. Para tal efecto, se propone una mejora económica y al mismo tiempo asignar un asistente de mantenimiento para que sea de comunicador entre el jefe de mantenimiento y los técnicos de mantenimiento, que fue bien recibido, y con ese estímulo, y unos bonos de producción, se realizaron cambios estructurales de forma y de fondo, para poder atacar los posibles problemas en cuanto al mantenimiento de las maquinas. Tal es así que se habló con la superintendencia y a su vez con la Gerencia, para la autorización, del aumento en sus haberes mensuales y de dio por aceptado, tal petición, y sus nuevos sueldos fueron fijados de la siguiente forma:

Asistente de mantenimiento de mantenimiento (1):S/.1,800 /Mes

Jefe de taller mecanico-electrico (1):S/.1,500 /Mes

Entonces el gasto anual por este rubro seria: 12 meses xS/.3,300, que

Resulta: S/. 39,600. Nuevo soles

• **Compra de materiales**

Con la implementación del nuevo programa de mantenimiento, se ha tenido en cuenta una mejor planificación de las compras a ejecutarse, siendo esta

más eficiente, con una administración más dinámica, en coordinación con el departamento de logística, para que los materiales se pidan con la anticipación adecuada y en general hacer una gestión de mantenimiento moderna y de gran productividad. Para corroborar lo anteriormente descrito, tenemos que asegurarnos que la que vamos a comprar, tiene que seguir estos lineamientos:

- Sin duda el consumo de repuestos será menor, ya que por tener un adecuado servicio de mantenimiento, estos serán un poco más espaciados, ya que existe la planificación.
- Ya no habrán tiempos muertos por falta de materiales, ya que estos con la previsión del caso serán solicitados con la debida anticipación, evitándonos demoras innecesarias, que atentan contra la economía de la empresa.

Bien por todo lo anteriormente expuesto, el consumo de materiales se verá favorecido con la implementación del programa, reduciéndose dicho gasto en aproximadamente de entre un 15 % a 20%, conservadoramente, tomaremos un 15% de este valor, entonces el costo por compra de materiales en función a lo inicialmente, será de:

$$S/. 57,000 \times 0.85 = \mathbf{S/. 48,450 \text{ Nuevo soles}}$$

• Pagos a terceros

Teniendo en consideración, que estos gastos en comparación con los anteriores, no son de mayor relevancia para el análisis de costos, lo asumiremos, como que si este no sufrirá cambios al momento de implementarse el programa de mantenimiento propuesto, para tal efecto, su valor se mantendrá en el tiempo y es de:

S/. 40,000 nuevo soles / Anual.

• Costo total con programa de mantenimiento preventivo

Para la obtención de este costo, de igual manera se procederá a la sumatoria de los costos obtenidos de cada partida y los enumeraremos y es como sigue:

- Gasto de personal directo.....S/. 76,440
- Gasto de personal administrativo.....S/. 39,600
- Gasto por compra de materiales.....S/. 48,450
- Gasto de pagos a terceros.....S/. 40,000

El Gasto Total anual es.....S/. 204,490

Podemos apreciar el costo resultante que se gastó en el año 2011, con la implementación del programa de mantenimiento preventivo, donde se puede apreciar, el descenso de los costos, tanto en la intervención de la mano de obra directa en el plan de mantenimiento, así como en la adquisición de los materiales.

5.2. BENEFICIOS ECONÓMICO

Luego de realizar el análisis de costo tanto para el mantenimiento actual (mantenimiento correctivo) como para el mantenimiento preventivo a implementar, se va analizar el resultado de ambos valores.

A continuación, procederemos a calcular el beneficio:

Costo total del Mantenimiento actual.....S/. 250,760 —

Costo total del Mantenimiento preventivo.....S/. 204,490

Beneficio Económico

S/. 46,270

En la figura 5.1, se muestra el beneficio de aplicar el mantenimiento preventivo.

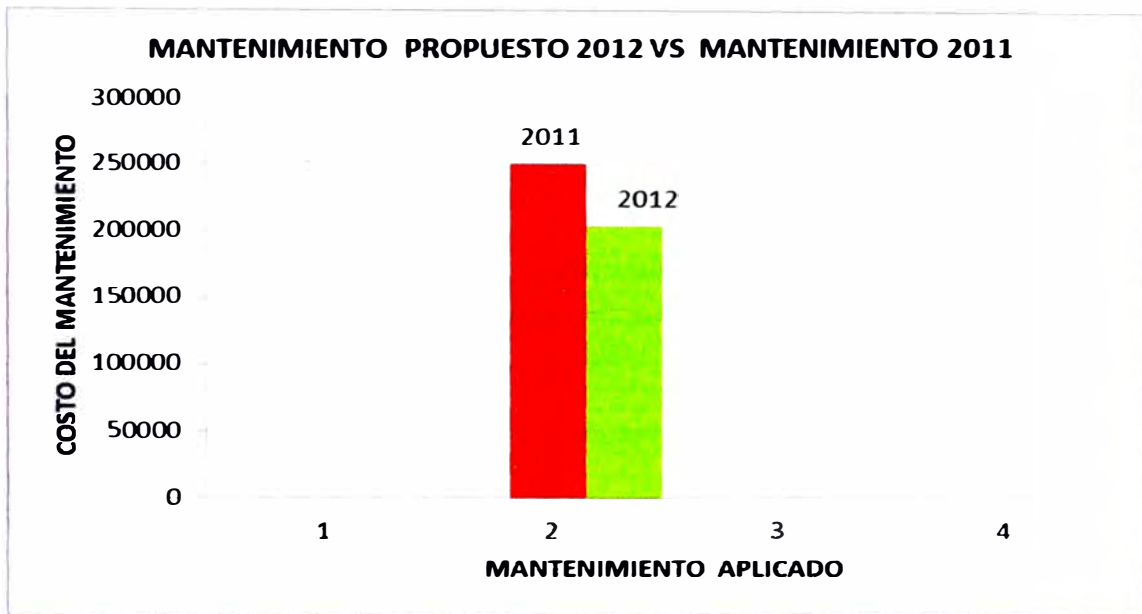


Figura 5.1. Beneficio del programa de mantenimiento preventivo

Del gráfico se muestra la comparación entre el costo del mantenimiento actual y el costo del mantenimiento preventivo. Notándose el beneficio de aplicar el programa de mantenimiento preventivo.

5.3. RETORNO DE LA INVERSIÓN

También conocido como Pay-back, es definido como el número de periodos de tiempo (meses / años) necesarios para recuperar el capital invertido en este caso por implementar el programa de mantenimiento preventivo. O sea, el plazo para que el total de los recibimientos se iguale a la inversión inicial o a los desembolsos.

El valor Del Retorno de La inversión expresado en meses esta dado por la siguiente ecuación :

Ecuación 5.1. Retorno de la inversión

$$ROI = \frac{INVERSION}{VALOR TOTAL DE LA FALLA} \times 12 \text{ (meses)}$$

FUENTE: Gestión del Mantenimiento-Víctor Ortiz-UNI

Para nuestro caso la inversión vendría ser el costo del mantenimiento preventivo y el valor total de la falla seria el costo total del mantenimiento actual.

$$ROI = \frac{S/.204,490}{S/.250,760} \times 12$$

$$ROI = 9.78 \text{ meses}$$

La inversión por implementar el mantenimiento preventivo se recupera aproximadamente a los 10 meses de comenzar a ejecutarse el programa de mantenimiento preventivo.

CONCLUSIONES

1. Mediante la matriz de criticidad, se determina que los componentes críticos para la caldera de vapor son: la bomba de alimentación de agua, la bomba de alimentación de combustible, el sistema de ablandamiento de agua.
2. El uso técnico y eficiente del programa de mantenimiento preventivo y su correcto funcionamiento con las mejoras del caso, nos permite generar un beneficio económico anual de S/.46,270 para el primer año de implementado el programa.
3. Con una mejor distribución del personal de mantenimiento, cada uno con su responsabilidad asignada, para el buen funcionamiento de la planta, es que se redujo, el manejo de estos, que inicialmente eran de S/.12,700 mensuales a S/. 9,600 es decir, una ahorro de S/. 3,100 nuevo soles por mes.
4. Al llevar a cabo la implementación del programa de mantenimiento preventivo para la caldera y sus componentes críticos se puede lograr la conservación del equipo e incrementar su vida útil, y de esta manera mantenerla en condiciones normales de funcionamiento, a fin de reducir costos de operación y aumentando du rendimiento.

5. Los cuadros de los documentos propuestos (Fichas técnicas de equipos, órdenes de trabajo, solicitud de mantenimiento), para la toma de los datos específicos que se nombran en ellos, servirá para disponer de la información real y oportuna, y poder ver el comportamiento de las maquinas, facilitándose la labor en la toma de decisiones en el tiempo justo y al menor costo.
6. La efectividad va depender de la disponibilidad, eficiencia del equipo, para nuestro caso resulto 74% la OEE para la caldera de vapor, lo cual nos dice que el equipo no está operando efectivamente, debido al mantenimiento correctivo que se aplicaba y no tener registros de los parámetros de trabajo para poder medir la efectividad.
7. Con la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se pretende medir periódicamente y aumentar la efectividad de los equipos críticos de 74% a 85%, para poder decir que nuestro equipo está operando efectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones periódicas (mensuales o trimestral, según determinen los líderes del grupo), para poder medir la eficacia, y ver si se está cumpliendo con lo establecido por el programa de mantenimiento preventivo propuesto.
2. Una vez aplicado el programa de mantenimiento preventivo a los equipos críticos, en este caso la caldera de vapor y sus partes, se recomienda aplicar dicho programa a los demás equipos de las distintas áreas que hay en la planta, para así ir planificando y mejorando el mantenimiento general de la planta.
3. El programa de mantenimiento preventivo implementado en la industria oleaginosa, sirva como base y guía para los próximos programas o técnicas de mantenimiento que se quiera planificar y ejecutar.
4. Se deberá tener una coordinación permanente con el personal de almacenamiento de herramientas, para controlar el stock de los elementos de mayor rotación necesarios para las actividades de mantenimiento cotidiano programado y en especial las estipuladas y detalladas en el plan de mantenimiento preventivo programado.

5. Una vez que se implementa y desarrolla el programa, se debería adquirir e implementar herramientas computarizadas (software de mantenimiento) para hacer más fácil y técnicamente organizado un determinado proceso, que nos permita facilitar el proceso de administración del mantenimiento en general de la planta.
6. La capacitación de personal de mantenimiento debe ser permanente, dando prioridad cuando haya equipos nuevos y cambios importantes en el proceso de producción.
7. Mediante los manuales de operación de las calderas Intesa, consulta a técnicos de mantenimiento (experiencia) y consulta a expertos en estos tipos de equipos, se procede a elaborar el plan anual de mantenimiento preventivo para el año 2012.
8. En el diagnóstico se determina que en la industria oleaginosa sólo se aplica mantenimiento correctivo, originando elevados costos de mantenimientos.

BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.mantenimientoplanificado.com>
2. <http://www.sinais.es/productos.html>
3. ING. VICTOR ORTIZ, Curso de Titulación: GESTION DE MANTENIMIENTO dictada para la Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería, 2011.
4. INTESA (fabricación, mantenimiento y comercialización de repuestos para calderas y ablandadores de agua), "Manual de Operación y Mantenimiento de Calderas de Vapor" ,1998.
5. RAUL R. PRANDO, "Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida", Guatemala- Piedra Santa-1996.
6. CESAR H. ROJAS MESIAS, Tesis: "Análisis Técnico de un Programa de Mantenimiento en una Planta de harina de pescado de 60 Ton/hr de capacidad", Universidad Nacional de Ingeniería-2007.

ANEXOS

- ANEXO 1.....Reporte diario del calderista
- ANEXO 2.....Actividades de mantenimiento
- ANEXO 3.....Ficha Técnica de los equipos críticos
- ANEXO 4.....Ordenes de Trabajo
- ANEXO 5.....Solicitud de mantenimiento
- ANEXO 6.....Calculo de la Efectividad de los equipos críticos

Anexo 1
Reporte diario de actividades realizadas

Reporte diario de las actividades realizadas en la caldera

Fecha: 15/10/10

1. Se inicio el encendido de la resistencia electrica del tanque diario para calentar el bunker 6 de 5:00 am- 7:00am
2. 7:00 am . Se inicia el recirculado del combustible.
3. se arranca la caldera (quemador)
4. Hay problemas con la combustion y la inyeccion del combustible es obstrida.
5. Se procede a parar el caldero ,para limpiar la tobera de inyeccion ,debido a que esta obstruido de suciedad.Se lava con diesel 2 y se desaloja toda la suciedad de todos los orificios de la tobera.Se procede a colocar la tobera y se continua con la operaci3n de la caldera.
6. 9:00 am alcanza la presi3n de trabajo 80 PSI. Y se envia vapor para calentamiento de aceite en el proceso.
7. A las 2:00pm se apaga el caldero de vapor.

Belisario Torres Sobrados
operador de caldero

Anexo 2

Actividades de operación

PARTE	RUTINA	FRECUENCIA	TIEMPO REAL (Hr)	M.O	HORAS HOMBRES	H.H POR AÑO
CALDERA (CUERPO DE LA CALDERA)	Revisión de fugas de agua, vapor o gases de combustión	Diaria	0	1	0	0
QUEMADOR	Chequear quemador	Semanal	0.15	1	0.15	7.8
ALIMENTACION DE AGUA	Lectura de manómetro 60 PSI	Diario	0	1	0	0
	Lectura de Termómetro 60°C (tanque de agua)	Diario	0	1	0	0
	Revisar 89 línea de alimentación	Diario	0	1	0	0
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	Revisar línea de alimentación de combustible	Diario	0	1	0	0
	Lectura de termómetro 90-100°C	Diario	0	1	0	0
	Revisión de válvulas solenoides	Semanal	0	1	0	0
ALIMENTACION DE AIRE	Limpiar filtro de entrada de aire	Semanal	0.25	1	0.25	13
	Purgar el agua de la línea de aire	Diario	0	1	0	0
	Verificación el nivel de aceite en el compresor	Diario	0	1	0	0
ABLANDAMIENTO DE AGUA	Control de la dureza del agua	Diario	0	1	0	0
	Control del PH del agua	Diario	0	1	0	0
	Verificar presión de aire en el tanque hidroneumático	Diario	0	1	0	0
CONTROLADORES, ACCESORIOS Y OTROS	Verificar válvula de seguridad	Diario	0	1	0	0
	Purga de fondo de caldera	Diario	0	1	0	0
	Purgar el control del nivel de agua cuando haya presión	Diario	0	1	0	0
	Purgar el tubo de vidrio de nivel de agua	Diario	0	1	0	0

Anexo 2

Actividades de parada

PARTE	RUTINA	FRECUENCIA	TIEMPO REAL (Hr)	M.O	HORAS HOMBRES	H.H POR AÑO
CALDERA INTESA	Limpieza del lado de agua	Trimestral	8	2	16	64
	Limpieza interior de los tubos	Trimestral	8	2	16	64
	Revisión y engrase de Pernos y tuercas	Semestral	4	2	8	16
QUEMADOR	Limpiar las boquillas	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Limpiar electrodos	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Revisar aisladores de ignición	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Revisar cables de ignición	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Revisar, limpiar fotocelda	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Limpieza de malla ventilador	Mensual	0.5	1	0.5	6
	Limpiar programador	Trimestral	1	1	1	4
	ALIMENTACION DE AGUA	Engrase de bomba	Mensual	0.5	1	0.5
	Limpieza de válvula Check(retención de vapor)	Mensual	0.5	1	0.5	6
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	Limpieza interior de tuberías de combustible	Semestral	2	2	4	0
	Revisión de válvulas solenoides	Semestral	1	1	1	2
ALIMENTACION DE AIRE	Cambiar aceite lubricante	Semestral	1	1	1	2
CONTROLES ACCESORIOS Y OTROS	Revisión de trampas de vapor	Semestral	0.5	1	0.5	1
	Calibración de la válvula de seguridad	Semestral	1	1	1	2
	Revisión de control de nivel de agua	Anual	2	1	2	2
	Limpieza de chimenea	Anual	3	2	6	6



Anexo 2

Actividades de renovación

PARTE	RUTINA	FRECUENCIA	TIEMPO REAL (Hr)	M.O	HORAS HOMBRES	H.H POR AÑO
CALDERA INTESA	Limpieza del lado de fuego	Anual	8	2	16	16
	Cambio de empaque	Semestral	8	2	16	32
	conexiones y líneas de alimentación	Semestral	8	2	16	32
	Revisión de material refractario	Semestral	8	2	16	32
QUEMADOR	Chequear el ventilador	Anual	8	2	16	16
	Vibraciones del motor Ventilador	Anual	8	2	16	16
	Lubricación del motor ventilador	Anual	8	1	8	8
ALIMENTACION DE AGUA	Alineación de la bomba-motor	Anual	8	2	16	16
	Cambio de sellos mecánicos	Anual	4	2	8	8
	Limpieza interior de tuberías de agua	Semestral	1	2	2	4
	Revisión de bomba de tanque de agua	Anual	4	2	8	8
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	Revisión y limpieza de Resistencia Eléctrica del pre-calentador	Anual	4	2	8	8
	Revisión de bomba de tanque principal a tanque diario	Anual	8	2	16	16
	Alineación de la bomba-motor	Anual	8	2	16	16
ALI. DE AIRE	Revisión general del compresor	Anual	8	2	16	16
ABLANDAMIENTO DE AGUA	Limpieza del tanque de almacenamiento de agua	Anual	8	2	16	16
	Revisión de bomba hidroneumática	Bianual	8	1	8	4
CONTROLES ACCESORIOS Y OTROS	Revisión Y Calibración de los instrumentos de medición	Anual	8	1	8	8
	Revisión de válvulas en general	Anual	8	2	16	16
	Pintura en general	Anual	16	3	48	48

Anexo 3.

Ficha Técnica de la Caldera de vapor

	FICHA TECNICA
	CALDERA DE VAPOR 2
1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA	
CODIGO: CV-0202 DESCRIPCION: CALDERA DE VAPOR AUTOMATICA FUNCION QUE REALIZA: GENERAR VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE ACEITE AREA: CALDERAS DIMENSIONES: PESO: FECHA DE FABRICACION: 1995	MARCA: INTESA MODELO: PT-250 TIPO: PIROTUBULAR SERIE:
2. DATOS TECNICOS	
FLUIDO O PRODUCTO QUE PROCESA: VAPOR CAPACIDAD DE PRODUCCION: 8,625 lbs/hr PRESION DE TRABAJO: 150 PSI COMBUSTIBLE: BUNKER 6 CONSUMO DE COMBUSTIBLE: 75 Gal/hr MATERIAL: OTRAS CARACTERISTICAS:	
	

Anexo 3.
Ficha Tecnica del quemador



FICHA TECNICA

QUEMADOR DE LA CALDERA DE VAPOR 2

1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA

CODIGO: QA-0201

DESCRIPCION: QUEMADOR AUTOMATICO

FUNCION QUE REALIZA: ES EL ENCARGADO DE PRODUCIR EL ENCENDIDO DEL CALDERO

MARCA:POWER FLAME

MODELO: HAC6-06

TIPO:AUTOMATICO

SERIE:

AREA:CALDERAS

PESO:

FECHA DE FABRICACION:

2. DATOS TECNICOS

PROGRAMADOR:HONEYWELL 4140G

FOTOCELDA:HONEYWELL C7027A -1023

PRESION DE TRABAJO: 150 PSI

VENTILADOR: TIPO ARDILLA/7,5HP/3450RPM/220V

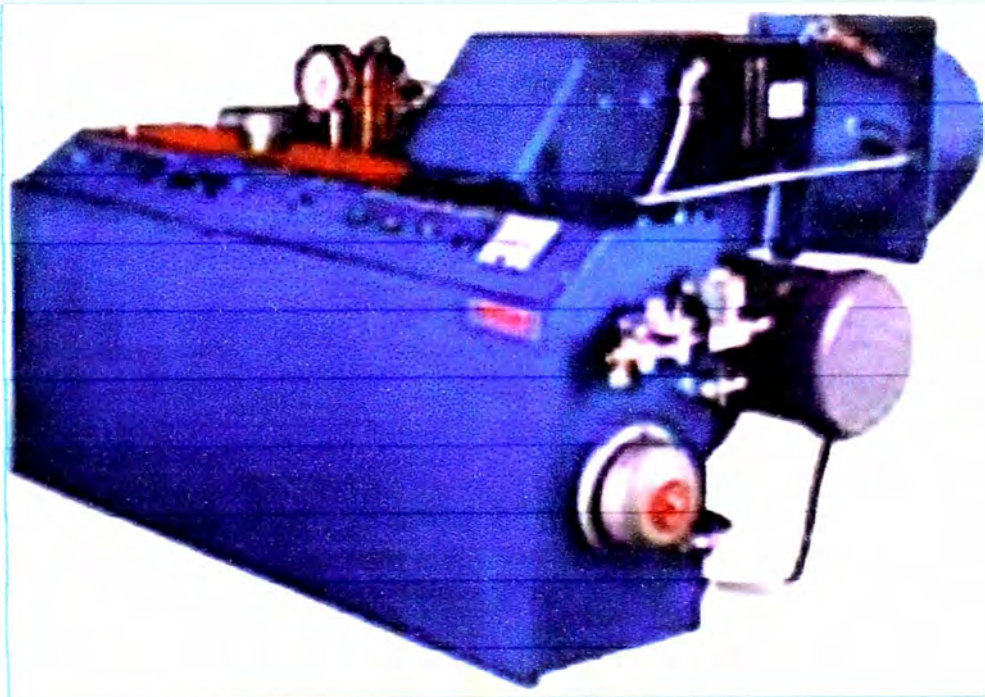
CALENTADOR ELECTRICO: 5 Kw

COMBUSTIBLE:PETROLEO PESADO 6

COMBUSTIBLE PILOTO:GAS


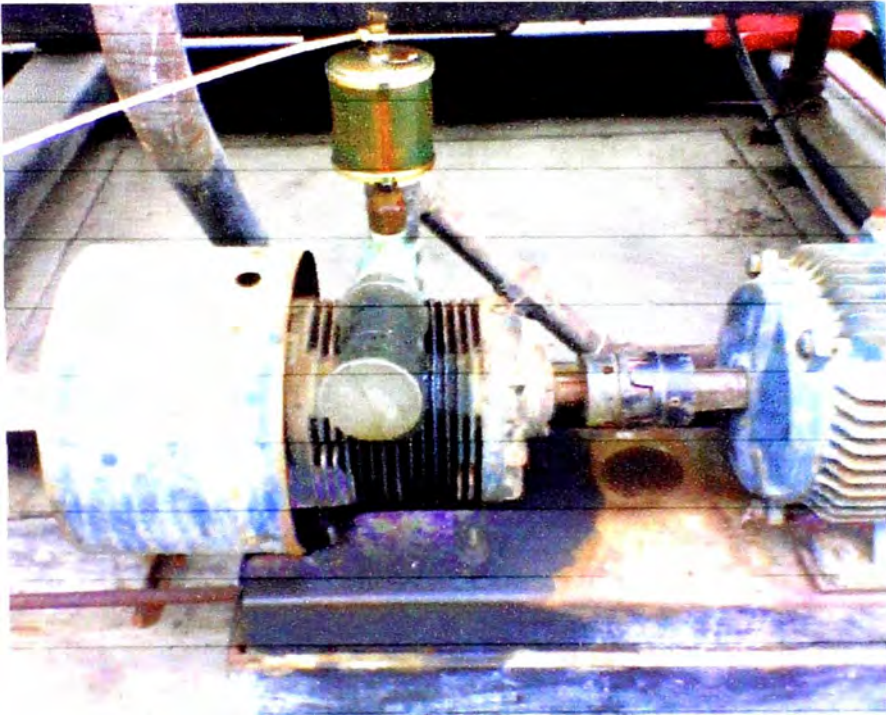
TOBERAS : MONARCH

VALVULA SELENOIDE : ASCO-ITT/2 VIAS


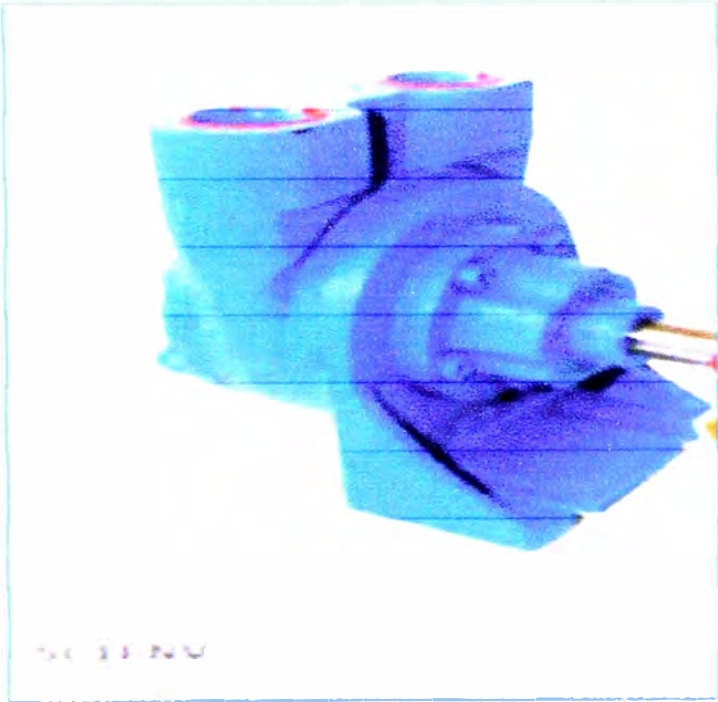


Anexo 3.

Ficha Tecnica de la Compresora

	FICHA TECNICA	
	COMPRESORA DE AIRE DE LA CALDERA 2	
1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA		
CODIGO: CA-0201	MARCA:	
DESCRIPCION: COMPRESORA DE AIRE	MODELO: RAD R10	
FUNCION QUE REALIZA: ALIMENTAR AIRE AL QUEMADOR	TIPO:	
AREA: CALDERAS	SERIE:	
DIMENSIONES:		
PESO:		
FECHA DE FABRICACION:		
2. DATOS TECNICOS		
FLUIDO O PRODUCTO QUE PROCESA: AIRE ATOMIZADO	MOTOR: TRIFASICO ASINCRONO	
PRESION DE ATOMIZACION : 0-30 PSI	POTENCIA: 10HP	
PRESION DEL COMPRESOR: 30 PSI	VELOCIDAD: 1450RPM	
DIAMETRO DE SUCCION: 1 1/4"	SERIE : 13023-17	
DIAMETRO DE DESCARGA: 1 1/4"	MODELO : 5013254	
OTRAS CARACTERISTICAS:	VOLTAJE: 260V	
	AMPERAJE:	
		

Anexo 3.
Ficha Tecnica de la Bomba de Combustible

	FICHA TECNICA	
	BOMBA DE COMBUSTIBLE DE LA CALDERA 2	
1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA		
CODIGO: BE-0201	MARCA:	
DESCRIPCION: BOMBA DE COMBUSTIBLE	MODELO: 3RC22	
FUNCION QUE REALIZA: ALIMENTAR COMBUSTIBLE AL QUEMADGR	TIPO: ENGRANAJE	
AREA: CALDERAS	SERIE:	
DIMENSIONES:		
PESO:		
FECHA DE FABRICACION:		
2. DATOS TECNICOS		
FLUIDO O PRODUCTO QUE PROCESA: BUNKER 6	MOTOR: TRIFASICO	
TEMPERATURA DE INGRESO DEL COMBUSTIBLE : 80°C	POTENCIA: 5HP	
PRESION DE LA BOMBA: 120 PSI	VELOCIDAD: 1420RPM	
CAUDAL:	MARCA : MAGNETEK	
DIAMETRO DE SUCCION: 1 1/4"	MODELO :	
DIAMETRO DE DESCARGA: 1 1/4"	F.S : 1,15	
OTRAS CARACTERISTICAS:	AMPERAJE: 16/8 AMP	
		

Anexo 3.
Ficha Técnica de la bomba de agua


INVERSIONES Y NEGOCIOS JT
SAC

FICHA TECNICA

BOMBA DE AGUA DE LA CALDERA 2

1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA



CODIGO: BC-0205	MARCA: AURORA
DESCRIPCION: BOMBA DE AGUA	MODELO: 5TL-1
FUNCION QUE REALIZA: INYECTAR AGUA AL CALDERO 02	TIPO: TURBINA
AREA: CALDERAS	SERIE:
DIMENSIONES:	
PESO:	
FECHA DE FABRICACION:	

2. DATOS TECNICOS


FLUIDO O PRODUCTO QUE PROCESA: AGUA ABLANDADA	MOTOR: TRIFASICO
TEMPERATURA DE INGRESO DEL AGUA: 60 ^o C	POTENCIA: 5HP
PRESION DE INGRESO DEL AGUA: 80 PSI	VELOCIDAD: 1750RPM
CAUDAL: 23,2 GPM	MARCA : SIEMENS
DIAMETRO DE SUCCION: 1 1/4"	MODELO : B6112M
DIAMETRO DE DESCARGA: 1 1/4"	F.S : 1,15
OTRAS CARACTERISTICAS:	PESO: 30,7 Kg



Anexo 3.
Ficha tecnica del tanque ablandador

	FICHA TECNICA
	TANKE ABLANDADOR
1. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA	
CODIGO: TA-0601	MARCA : INTESA
DESCRIPCION: TANKE ABLANDADOR DE AGUA	MODELO: CFB-20
FUNCION QUE REALIZA: ABLANDAR EL AGUA DURA PROVENIENTE DEL TANKE CISTERNA	
AREA: SALA DE ABLANDAMIENTO	
PESO:	
FECHA DE FABRICACION:	
2. DATOS TECNICOS	
FLUIDO QUE TRANSPORTA: AGUA	
DIAMETRO: 0.91m	
ALTURA: 1.82m	
CAPACIDAD: 280 gal	
CAPACIDAD DE RESINA: 20 PIE ³ <->150 gal	
DIAMETRO DE TUBERIA: 2"	
MATERIAL DE LA TUBERIA: GALVANIZADO	
OPERACIONES DE ABLANDAMIENTO: LAVADO, RETROLAVADO, REGENERADO Y SERVICIO	
	

ANEXO S. SOLICITUD DE MANTENIMIENTO

 INVERSIONES Y NEGOCIOS JT <small>SAC</small>	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
	SOLICITUD DE MANTENIMIENTO	Nº : FECHA:
EQUIPO:		
AREA:		
SOLICITADO POR:		
ESPECIALIDAD:		
TIPO DE TRABAJO		
MECANICO <input type="checkbox"/>	ELECTRICO <input type="checkbox"/>	ELECTRONICO <input type="checkbox"/>
TIPO DE MANTENIMIENTO		
PREVENTIVO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO PROGRAMADO <input type="checkbox"/>
PRIORIDAD		
NORMAL <input type="checkbox"/>	URGENTE <input type="checkbox"/>	MUY URGENTE <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION DE LA FALLA :		
DESCRIPCION DE LA SOLICITUD :		

 FIRMA DEL SOLICITANTE

ANEXO 6. CONCEPTO DE EFECTIVIDAD DE EQUIPOS CRITICOS

La efectividad se define como:

$$\text{Efectividad} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

FUENTE: Gestión del Mantenimiento-Víctor Ortiz- UNI

La Efectividad Global de los Equipos (O.E.E.) es una medida que representa el porcentaje del tiempo en que una máquina produce realmente las piezas de calidad, comparado con el tiempo que fue planeado para hacerlo.

Maximizar la efectividad se refiere, a la disciplina de medición del comportamiento de la **Efectividad** de una máquina o equipo. El resultado deberá ser el **85%**.

Si nosotros decimos que la **O. E. E.** es mayor del 85%, podemos suponer razonablemente que la planta o maquina está siendo operada en todos los equipos de **manera efectiva y eficientemente.**

- La Disponibilidad de un equipo

Está definida como la relación de la diferencia entre el tiempo de operación menos los tiempos perdidos y los tiempos bajos entre el tiempo de operación. Por ejemplo, si una máquina o equipo trabaja 2 turnos diarios de 7.5 horas su tiempo de operación al día sería 15 horas. En los tiempos bajos se consideran entre otros los tiempos

dedicados a las tareas de mantenimiento preventivo, tiempos de ajuste y puesta en marcha.

Disponibilidad:

(Pérdidas por paros)

- Fallas
- Arranques

Rendimiento:

(Pérdidas por velocidad)

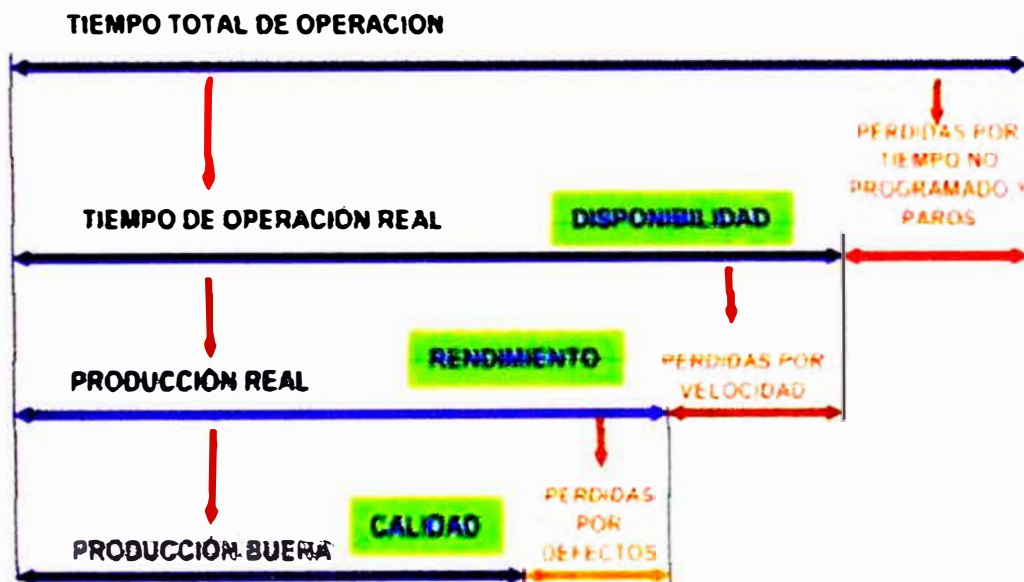
- Paros menores
- Velocidad de operación reducida

Calidad:

(Pérdidas por defectos)

- Defectos y retrabajos
- Pruebas por arranques

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$



EFFECTIVIDAD GLOBAL DE LA CALDERA INTESA

EFFECTIVIDAD GLOBAL DE UN EQUIPO

Equipo	Especificacion Tecnica	Valores
	Capacidad de trabajo	150 PSI
	Tiempo Operación / día	8 hs (380 min)
	Produccion Programada	8000Kg
	Ciclo Productivo (min)	12

Equipo			Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
	CD	Capacidad de Diseño	150PSI					
	CO	Capacidad de Operación	135	130	130	135	135	125
	TO	Tiempo de Operación	380 min					
	TP	Tiempos Perdidos	30	35	36	30	35	27
	TB	Tiempos Bajos	5	10	5	5	10	5
	PP	Produccion Programada	8000 kg					
	PO	Portuccion Obtenida	7500	7500	7500	7500	7500	7500

									Prom, Sem
	D	Disponibilidad	0.9	0.88	0.89	0.91	0.88	0.92	90%
	E	Eficiencia	0.9	0.9	0.86666667	0.9	0.9	0.8	88%
	C	Calidad	0.9375	0.9375	0.9375	0.9375	0.9375	0.9375	94%

OEE (semana ...) D x E x C = 74%

D	E	C	OEE
90%	88%	94%	74%