

**MODELO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL USO RACIONAL
Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN GENERADORES Y CONSUMIDORES DE
VAPOR EN HARINAGRO S.A.**

**CARLOS ALBERTO BRAVO NIEVES
GUILLERMO ENRIQUE GEVARA PINEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006**

**MODELO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL USO RACIONAL
Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN GENERADORES Y CONSUMIDORES DE
VAPOR EN HARINAGRO S.A.**

**CARLOS ALBERTO BRAVO NIEVES
GUILLERMO ENRIQUE GEVARA PINEDA**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título
De Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director: JOHANNA ZAPATA AGÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2006**

AGRADECIMIENTOS

A Harinagro por habernos brindado el apoyo necesario con el cual no se lograría esta monografía, la cual ponemos a disposición de la empresa para que lo ponga en práctica y logre ser una empresa competitiva a nivel nacional.

Al Nodo de Producción más Limpio el cual nos brindó su apoyo técnico y Teórico y nos colaboró en todos los pasos para desarrollar un óptimo programa basado en el uso eficiente de la energía.

DEDICATORIA

A mi hermano Cesar Augusto que ha sido mi mano derecha , gran apoyo para continuar y no desfallecer en los momentos difíciles y apoyo y ser la persona que me ha dado los alicientes para ser una mejor persona en el mañana y así dar lo mejor de mi a cada instante.

A mis papas Jerónimo y Efigenia que son las personas que han depositado su confianza en mi y me han enseñado a caminar serenamente por el camino de la vida.

A Dios porque sin la ayuda de el y a su gran grandeza no estaría realizando ni llevando a cabo ninguna actividad.

Carlos Alberto Bravo Nieves

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN GENERADORES Y CONSUMIDORES DE VAPOR EN HARINAGRO S.A.*

**AUTORES: CARLOS ALBERTO BRAVO NIEVES
GUILLERMO ENRIQUE GEVARA PINEDA****

PALABRAS CLAVES: Uso eficiente de la Energía, Gestión y Planeación de Mantenimiento, Análisis de Resultados, Mantenimiento Preventivo.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo muestra de manera resumida una descripción de la compañía, sus equipos e instalaciones, y hace una exposición de cómo se está llevando a cabo la gestión de mantenimiento en dicha empresa.

En los capítulos 2 y 3 se presentan las generalidades de la ingeniería del vapor, sus usos en la industria y las pautas básicas para realizar una adecuada gestión del mantenimiento.

El capítulo 4 presenta una propuesta gerencial con la cual se puede llegar a realizar una gestión integral del mantenimiento tomando como base algunos parámetros importantes, como son: organización, uso de sistemas de información, empleo de documentación técnica, planeación del mantenimiento, costos y equipos de mantenimiento, administración de órdenes de trabajo.

El último capítulo está orientado a definir un modelo de gestión que se adapte a la compañía y así aprovechar las ventajas que ofrece el ciclo PHVA combinado con un programa de uso eficiente de la energía, haciendo de éste un modelo que facilite el trabajo y ayude a conseguir las metas de producción con estrategias enfocadas a la seguridad de las personas, al cuidado del medio ambiente y ofreciendo resultados de costos favorables para el sostenimiento de la empresa.

*Monografía.

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Johanna Zapata Agón, Administradora de Empresas.

SUMMARY

TITLE: MODEL OF PROGRAM OF MAINTENANCE FOR THE RATIONAL AND EFFICIENT USE OF ENERGY IN GENERATORS And STEAM CONSUMERS IN HARINAGRO S.A COMPANY

**AUTHORS: CARLOS ALBERTO BRAVO NIEVES
GUILLERMO ENRIQUE GEVARA PINEDA**

KEY WORDS: Efficient use of the Energy, Management and Planning of Maintenance, Analysis of Results, Preventive maintenance.

DESCRIPTION:

Work sample of way the present summarized a description of the company, its equipment and facilities, and makes a exhibition of how the management of maintenance in this company is being carried out.

In chapters 2 and 3 the majorities of the engineering of the steam appear, their the basic uses in the industry and guidelines to make a suitable management of the maintenance.

Chapter 4 presents/displays a management proposal with which it is possible to be gotten to make an integral management of the maintenance being taken as it bases some important parameters, as they are: organization, use of information systems, use of technical documentation, planning of the maintenance, costs and support systems, administration of work orders.

The last chapter is oriented to define a management model that adapts to the company and thus to take advantage of the advantages that offers cycle PHVA combined with a program of efficient use of the energy, doing of this one a model that facilitates the work and helps to obtain the goals of production with focused strategies to the security of the people, to the care of the environment and offering results of favorable costs for the support of the company.

*Monografía.

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Johanna Zapata Agón, Administradora de Empresas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
1.1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	3
1.2. DESCRIPCION DE PROCESOS	4
1.2.1. Procesamiento de Plumas.	4
1.2.2. Procesamiento de Vísceras	4
1.2.3. Proceso del Sebo.	8
1.3. PERSONAL DE MANTENIMIENTO	9
1.4. CLASE DE MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA	10
1.4.1. Planeación del mantenimiento	10
1.4.2. Ejecución del mantenimiento	10
1.4.3. Verificación del mantenimiento	10
1.4.4. Análisis del mantenimiento	11
1.5. INSTALACIONES FÍSICAS	11
1.6. ASPECTOS IDENTIFICADOS	12
1.7. EQUIPOS	13
1.7.1. Caldera	13
1.7.2. Cooker Digestores de Secado	15
1.7.3. Tanques Fundidores de Sebo	16
1.7.4. Líneas de Distribución de Vapor	17
2. LAS CALDERAS Y EL MANTENIMIENTO	20
2.1. LA INGENIERIA DEL VAPOR	20
2.1.1. Definición del Vapor	20
2.1.2. Producción del Vapor	20
2.1.3. Presión, Volumen y Calidad del Vapor	22
2.1.4. Generadores de Vapor	22
2.1.5. Condensación del Vapor	22

2.2.	CLASIFICACION DE LAS CALDERAS	23
2.3.	EFICIENCIA TERMICA DE LA COMBUSTION EN LAS CALDERAS	25
2.4.	FOCOS DE PÉRDIDA DE CALOR EN LAS CALDERAS	25
2.5.	ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS Y AHORRO DE ENERGÍA	26
2.6.	DEFICICIÓN Y COMPONENTES DE LAS REDES	26
2.7.	TRAMPAS DE VAPOR	27
2.8.	TIPOS DE TRAMPAS DE VAPOR	27
2.8.1.	Trampas de Vapor Termostáticas	27
2.8.2.	Trampas de Vapor Tipo Mecánico	28
2.9.	FOCOS DE PÉRDIDA DE ENERGIA EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DE VAPOR	28
2.10.	FOCOS DE PÉRDIDA EN LAS TRAMPAS DE VAPOR	28
2.11.	COMBUSTIÓN	29
2.11.1.	Definición	29
2.11.2.	Tipos de Combustibles	29
2.11.3.	Propiedades Importantes de los Combustibles	29
2.11.4.	Eficiencia de la Combustión	30
2.12.	GERENCIA DE MANTENIMIENTO	32
2.13.	MANTENIMIENTO	34
2.14.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	34
2.15.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	35
2.16.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	35
2.17.	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	37
3.	USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LA GENERACION DE VAPOR	38
3.1.	CONTEXTO DEL AHORRO DEL VAPOR	38
3.2.	ENFOQUE DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA	39
3.3.	ETAPAS DEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA	40
3.3.1.	Mediciones	40
3.3.2.	Instrumentos de Medición	42

3.3.3.	Toma de Mediciones	43
3.3.4.	Fugas	45
3.3.5.	Mediciones en Superficies Calientes	45
3.4.	MÉTODOS DE CALCULO	45
3.5.	MEDIDAS DE AHORRO	46
3.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	49
3.6.1.	Tasa de Rentabilidad de la Empresa sobre sus Proyectos de Inversiones	49
3.6.2.	Período Máximo de Recuperación de las Inversiones	49
3.6.3.	Inversión Total	49
3.7.	GESTION DE UN PROGRAMA PARA USO EFICIENTE DE LA ENERGIA	50
3.7.1.	Visión	52
3.7.2.	Selección del Equipo de Trabajo	53
3.7.3.	Auditorias Energéticas y Revisiones	53
3.7.4.	Mediciones y Registros. Uso de indicadores	54
4.	PASOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN HARINAGRO	55
4.1.1.	ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	56
4.1.1.	Información del Equipo	56
4.1.2.	Revisiones de Operaciones y Mantenimiento de Rutina	57
4.1.3.	Registro de Datos y Manejo de Indicadores de Mantenimiento	57
4.1.4.	Capacitación	58
4.1.5.	Responsabilidad	59
4.2.	COSTOS Y PRODUCTIVIDAD	59
4.3.	SISTEMA Y PROCESO	62
4.4.	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO	63
4.5.	DOCUMENTACION TECNICA	65
4.5.1.	Importancia de la Documentación Técnica	67

4.5.2.	Banco de Datos	68
4.6.	EVALUANDO LA GESTION DEL MANTENIMIENTO	69
4.6.1.	Informes de Gestión del Mantenimiento	69
4.6.2.	Indicadores de Clase Mundial	69
4.7.	ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO	73
4.7.1.	Misión del Taller de Mantenimiento	73
4.7.2.	Visión del Taller de Mantenimiento	73
4.7.3.	Objetivos del Taller de Mantenimiento	73
4.7.4.	Descripción de las Funciones del Jefe de Mantenimiento	74
4.7.5.	Descripción de cada una de las etapas del proceso de Atención a Órdenes de Trabajo	75
4.8.	LAS "5S"	76
5.	PROGRAMA DE INSPECCIONES	79
5.1.	PRUEBAS DE SEGURIDAD	79
5.1.1.	Sala de Calderas	80
5.1.2.	Dispositivos de seguridad	81
5.2.	INSPECCIONES Y PRUEBAS PERIODICAS	81
5.2.1.	Inspecciones Diarias	82
5.2.2.	Inspecciones y Pruebas Periódicas	83
5.3.	CALIDAD DEL AGUA DE ALIMENTACION	86
5.4.	MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE COMPUERTA	87
5.4.1.	Instalación	89
5.4.2.	Mantenimiento	91
5.5.	VALVULA DE SEGURIDAD	91
5.5.1.	Montaje	91
5.5.2.	Mantenimiento	95
5.6.	REQUISITOS Y OBLIGACIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	96
	CONCLUSIONES	98
	BIBLIOGRAFIA	100
	ANEXOS	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama Flujo del Procesamiento de Pluma.	5
Figura 2. Diagrama Procesamiento de Vísceras.	6
Figura 3. Diagrama Procesamiento del Material Sólido de Vísceras	7
Figura 4. Diagrama Procesamiento del Material Líquido de Vísceras.	7
Figura 5. Diagrama Flujo del Procesamiento de Sebo.	8
Figura 6. Diagrama Proceso de Líquido del Sebo.	9
Figura 7. Distribución en Planta y Iluminación	12
Figura 8. Fugas de Vapor	13
Figura 9. Cookers.	16
Figura 10. Tanques de Sebo	17
Figura 11. Líneas de Distribución Vapor	18
Figura 12. Distribución y Utilización de Vapor en Planta.	19
Figura 13. Experimento De Producción De Vapor.	21
Figura 14. Clasificación de Caldera por Presión.	23
Figura 15. Clasificación de Caldera por el tipo de Combustible	23
Figura 16. Clasificación de Caldera por la Forma de Quemar Combustible en Calderas.	24
Figura 17. Clasificación de Caldera por el Paso de Humos.	24
Figura 18. Balance de Energía típico de una caldera.	26
Figura 19. Usos del proceso de Combustión.	30
Figura 20. Diagrama de Distribución de Energía.	32
Figura 21. Ciclo Dinámico Planear, Ejecutar, Hacer y Medir.	52
Figura 22. Revisiones de Operaciones y Mantenimiento de Rutina.	57
Figura 23. Capacitación de Personal.	58
Figura 24. Costo de Mantenimiento con Relación al Tiempo.	59
Figura 25. Sistema de Información Aplicado al Mantenimiento.	62

Figura 26.	Diferentes Formas de Documentación Técnica.	66
Figura 27.	Grafica del Tiempo Medio Entre Fallas.	71
Figura 28.	Las5'S	78
Figura 29.	Placa de equipo.	80
Figura 30.	Válvula de compuerta.	90
Figura 31.	Válvula De Seguridad.	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Placa Caldera	13
Tabla 2. Composición Típica De Los Combustibles.	30
Tabla 3. Lista de Mediciones.	41
Tabla 4. Niveles de Ahorro de Implementación.	46
Tabla 5. Medidas de Ahorro y Implementación.	48
Tabla 6. Identificación cargo	74
Tabla 7. Finalidades Principales del Jefe de Mantenimiento.	74
Tabla 8. Simbología Utilizada.	84
Tabla 9. Medidas en Calderas.	84
Tabla 10. Operaciones de Mantenimiento	85
Tabla 11. Recomendaciones para el Agua de Alimentación.	86
Tabla 12. Descripción De Partes Válvula De Compuerta.	87

INTRODUCCIÓN

La globalización, los tratados de libre comercio entre países, las certificaciones de calidad que ya son a nivel mundial exigen que las empresas se vean abocadas a mejorar competitivamente en un mercado cada vez exigente.

Por tal motivo los estándares de calidad cada día cuentan más y se hace referencia más notoria la frase “producir más con lo mismo” y acá es donde el mantenimiento se abre a las expectativas y entra como un jugador estrella que mejora y soluciona grandes inconvenientes en la disminución de costos operacionales.

La sostenibilidad de una empresa, no solo se cimenta en la cantidad y el precio de sus productos sino en la calidad de este; y su subsistencia en la capacidad que tiene de lograr compaginar estas tres características para hacerse competitivos en el mercado.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medioambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

El mantenimiento debe dejar de verse como un eslabón perdido de una cadena y convertirse en un aliado de la estructura organizativa con ingerencia en la toma de decisiones que van desde la compra de materiales, maquinaria, herramientas, diseños de instalaciones y adquisiciones hasta el desarrollo de las mejoras a introducir en los equipos existente, así, como cambios en productos y ventas.

La gestión del mantenimiento debe estar enfocada a lograr un beneficio de la empresa estableciendo antes que todo un plan de acciones de mejora hacia una gestión integral donde no solo se busquen reducir los costo tradicionales, los de falla los financieros, sino que también vayan ligados con el aumento de la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

El presente trabajo pretende dar a conocer los criterios básicos de calidad de producción y organización de mantenimiento para impulsar a Harinagro S.A. a un mayor nivel de competitividad con las empresas de su ramo.

El modelo gerencial expuesto describe las diferentes etapas que se deben llevar a cabo para implantar una gestión integral de mantenimiento basada en el uso eficiente de la energía para generadores y consumidores de vapor en Harinagro S.A. con las cuales se logre una mayor disponibilidad de los equipos, se aumente la confiabilidad, incrementar la confiabilidad, elevar la productividad y disminuir el costo de mantenimiento basado en un programa de uso eficiente de la energía del vapor.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

El objeto del negocio de Harinagro S.A. nace de la carencia y forma inadecuada del tratamiento de los desechos orgánicos generados por los mataderos de aves y ganado bovino, de los cuales su disposición final se realizaba en los cuerpos de agua del área metropolitana de Bucaramanga o se conducían al relleno sanitario de la ciudad apenas hace ocho años atrás. Incluso hoy en día hay ciudades pequeñas en Colombia y países de la región andina que siguen utilizando esta forma poco adecuada para la disposición de residuos orgánicos.

La empresa HARINAGRO S.A. es una sociedad anónima que nació en el año de 1983 viendo la necesidad de las avícolas que hay en la región de no generar problemas de contaminación ambiental ya que sus desperdicios generaban grandes impactos a la comunidad y a los entes ambientales, que estaban pidiendo la regulación de los desperdicios.

La empresa, analizando la proyección del negocio por medio de un estudio de mercadeo decide entrar al negocio, teniendo en cuenta desde el inicio del funcionamiento como política ambiental de la empresa la optimización de los procesos actuales.

En vista de ello se reunió un grupo de empresarios para intentar el aprovechamiento de estos residuos generados por la avicultura y así poder dar un mayor aprovechamiento y utilidad, convirtiéndolos en subproductos al procesarlas, disminuyendo consigo la contaminación, y aprovechando al máximo los residuos provenientes del sacrificio de aves y ganado bovino, para

obtener harina utilizada en la formulación de alimento concentrado para animales. En la planta procesadora se llevan a cabo 3 procesos con subproductos del sacrificio de aves y reses. Dichos procesos son los siguientes:

1.2 DESCRIPCION DE PROCESOS

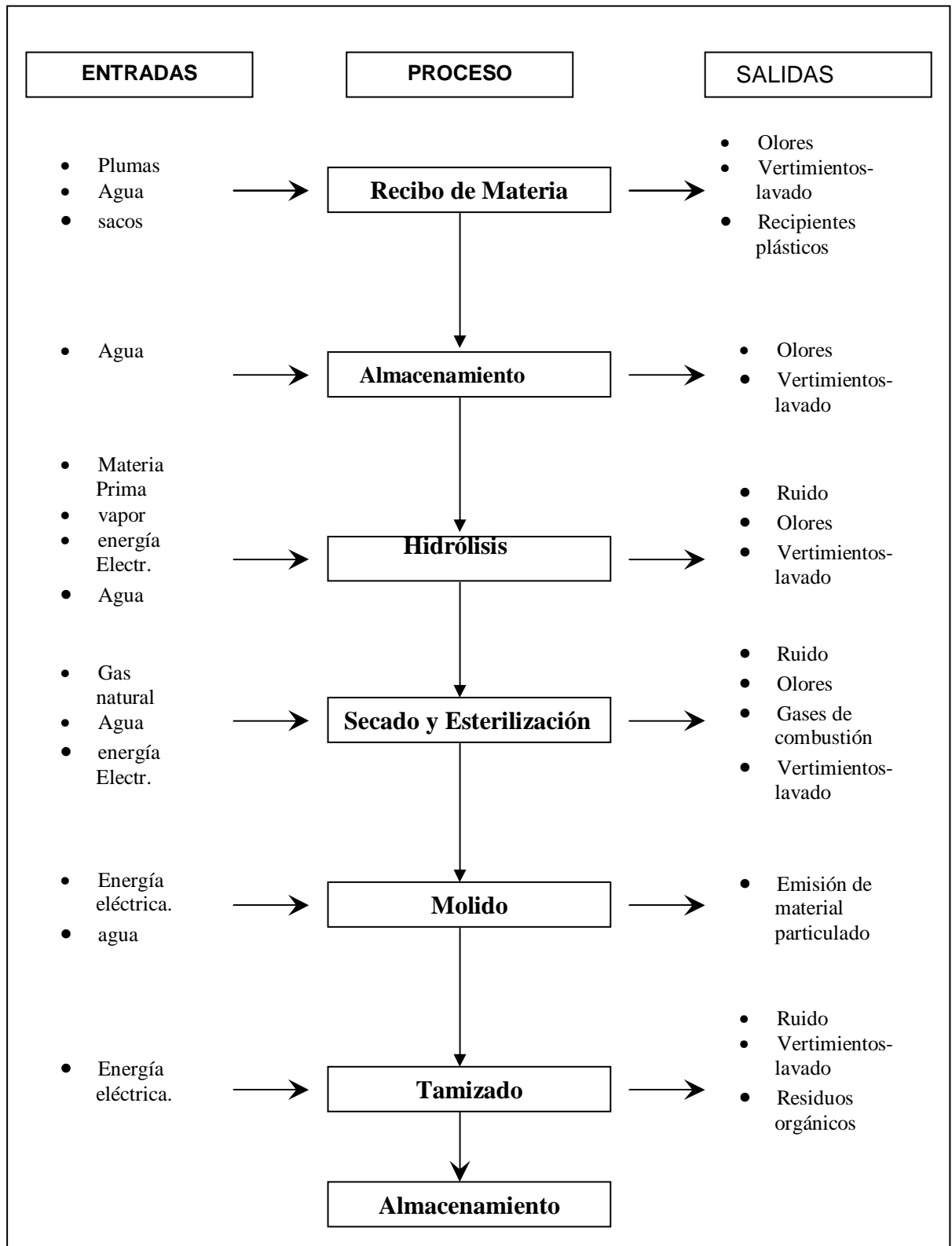
En la planta de producción de HARINAGRO S.A. se realizan 3 subprocesos como son el procesamiento de plumas, vísceras y de sebo, los cuales se soportan en los respectivos diagramas de flujo, donde se identifican las entradas y salidas en cada etapa.

1.2.1 Procesamiento de Plumas. La pluma se recibe en recipientes plásticos abiertos con capacidad de 55 galones y se almacena temporalmente para su posterior proceso de hidrólisis, el cual se lleva a cabo en los digestores. (Cookers) en un tiempo promedio de 30 minutos. El producto de la hidrólisis es conducido a un secador rotatorio donde se le reduce la humedad del 60 al 10 %. Una vez finalizado el secado, el producto es llevado a molienda para finalmente ser tamizado, empacado y almacenado, para su distribución final ver Fig. 1.

1.2.2 Procesamiento de Vísceras. Las vísceras se transportan a la planta en recipientes plásticos de 55 galones y son vertidas en un tanque en concreto enchapado con baldosa, donde se almacenan temporalmente, para ser bombeadas por un sistema neumático a los silos de decantación. Allí se separa el material sólido del líquido (aceite).

Los sólidos son transportados a los digestores (Cookers), donde se les reduce la humedad del 85 al 10 %, luego se somete al proceso de molido, se empacan y almacenan.

Figura 1. Diagrama Flujo del Procesamiento de Pluma.



Los líquidos pasan por un proceso de centrifugado, para extraerles el material sólido aun presente, que se suma al material sólido ya procesado. En cuanto a los líquidos (aceites) se trasportan a los tanques de almacenamiento para su posterior venta y distribución. Ver Figuras 2, 3 y 4.

Figura 2. Diagrama Procesamiento de Vísceras.

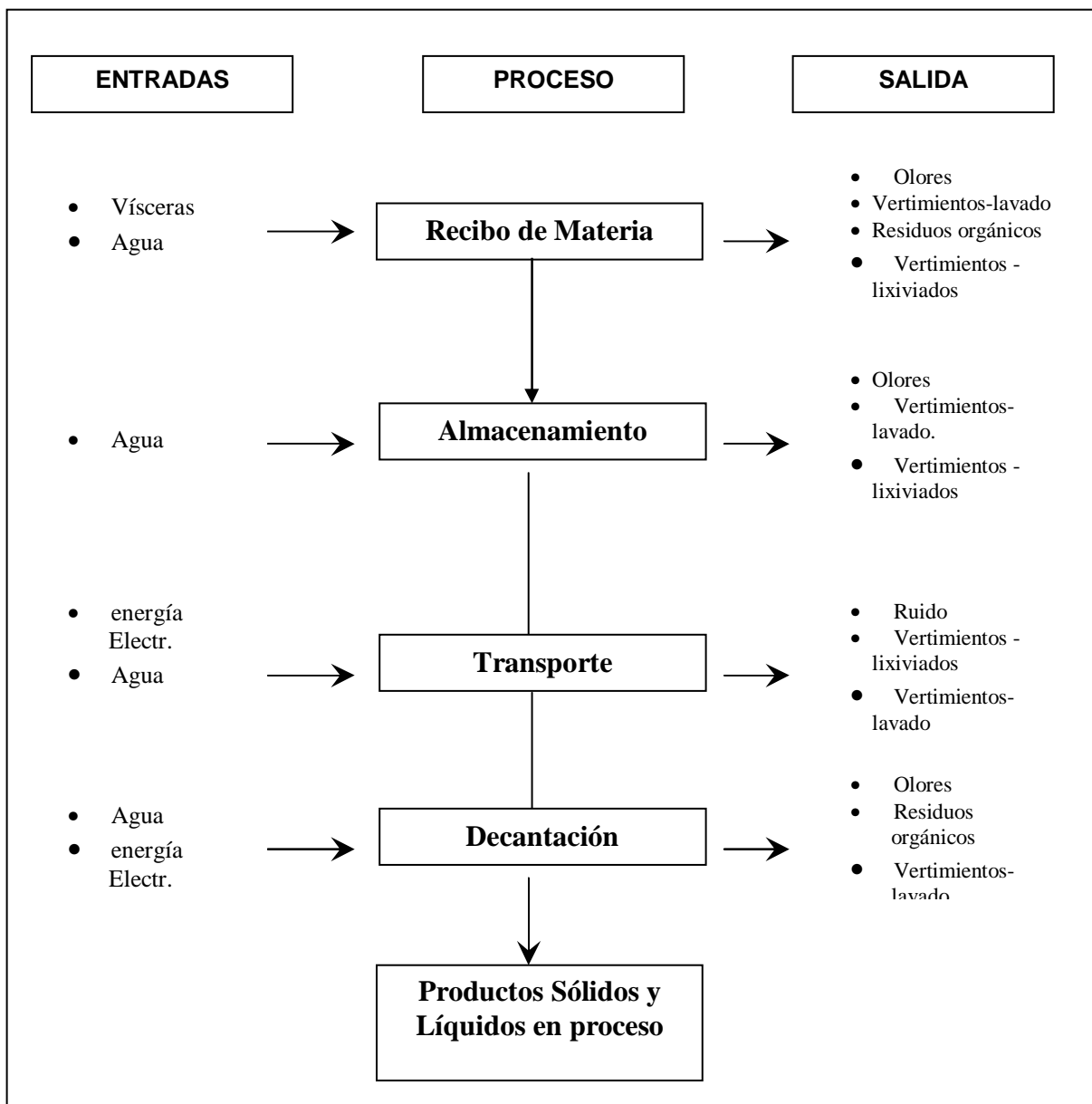


Figura 3. Diagrama Procesamiento del Material Sólido de Vísceras

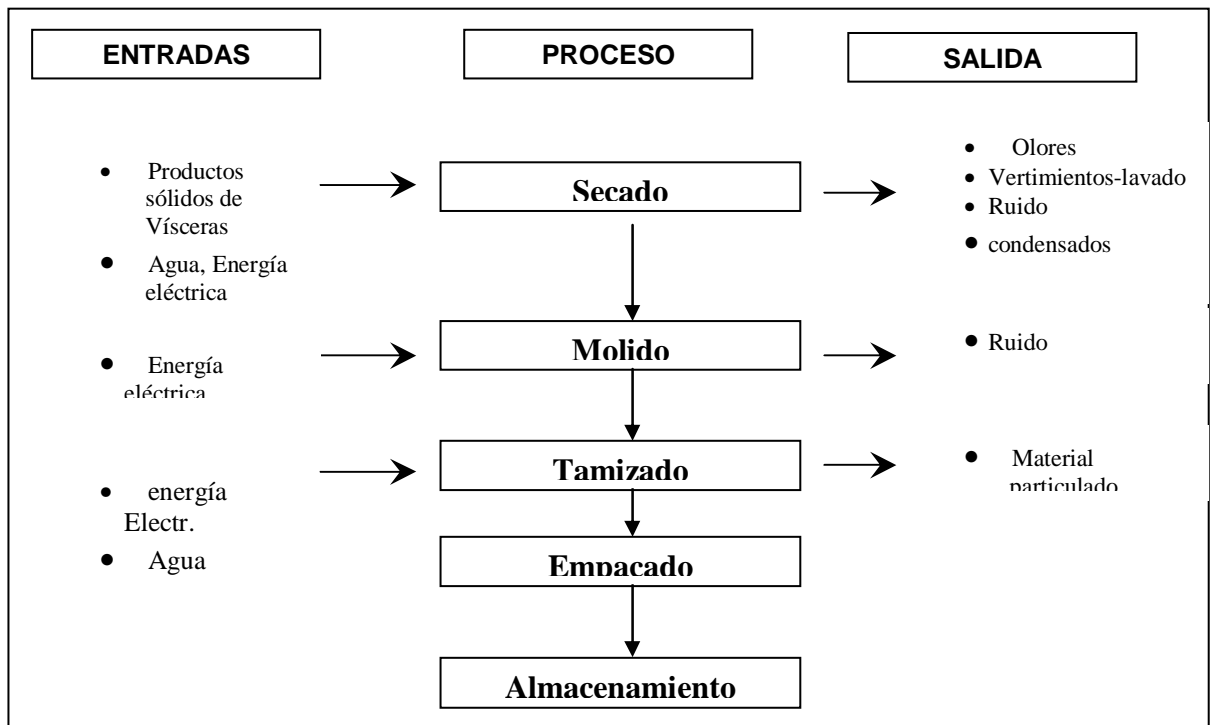
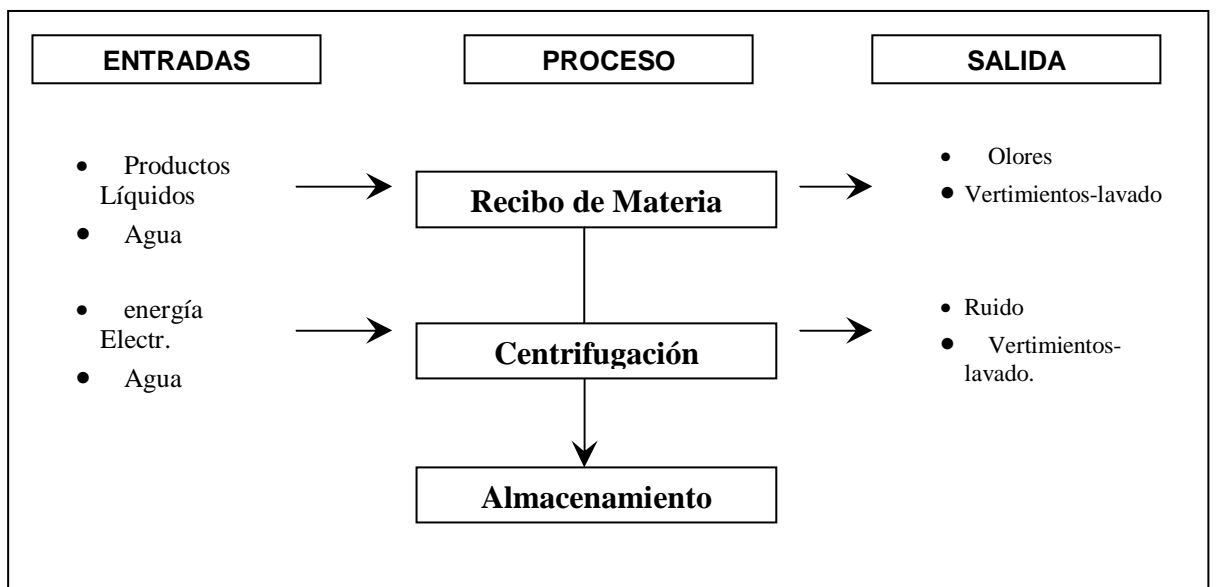


Figura 4. Diagrama Procesamiento del Material Líquido De Vísceras.



1.2.3 Proceso del Sebo. El sebo ingresa a la planta en sacos de fique y se almacena temporalmente en un contenedor sin refrigeración. Inmediatamente se inicia el proceso de selección, lavado y desinfección de la materia prima con hipoclorito de sodio, para ser procesado posteriormente en el tanque fundidor. El producto intermedio generado allí, es llevado y sometido al proceso de decantación para conseguir la separación de sólidos y líquidos (aceites). El material sólido es sometido al mismo proceso del sólido generado en el procesamiento de plumas. El material líquido es llevado a un almacenamiento temporal, para luego ser sometido a centrifugación, donde se extrae el material sólido aún presente, y se le suma al material ya procesado. De igual forma, el líquido depurado (aceite) es transportado a los tanques de almacenamiento para su posterior venta y distribución., como se aprecia en las figuras 5 y 6.

Figura 5. Diagrama Flujo Del Procesamiento De Sebo.

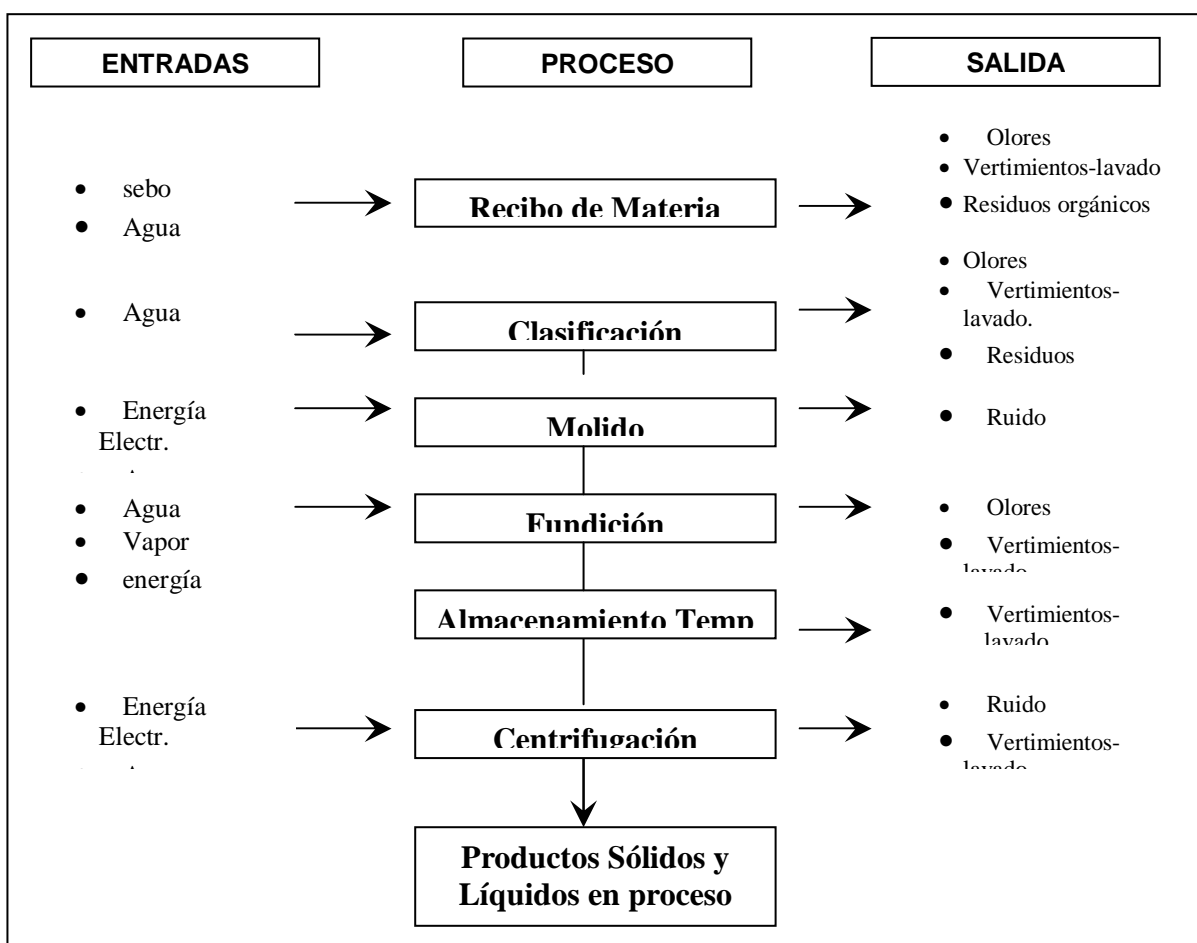
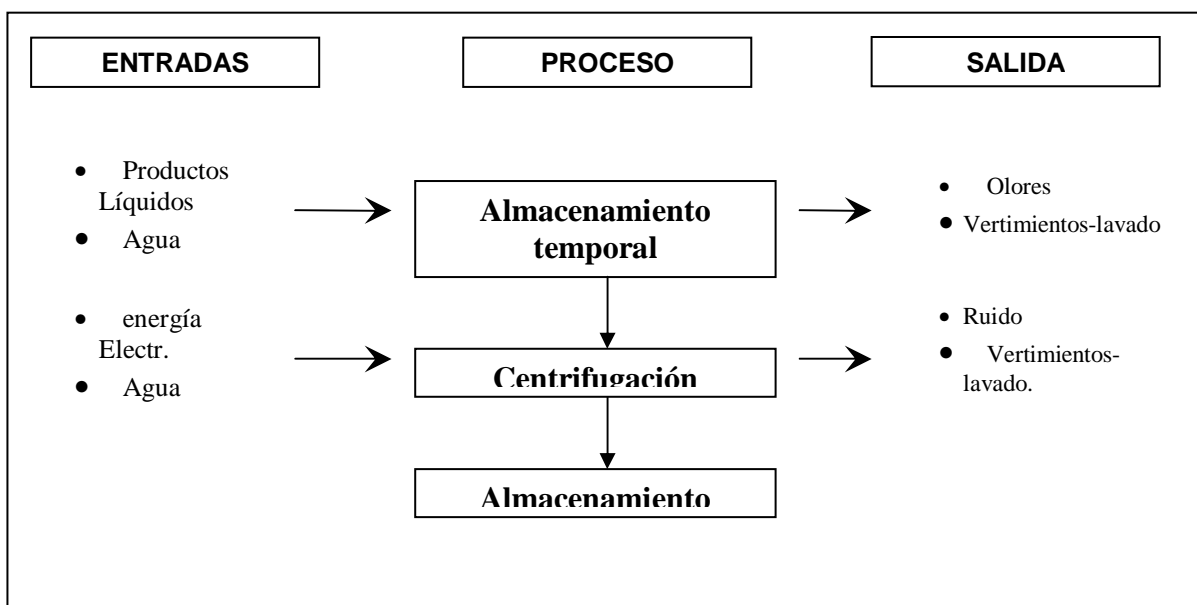


Figura 6. Diagrama Proceso De Líquido Del Sebo.



1.3 PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Actualmente Harinagro S.A. cuenta con tres personas responsables del mantenimiento de la planta: un técnico del Sena que se desempeña como jefe de mantenimiento y dos operarios o ayudantes; los cuales no tienen ninguna capacitación, solamente su experiencia.

Los responsables se encargan de realizar todas las reparaciones dentro de la empresa, de infraestructura, mecánicas y eléctricas que se presenten. Los trabajos especializados (montajes, reparaciones) son contratadas con terceros.

La jornada de trabajo es de ocho horas de lunes a sábado, con disponibilidad para festivos y horas nocturnas porque la empresa trabaja los 30 días del mes, en tres turnos de 8 horas.

1.4. CLASE DE MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA

Actualmente solo se está llevando a cabo mantenimiento correctivo con el cual se realiza una descripción de los aspectos identificados, los cuales pueden servir para evaluar y presentar el modelo de mantenimiento.

1.4.1 Planeación de Mantenimiento.

Situación Actual:

- No se realiza programas de lubricación.
- No hay cronograma de paro de equipos.
- No hay instructivos de trabajo como manuales.
- Se cuenta con las herramientas necesarias para realizar los trabajos.
- No se analizan costos y tiempos de mantenimiento.
- No se realizan trabajos con planos y muestras originales para las medidas necesarias.
- No se tiene en cuenta a mantenimiento para la compra de equipos nuevos.

1.4.2 Ejecución del Mantenimiento

Situación Actual:

- Solamente hay un técnico de mantenimiento con estudios en el SENA.
- No hay orden y aseo en la preparación del sitio de trabajo.
- Se cuenta con los elementos de protección personal (protección auditiva, guantes, protección visual y casco).
- No se presentan reportes escritos del estado de los equipos, ni listas de chequeo.
- El área de trabajo cuenta con adecuada iluminación para realizar los trabajos.
- No hay un adecuado manejo de materiales y cargas.

1.4.3 Verificación de Mantenimiento

Situación Actual:

- No se realizan auditorias de mantenimiento a terceros ni de los trabajos realizados.
- La información técnica, tal como catálogos y tablas técnicas, solamente existe en el caso de los equipos recién adquiridos (caldera y extrusora).
- No se llevan indicadores de gestión de mantenimiento.
- No se usan formatos y sistemas de información de mantenimiento.
- No se realiza mantenimiento predictivos (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceites, etc.).
- El personal de la empresa no tiene conocimiento de programas de gestión de mantenimiento como TPM, RCM.
- No se cuenta con un programa de calibración de instrumentos de medición.

1.4.4 Análisis del Mantenimiento

Situación Actual:

- No se realiza un diagnostico e interpretación de la causa de las fallas.
- No se llevan registros de los trabajos realizados.
- No se realiza un seguimiento a la calidad y comportamiento de los repuestos.
- Existen hojas de vida de equipos pero desactualizadas.
- No hay realimentación de los trabajos realizados ya sea por el personal de la empresa por terceros.

1.5. INSTALACIONES FISICAS

- En la planta física hay buena disposición espacial de la maquinaria y espacio para circulación como se ve en la Fig. 7.
- Se cuenta con un almacén para la distribución de herramientas y repuestos aunque falta organización y control.
- El ambiente para el trabajo es aceptable; se cuenta con buena iluminación y ventilación. Como se ve en la Fig. 7.
- No se cuenta con señalización para evacuación en casos de emergencia.

1.6 ASPECTOS IDENTIFICADOS

Situación Actual:

- Las líneas de vapor y equipos y accesorios presentan fugas de vapor, lo que ocasiona grandes pérdidas de energía y contaminación del ambiente. Como se ve en la Fig. 8.
- El estado del aislamiento de los equipos como de la línea de vapor se encuentra bastante deteriorado.
- No existe señalización, ni normalización visual como código de colores de tuberías, válvulas, cajas de control, etc.
- No hay un programa de mantenimiento para los motores eléctricos; presentan desaseo, malas conexiones y no cuentan con protecciones para evitar accidentes.
- Los tableros eléctricos no son totalmente herméticos por el mal estado de los empaques y seguros, lo que ocasiona el continuo daño de elementos electrónicos.

Figura 7. Distribución En Planta Y Iluminación



1.7 EQUIPOS

1.7.1 Caldera

➤ Placa. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Placa Caldera

Marca	Secavent
Modelo	SV300
Tipo	Acuotubular
Capacidad	300 BHP 10290 lb / hr de vapor
Combustible	Carbón
Presión de operación	150 psi
Presión de prueba hidrostática	300 psi

Figura 8. Fugas De Vapor



- La caldera es acuatubular tipo D, con circulación interna de agua por termosifón, con tres hogares de combustión y tres alimentadores con sus respectivos quemadores.
- El sistema de alimentación de carbón es de tres pasos en donde la parte radiante absorbe aproximadamente el 75% del calor y la parte convectiva el 25% restante.
- La parte inferior del hogar esta construida en refractario para crear un hogar caliente.
- Las tuberías en contacto con los gases de combustión son de 2" calibre 40 sin costura tipo ASTM A53 grado B.
- El domo superior es doble, construido en tubería de 30" de diámetro y 5/8" de espesor que resisten presiones de hasta 450 psi, cuenta con un sistema desecador de vapor con bandejas con baffles; el domo esta provisto de una purga continua con válvula de aguja para graduación de la misma.
- El segundo domo es inferior y construido en tubería de acero de 10" ASTM A53 grado B, con purga longitudinal tipo flauta y dos válvulas, una de apertura rápida y la otra de apertura lenta. Los elementos no críticos como cajones de cenizas y puertas de inspección son de lámina de acero A36 de 1/4".
- Todas las paredes de la caldera están aisladas con fibra de vidrio de 2" y recubiertas con paneles removibles fabricados en lámina de acero galvanizado.
- Sistema de control de combustión.

Para mantener un control adecuado de la presión de la caldera, el sistema de alimentadores-quemadores de carbón está gobernado desde el tablero eléctrico para regular el suministro de carbón y aire por medio de un PLC de 6 entradas y 4 salidas digitales.

- Aditamentos incluidos
- Control de nivel de agua en la caldera, tipo Mc Donnell 157 con su respectiva mirilla de nivel en vidrio y control adicional por electrodo.
- Bomba para agua marca Shi Halberg con motor de 12 hp.

- Tablero de controles completo, con seccionador totalizador, luces de señalización, arrancador y protector termo magnético para cada motor, interruptores, PLC; todo opera a 220 o 440 voltios.
- Ciclón para el control de material particulado proveniente de la combustión.
- Manómetro de carátula de 6" de 10 a 300 psi.
- Válvula de compuerta para la salida del vapor.
- Válvula de globo o bola para purga en el fondo del domo inferior.
- Válvula de aguja para purga continúa en el domo superior.
- Dos válvulas de seguridad calibradas a 175 psi.
- Tanque de condensados, con control de nivel por electrodos de alto y bajo nivel, nivel visible, válvula solenoide para suministro de agua, con retorno de línea de condensados, entrada de agua fría, drenaje y salida para la bomba.
- Chimenea de 76 cm de diámetro, altura de 25 m. Construida en acero A36.
- Escalera y plataforma para toma de muestras construida en acero, con sus respectivas protecciones.
- Hogar de combustión (parte radiante) con doble hilera de tubería.
- Tres tolvas de alimentación de carbón con capacidad de 1200 lb c/u. Con sus respectivos motoredutores de 1.5 hp.

1.7.2 Cooker Digestores de Secado. Harinagro S.A. cuenta con 5 digestores de secado los cuales presentan mal estado del aislamiento térmico, fugas por mala hermeticidad en las compuertas de cierre, fugas en accesorios y fugas en las válvulas de seguridad a las cuales no se le realiza mantenimiento periódico. como se puede ver en la Fig. 9.

Los digestores son, todos, de fabricación local, sobre los cuales no se tiene ninguna documentación técnica.

La capacidad volumétrica de los digestores	7500 litros
Capacidad de carga	4500 litros

Diámetro de la boca de carga	430 mm
Diámetro externo	1940 mm
Presión de trabajo	5 Kg/cm ²
Consumo promedio de vapor	800 lb/h
Motor eléctrico	50 hp

Figura 9. Cookers.



1.7.3 Tanques de Fundición de Sebo. Cuenta con tres depósitos para la fundición del sebo, construidos en lamina HR de 3/16" de espesor. Las dimensiones de los tanques son:

Ancho	1 m
Alto	1.3 m
Largo	3 m

No cuentan con aislamiento térmico y el vapor se aplica directamente, ocasionando demasiadas perdidas de energía. Como claramente se observa en la Fig. 10 que no tiene aislamiento.

Figura 10. Tanques de Sebo



➤ **1.7.4 Líneas de Distribución de Vapor.** Las líneas de distribución del vapor se las puede clasificar (Ver plano anexo):

- Línea principal de diámetro 4" y longitud de 180 m.
- Línea de distribución de diámetro 1 1/2" longitud 230 m.
- Línea a tanques de sebo y tanques de almacenamiento de diámetro 3/4" longitud 45 m.

Las líneas de vapor, en general, presentan mal estado del aislamiento térmico y carencia del mismo en tramos de tuberías.

En los accesorios tales como válvulas de vapor, trampas, uniones, etc. Se presentan fugas de vapor que se pueden solucionar sin grandes inversiones solamente con un buen programa de mantenimiento.

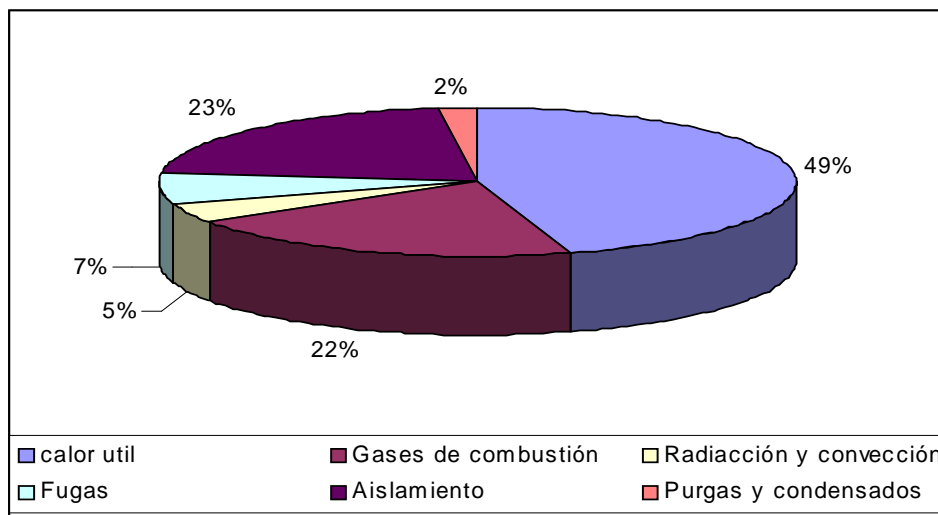
Se encuentran tramos de líneas sin servicio (donde se han trasladado equipos o desmontado). Como se observa en la Fig. 11.

Figura 11. Líneas Distribución de Vapor



La Fig. 12 muestra la utilización del vapor en la planta y las pérdidas que existen en la generación y distribución del vapor con el cual se puede determinar el potencial de ahorro que sería de 40% de vapor.

Figura 12. Distribución y Utilización de Vapor en Planta.



2. LAS CALDERAS Y EL MANTENIMIENTO

En este capítulo se presenta el análisis del vapor en la ingeniería, su utilización y el aprovechamiento de este en las calderas, líneas, redes y trampas de vapor así como algunas generalidades sobre el mantenimiento que se pretende desarrollar con la implementación de algunos programas.

2.1 LA INGENIERIA DEL VAPOR

La energía térmica producida por las calderas, tiene como principal objetivo el de aumentar las características, el uso y mejor aprovechamiento del vapor para la producción de energía térmica de calefacción industrial.

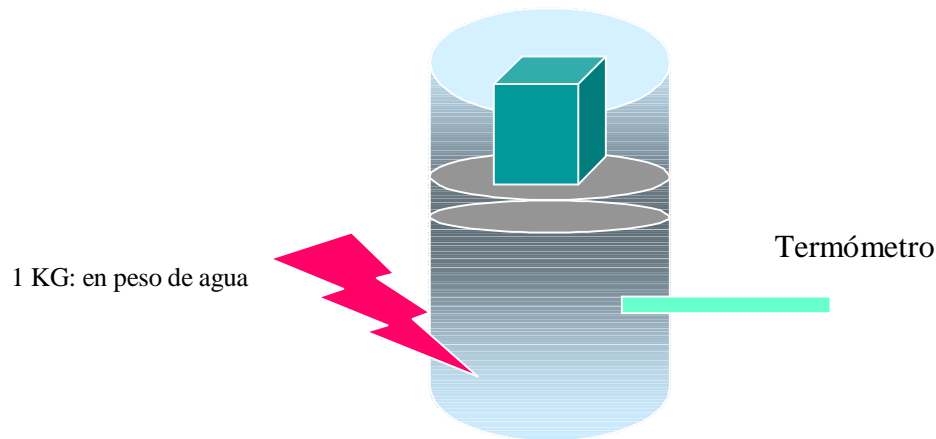
El presente informe de apoyo va dirigido a todas las personas relacionadas con el diseño, operación y mantenimiento de los generadores y consumidores de vapor, así, como brindar las herramientas necesarias para desarrollar estrategias de ahorro en la energía térmica de la empresa.

2.1.1 Definición del Vapor. Como todo elemento, el agua puede estar en fase sólida, en fase líquida, o en fase gaseosa o llamado vapor. Si se le suministra calor al agua, su temperatura aumenta de tal manera que su fase no pueda permanecer como líquido. A este valor lo llamamos "Estado de saturación". Cualquier nueva adición de energía provoca que parte del agua hierva y se convierta en vapor.

2.1.2 Producción el Vapor. Una forma sencilla de explicar la formación del vapor es consiste en considerar el siguiente experimento, ver Fig. 13. Si

tomamos un cilindro con la parte inferior y superior tapadas, y aislado en su totalidad a un 100%, donde no hay pérdidas de calor a través de sus paredes. Si se llena este cilindro con 1kg de agua. A una temperatura de 0 °C, se puede utilizarlo como punto de referencia y decir que para nuestros propósitos, su contenido de calor o entalpía es de cero (0). Cualquier adición de calor al agua hará aumentar su temperatura hasta que se alcancen los 100° C. Como la tapa del cilindro esta libre en su parte superior el agua esta sometida únicamente a la presión atmosférica; Cualquier aumento adicional de entalpía hace que el agua no pueda seguir manteniéndose en fase líquida y una parte hierva convirtiéndose en vapor.

Figura 13. Experimento de Producción de Vapor.



La entalpía total retenida por cada Kg de agua líquida a la temperatura de ebullición se llama "Entalpía específica de líquido saturado" y se designa por el símbolo " h_f ".

La entalpía adicional necesaria para convertir 1 kg de agua en vapor se llama "Entalpía específica de evaporación" y se designa por el símbolo " h_{fg} ". La

entalpía total de cada Kg de vapor es la suma de las dos anteriores. "Entalpía específica del vapor" y se designa con el símbolo " h_g ". Donde:

$$h_f + h_{fg} = h_g$$

Cuando al Kg de agua del cilindro que estaba a la temperatura de 100°C , se le ha añadido toda la entalpía específica de evaporación, el agua se habrá convertido totalmente en vapor a la presión atmosférica. Su volumen será mucho mayor que el del agua líquida y tendrá un valor específico de $1,673\text{ m}^3/\text{Kg}$.

2.1.3 Presión Volumen y Calidad del Vapor. En el ejemplo del cilindro, de la Fig. 13., si el agua se calienta y se produce vapor, la presión aumenta. A presión atmosférica la temperatura del agua saturada es de 100°C . Si la presión sube a 10bar (148 psi) la temperatura de saturación del agua será de 180°C . A la presión atmosférica, 1 Kg. de vapor ocupa 1.673 m^3 . A la presión de 10 bar abs, el mismo Kg. de vapor solo ocupa 0.194 m^3 . La calidad del vapor se describe mediante su "fracción seca", que es la proporción gravimétrica de vapor completamente seco presente en el vapor considerado.

2.1.4 Generadores de Vapor. Los generadores de vapor, calderas, son recipientes que trabajan a presión, para transferir calor de la combustión a un fluido, siendo la más común la conversión del agua en vapor.

La fuente de calor más usada es la combustión de: Carbón, Combustibles líquidos o Gases. También se usan otros como: la cascarilla de arroz, papel, madera, etc. También se usa como fuente de calor, las resistencias eléctricas y gases calientes de procesos industriales.

2.1.5 Condensación Del Vapor. Tan pronto como el vapor deja la caldera, empieza a ceder parte de su entalpía a cualquier superficie con menor temperatura. Al hacer esto, una parte del vapor se condensa, convirtiéndose en agua a la misma temperatura. El proceso es exactamente el inverso del que

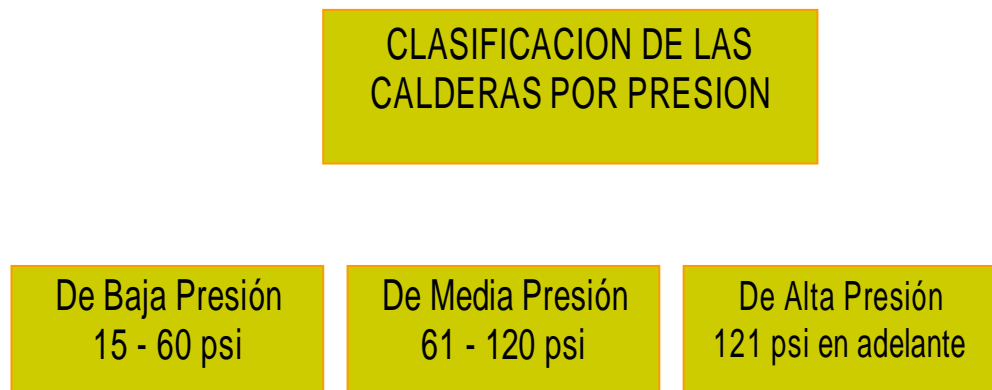
tiene lugar en la caldera cuando el agua se convierte en vapor al añadirle calor. Cuando el vapor condensa, libera la entalpía de evaporación.

2.2 CLASIFICACION DE LAS CALDERAS.

Las calderas se clasifican según:

- Presión y temperatura de trabajo, ver Fig. 14

Figura 14. Clasificación de Caldera por Presión.



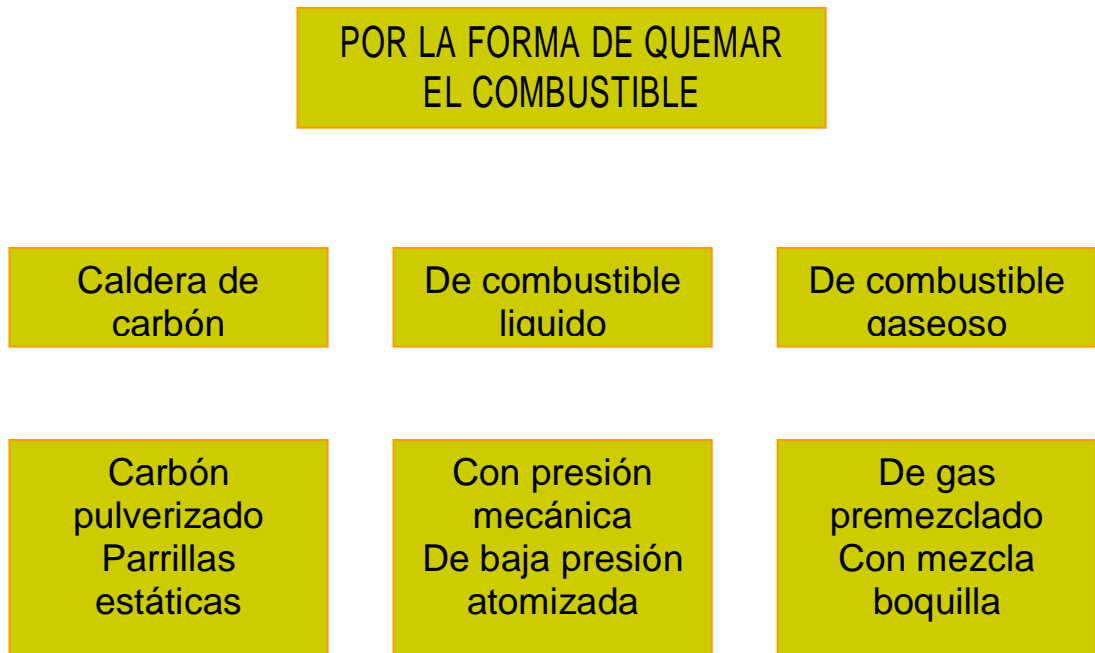
- Tipo y forma de quemar el combustible, ver Fig. 15.

Figura 15. Clasificación de Caldera por el tipo de Combustible



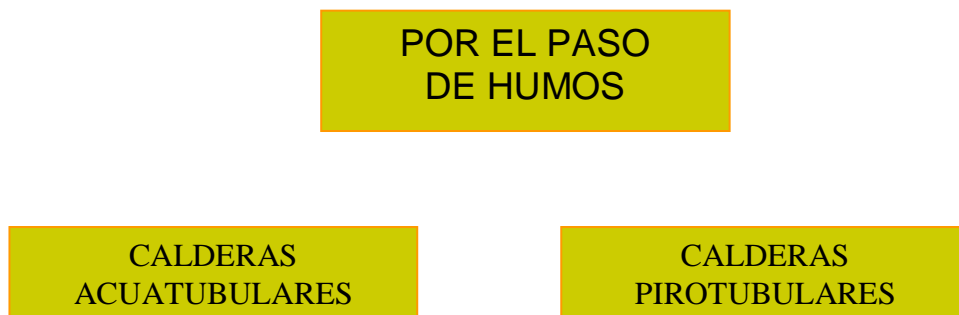
- Por la forma de quemar combustible, ver Fig. 16

Figura 16. Clasificación de Caldera por la Forma de Quemar Combustible en Calderas.



- Por el tipo de paso de humos, ver Fig. 17.

Figura 17. Clasificación de Caldera por el Paso de Humos.



2.3 EFICIENCIA TERMICA DE LA COMBUSTION EN LAS CALDERAS.

- La eficiencia de Combustión en las calderas esta dada por lo completa y eficiente que sea la reacción Oxígeno - Carbono.
- Se disminuye con el aumento de oxígeno necesario para la combustión completa.
- Los combustibles inquemados representa rebaja en la eficiencia de combustión.
- Contenidos de (CO) en los gases, significa una combustión ineficiente.
- La eficiencia Total de las Calderas esta dada por la energía bruta que sale sobre la que entra.

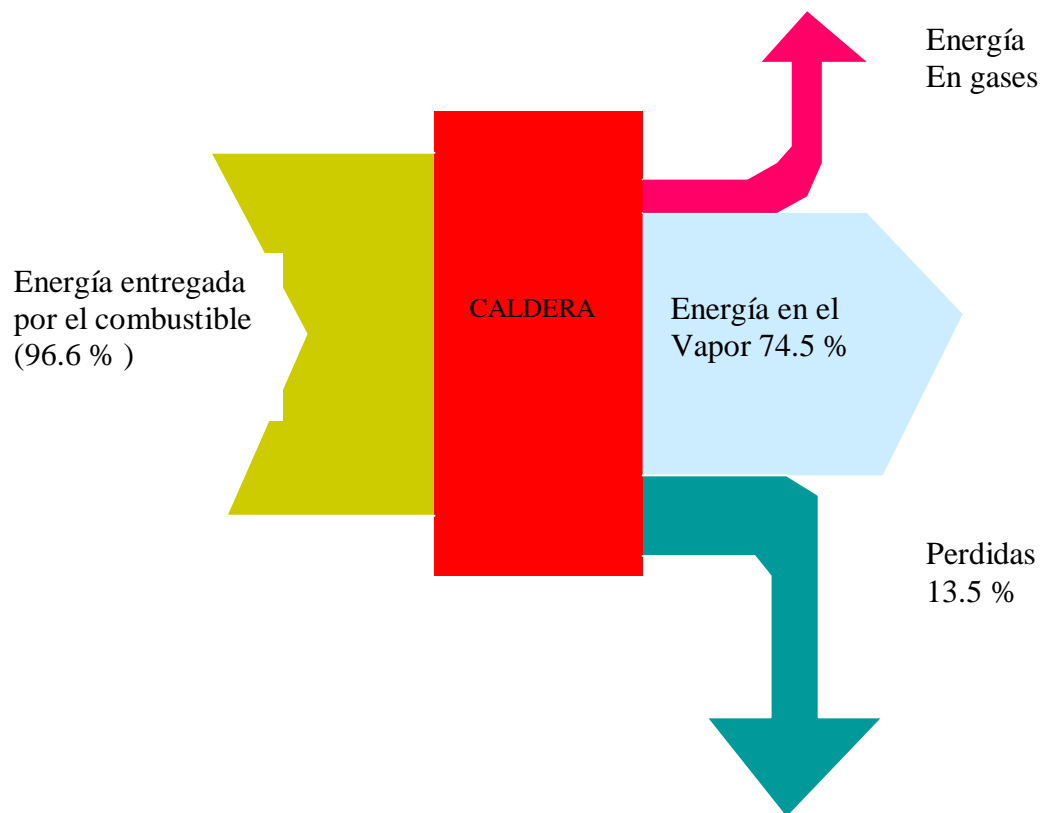
2.4 FOCOS DE PÉRDIDA DE CALOR EN LAS CALDERAS.

Los principales focos de perdidas son:

- Alta temperatura de los gases de escape.
- Inquemados del combustible.
- Elevado porcentaje de oxígeno en los gases, producto de un alto exceso de aire.
- Elevada temperatura de las paredes.
- Baja calidad del vapor por arrastre de agua en la tuberías.
- Excesivo caudal de purgas o purgas muy continuas.
- Paradas muy frecuentes por averías.
- Cenizas muy calientes.
- Entrada de agua de alimentación fría a la caldera.
- Agua en el aire de combustión y combustible.
- Fugas de vapor.
- Falta de controles.
- Operaciones fluctuantes con demandas muy variables de vapor.

En la figura 18 se muestra el balance que hay en la combustión de una caldera y como se distribuye la energía de ella.

Figura 18. Balance de Energía Típico de una Caldera.



2.5 ANALISIS DE LAS PÉRDIDAS Y AHORRO DE ENERGIA.

Cada 20-22 °C. Sobre la temperatura optima del flujo de gases, significa una perdida de energía de 1%.

Cada 1% de Oxigeno, (equivalente a 5% de exceso de aire) en los humos es indicativo de una perdida de energía de 0.5%.

También cada 10 °C de incremento de la temperatura del aire dará como resultado un 0.5% de mayor eficiencia.

2.6 DEFINICION Y COMPONENTES DE LAS REDES.

La red de distribución de vapor es el conjunto de elementos que unen el generador de vapor y los equipos de calefacción y consta de los siguientes elementos.

- Red de tuberías principales y secundarias.
- Distribución general.
- Soportes.
- anclajes.
- Abrazaderas
- juntas.
- Aislamientos térmicos.
- Válvulas reductoras de presión.
- Válvulas de Seguridad.
- Sistema de trampas para evacuación de condensados.
- Red de retorno de condensados.
- Purgadores de aire de las redes.

2.7 TRAMPAS DE VAPOR.

La función de las trampas de vapor es eliminar el condensado, aire, y otros gases no condensados de las redes principales y de los equipos que trabajan con vapor, tan rápido como sea posible. Las trampas deben proporcionar:

- Pérdidas de vapor mínimas.
- Vida larga y confiable.
- Resistencia a la corrosión.
- Venteo del aire y otros gases.
- Funcionamiento en contrapresión.

2.8 TIPOS DE TRAMPAS DE VAPOR.

2.8.1. Trampas de Vapor Termostáticas.

- De presión equilibrada.
- De expansión líquida.
- Bi- metálicas.

2.8.2 Trampas de Vapor Tipo Mecánico.

- De Flotador Libre.
- De Balde Invertido.

2.9 FOCOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DE VAPOR.

Los factores que más afectan las pérdidas de energía en las redes de vapor están en el dimensionamiento de las redes y se muestran a continuación.

- A mayor velocidad del vapor aumenta la erosión y el ruido.
- Se debe localizar puntos de drenaje en la red y evacuarlos mediante una trampa con el fin de entregar un vapor seco.
- Un punto de pérdidas de energía importante es el aislamiento de las redes, debe ser dimensionado, instalado y protegido correctamente.

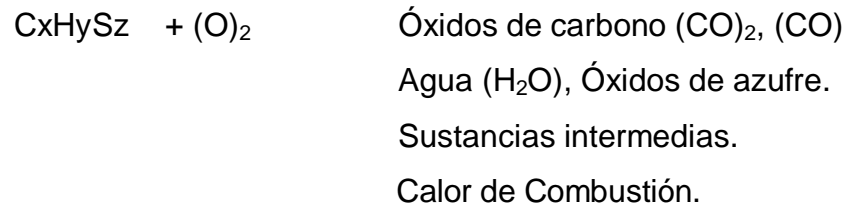
2.10 FOCOS DE PÉRDIDA EN LAS TRAMPAS DE VAPOR.

- Trampas con fugas de vapor y condensado.
- Bypasses abiertos. No se recomienda instalarlos.
- Mala selección y localización de la trampa.
- Instalación inadecuada de la trampa.
- La trampa esta mal ajustada.
- Las trampas tienen una vida útil, deben ser remplazadas.
- Mala operación de la trampa debido a mal aislamiento de la línea.

2.11 COMBUSTION.

2.11.1 Definición. La Combustión es uno de los procesos unitarios mas estudiados en donde se realiza la oxidación del carbono, el hidrógeno y el

azufre de una sustancia a través de la reacción directa con el oxígeno y con un notable desprendimiento de calor.



2.11.2 Tipos De Combustibles. Los combustibles pueden clasificarse a través del estado en que estos se encuentran, es decir:

- SÓLIDOS: Madera, Turba, Lignito, Carbón.
- LIQUIDOS: ACPM. Kerosén, Gasolina, Fuel oil, Crudo de Castilla, Crudo de rubiales.
- GASEOSOS: GLP, Gas Natural, Butano, Gas de coke.

2.11.3 Propiedades Importantes de los Combustibles.

- SÓLIDOS: Forma Física. Densidad, Contenido de humedad, Composición volátiles, Composición química Poder calorífico, Tiempo de combustión, Contenido de cenizas, Contenido de azufre.
- LIQUIDOS: Densidad, Viscosidad, Punto de llama, Punto de burbuja, Poder calorífico, Contenido de agua libre, Composición química, Contenido de azufre, Velocidad de propagación de la llama.
- GASEOSOS: Composición química, Poder calorífico, Inflamabilidad, Velocidad de propagación de llama, Contenido de azufre, Humedad.

En la tabla 2 se puede ver la composición de los combustibles y con esta se logra escoger con cual va a trabajar la caldera.

Tabla 2. Composición Típica de los Combustibles.

COMBUSTIBLE	%C	%H	%S	BTU/Lb	LHV Btu/Lb
HIDROGENO	-	100	---	61002	52000
GAS NATURAL	75	25	---	23850	21490
GLP	82	18	---	21240	19620
FUEL OIL	86	11.5	1.0	18640	17981
C CASTILLA	80	5.5	2.6	18500	17585
CARBON	60	12.0	0.4	11000	10000
AZUFRE	---	---	100	39.83	39.83

2.11.4 Eficiencia de la Combustión. Hay que definir cual es el objetivo de la Combustión que se desea hacer más eficiente, para poder proponer soluciones de conservación energética. Generalmente la combustión se usa en los procesos energéticos que se presentan en las figuras 19 y 20.

Las dos mayores aplicaciones de la combustión son la Generación de Calor y la Ejecución de Movimiento, En la primera se obtienen eficiencias del orden del 95 al 100% y en la segunda típicamente tienen eficiencias menores del 40%.

Figura 19. Usos del proceso de Combustión.

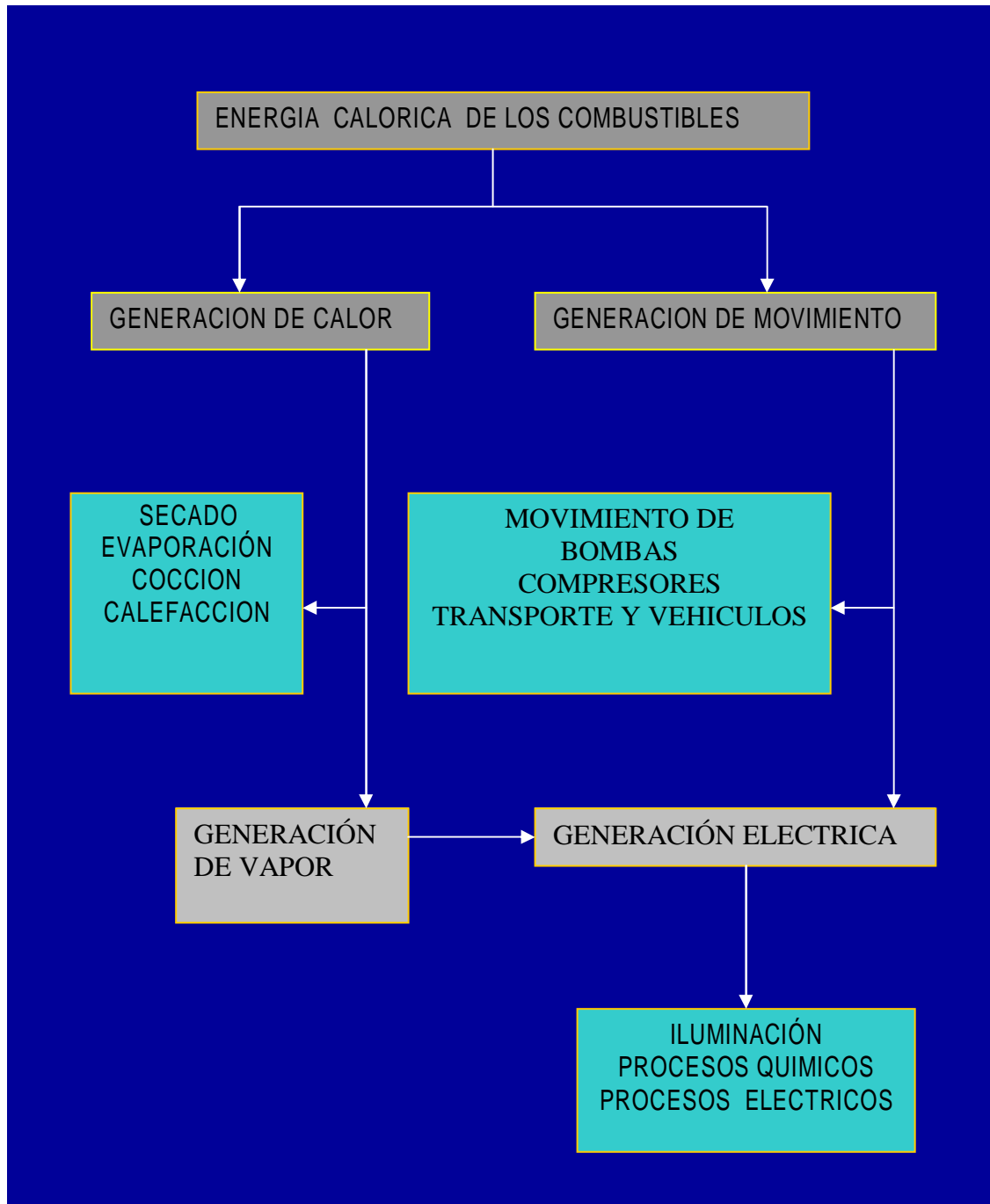
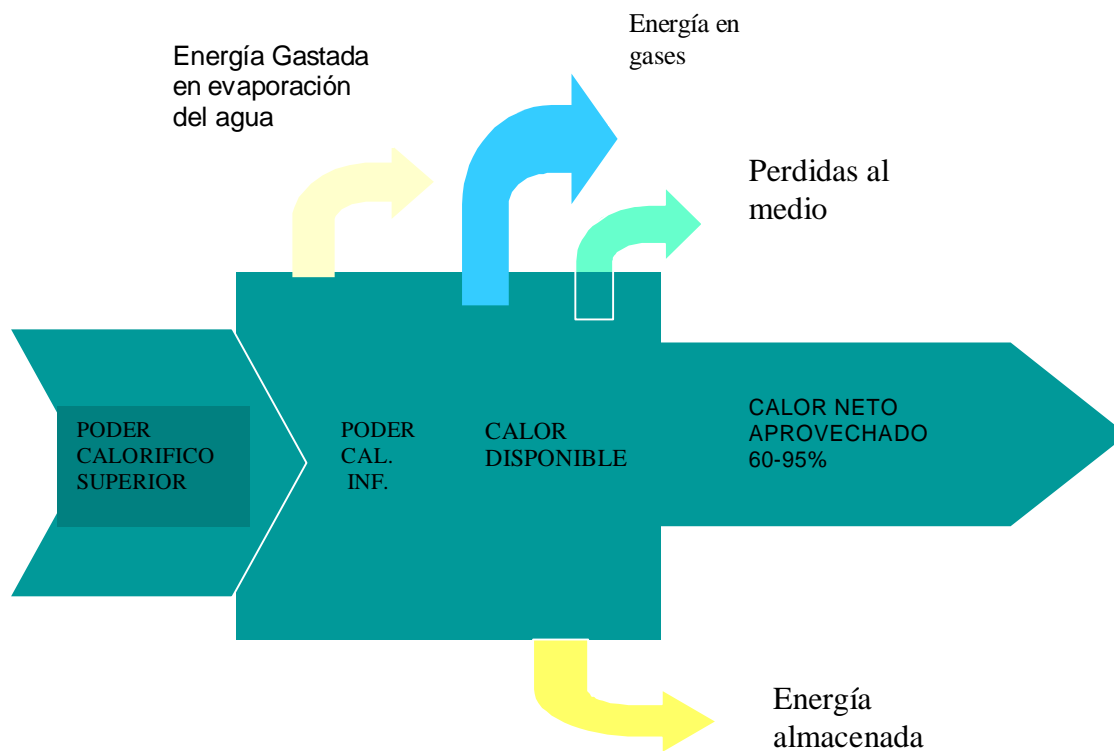


Figura 20. Diagrama de Distribución de Energía.



2.12 GERENCIA DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento requiere un enfoque global que lo integre en el contexto empresarial con la importancia que se merece. Su rol destacado en la necesaria orientación a los negocios y resultados de la empresa es garantizado por su aporte a la competitividad a través de asegurar la confiabilidad de los activos de la organización. La Optimización Integral del Mantenimiento se presenta con sus aspectos de Estrategias, Recursos de los Humanos, Recursos Materiales y Sistemas y Procedimientos, desarrollando cada uno de ellos en sus aspectos conceptuales y de implementación.

La idea del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas

técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medioambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimiza.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Tratar de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valor para ellos y sus compañías.

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

➤ Nuevas expectativas. El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento. Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las

consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

➤ Nueva Investigación. Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

2.13 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es aplicable a todo sistema o empresa que desee aumentar la confiabilidad o la vida útil de sus activos, uno de los aspectos más importantes del mantenimiento de los equipos, maquinarias e instalaciones, consiste en aplicar un adecuado plan de mantenimiento que aumente la vida útil de éstos, reduciendo la necesidad de los repuestos y minimizando el costo anual del material usado; como se sabe muchas de las maquinarias utilizadas en nuestro país son importadas del extranjero al igual que muchos materiales y algunas piezas de repuestos.

El mantenimiento es un proceso donde se aplica un conjunto de acciones y operaciones orientadas a la conservación de un bien material y que nace desde el momento mismo que se concibe el proyecto para luego prolongar su vida útil. Para llevar a cabo ese mantenimiento, este tiene que hacerse a través de Programas que correspondan al establecimiento de frecuencias y la fijación de fechas para realizar cualquier actividad.

2.14 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no pueda desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente (se daña/ se cambia).

“Este tipo de mantenimiento es el mas conocido por los encargados, jefes y ingeniero de mantenimiento. Por lo general obliga a un rigurosos conocimiento del equipo y de las partes susceptibles a fallas y a un diagnostico acertado y rápido de las causa que la originan.”¹.

2.15 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

“Es el mantenimiento que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada maquina y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intespectivas a los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de las maquinas.”².

2.16 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Con el apoyo de ciertas herramientas (termografía, termometría, vibraciones, etc.) se ejerce un monitoreo de las condiciones operativas de los equipos en funcionamiento, para determinar, la condición real de operación. (Se mide/ se analiza/ se predice). “Es aquel que utiliza datos extrapolados o tendencias para determinar la vida de servicio sin problema de una maquina.”³

2.17. GESTION DE MANTENIMIENTO

Se denomina gestión al conjunto de actividades organizadas mediante las cuales se busca el logro de objetivos en una empresa. La gestión implica cierto

¹ GONZALEZ, Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, posgrado en gerencia de mantenimiento 2004.

² BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander, posgrado en gerencia de mantenimiento 2004.

³ MARTINEZ, William. Mantenimiento Predictivo, Termografía. Universidad Industrial de Santander, posgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

grado de formalidad, cierto nivel de administración, la existencia de un ciclo que incluya revisiones y cambios, cierto nivel de compromiso con objetivos, involucrar equipos de trabajo o y un compromiso gerencial.

Las empresas que hacen gestión de mantenimiento responden a una conciencia de mejoramiento continuo y al convencimiento de que existen importantes potenciales de ahorro y posicionamiento en el mercado. Al mismo tiempo están contribuyendo a los programas energéticos del país y al desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista práctico se tienen un conjunto de acciones y de enfoques que corresponden a elementos como los que enunciamos a continuación:

- Evitar desperdicios en el consumo de energía.
- Tener conciencia de la capacidad de los equipos, dimensionar correctamente las instalaciones y escoger la capacidad adecuada para cada uno de los equipos.
- Procurar un nivel cada vez mayor del control de los procesos.
- Reducir al mínimo las pérdidas en redes de distribución y equipos consumidores de vapor.
- Aislar y reparar fugas en los aparatos y tuberías de vapor.
- Hacer revisiones a las instalaciones periódicamente como rutina interna y en casos necesarios por expertos en el concepto de uso racional de energía.
- Establecer programas de entrenamiento para el persona que tiene responsabilidades relacionadas con equipos de consumo energético.
- Realizar actividades de registro y monitoreo de los consumos de combustible.
- Asegurar que el mantenimiento de los equipos contenga aspectos relacionados con la energía y que tengan implementos preventivos y predictivos.
- Velar porque haya trabajo de equipo, motivación y compromiso de las personas en los temas relacionados con el uso eficiente de la energía.

3. USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LA GENERACIÓN DE VAPOR

Los problemas de la industria están enfocados a hacerla competitiva frente al marco internacional, la cual los obliga a que los productos estén elaborados con la calidad para cubrir las especificaciones establecidas.

Mantener o reducir los costos operativos, tan sólo se logra al tomar acciones que contribuyan al uso racional y eficiente de los recursos energéticos. Por otra parte, las regulaciones existentes para garantizar la conservación del ambiente, establecen límites permisibles para el desecho de contaminantes en agua, suelo y aire. Dichos límites se pueden controlar mediante la revisión periódica y minuciosa de los consumos energéticos.

La conservación de energía es una parte primordial de las políticas energéticas de muchos países; se trata de un tema relativamente nuevo pero que aparece en casi todos los informes sobre manejo y administración de recursos energéticos.

Los conceptos conservación, uso racional, uso eficiente y ahorro relacionados con la energía, se abordan en el lenguaje político lo que refleja la preocupación de los gobiernos al respecto. Con este propósito se establecen lineamientos o programas que tengan un impacto en la reducción de los consumos energéticos, conservación de los recursos naturales y finalmente protección del ambiente.

3.1 CONTEXTO DEL AHORRO DEL VAPOR

El vapor de agua es uno de los medios de transmisión de calor de mayor efectividad y su fácil generación y manejo lo han situado como uno de los

servicios auxiliares más difundidos en la industria. En el presente estudio se ha encontrado grandes potenciales de ahorro en la generación y distribución de vapor, que van hasta 35% del consumo de combustible. Por lo anterior, y con objeto de mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas se impulsan programas de uso racional de la energía, para determinar sus condiciones de operación y las oportunidades de ahorro que permitirán alcanzar tal fin.

Los problemas de la industria nacional están enfocados a:

- Adquirir competitividad en el ámbito internacional, lo cual obliga a que todos los productos, sean elaborados con la calidad exigida para cubrir las especificaciones establecidas y ser competitivos económicamente.
- Mantener o reducir los costos operativos, lo cual tan solo se logra al tomar acciones que contribuyan al uso racional y eficiente de los energéticos⁴.

3.2 ENFOQUE DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

El diseño del programa piloto de eficiencia energética en sistemas industriales de generación y distribución de vapor, se enfoca a:

- Determinar las áreas de oportunidad de ahorro en los consumos actuales de energía en las diferentes áreas de la empresa.
- Mejorar la eficiencia de operación de los sistemas.
- Reducir la emisión de contaminantes y temperatura de los gases de combustión, los cuales afectan directamente al cambio climático global (efecto invernadero).
- Diseñar una metodología que garantice que los diagnósticos sean uniformes en cuanto a información se refiere, confiables y además, que tengan un bajo costo. Dentro de esta línea se proyecta desarrollar metodologías y acciones que conduzcan al uso racional de energía térmica en el sector Industrial, comercial y residencial, a través de diferentes programas.

⁴ CONPES (1995). Documento CONPES 2801. Estrategias y acciones para fomentar el uso eficiente y racional de energía. 1995. Bogotá

3.3 ETAPAS DEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

Mediante este programa se evalúa, global y/o puntualmente, los desperdicios de energía y las ineficiencias que puedan presentar los equipos que conforman el sistema de generación y distribución de vapor. Así mismo se pretende reducir el consumo de energía sin detrimento en la producción, y localizar posibles anomalías relacionadas con falta de aislamiento térmico fugas, etc., y todo lo que atenta contra las pérdidas de energía.

Una Auditoria Global involucra desde la evaluación completa del sistema, hasta el análisis de subsistema o sistemas secundarios tales como: sistema de alimentación, sistema de transformación, sistema de distribución, y uso final del vapor. A continuación se presentan las Etapas a seguir del programa. Ver Formatos 1 – 6 para recopilación de información.

3.3.1 Mediciones. En la parte correspondiente a mediciones, se trata tanto aspectos básicos de instrumentación como las mediciones que serán requeridas para aplicar la metodología. Ver Formatos de recopilación de información al final del capítulo.

La calidad del diagnóstico energético, y por lo tanto la efectividad de las medidas que se recomienden, dependerá de la precisión, forma y condiciones en que las mediciones sean tomadas, por lo que habrá que cuidar que no exista una variación mayor al 5% entre lecturas, ya que de presentarse esta situación en una serie de lecturas, éstas deberán desecharse y repetirse hasta que las mediciones tengan la precisión necesaria. Antes de realizar las pruebas y las mediciones correspondientes, es conveniente realizar una inspección completa al sistema para verificar la operación de todos los instrumentos incluyendo los equipos portátiles. El equipo de trabajo dará indicaciones al personal que participará en las mediciones y en la prueba. Con el propósito de que todos los datos necesarios para el cálculo sean obtenidos, se proporcionan alternativas de medición para cada uno de los parámetros.

Se establecerán con precisión las mediciones que se llevarán a cabo y la forma de realizarlas. El grupo que lleve a cabo el diagnóstico definirá su procedimiento, considerando las mediciones que creen necesarias como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Lista de Mediciones.

MEDICIÓN	LUGAR
MEDIO AMBIENTE:	
<ul style="list-style-type: none"> · Temperatura ambiente de bulbo seco · Temperatura ambiente de bulbo húmedo · Humedad relativa · Presión barométrica 	Área donde se localice el sistema de generación y distribución de vapor.
GENERADOR DE VAPOR:	
Chimenea <ul style="list-style-type: none"> · Análisis de gases · Temperatura de gases de escape 	En algún lugar de la tubería, lo más cercano posible al cuerpo de la caldera, para evitar que la medición se vea afectada por posibles infiltraciones de aire.
Agua de alimentación <ul style="list-style-type: none"> · Flujo · Temperatura · Presión 	En la instrumentación localizada a la descarga de la bomba de agua de alimentación y en el tanque de agua de alimentación.
Vapor <ul style="list-style-type: none"> · Flujo · Temperatura · Presión 	En la instrumentación localizada en el generador de vapor, en el cabezal de distribución de vapor o método indirecto.
Combustible <ul style="list-style-type: none"> · Flujo · Temperatura 	En la caseta del suministro de combustible.
TUBERÍAS, TANQUES Y DEPÓSITOS	
Temperatura de superficie	Superficie o pared del equipo que se trate.
FUGAS Y PURGAS	
<ul style="list-style-type: none"> · Temperatura · Presión · Diámetro de fuga 	Cabezales de distribución o instrumentación localizada en tanques. Para fugas en el lugar donde se detecten.
TRAMPAS DE VAPOR	
<ul style="list-style-type: none"> · Sonido emitido por el flujo de vapor · Sonido emitido por el flujo de condensado · Sonido emitido por falla del dispositivo interno de la trampa de vapor. 	Tubería antes de la trampa Tubería de descarga de la trampa En el cuerpo de la trampa de vapor

3.3.2 Instrumentos De Medición.

➤ Temperatura

- Termómetros de bulbo
- Termómetros de resistencia
- Termopares
- Termómetros digitales

➤ Presión

Para medir la presión en líquidos o en vapor, se usarán manómetros, por lo regular de tubo de Bourdon, que es un tubo en forma de media herradura cerrado en un extremo y en el otro conectado a la fuente de presión que se va a medir, la que hace que la herradura se abra o se cierre dependiendo de una mayor o menor presión. El movimiento se transmite por medio de un mecanismo de relojería a una aguja sobre una carátula graduada, donde se lee la presión manométrica.

➤ Presión Barométrica

Esta es la presión atmosférica del lugar y puede ser determinada conociendo la elevación sobre el nivel del mar del lugar o medirla con un barómetro de columna de mercurio o un manómetro aneroide. Normalmente se expresa en mm de columna de mercurio, m de columna de agua o en algunas ocasiones en otras unidades de presión (kg/cm^2 o Lb/plg^2).

➤ Flujo

Se puede medir utilizando una placa de orificio, venturí o tubo pítot. La caída de presión de los fluidos al pasar por estos dispositivos es proporcional al caudal que circule por la tubería. Si mediante un manómetro se registra la caída de presión podrá determinarse la magnitud del flujo.

También se puede medir mediante la utilización de medidores ultrasónicos de flujos

➤ **Combustión**

Analizador de gases de combustión **Orsat**. Se basa en el cambio de volumen que sufren ciertos compuestos al absorber el CO, CO₂ y O₂ contenido en los gases de combustión. Consta de una bureta, tres tubos de absorción, una botella de nivel, tubos de conexión de vidrio y mangueras. Usa potasa cáustica que absorbe el CO₂, ácido pirogálico para absorber el O₂, y una disolución de cloruro cuproso en amoníaco para absorber el CO. La medición de estos gases se efectúa como una función del cambio de volumen de estos líquidos.

3.3.3 Toma De Mediciones.

➤ Mediciones de condiciones del medio ambiente: Se tomarán en el cuarto de máquinas junto al generador de vapor.

➤ Temperatura de bulbo seco: corresponde a la temperatura normal del ambiente y es medida por un termómetro de bulbo.

➤ Temperatura de bulbo húmedo: corresponde a la temperatura medida por un termómetro similar al anterior pero con una mecha o algodón mojado en la parte sensible por donde se hace circular aire del ambiente.

➤ Humedad relativa: se determina con la temperatura de bulbo seco y húmedo usando tablas psicrométricas o con un psicrómetro.

➤ Presión barométrica: se determina con un barómetro, barómetro aneroide o conociendo la elevación del lugar.

Fórmula aproximada para determinar la presión barométrica de un lugar conociendo su elevación sobre el nivel del mar, válido entre 500 y 4000 m.

$$P \cong 10,33 - ((h-500)/1000) \text{ m.c.a.}$$

donde:

P: Presión barométrica en m columna de agua

h: Elevación del lugar en m

➤ Generador de vapor

- Flujo de Vapor.
- Temperatura del Vapor.
- Presión del Vapor.
- Análisis de Gases.
- Flujo de Agua de Alimentación.
- Temperatura de Agua de Alimentación.
- Presión de Agua de Alimentación.
- Cantidad de Purga Continua.
- Características del Combustible.
- Cantidad de combustible.

3.3.4 Fugas. Se miden mediante equipo de ultrasonido, estetoscopio. En el caso de que encuentre fugando vapor en forma continúa, la cantidad de flujo será determinada mediante las tablas y formulas enunciadas en el anexo B Cálculo de Perdidas de Energía por Falta de Aislamiento Térmico y Fugas de Vapor.

3.3.5 Mediciones en Superficies Calientes. En el caso de tuberías o tanques, se tomará la medición de temperatura en la superficie del aislamiento, en el caso de que se cuente con éste, o en su defecto, directamente sobre la

superficie de la tubería o tanque. Así mismo, en el caso de tuberías se determinará su longitud y en el caso de tanques su superficie.

3.4 MÉTODOS DE CÁLCULO

Dada la aceptación a nivel internacional del código de pruebas de potencia de la **American Society of Mechanical Engineers (ASME)** se hace uso de éstos, para el cálculo de la eficiencia en generadores de vapor, utilizando los métodos de pérdidas y el de entradas y salidas. Ver anexo A. Cálculo De Eficiencia Y Ajuste De Combustión.

En esta metodología se incluye la evaluación de las diversas pérdidas que se pueden encontrar en un generador de vapor como son: las pérdidas por gases secos (gases de escape por la chimenea), pérdidas por la formación de CO, por radiación, por la humedad del combustible, por humedad en el aire, por la humedad producto de la combustión de hidrógeno, así como la consideración de pérdidas no determinadas, las cuales son normalmente establecidas por el fabricante. También se realiza un balance de entradas y salidas en el cual se evalúa la energía total que entra al generador de vapor (la suministrada por el combustible, agua de alimentación) y la energía que sale del mismo (vapor principal, purga continua y pérdidas).

Dentro de los cálculos, también se incluyen procedimientos para la evaluación de las pérdidas de calor a través de aislamientos (tuberías y ductos) y para la evaluación del calor perdido por fugas de vapor y purgas.

3.5 MEDIDAS DE AHORRO

Se definirán cada uno de los potenciales de ahorro de energía y las medidas por aplicar dividiéndose éstas en dos apartados: aquellas que no requieran inversión e involucren sólo modificaciones a la operación o ajustes menores a los equipos existentes; y las que necesiten de una inversión.

Las medidas de ahorro serán divididas en tres categorías básicas o niveles de implantación:

- Aquellas cuya implantación requiera de una inversión nula o baja (nivel 1).
- Las medidas que requieran de una inversión mayor para poder ser adoptadas (nivel 2).
- En el caso de que sea necesaria la aplicación de un estudio posterior a la evaluación para determinar la posible aplicación de una medida, o definir otras, éste quedará fuera del alcance del diagnóstico y se considerará como nivel 3. como se ve en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Niveles de Ahorro de Implementación.

Áreas potenciales de ahorro	Medidas de ahorro	Nivel
Pérdidas en el generador de vapor.	• Optimización de la combustión.	1
	• Reducir el porcentaje de exceso de aire.	1
	• Precaentamiento del combustible.	2
	• Sustitución por quemadores de bajo exceso de aire.	3
	• Instalación de equipos de recuperación de calor: economizador o precalentador de aire	3
	• Sustitución de generador de vapor.	3
Combustible	• Sustitución o complementación.	2
	• Control de la recepción, manejo, almacenamiento y seguridad.	3
	• Aditivos, Secado, Calentado y Atomizado.	2

Gases de combustión	<ul style="list-style-type: none"> • Pre calentamiento de agua y aire. • Revisar tiros forzados o inducidos. • Revisar transferencia de calor a tubos de agua. • Verificar espesor de fluxes. 	2 1 1 2
Agua de alimentación y condensados.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar turbobombas para el agua de alimentación. • Evaluar el retorno de condensados: contaminación, porcentaje y temperatura. • Inyectar directamente a la caldera los condensados de muy alta temperatura. • Evaluar la presión de bombas de agua de alimentación. 	3 2 2 2
Aislamiento y fugas	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de fugas en tuberías, trampas de vapor y válvulas. • Mejorar el aislamiento. 	2 2
Selección de combustible y aditivos.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione los combustibles más rentables. • Utilice aditivos para combustibles líquidos. 	1 2
Planeación de la operación	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar los tiempos de operación dependiendo de la producción. 	1

Tabla 5. Medidas de Ahorro y Implementación.

Áreas potenciales de ahorro	Medidas de ahorro	Nivel
Instrumentación y control	• Calibración o modernización de los instrumentos.	2
	• Automatización del sistema de control (control distribuido o control remoto).	3
	• Control de velocidad en bombas y ventiladores.	3
	• Dotar con analizadores de gases y otros instrumentos.	2

Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de personal. 	2
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y pruebas. 	2
Equipos auxiliares o periféricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Compuertas y capuchones para viento en chimenea. 2 • Deflector de viento en ventilas del cuarto de calderas. 1 • Quemadores de bajo exceso de aire. 3 • Substituir quemadores atmosféricos por quemadores de alta presión. 3 • Quemadores con retención de flama. 3 • Instalación de quemadores a atomización con vapor o aire. 3 • Instalación de quemadores duales. 3 • Instalación de turbuladores en quemador. 3 • Instalación de sopladores de hollín. 3 • Mejorar las condiciones del retorno de condensado. 2 	
Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar dimensionamiento y disposición de tuberías. 2 • Agregar cabezal común para varios generadores de vapor. 2 	
Contabilidad energética	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los costos de producción de vapor. 1 • Determinar el consumo específico de combustible. 1 • Determinar eficiencia de operación. 1 	

3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para cada una de las medidas de ahorro de energía que se hayan definido, se realizará el análisis económico para integrar una cartera de proyectos viables que se someterán a consideración de la empresa en cuestión, y permitirán formular un plan de acción.

Para realizar el análisis económico, será necesaria la siguiente información recopilada previamente, la cual forma parte de las políticas financieras de la empresa.

3.6.1 Tasa de Rentabilidad de la Empresa sobre sus Proyectos de Inversión (%). La tasa de rendimiento esperada por la empresa en sus inversiones. En caso de que la empresa no maneje un valor específico se considerará la tasa de interés de un instrumento financiero como Cdt`s a 28 días + 8 puntos.

3.6.2 Período Máximo de Recuperación de las Inversiones. Se define como el tiempo máximo en el que una empresa amortiza sus proyectos de inversión. La evaluación se realizará para la vida útil de la medida de ahorro de energía en cuestión, y se determinará el período real de recuperación.

3.6.3 Inversión Total. Representa el costo global en pesos de la implantación de la medida de ahorro: costo del equipo, instalación, pruebas y puesta en marcha.

➤ Relación Beneficio - Costo

$$\text{RELACION} = \frac{\text{VPNB}}{\text{VPNC}}$$

donde:

VPNB : Valor Presente Neto de los Beneficios

VPNC: Valor Presente Neto de los Costos

$$\text{VPNB} = \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^n}$$

donde:

VPNB : Valor Presente Neto de los Beneficios

Ij : Ingreso en el período j

n: Número de períodos
i: Tasa de rentabilidad

$$VPNC = \sum_{j=0}^n \frac{E_j}{(1+i)^j}$$

donde:

VPNC : Valor Presente Neto de los Costos
Ej : Egreso en el período j
n: Número de períodos
i: Tasa de rentabilidad.

3.7 GESTION DE UN PROGRAMA PARA USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

Se pueden contemplar tres grandes conjuntos de acciones en el espacio empresarial.

Hay acciones inmediatas, del día a día, que están bajo el dominio de las distintas personas, cada uno en su puesto de trabajo y en su campo específico. En este espacio es factible comprometer a las personas con acciones de minimización de consumos y de ahorros que pueden ser significativos, evidentes, rentables, sencillos y de bajo costo. En estos espacios se pueden lograr ahorros energéticos inmediatamente y sin invertir grandes cantidades de dinero. Para ellos se requiere de motivación, acompañamiento y apoyo técnico básico, de confianza, de entrenamiento, de un sentido de compromiso y del conocimiento de principios sencillos.

Existe un segundo nivel, que se puede denominar el del día siguiente. En este plano las acciones corresponden a zonas de mayor responsabilidad, que implican inversiones y manejo presupuestal. Son acciones más técnicas que son emprendidas bajo la dirección de mandos y jefes en distintos niveles. Para ellos se requiere un programa deliberado, acompañado igualmente de entrenamiento, de sentido de compromiso con objetivos y del conocimiento de principios, algunos sencillos, otros más complejos.

En un tercer nivel, más de futuro y para mantener e incrementar los ahorros que se pueden lograr en los dos niveles anteriores, es aconsejable el desarrollo de un programa o sistema de manejo energético y el compromiso de la

gerencia. Acá se manejan políticas y objetivos de toda la organización y se está interviniendo sobre los fundamentos de los procesos y sobre el diseño mismo del producto.

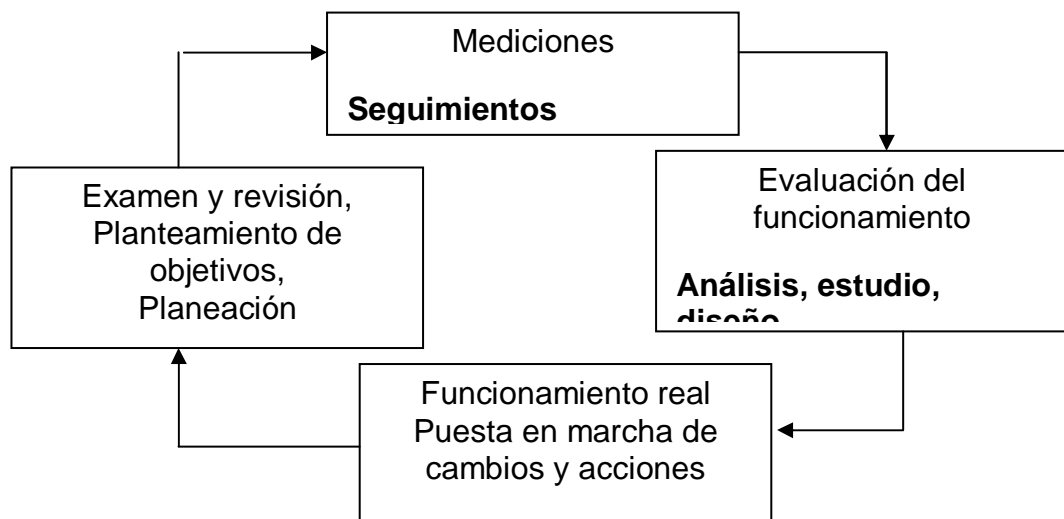
Estos programas, en sus distintos niveles, tienen que ver con las acciones que tienen por objeto lograr el uso racional de la energía en armonía con las metas de producción de la organización.

Estos programas de gestión se caracterizan porque están sujetos al clásico ciclo dinámico de planear, ejecutar, medir y revisar, ver Fig. 21.

Todos estos se pueden aplicar a procesos o equipos particulares o en procesos más generales como los de una línea de producción completa o al organización como un todo.

Normalmente un programa tendiente al uso eficiente de la energía conduce a hacer eficientes los manejos de otros recursos, como el personal, las materias primas, el tiempo, el medio ambiente. Esto se debe a la situación dinámica y estratégica del tema energético en la organización y en el proceso.

Figura 21. Ciclo dinámico planear, ejecutar, hacer y medir.



Los pasos para la puesta en marcha de un programa de este tipo en las empresas pueden ser generales como los siguientes:

3.7.1 Visión. Contar con una visión y una decisión administrativa al nivel gerencial, de forma que se trate de una iniciativa verdaderamente empresarial. Como muchas de las actividades de ahorro energético dependen de las personas, desde la gerencia hasta la planta de producción, es importante el compromiso, pues de lo contrario se pueden generar fricciones y contradicciones internas.

Eventualmente el programa va a exigir cierto nivel de inversiones y cambios. Por ello involucra liderazgo, medición y reporte, entrenamiento y revisión de los procedimientos estandarizados. Para que la gestión energética se vuelva parte de la forma como la empresa hace los negocios, es conveniente que esté integrada a sistemas de gestión existentes tales como de calidad, ambiente y salud y seguridad. El alcance preliminar del proyecto debe ser definido en su inicio. Cuando se define el alcance preliminar es importante definir las metas y los resultados que se quieren lograr para así determinar un marco de trabajo de costo y tiempo.

El adoptar un sistema de gestión energético permite basar el sistema en un marco consistente con las prácticas actuales de manejo de la empresa. Es importante que el sistema sea dinámico de modo que se pueda cambiar a medida que la empresa se desarrolla y madura. La revisión gerencial es importante.

3.7.2 Selección del Equipo de Trabajo. Se va a requerir que algunas personas estén involucradas, ciertamente deben participar las relacionadas con las áreas determinadas que tienen que ver con los programas.

Es importante establecer lenguajes comunes y nivelar a las personas en lo relativo a los conceptos de conservación de energía. Se recomienda iniciar con seminarios para aquellos que vayan a participar en él. Los seminarios deben ser planeados y ejecutados de tal manera que sean compatibles con los intereses de los participantes.

Es aconsejable establecer un comité de energía que sea representativo y designar líderes de los programas.

3.7.3 Auditorias Energéticas y Revisiones. Es aconsejable contar con auditorias energéticas de tipo general y específica. Lo que se quiere es detectar las áreas de oportunidad para mejoras y detectar las causas fundamentales de los problemas de ineficiencia o altos consumos y plantear acciones correctivas y preventivas.

Es posible que se requiera personal experto en medición y cálculos de energía, así como asesoría relacionada con los procesos. Este personal puede ser interno y externo. Siempre es aconsejable contar con la visión de personas externas, que ven asuntos que pueden pasar inadvertidos para las personas de la organización.

Una auditoria puede ser ejecutada en varias etapas. Por ejemplo, la evaluación general de una planta puede mostrar que los consumos de vapor o energía eléctrica son mayores que los estándares conocidos para el tipo de proceso que allí se hace, por lo que se puede hacer una auditoria específica a una fuente de energía y posteriormente a los equipos.

Es conveniente designar y entrenar auditores internos que hagan revisiones sencillas y regulares de los temas de energía.

3.7.4 Mediciones y Registros. Uso de Indicadores. La medición regular de las variables de proceso es muy importante como base para encontrar

eficiencias y puntos de trabajo comparativos. Permite contar con elementos racionales y técnicos para:

- Estudiar las condiciones actuales y calcular los indicadores.
- Fijar y revisar metas y comportamiento de indicadores.
- Proponer y estimar ahorros y mejoras.
- Entender la magnitud de los cambios necesarios y estimar inversiones.
- Tomar decisiones y establecer prioridades.

4. PASOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN HARINAGRO

“Hasta la década de 1980 la industria de la mayoría de los países occidentales tenía un objetivo bien definido: obtener el máximo de rentabilidad para una inversión dada. Sin embargo, con la penetración de la industria oriental en el mercado occidental, el consumidor pasó a ser considerado un elemento importante en las adquisiciones, o sea, exigir la calidad de los productos y los servicios suministrados, y esta demanda hizo que las empresas considerasen este factor, “calidad”, como una necesidad para mantenerse competitivas, especialmente en el mercado internacional debido a la globalización.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos, ya que en 1975, la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como Producción = Operación + Mantenimiento, donde al segundo factor de este binomio, pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de parada de los equipos que afectan la operación.
- Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios.
- Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan los criterios establecidos control de calidad y estándares preestablecidos”⁵.

⁵ TAVARES Louri Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Libros de colección. www.mantenimientomundial.com

También las empresas debido a la globalización y especialmente la industria nacional por la firma del TLC, hoy en día se ve en la necesidad de ser cada vez más eficiente y competitivas esto se logra:

- Trabajando con bajos inventarios.
- Disminuyendo las horas extras.
- Cero defectos.
- Uso racional de la energía.
- Cuidando el medio ambiente.

Esta instrucción pone el acento sobre la importancia del mantenimiento de la empresa Harinagro especialmente en los equipos que utilizan vapor de agua como energía con el fin de conservar en el tiempo las características funcionales de los equipos y aparatos, mantener el rendimiento global a su máximo nivel, proteger el medio ambiente y preservar la seguridad para las personas y los bienes.

Por lo anteriormente mencionado antes de mostrar el programa de mantenimiento diseñado para Harinagro, hacemos una descripción de los componentes que se deben desarrollar para la implementación de un Programa Integral de Gestión de Mantenimiento, el cual busca aplicar rutinas de mantenimiento predictivo (PD), preventivo (PV), correctivo (CO) y establecer un programa de control de mantenimiento; sobre la infraestructura general, los equipos especializados, la infraestructura logística básica y la infraestructura de servicios.

4.1 ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Un buen programa de mantenimiento incluye varios elementos, según se detalla a continuación.

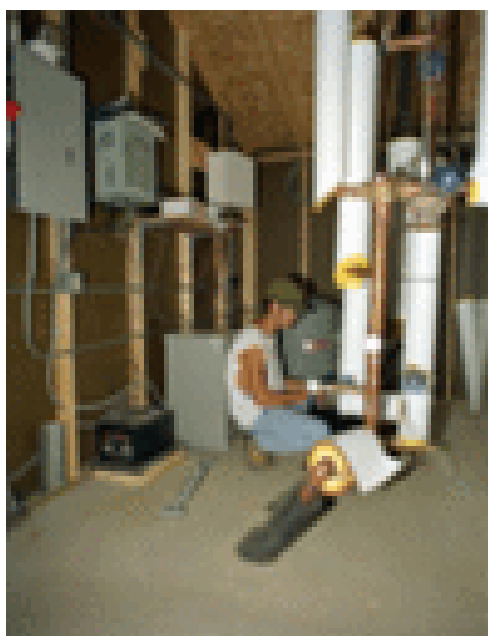
4.1.1 Información del Equipo. El personal de mantenimiento debe tener todas las instrucciones de los fabricantes y manuales disponibles en una

ubicación de fácil acceso. Deben ser utilizados al poner en funcionamiento un equipo o al realizar tareas de mantenimiento.

Además, el personal de mantenimiento debe contar con una lista de equipo principal con la descripción del equipo, su función, forma de operación y requisitos de mantenimiento, Manuales de inspección de la caldera y accesorios.

4.1.2 Revisiones de Operaciones y Mantenimiento de Rutina. El personal de mantenimiento debe revisar en forma regular las configuraciones adecuadas de control y operación de los equipos y sistemas. Figura 22. La lista de control brinda una guía sobre el proceso. Los manuales e instrucciones de los equipos también deben utilizarse cuando estén disponibles. Es conveniente que el personal de mantenimiento confeccione y siga un cronograma de tareas de operación y mantenimiento para garantizar que los procedimientos de mantenimiento sean realizados con la frecuencia recomendada.

Figura 22. Revisiones de Operaciones y Mantenimiento de Rutina.



4.1.3 Registro de Datos y Manejo de Indicadores de Mantenimiento. Todos los controles y procedimientos de mantenimiento deben registrarse en un diario de registros disponible para todo el personal de mantenimiento. Esta práctica

ayudará a garantizar que todos los puntos necesarios del programa sean realizados y que no sean repetidos por más de una persona de mantenimiento.

4.1.4 Capacitación. El personal de mantenimiento deber recibir capacitación para operar y mantener el equipo, instalar nuevos equipos. Se debe asegurar que el personal de mantenimiento reciba capacitación para operar y mantener el equipo en forma adecuada. El vendedor o fabricante puede proporcionar esta capacitación como se aprecia en la figura 23.

En este pilar se busca planificar la capacitación de los operadores, mantenedores e ingenieros de producción (operación y mantenimiento) de forma que se pueda alcanzar las siguientes características:

- Operadores. Profesionales capaces de realizar actividades de mantenimiento, de forma espontánea de mantenimiento preventivo (limpieza, lubricación, inspección y pequeños ajustes y medición)
- Mantenedores. Profesionales capaces de realizar actividades múltiples (mantenimientos predictivos), hoy ampliado al desarrollo de análisis de ocurrencias
- Ingenieros de producción. Profesionales capaces de evaluar, revisar y proyectar equipos con reducidas necesidades de manutención y alta mantenibilidad.

Figura 23. Capacitación de Personal.



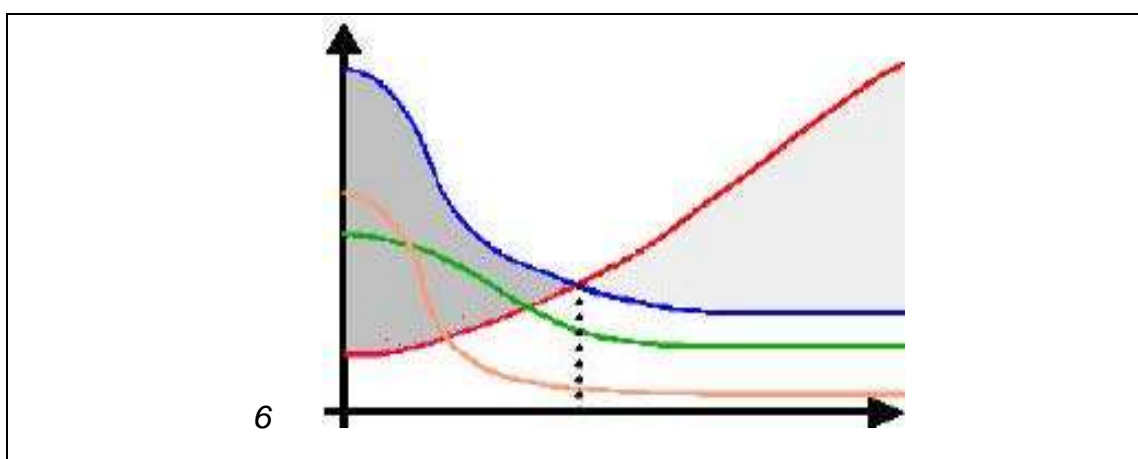
4.1.5 Responsabilidad. El equipo de mantenimiento debe ser responsable para asegurar prácticas correctas. Se recomienda que un integrante del personal de mantenimiento o ingeniero cuente con responsabilidad general para el desarrollo del programa.

Tener una persona a cargo ayuda a crear un incentivo para buenas prácticas de operación y, en general, produce un mejor rendimiento.

4.2 COSTOS Y PRODUCTIVIDAD.

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente como se aprecia en la figura 24 y nos lo muestra con la curva roja, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del "stock" de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes⁶.

Figura 24. Costo de Mantenimiento con Relación al Tiempo.



⁶ TAVARES Louri Augusto.

www.mantenimientomundial.com

La implantación de la planificación y control, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, negativa con tendencia a valores estables (curva azul). Por estudios realizados se ha demostrado que la planeación de mantenimiento pueden representar en el computo total, un ahorro de 300 a 500%, siendo más de la mitad de este ahorro debido a la facturación cesante, considerando el costo total de una parada de equipo, como la suma del costo del mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo; falta de equipos; costo por emergencias; costos extras para reorganizar la producción; costo por repuestos de emergencia; penalidades comerciales e imagen de la empresa.

Experiencias de evaluación del costo de indisponibilidad muestran que éste representa más de la mitad del costo total de la parada.

La inversión inicial en mantenimiento planeado es mayor que el de mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento planeado y aleatorio, identificado como mantenimiento preventivo y predictivo, a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al de mantenimiento por rotura.

Consecuentemente los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento por rotura (roja) y con prevención (azul), antes y después de ese punto sean iguales como se aprecia en la figura 24. Si la vida útil de los equipos de la empresa es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La

capacitación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los costos iniciales del mantenimiento aleatorio restante, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo poco altera el resultado económico del periodo de generación de ingresos o beneficios.

En el aspecto de disponibilidad y confiabilidad, la planeación y control disminuye las interrupciones imprevistas de producción y mejora la distribución de la ocupación de la mano de obra, reduciendo las colas de espera de los equipos que aguardan para mantenimiento. La planificación adecuada conduce a métodos de mantenimiento con establecimiento de estándares de ejecución, desarrollados a partir de recomendaciones de fabricantes, experiencia del personal interno y bibliografía de empresas similares.

Dentro de esos estándares, se destacan las órdenes de pedidos y mantenimiento, las instrucciones de mantenimiento o lista de verificación (checklist), las hojas de registro de datos u hoja de variación de especificaciones y el programa maestro de mantenimiento.

Además de las referencias presentadas, otros ejemplos de la ventaja de implantación o perfeccionamiento de la filosofía del Mantenimiento Planificado con relación a la del mantenimiento correctivo, en el aspecto de disponibilidad, se destacan:

- El aumento de la productividad.
- La reducción de costos del mantenimiento.
- Se calculan los tiempos y costos de mantenimiento.
- Mantiene actualizado los objetivos, procedimientos y políticas de la empresa.
- Se observan y miden los resultados del pasado para mejorarlos en el futuro.

En algunos casos la exigencia de confiabilidad y disponibilidad es de tal orden que se prescinde del estudio de viabilidad económica, de la prevención con

relación a la rotura, como en el caso de calderas y equipos que trabajan a presión, cuya falla coloca en riesgo vidas humanas o el medio ambiente.

En estos casos son justificadas altas inversiones en planificación y control del mantenimiento para que la confiabilidad alcance valores cercanos a 100%. Se incluyen en esos grupos los equipos cuya parada imprevista, genera grandes pérdidas de materia prima o de la calidad del producto o servicio (equipos críticos).

4.3 SISTEMA Y PROCESO

En el aspecto de organización de empresas, se puede definir un sistema como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos.

A su vez, los procesos son formados por un conjunto de tareas ejecutadas de forma ordenada, ver Figura 25.

Figura 25. Sistema de Información Aplicado al Mantenimiento.



Los métodos son los medios usados para el desarrollo ordenado de las tareas de un sistema, o sea, las normas, procedimientos e informaciones disponibles en la organización.

La organización respalda el trabajo en equipo desarrollando una visión corporativa clara afianzada en excelencia de servicio y mejoramiento organizacional continuo. Ello lo logra estimulando un ambiente de trabajo sensible, promoviendo el liderazgo participativo (aumentando la delegación) e instando al mejoramiento de la eficiencia y efectividad de los programas, conjuntamente con el apoyo instrumental de la capacitación concentrada.

4.4 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.

La primera etapa para la implantación de un Sistema Gerencial de mantenimiento, se constituye en la investigación de las necesidades de los usuarios y en la evaluación de criterios para la recolección de datos, en función de los tipos de informes que se deben presentar.

Los procedimientos utilizados en el desarrollo del programa pueden ser cuantitativos, cualitativos o ambos. En cualquier caso, el diagnóstico, resultado del análisis, debe contener indicaciones o alternativas para mejoras en los métodos practicados por la empresa.

Durante el proceso serán evaluados:

- Tipo de estructura organizacional existente.
- Situación administrativa y financiera de la empresa.
- Clientes (niveles de exigencia y estándares de la calidad de los productos o servicios).
- Modernidad por obsolescencia de equipos, máquinas y herramientas.
- Participación del Mantenimiento en los procesos de compra de nuevos equipos.
- Participación del Mantenimiento en los proyectos de ampliación o modificaciones de las instalaciones.
- Documentación técnica (manuales, catálogos, recomendaciones, metodología de órdenes de trabajo, flujo de documentos, tratamiento

informatizado, elaboración de informes, evaluación de los servicios, evaluación de los resultados, establecimiento de metas, acciones administrativas).

- Cálculos o estimaciones de índices tradicionales (costo de mantenimiento por facturación, porcentaje de mantenimiento preventivo, correctivo y otros servicios etc.).
- Delegación de autoridad para la solicitud de servicios de mantenimiento.
- Comunicación entre el personal de mantenimiento y los clientes de sus servicios.
- Recursos humanos y materiales disponibles.
- Existencia de intercambio de información entre el personal de la misma empresa.
- Niveles de escolaridad del personal.
- Experiencia práctica del personal propio.
- Eficiencia y productividad del personal de mantenimiento.
- Delegación de responsabilidad en todos los niveles jerárquicos.
- Relaciones entre el personal de supervisión y subordinados.
- Existencia y eficacia de los métodos de evaluación de desempeño del personal.
- Existencia de un programa interno de transferencia de experiencia.
- Existencia de un programa continuo de capacitación del personal de mantenimiento.
- Existencia de programas de aprendizaje de los fabricantes de los equipos instalados en la empresa y entidades de enseñanza.
- Estímulos a emitir sugerencias a través de: premios, participación en eventos (congresos, simposios, seminarios, mesas redondas y cursos), visitas etc.
- Motivación del personal propio y contratado.
- Relaciones entre servicios ejecutados por personal propio y por terceros.
- Ventajas y desventajas de la contratación con terceros.
- Criterios tenidos en cuenta para asignar el presupuesto del área de mantenimiento (seguimiento)
- Criterios de establecimiento de las cuentas y centro de costos.

- Criterios de gestión de costos en los distintos niveles de supervisión.
- Gestión de repuestos (niveles de "stock" y puntos de reposición adecuados, localización física del almacén, recepción de materiales, plan de mantenimiento de repuestos, herramientas, intercambiabilidad).
- Identificación de equipos con mismas características constructivas ("familias" de equipos).
- Existencia y eficacia de procesos de monitoreo por mediciones manuales o automatizadas.
- Métodos adoptados para la intervención planificada en los equipos (por tiempo intervalos prefijados; por oportunidad - función del seguimiento del estado de los equipos; o ambas).
- Establecimiento de Recomendaciones de Seguridad.
- Emisión de órdenes de trabajo de Actividades Programadas y No Programadas.
- Existencia y eficacia de un plan de inspecciones continuas.
- Existencia y eficacia de un plan de lubricación.
- Criterios de archivo de datos de actividades programadas y no-programadas.
- Criterio de almacenaje de datos de: disponibilidad de los equipos, duración de las actividades, hombres-hora empleados en cada actividad, material utilizado, costos de mano de obra, servicios contratados y facturación cesante.
- Cumplimiento de los plazos de atención de los pedidos.
- Existencia de una estructura de análisis de anomalías en los equipos y en las intervenciones.
- Investigación sistemática de las averías más frecuentes.
- Interés en automatizar e implementar programas de monitoreo de los equipos (Mantenimiento Predictivo).

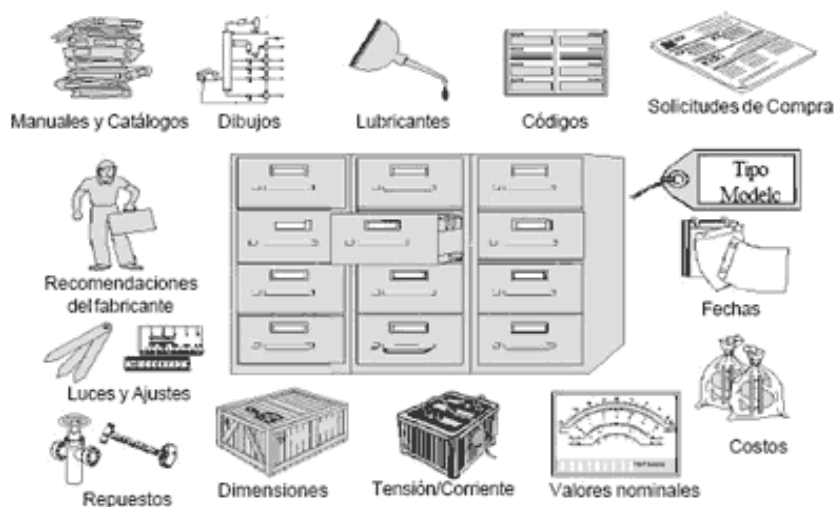
Estos indicadores son presentados a manera de encuesta al final del libro y han sido elaborados por el ing. Carlos Mario Tamayo.

4.5 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Ya se indicó, que para implantar un sistema de control del mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la empresa. Este conjunto de informaciones, llamado documentación técnica, correlaciona cada equipo con su respectiva área de aplicación, función, centro de costos y posición física o geográfica en el área de producción y ofrece ayudas al personal para lograr los objetivos propuestos.

Por lo tanto, la documentación técnica deberá reunir para cada tipo de equipo: los datos de construcción (manuales, catálogos y diseños), de compra (adquisición, solicitudes, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y recomendaciones), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, holguras y ajustes). Se debe realizar el registro del mayor número de datos posibles de los equipos de forma conveniente que, posibiliten el acceso rápido a cualquier información necesaria, para: mantener, comparar y analizar condiciones operativas, sin que sea necesario recurrir a fuentes diversas de consulta. Como se ve en la Fig. 26.

Figura 26. Diferentes Formas de Documentación Técnica.



La documentación técnica es imprescindible para:

- Asegurar buena administración de Mantenimiento.
- Facilitar las reparaciones.
- Posibilitar la fabricación local de partes de repuesto.
- Detección rápida de fallas.
- Aumentar la seguridad en el trabajo.
- Buena administración de repuestos.
- Entrenamiento eficiente del personal.

4.5.1. Importancia de la Documentación Técnica.

- Durante el arranque:
 - Seguimiento y control del trabajo de ingeniería civil.
 - Control de conformidad de las máquinas.
 - Seguimiento y control de la instalación.
 - Seguimiento y control durante corridas de prueba y arranques.
 - Transferencia de tecnología.
 - Entrenamiento del personal.

- Durante la operación de la máquina:
 - Mantenimiento y operación correctos.
 - Mejorar el proceso de producción.
 - Facilitar el mantenimiento preventivo.
 - Mejorar la lubricación.
 - Preparación de las reparaciones.
 - Disminuir el tiempo de investigación.
 - Eliminar errores de desensamblaje y desmantelamiento.
 - Seguimiento de nuevas inversiones.

- Mejorar la seguridad en el trabajo
- Entrenamiento más eficiente.

4.5.2 Banco de Datos. Es la documentación necesaria que se debe llevar para realizar un buen control y programa de mantenimiento. Como mínimo debemos llevar:

- Ordenes de trabajo. La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación. Ver formulario 8 al final del capítulo.
- Instrucciones de funcionamiento y manejo de equipos. Para normalizar los servicios de las actividades programadas del mantenimiento, es recomendable el desarrollo de Instrucciones de Mantenimiento, orientando objetivamente la ejecución del mantenimiento en esas actividades para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento. Estas instrucciones, deben ser desarrolladas, aprovechando el conocimiento del personal técnico de ejecución, con más experiencia y las recomendaciones de los fabricantes y montadores, indicaciones de los catálogos, manuales, diseños y referencias de profesionales con experiencia de otras empresas similares, relativas a cada equipo.
- Hoja de vida de equipo. Es el registro de la recopilación, en forma permanente, de la información básica y específica de cada acción de mantenimiento y / o reparación realizada sobre los equipos. Mediante este registro se puede determinar y/o decidir con el transcurso del tiempo, el estado físico-funcional del equipo, necesidad de descarte o reemplazo, análisis de costo/beneficio, etc. Ver formulario 9 al final del capítulo.

El jefe de mantenimiento y el coordinador de la sección, son los encargados de iniciar y actualizar el formato, cada vez que así se requiera.

➤ Fichas Técnicas. Se utiliza para efectos de mantener un control, técnico, administrativo y contable en el cual conste y se detalle, con el mayor grado de exactitud, el movimiento de todos los equipos al servicio de la empresa, con información básica actualizada. Ver formulario 10 al final del capítulo.

Provee la información inmediata para establecer los requerimientos de personal técnico, el tipo y complejidad del equipamiento y la necesidad de materiales y repuestos.

➤ Catálogos son entregados por el fabricante del equipo donde se especifican sus características, cuidados, listas de repuestos, etc. Los catálogos son muy útiles para el desarrollo de una buena planeación de mantenimiento.

➤ Planos (equipos, piezas, líneas de distribución de vapor, red eléctrica, etc.)

4.6 EVALUACION DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.6.1 Informes de Gestión del Mantenimiento. Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, para un fácil análisis.

La primera etapa recomendada para el desarrollo de los Informes de gestión, debe ser la de gestión de equipos, o sea, la evaluación del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa, especialmente a los de críticos.

Esa recomendación se basa en la simplicidad de implantación de esos informes, ya que los mismos, dependen básicamente de los registros de inventario, datos de operación y de las órdenes de trabajo.

4.6.2 Indicadores de Clase Mundial. Son llamados "indicadores de clase mundial" aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos

los países. De los seis "indicadores de clase mundial", cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos, de acuerdo con las siguientes relaciones:

➤ **Tiempo Medio Entre Fallas.** Relación entre la sumatoria de fallas ocurridas en un tiempo determinado.

$$MTEF = \frac{\sum TEF}{n}$$

Este indicador debe ser usado después de la ocurrencia de una falla.

➤ **Tiempo Medio Para Reparación.** Relación entre el tiempo total de intervención correctiva o necesaria para reparar y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\sum TRP}{n}$$

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

➤ **Tiempo Medio Para la Falla.** Relación entre el tiempo total de operaciones no reparables y el número total de fallas detectadas en el periodo observado.

$$TMPF = \frac{\sum TPF}{n}$$

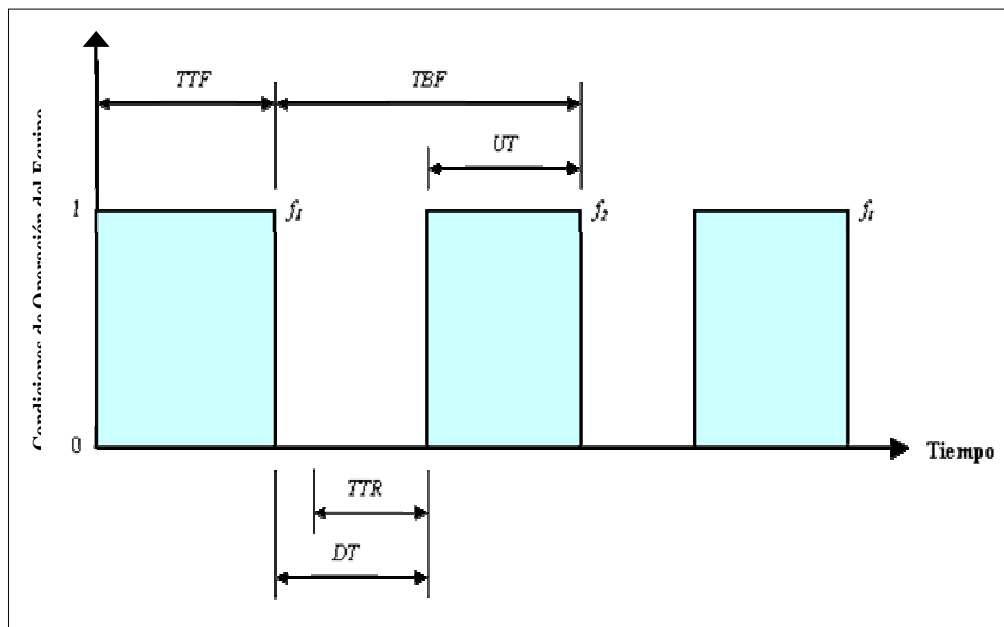
Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los indicadores Tiempo medio Para la Falla y Tiempo medio Entre Fallas. El primer indicador (TMPF) es calculado para ítems que NO SON reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia,

su tiempo de reparación es cero. El segundo indicador (TMEF) es calculado para ítems que SON reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto, los dos indicadores son mutuamente exclusivos, o sea, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro.

El cálculo del Tiempo medio Entre Fallas debe estar asociado al cálculo del Tiempo medio para la Reparación. La interpretación gráfica entre estos indicadores está representada en la Figura 27.

Figura 27. Grafica del Tiempo Medio Entre Fallas.



- 1 Condición operacional de equipo.
- 0 Condición no operacional del equipo.
- f_i Falla i-enésima.
- UT o TTF Tiempo operacional entre fallas.
- TEF Tiempo entre fallas.
- DT Tiempo no operativo entre fallas.
- TPR Tiempo necesario para reparar.
- TO Tiempo fuera de control.
- Para un número de fallas n.

De aquí se derivan los siguientes parámetros para un número de fallas = n .

$MUT = \text{Mean up time}$, tiempo medio de funcionamiento entre fallas = $\frac{\Sigma UT}{n}$

$MDT = \text{Mean down time}$, tiempo medio de indisponibilidad entre fallas = $\frac{\Sigma DT}{n}$

Debido a que dichos indicadores presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de datos observados y al periodo de observación.

Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores.

➤ **Disponibilidad.** Es la probabilidad de un sistema, equipo o instalación, de estar en estado de funcionamiento siempre que se necesita. Es para un tiempo suficientemente largo, la relación entre el tiempo de buen funcionamiento y este mismo más el tiempo de parada para reparar un daño o avería

Los libros tienen como definición básica de la disponibilidad la siguiente expresión:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{T_o}{T_o + t_p}$$

T_o : tiempo total de operación, tiempo de funcionamiento.

t_p : tiempo total de parada, tiempo total de no disponibilidad.

De los tres conceptos mencionados anteriormente, la disponibilidad constituye el parámetro cuya información es la más representativa y útil para la gestión del mantenimiento.

La expresión anterior muestra que la disponibilidad es una función de la confiabilidad y la mantenibilidad. Si asumimos $MTTR$ tiende a MDT y $MTEF$ es mucho mayor que $MTTR$, la fórmula anterior puede aproximarse a:

$$Disponibilidad = \frac{MTEF}{MTBF + MTTR}$$

4.7 ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO

Toda el área de mantenimiento debe contar con una serie de requerimiento y organización para poder trabajar en pro del bien común conllevando a una estructura interna que dará grandes beneficios económicos y de gran estabilidad dentro de la empresa.

Se presenta a continuación una distribución de algunos tópicos indispensable en el área de mantenimiento como organización.

4.71 Misión del Taller de Mantenimiento. Contar con un grupo de profesionales, que den soluciones adecuadas, en las diferentes áreas técnicas relacionadas al mantenimiento, a las peticiones o necesidades surgidas en los diversos departamentos de la empresa, obligándolos mediante la competitividad interna a una mejora continua en busca de la excelencia.

4.7.2 Visión del taller de mantenimiento. Crear las condiciones necesarias para obtener un departamento de mantenimiento, que de servicio y apoyo técnico.

4.7.3 Objetivos del taller de mantenimiento.

➤ **Objetivo Administrativo:** Administrar adecuadamente el flujo de información que genera el área de mantenimiento y el apoyo técnico del mismo, mediante análisis, desarrollo, programación e implementación de sistemas de información, que marcarán las pautas a seguir a fin de mantener una mejora continua en el área para beneficio de la empresa.

➤ **Objetivo Técnico.** Mantener en óptimas condiciones el área de mantenimiento mediante el análisis, desarrollo e implementación de un sistema

que permita el máximo control del almacén interno, sala de medición, taller de herrería y taller mecánico. Así como el seguimiento y adecuación de programas de mantenimiento preventivo y predictivo que permitan mejorar continuamente el proceso para cumplir en tiempo y calidad con las diferentes necesidades.

4.7.4 Descripción de la Funciones del Jefe de Mantenimiento.

➤ **Identificación.** Ver tabla No 6.

Tabla 6. Identificación cargo

Título del Cargo	JEFE DE MANTENIMIENTO
Dirección	JEFE PERSONAL

➤ **Finalidades Principales.** Ver tabla 7

Tabla 7. Finalidades Principales del Jefe de Mantenimiento.

1.	ADMINISTRAR LOS RECURSOS HUMANOS Y EQUIPO CON QUE CUENTA EL TALLER MECANICO PARA EL DESEMPEÑO DE SUS ACTIVIDADES
2.	COORDINAR TODAS LAS ACTIVIDADES REFERENTES A LA MANUFACTURA DE PROYECTOS PARA ASEGURAR SU REALIZACIÓN EN LOS TIEMPOS SOLICITADOS.
3.	DESARROLLAR PLANES DE TRABAJO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL TALLER MECANICO.
4.	EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LOS TÉCNICOS PARA DETERMINAR SU NIVEL DE EFICIENCIA EN EL DESEMPEÑO DE SU TRABAJO.
5.	EXAMINAR LOS PROYECTOS PROPUESTOS SUS COSTOS Y POSIBILIDADES DE MANUFACTURA.
6.	SUPERVISAR LAS ACTIVIDADES DE LOS TÉCNICOS PARA ASEGURAR QUE SE CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS DE TIEMPO Y CALIDAD EN SUS TRABAJOS.
7.	ASIGNAR ORDENES DE TRABAJO PARA SU EJECUCIÓN.

8.	APROBAR DISEÑOS DE PARTES DE LOS PROYECTOS PARA SU POSTERIOR MANUFACTURA
9.	ASESORAR A LOS USUARIOS DEL TALLER MECANICO PARA QUE PUEDAN DISEÑAR LAS PARTES O COMPONENTES DE SUS PROYECTOS.

➤ **Objetivo General.** Administrar y coordinar los recursos humanos y equipo asignados al taller mecánico así como todas las actividades del mismo; todas ellas apegadas a los lineamientos y metas fijadas por la empresa y a los requerimientos de tiempo y calidad estipuladas por el solicitante para la realización de proyectos internos y externos en su fase de manufactura mecánica.

4.7.5 Descripción de cada una de las Etapas del proceso de Atención a Órdenes de trabajo.

➤ **Planeación de cargas de trabajo y de existencia de materias primas.**

Dependiendo del número de solicitudes y de la carga de trabajo interno, así como de la materia prima existente o tiempo de obtención de la misma se planea el tiempo de entrega del trabajo

➤ **Elaboración de la orden de trabajo y de la solicitud de materia prima.**

Se realiza el levantamiento oficial a través del formato de solicitud de Orden de trabajo el cual se muestra en el anexo E, donde se especifican las características del trabajo a realizar y se acompaña normalmente con un dibujo técnico acotado y se anota el nombre de la persona que solicita la pieza. Además se llena el formato de la materia prima necesaria para la elaboración del trabajo.

➤ **Archiva información y elaborar reportes.** Una vez terminado el trabajo, el cliente firma la orden de trabajo dando su aceptación del mismo y se procede a archivar el mismo para que a fin de la semana se genere la información del reporte trimestral de trabajos realizados como se muestran en los anexos G y H.

➤ **Analiza reportes trimestrales para la toma de decisiones:** El Director de Mantenimiento recibe los reportes trimestrales, lo que le permite informar a sus superiores y a la vez poder tomar decisiones estratégicas respecto a la dirección que debe seguir el taller mecánico.

4.8. LAS "5S".

Con el desarrollo de este programa se pretende que cada una de las áreas de la empresa busquen la limpieza y la organización, para la mejora de sus actividades y del ambiente laboral de un modo general; los atributos de orden, aseo y disciplina, también influían en la mejora de la productividad. Con el siguiente diagrama queremos mostrar la relación de las 5S y sus beneficios. En la figura 28 se observa toda la estructura que se forma.

Las "5S", son palabras que en japonés, empiezan con la letra S y tienen los siguientes significados:

➤ **Seiri - Organización (utilización, selección).**

Separar cosas necesarias de aquellas innecesarias, dando un destino para aquellas que dejaron de ser útiles para aquel ambiente.

➤ **Seiton - Orden (sistematización, arreglo).**

Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación. Cuando se trata de

ordenar las cosas, necesariamente el ambiente queda más arreglado, más agradable para el trabajo y por consecuencia, más productivo.

FIGURA 28. Las 5'S



Seiso -Limpieza (inspección, celo).

Eliminar la suciedad, inspeccionando para descubrir y atacar las fuentes de problemas. La limpieza debe ser encarada, como una oportunidad de inspección y de reconocimiento del ambiente. Para esto, es de fundamental importancia, que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, o por el operador de la máquina o equipo.

➤ **Seiketsu - Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento).**

Conservar la higiene, teniendo el cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan. Esto es ejecutado a través de la estandarización de hábitos, normas y procedimientos.

➤ **Shitsuke - Disciplina (control de sí mismo, educación)**

Cumplir rigurosamente las normas y todo lo que sea establecido por el grupo.
La disciplina es una señal de respeto al prójimo.

5. PROGRAMA DE INSPECCIONES

En este capítulo se describirán los pasos, secuencias y tiempos de las inspecciones que se realizarán a la caldera, equipos consumidores de vapor, tuberías y accesorios. El modelo que se sugiere a continuación para que sea llevado por Harinagro S.A. es una forma de organizar y distribuir distintos programas que se detallaron en los capítulos 3 y 4 con los cuales se tienen herramientas de gran utilidad para mejorar el mantenimiento basándose en el uso eficiente de la energía.

5.1 PRUEBAS DE SEGURIDAD

➤ La primera prueba que se le debe realizar a los equipos nuevos que trabajan a presión antes de supuesta en servicio es verificar la presión y la cual se realizará según la siguiente expresión que es la recomendada por la norma técnica colombiana para aparatos que trabajan a presión.

$$P_p = 1,5 * P_d$$

P_d presión de diseño

P_p presión de prueba

➤ Los aparatos sometidos a presión deberán ser inspeccionados antes de su puesta en servicio por el fabricante respectivo, o persona delegada por éste, quien verificará la adecuación de su instalación y el correcto funcionamiento de los mismos.

➤ El instalador deberá verificar que la instalación se ha realizado de acuerdo con sus recomendaciones, reuniendo las condiciones reglamentarias y que el funcionamiento del conjunto es correcto.

- Todo equipo portara una placa con las siguientes especificaciones, ver fig. 29.

Figura 29. placa de equipo.

M^o de INDUSTRIA Y
ENERGIA - Delegación
Provincial de _____

PRESION EFECTIVA
MÁXIMA DE SERVICIO

N^o _____ Kg/cm²

Fechas

_____	_____
_____	_____
_____	_____

5.1.1 Sala de Calderas. La salas para calderas deberán reunir como mínimo las siguientes condiciones.

- La sala o recinto de calderas deberá ser de dimensiones suficientes para que todas las operaciones de mantenimiento, entrenamiento y conservación puedan efectuarse en condiciones de seguridad.
- Las salas de calderas deberán estar perfectamente iluminadas, especialmente en lo que respecta a los indicadores de nivel y a los manómetros.

- Toda sala de calderas deberá estar totalmente libre de polvo, gases o vapores inflamables. Asimismo habrá de estar permanentemente ventilada, con llegada continua de aire tanto para su renovación como para la combustión.
- En la sala o recinto de calderas deberá prohibirse todo trabajo no relacionado con los aparatos contenidos en la misma.
- En lugar fácilmente visible de la sala o recinto de calderas se colocará un cuadro con las instrucciones para casos de emergencia, así como un manual de funcionamiento de las calderas allí instaladas.

5.1.2 Dispositivos de Seguridad.

- Toda válvula instalada en la caldera comprendida en esta instrucción deberá llevar troquelada la presión nominal para la que haya sido construida. La caldera y aparatos comprendidos en este capítulo estarán provistas de un manómetro.
- La caldera y aparatos comprendidos en esta instrucción, estarán provistas de su correspondiente termómetro con una señal bien visible, que indique la máxima temperatura de servicio.
- La caldera deberá poseer dispositivos que faciliten el drenaje y aireación.

5.2 INSPECCIONES Y PRUEBAS PERIODICAS

Para mantener las características funcionales de las instalaciones y su seguridad y conseguir la máxima eficiencia de sus equipos, es preciso realizar las tareas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que se incluyen en la presente instrucción técnica.

Desde el momento en que entran en funcionamiento los equipos, los responsables de los mismos deben realizar las funciones de mantenimiento. El mantenimiento será efectuado por personal debidamente capacitado o por empresas especializadas.

5.2.1 Inspecciones Diarias. Estas inspecciones deben ser realizadas todos los días por los encargados de los equipos y son:

- Al prender el generador comprobar que las válvulas de cierre del circuito de combustible están abiertas.
- Comprobar que las válvulas de cierre de agua del circuito de agua de alimentación están abiertas.
- Si comenzamos con la caldera desde presión cero, abrir la válvula de aireación
- Observar el agua en los niveles, si falta, debe prenderse la bomba automáticamente al accionar los interruptores general y de la bomba de alimentación.
- Colocar el interruptor general en posición ON (en marcha).
- Colocar el interruptor del quemador en posición conectado.
- Cerrar la válvula de aireación cuando salga un flujo continuo de vapor por la misma.
- Todos los días y aprovechando los momentos de reducida demanda de vapor, se comprobará el correcto funcionamiento de los controles de presión, nivel de agua de alimentación, fallo de llama, etc.
- En la sala de calderas y a disposición del operador figurara un libro en el que se anotarán diariamente las operaciones efectuadas para el control de seguridad así como la hora en que tuvieron lugar.
 - Se revisará el correcto establecimiento y forma de la llama, así como el estado del refractario, utilizándose para ello las mirillas de observación previstas para tal fin.
 - Antes de poner en servicio el generador, deberá revisarse el estado de las válvulas de seguridad, niveles, manómetro y demás controles y equipos auxiliares que el mismo incorpore, comprobándose su estado.
 - Se purgarán diariamente los cuerpos de inmersión de los reguladores de nivel, con el objeto de eliminar la posible formación de lodos en los mismos, comprobándose al mismo tiempo que su funcionamiento en lo que se refiere a

la desconexión del equipo de combustión y su accionamiento de la alarma óptica y acústica, es correcto.

➤ Por lo menos una vez por semana se harán saltar las válvulas de seguridad para evitar posibles agarrotamientos de las mismas. Al mismo tiempo se comprobará el correcto funcionamiento de los presostatos de regulación, limitador de presión y seguridad, aún cuando estos últimos es conveniente comprobarlos, si es posible, diariamente.

➤ Se comprobará diariamente el correcto funcionamiento de la célula fotoeléctrica para detectar la llama, para lo cual se retirará ésta de su acoplamiento procediéndose a oscurecerla, en cuyo momento se debe producir el bloqueo del equipo de combustión, para evitar una falla en la llama.

➤ Se revisará diariamente, desconectando el interruptor general del armario de control, simulando de esta forma un fallo de corriente y volviéndolo a conectar, comprobándose entonces que el relé de fallo de corriente bloquea el equipo de combustión, no permitiéndolo encender mientras no se actúe sobre el pulsador de desbloqueo para evitar una falla por corriente eléctrica.

5.2.2 Inspecciones y pruebas periódicas Son mantenimientos predictivo y preventivo que se le deben realizar a los equipos y accesorios:

➤ Válvulas de seguridad. Las válvulas se desmontarán totalmente para comprobar que sus distintos elementos no presentan anomalías, y que su interior está limpio de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas. Posteriormente, se probarán estas válvulas con la caldera en funcionamiento y se verificará su disparo a la presión de precinto se debe realizar cada seis meses.

➤ Manómetros. Se probarán todos los manómetros, comparándolos con un manómetro patrón. Además, se verificará que el tubo de conexión está libre de obstrucciones se debe realizar trimestralmente.

➤ Ensayo de funcionamiento. Toda inspección deberá completarse con un ensayo de la caldera funcionando en condiciones similares a la de servicio. Este ensayo permitirá controlar el funcionamiento de los equipos auxiliares y accesorios, así como verificar la correcta actuación de los dispositivos de seguridad y de regulación.

➤ Las comprobaciones que, como mínimo, deben realizarse y su periodicidad son las indicadas en las tablas No. 8, 9 y 10.

Tabla 8. Simbología Utilizada.

Símbolo	Significado
S	Revisar semanalmente
M	Realizar una vez al mes
2 ^a	Se debe realizar 2 veces al año
A	Se debe realizar una vez al año.

Tabla 9. Medidas en Calderas.

Revisión	Periodicidad
Consumo de combustible	M
Consumo de energía eléctrica	M
Consumo de agua	M
Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida	S
Temperatura ambiente de sala de máquinas	S
Temperatura de los gases de combustión	S
Contenido de CO	S

Índice de capacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	S
Tiro en la caja de humos de la caldera	S

Tabla 10. Operaciones de Mantenimiento.

Operación	Periodicidad
Limpieza de circuito de humos de calderas	2ª
Limpieza de conductos de humos de chimenea	A
Comprobación del aislante térmico	2ª
Comprobación estanquidad de cierre entre quemador y caldera	M
Detección de fugas en red de distribución y equipos	S
Comprobación niveles de agua en circuitos	S
Revisión de fugas en válvulas	S
Comprobación tarado de elementos de seguridad	M
Revisión del estado del aislamiento térmico	2ª
Realización de Termografía a aislamientos térmicos (caldera, cooker y depósitos y líneas de vapor)	A
Revisión de trampas de vapor con ultrasonido	A
Mantenimiento predictivo a válvulas de seguridad (termografía o análisis por ultrasonido)	A
Se comprobará la correcta señalización de los manómetros, comparados con un patrón; sustituyéndolos si hay gran diferencia de lecturas	2ª

Se harán saltar las válvulas de seguridad para evitar posibles agarrotamientos de las mismas.	S
Por medio del uso de ultrasonido se inspeccionaran las líneas de vapor, y tubos de la caldera para verificar el nivel de corrosión	2ª
Se limpiara los tubos del generador del hollín	2ª
Se le realizara mantenimiento predictivo como termografía y análisis de vibraciones a la bomba del agua de alimentación	2ª

5.3 CALIDAD DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

Para todas las calderas de vapor, el agua sobrecalentada se considerará imprescindible la adopción de un tratamiento de agua eficiente, que asegure la calidad de la misma, así como de un régimen adecuado de controles, purgas y extracciones, en la tabla No 11 damos las características que debe reunir el agua de alimentación.

Tabla 11. Recomendaciones para el Agua de Alimentación.

Presión máxima de servicio en bar	$\leq 0,5$	$> 0,5$
Dureza en mg/l de $\text{CO}_3 \text{Ca}$	≤ 10	≤ 5
Oxígeno disuelto (O_2) en mg/l	--	$\leq 0,2$
PH a 20°C	8 a 9	8 a 9
CO_2 en forma de $\text{CO}_3 \text{H-}$, en mg/l	≤ 25	≤ 25

Aceites y grasas en mg/l	≤ 3	≤ 1
Materias orgánicas valoradas en mg/l de Mn O ₄ K consumido (1)	≤ 10	≤ 10

(1) En el caso de alta concentración de materias orgánicas no oxidables con Mn O₄ K y si oxidables con CrO₃ K₂ se consultará a un especialista

5.4 MANTENIMIENTO VÁLVULAS DE COMPUERTA.

Las válvulas de compuerta se utilizan en aquellas instalaciones en las que se requiere que la válvula permanezca normalmente abierta o cerrada en forma total. En la tabla 12 se ve la descripción de las partes de la válvula de compuerta y en la figura 30 se ve la válvula y las partes.

Tabla 12. Descripción De Partes Válvula De Compuerta.

Pos.	<i>Descripción</i>	Description	Material
1	CUERPO	BODY	A-216 Gr WCB
3	BONETE	BONNET	A-216 Gr WCB
4	CUÑA	GATE	13 % Cr.
6	VASTAGO	STEM	13 % Cr.
7	ANILLO DE ASIENTO	SEAT RING	13 % Cr

9	PUENTE	YOKE	A-216 Gr WCB
15	BOCINA GUIA	STEM BUSHING	NI RESIST
17	TUERCA BOCINA GUIA	STEM BUSHING NUT	ASTM A- 105
18	RETEN	BACK SEAT BUSHING	13 % Cr.
19	ARO LINTERNA	LANTERN	13 % Cr.
20	BRIDA PRENSA ESTOPA	GLAND FLAGE	ASTM A- 105
22	VOLANTE	HANDWHEEL	STEEL
29	TAPON DE DRENAJE	DRAIN PLUNG	ASTM A- 105
31	BRIDA ADAPTADORA	ADAPTER PLATE	CARBON STEEL
33	PERNO AGUJA	GLAND EYE BOLT	AISI 4140
34	BOCINA CENTRAL	PACKING	13 % Cr.
84	EMPACADURA	GASKET	GRAPHITE
86	EMPACADURA	RING JOINT	ASBESTO FREE
91	ANILLO DE JUNTA	YOKE BONNET STUD	CARBON STEEL
105	ESPARRAGO (puente/bonete)	BODY BONNET STUD	A 193 Gr. B7
106	ESPARRAGO	GLAND LUG STUD	A 193 Gr.

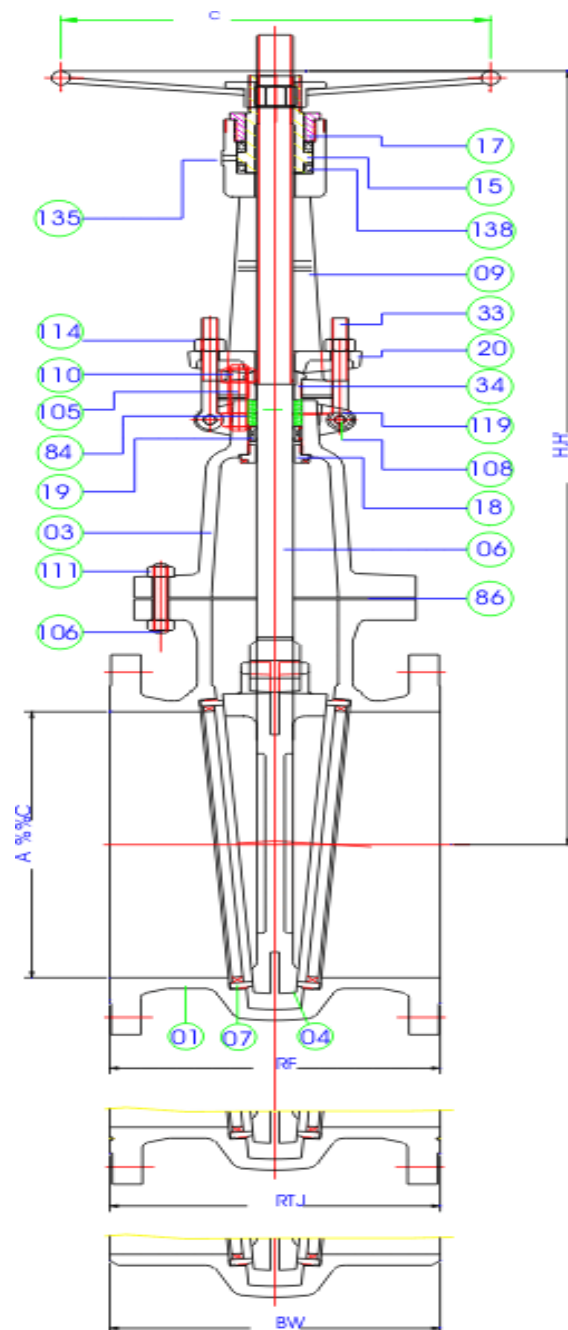
	(cuerpo/bonete)		B7
108	ESPARRAGO TIRANTE PERNO AGUAJA	YOKE STUD NUT	A 193 Gr. B7
110	TUERCA (puente/bonete)	BODY BONNET NUT	A 194 Gr. 2H
111	TUERCA (cuerpo/bonete)	HANDWHEEL NUT	A 194 Gr. 2H
112	TUERCA VOLANTE	EYE BOLT NUT	ASTM A- 105
114	TUERCA PENO AGUJA	GLAND LUG STUD NUT	A 194 Gr. 2H
119	TUERCA ESPARRAGO TIRANTE P.A	GREASE FITING	A 194 2H
135	GRASERA	BALL BEARING	STEEL
143	RODAMIENTO AXIAL	NAME PLATE	STEEL
138	PLAQUITA IDENTIFICACION	GEAR OPERATOR	A-182-F304

5.4.1 Instalación. Para la correcta instalación de las válvulas de compuerta se deben seguir los pasos siguientes:

- Eliminar en lo posible partículas remanentes de óxido, escorias, gotas de soldadura, polvo y suciedad que se encuentren en el interior de la tubería.

- La válvula y/o la tubería deben tener el soporte necesario para eliminar el esfuerzo y la fatiga de las conexiones.

Figura 30. Válvula de Compuerta.



- La válvula y/o la tubería deben tener el soporte necesario para eliminar el esfuerzo y la fatiga de las conexiones. Aunque las tuercas (114) de la brida prensa topa (20) son ajustadas antes de despacharlas, se recomienda que sean reajustadas antes de la instalación.
- Chequear que la válvula abra y cierre correctamente.
- Instalarla en posición cerrada y siempre que sea posible con el vástago (4) en posición vertical.
- Obedecer las indicaciones de la plaquita de identificación de la válvula en cuanto a los límites de presión, temperatura y materiales.

5.4.2 Mantenimiento

Las válvulas de compuerta normalmente se instalan en sitios donde no es necesario accionarlas con mucha frecuencia, por consiguiente tienen un largo período de duración y no se requieren muchos servicios de mantenimiento.

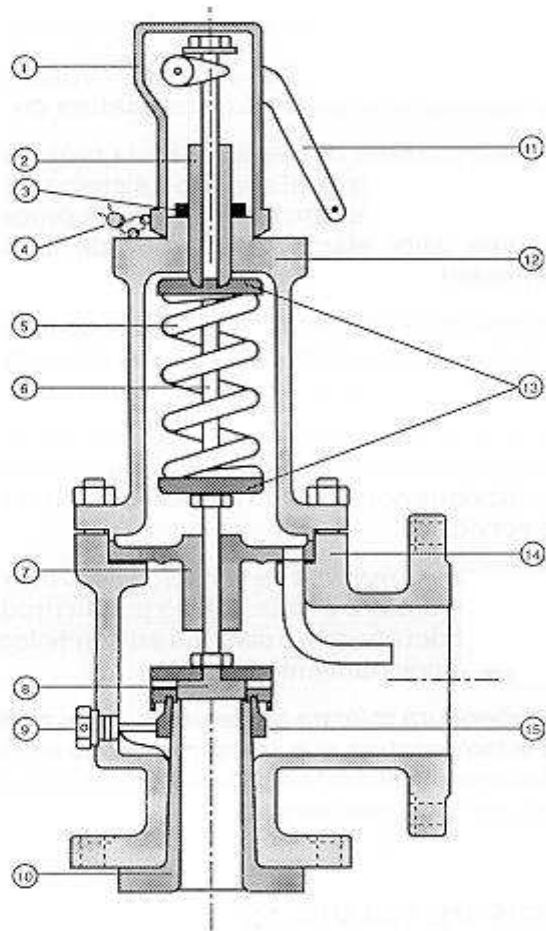
Se le debe realizar como mínimo cada año mantenimiento preventivo para cambiar empaquetaduras y mirar el estado de los elementos de sellado.

5.5 VÁLVULA DE SEGURIDAD.

En la figura 31 se enuncian las partes que de las válvulas de seguridad

6.5.1 Montaje. El adecuado comportamiento de las válvulas de seguridad después de montadas, puede estar influenciado por una instalación defectuosa o por la utilización de tuberías inadecuadas. Cada compartimiento estanco de los sistemas y equipos a presión protegidos mediante válvulas de seguridad, debe considerarse como independiente y ser conectado convenientemente al elemento de alivio de presión.

figura 31. Válvula De Seguridad.



- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Caperuza. | 9. Tornillo de fijación del anillo de ajuste. |
| 2. Tensor. | 10. Tobera de entrada. |
| 3. Contratuerca fijación regulación. | 11. Palanca de apertura manual. |
| 4. Precinto. | 12. Cúpula o Arcada. |
| 5. Resorte. | 13. Placas resorte. |
| 6. Vástago. | 14. Cuerpo. |
| 7. Tapa guía. | 15. Anillo de ajuste o regulación. |
| 8. Disco de cierre u obturador. | |

La mala instalación de las válvulas de seguridad, no solo puede llevar a su destrucción, sino a dar lugar a peligrosos daños en las instalaciones y equipos protegidos. Así pues, las válvulas deben ser cuidadosamente manejadas durante su instalación, procurando que los esfuerzos a los que puedan estar sometidas no se transmitan a los elementos móviles y de cierre, dañándolos.

La instalación se efectuará en la zona de vapor o gas, por encima del nivel de líquido, o a la tubería conectada a esta zona de vapor o gas.

Las válvulas de seguridad deberían montarse sobre conexiones planas o tubulares utilizadas con este fin, con sección mínima igual a la suma de las secciones de todas las válvulas montadas en ellas.

La conexión entre la válvula y el recipiente, debe ser robusta y corta, sin generar estrechamientos, es decir con una sección de paso, al menos igual que el área neta de la válvula de seguridad, esta conexión debe estar diseñada para generar la mínima pérdida de presión posible entre el recipiente y la válvula, que no debería de exceder del 3% de la presión de tarado.

En las válvulas embridadas, es importante una adecuada elección de las juntas ya que estas, bajo determinadas condiciones de presión y temperatura, podrían llegar a reducir la sección de paso de la válvula, así como también realizar un correcto apretado de los pernos, de forma uniforme, para evitar posibles distorsiones. Así mismo en las válvulas roscadas hay que utilizar una llave adecuada, teniendo especial cuidado en no doblar los manguitos roscados en el montaje.

En las instalaciones nuevas, es conveniente limpiar el circuito antes de instalar la válvula de seguridad, con el objeto de eliminar posibles partículas, como restos de soldaduras, que pudieran provocar un defectuoso funcionamiento de la válvula.

Una vez instaladas las válvulas, hay que comprobar que no existen fugas y utilizar un manómetro calibrado para determinar si la válvula está trabajando correctamente.

El tarado de las válvulas hay que realizarlo en las condiciones de fluido, presión y temperatura correspondientes a su servicio, y posteriormente precintar el órgano de regulación de la presión de tarado para impedir su manipulación

posterior. Si una vez instalada la válvula cambian las condiciones de operación, se desprecinta la válvula y se actúa sobre el órgano de regulación de la presión de tarado dentro del rango de presiones para el que es adecuado el resorte, si la regulación necesaria estuviera fuera del estrecho rango de presiones de ese resorte, se tiene que cambiar éste y reajustarlo convenientemente, una vez realizado el ajuste la válvula debe de precintarse de nuevo.

Las válvulas de seguridad deben estar dotadas de tuberías de escape independientes, las cuales deberían tener al menos igual sección que la salida de la válvula, ya que la reducción en el paso de la tubería de salida produciría un aumento de presión tras la válvula, lo que influiría en el comportamiento de ésta. Es importante no producir excesiva contrapresión cuando se instalen filtros u otros accesorios que puedan estrangular el paso en la tubería de salida, así como diseñar esta tubería de tal forma que disponga de los mínimos codos y sea lo más corta posible, produciendo una descarga segura, en un punto donde no ocasione riesgos, es decir que no circulen personas, etc. La tubería de escape deberá estar dispuesta y apoyada de forma que no transmita esfuerzos ni vibraciones a la válvula.

Las válvulas de seguridad de alivio de presión deben ser instaladas en todos aquellos equipos o sistemas que trabajen a presión, para protegerlos frente a sobre presiones debido a condiciones anormales de operación (por elevación de temperatura, por llenado, reacción incontrolada, etc) y debido a situaciones de emergencias (incendios, etc). Así pues deben instalarse en calderas de vapor, de agua caliente, en sobrecalentadores, recalentadores, reactores, acumuladores, en depósitos, etc, así como en muchos sistemas de tuberías donde circulan fluidos a cierta presión y es posible un bloqueo del fluido en un tramo, pudiendo sufrir una sobre-presión por alguna de las causas citadas anteriormente.

Una cuestión importante es la ubicación y el adecuado dimensionado de las válvulas en los equipos donde están instaladas y se tiene que tener en cuenta

tanto en la fase de diseño como en posibles modificaciones posteriores que se realicen en los sistemas, por ejemplo no deben de instalarse válvulas de seguridad tras caudalímetros que regulen condiciones de operación del sistema, ya que en el caso de que la válvula de seguridad este aliviando, la medida de caudal sería errónea.

Hay que resaltar la importancia del precinto del órgano de regulación de la presión de tarado, con el objeto que no pueda ser actuado por personal no formado para ello. Cuando debido a cambios de operación, es necesario cambiar el tarado, tal y como se explicó en el punto anterior, lo deberá realizar personal técnicamente capacitado, cambiando el resorte si procede, y con los medios adecuados, como es el empleo de un manómetro calibrado. Es una operación que merece especial atención, puesto que con ella se fijan las características del elemento de seguridad que protege el equipo a presión.

Es importante que no se produzcan acumulaciones de condensado en la tubería de escape de la válvula, que puedan incluso solidificar y obstruir la salida de la válvula, no debe ser posible su bloqueo por formación de tapones.

5.5.2 Mantenimiento. Es importante realizar un adecuado mantenimiento preventivo y predictivo de las válvulas de seguridad de los equipos, ya que supone la reducción del número de paradas de emergencia o de accidentes que puedan suceder por deficiente funcionamiento de estos elementos y la consiguiente rentabilidad y seguridad de la instalación.

Las válvulas deben ser inspeccionadas con regularidad para comprobar que están trabajando correctamente, y periódicamente deben ser desmontadas totalmente para verificar que sus distintos elementos no presentan anomalías, así como que su interior este limpio de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas, que el asiento del disco de cierre este correctamente, y que el muelle no haya perdido sus características. Posteriormente deben

montarse y probarse con el equipo en funcionamiento, verificándose el disparo a la presión de precinto.

Previamente al desmontado o reparación de una válvula, se deberá comprobar que el equipo ha quedado sin presión y que está en adecuadas condiciones para realizar el trabajo.

Si en alguna de las inspecciones se detecta que la válvula tiene fugas, debe ser desmontada a la primera oportunidad, teniendo la precaución de que no exista presión en el interior del equipo. Tras desmontar la válvula quedarían accesibles los componentes interiores y las superficies del asiento para poder realizar la inspección y el mantenimiento, rectificando estas superficies en caso de que estén defectuosas. A continuación se debe comprobar que el interior de la válvula está limpio y montarse de nuevo.

Antes de desmontar las válvulas es práctico medir la altura del tornillo de regulación, con el fin de que en el montaje sea más fácil el ajuste de la presión de tarado que se afinará con un manómetro calibrado.

Es recomendable actuar sobre el sistema de disparo de las válvulas de seguridad periódicamente, observando su correcto funcionamiento, y así asegurar su adecuado comportamiento en condiciones de operación.

5.6. REQUISITOS Y OBLIGACIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Son funciones del personal:

- Mantener limpio y libre de cualquier objeto los lugares de la caldera y cooker.
- Reportar cualquier anomalía en el funcionamiento de los equipos para ser reparados inmediatamente o para programar la reparación.

➤ Los operadores encargados de vigilar, supervisar, conducir y mantener cualquier caldera y equipos que trabajen a presión incluida dentro de la presente instrucción, estarán al corriente del funcionamiento de la misma y serán conscientes de los peligros que puede ocasionar una falsa maniobra, así como un mal entretenimiento o una mala conducción. Con dicho objeto se exigirá de los operadores conocimientos y responsabilidad frente al entretenimiento y funcionamiento de los equipos.

➤ Mantener actualizado el manual de instrucciones cuando se produzcan modificaciones en la instalación.

➤ Actualizar, en caso necesario los esquemas y los planos de la instalación para que en todo momento, correspondan a la situación real de la misma.

➤ Registrar las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo, así como las reparaciones y modificaciones que se realicen en la instalación.

➤ Mantener la instalación en funcionamiento en las condiciones que cumplan con la reglamentación ambiental y de seguridad ambiental y de seguridad.

CONCLUSIONES

El modelo gerencial propuesto va encaminado a organizar y a homogenizar la asignación de funciones al mantenimiento

Con el presente diagnostico se pretende dar a conocer el mantenimiento que se lleva a cabo en la empresa Harinagro S.A., en donde no existe una gestión integral de mantenimiento que este encaminado a conservar y mantener los inmuebles y equipos de la empresa en condiciones optimas de operación, confiables y seguras.

El modelo gerencial expuesto quiere dar a conocer las diferentes etapas que se deben analizar para desarrollar un programa óptimo y eficiente de mantenimiento como son:

- Análisis de la situación y los recursos disponibles.
- Fijación de resultados.
- Planificación.
- Ejecución
- Control de resultado.

El objetivo propuesto para la realización de esta monografía se ha logrado cumplir en su totalidad, que es poder presentar un modelo para realizar un programa de mantenimiento de fácil implementación en equipos generadores y consumidores de vapor promoviendo el uso eficiente de la energía para que en la empresa Harinagro S.A. pueda adaptarlo a sus necesidades, su aplicación y resultados dependerán del compromiso e interés de la misma si quiere implementarlo.

Se identificaron, se evaluaron y ordenaron las distintas oportunidades de ahorro de energía, las cuales servirán como base para implementar programas de mantenimiento predictivo y preventivo en los generadores y consumidores de vapor.

Los formatos mostrados en el presente trabajo son una base que sirve como guía en pro del mejoramiento continuo de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

BOTERO B., Ernesto. Mantenimiento preventivo. Universidad Industrial de Santander, Postgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

BARROTO A., LAPIDO M. Intensificación de la transferencia de calor en calderas pirotubulares. Ingeniería Energética, Vol. 11, 1990.

CONPES (1994). Documento CONPES 2750. Ministerio de medio Ambiente-UPA 21 Diciembre 1994. Bogotá.

CARDONA Julio. Factores en el diseño de las calderas pirotubulares que mejoran su eficiencia energética y ambiental. Ed. McGraw Hill, México (1998).

CONPES (1995). Documento CONPES 2801. Estrategias y acciones para fomentar el uso eficiente y racional de energía. 1995. Bogotá.

CRANE F. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Ed. McGraw Hill, México (1992).

GONZALEZ B. Carlos. Principios de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Postgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

ICONTEC. Normas Técnicas Colombianas. NTC 4366 y NTC 3838. Eficiencia energética. Rangos de presiones de trabajo en equipos de vapor. Bogotá. 2001.

ICONTEC. Normas Técnicas Colombianas. NTC 5101. Eficiencia energética. Rangos de desempeño energético y etiquetado. Bogotá. 2002.

KEENAN, Joseph H. y HILL Philip G., STEAM TABLES, Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid, and Solid Phases (English Units), John Wiley & Sons Inc., U.S.A., 1969.

MARUN CH. Jaime. Gerencia estratégica de operaciones. Universidad Industrial de Santander, Postgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO, Reglamento Técnico de emergencia RTC Resolución 0941 del 15 de mayo de 2003. Bogotá.

MOLINA IGARTUA, Luis Alfonso y MOLINA IGARTUA Gonzalo, Centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero, S.A. (CADEM), "Manual de

EFICIENCIA ENERGETICA TERMICA en la industria” (Tomo I y II), Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Bilbao, España, 1984.

Norma de seguridad para la inspección de calderas y envases a presión. 2260ESS-117. Código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). 1995

Norma UNE 9001 de 2002. Instrucciones complementarias relativas a Calderas y aparatos a presión.

ORDUZ C. German. Evaluación de proyectos de inversión. Universidad Industrial de Santander, Postgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

TAMAYO D. Carlos M. Organizaciones del mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Postgrado en gerencia de mantenimiento 2005.

TAVARES Louri Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Libros de colección. www.mantenimientomundial.com

ANEXO A

INVENTARIO TECNICO		HARINAGRO																																																																						
EQUIPO:	N°EQUIPO	SERVICIO / DEPARTAMENTO AMBIENTE / UNIDAD																																																																						
MARCA	Año de fabricación:																																																																							
MODELO																																																																								
SERIE	Año de Instalacion																																																																							
N°INV. TECNICO:																																																																								
DATOS TÉCNICOS (Registre donde aplique)																																																																								
MOTOR		CAPACETE																																																																						
Marca: _____	Capacidad: _____																																																																							
Modelo _____	Temperatura Max. _____																																																																							
Serie: _____	Presion de Trabajo: _____																																																																							
Voltaje: _____	Tipo de aislamiento _____																																																																							
Corriente: _____	Tiempo de operac. _____																																																																							
Potencia: _____	Tipo de Control: Automatico <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/>																																																																							
Transm. de Poten. _____																																																																								
FABRICANTE _____ DIRECCION: _____ TEL/FAX _____ e-mail _____ SUMINISTRANTE: _____ DIRECCION: _____ TEL/FAX: _____ e-mail _____ NOMBRE DEL CONTACTO: _____ REPRESENTANTE EN EL PAIS: DIRECCION _____ TEL/FAX _____ e-mail _____ NOMBRE DEL CONTACTO: _____		EXISTENCIA DE INFORMACION TECNICA <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">si</th> <th style="text-align: center;">no</th> <th style="text-align: center;">n/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Manual de Operación</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manual de Instalacion</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manual de Servicio</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manual de Partes</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otra Literatura</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>No Existe Informacion Tecnica</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> ESTADO DEL EQUIPO <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Actualización</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> <th style="text-align: center;">6</th> <th style="text-align: center;">7</th> <th style="text-align: center;">8</th> <th style="text-align: center;">9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Reparable</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Descartable</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> Observaciones _____ _____ _____				si	no	n/s	Manual de Operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manual de Instalacion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manual de Servicio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manual de Partes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Otra Literatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No Existe Informacion Tecnica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Actualización	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bueno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reparable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Descartable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	si	no	n/s																																																																					
Manual de Operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
Manual de Instalacion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
Manual de Servicio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
Manual de Partes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
Otra Literatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
No Existe Informacion Tecnica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
Actualización	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																															
Bueno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																															
Reparable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																															
Descartable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																															
REGISTROS DE ELABORACION Y ACTUALIZACION																																																																								
1. ELABORADO POR (1ra vez)	NOMBRE Y FIRMA	FECHA	NOMBRE Y FIRMA	FECHA																																																																				
NOMBRE:	2		5																																																																					
CARGO:																																																																								
FIRMA:	3		6																																																																					
FECHA:	4		7																																																																					

ANEXO B

INVENTARIO TECNICO DE CALDERAS	HARINAGRO										
EQUIPO:	N° EQUIPO	SERVICIO / DEPARTAMENTO									
MARCA	Año de fabricación:										
MODELO		AMBIENTE / UNIDAD									
SERIE	Año de Instalacion										
N° INV. TECNICO:											
DATOS TÉCNICOS (Registre donde aplique)											
<u>CARACTERISTICAS MECANICAS</u>		<u>CARACTERISTICAS ELECTRICAS</u>									
Potencia: _____ [BHp]		Circuito de Control									
Combustible: _____		Voltaje _____ [V]									
Consumo: _____ [Kg/Hora]		Corriente _____ [A]									
Presión de trabajo _____ [Psi]		fase _____									
		Frecuencia _____ [Hz]									
<u>OTRAS CARACTERISTICAS</u>		Circuito de Potencia									
_____		Voltaje _____ [V]									
_____		Corriente _____ [A]									
_____		fase _____									
_____		Frecuencia _____ [Hz]									
FABRICANTE _____ DIRECCION: _____ TEL/FAX _____ e-mail _____ SUMINISTRANTE: _____ DIRECCION: _____ TEL/FAX: _____ e-mail _____ NOMBRE DEL CONTACTO: _____ REPRESENTANTE EN EL PAIS: _____ DIRECCION _____ TEL/FAX _____ e-mail _____ NOMBRE DEL CONTACTO: _____		EXISTENCIA DE INFORMACION TECNICA									
			si	no	n/s						
		Manual de Operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		Manual de Instalacion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		Manual de Servicio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		Manual de Partes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		Otra Literatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		No Existe Informacion Tecnica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		ESTADO DEL EQUIPO									
		Actualización	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Bueno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Reparable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Descartable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Observaciones									
REGISTROS DE ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN											
1. ELABORADO POR (1ra vez)	NOMBRE Y FIRMA	FECHA	NOMBRE Y FIRMA	FECHA							
NOMBRE:	2		5								
CARGO:	3		6								
FIRMA:	4		7								
FECHA:											

ANEXO C

HQ/DEVIDA DEL EQUIPO	HATUNGRO						
NOMBRE EQUIPO _____ Marca _____ Fecha de _____ Nivel de _____ Fecha de instalación _____ Índice de Registro _____ Identificación _____ NSIe _____ Modelo _____ MANUALES <input type="checkbox"/> OPERACIÓN <input type="checkbox"/> DESERVICIO <input type="checkbox"/> DE PARTES <input type="checkbox"/> NO EXISTE INFORMACIÓN TÉCNICA <input type="checkbox"/>							
N°	ACTIVIDAD	FECHA	COSTO	COSTO ACUMULADO	Hrs de funcionamiento acumuladas	# De Orden	OBSERVACIONES

ANEXO D

ESPECIFICACIONE TRANSMISORES DE POTENCIA		
DATOS GENERALES		
No De Equipo	_ código de materiales:	_____
planta:	_ fecha de montaje:	_____
Sección	_ (día,mm,año)	_____
No de inventario	_ categoria del equipo:	_____
orden de compra	_ (critico-Esencial-P. general	_____
fabricante	_ equipo problema (S/N)	_____
serie	_ conducido por:	_____
tipo	_ motor-turbina-otro	_____
servicio:		
DIBUJOS		
plano de general	_ plano de partes	_____
ejes	_ rodillos	_____
piñones	_ bujes	_____
sistema de transmsion de potencia		
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
combustible	_ torque	_____
temperatura	_ Estado visual	_____
presion	_ limpieza	_____
caudal	_ nivel de aceite	_____
nivel de agua	_ cantidad de producto	_____
tipo de ubricante	_____	
revisado por	Supervisado	aprovado

ANEXO E

ORDEN DE TRABAJO	HARINAGRO	
Número de Orden: MPP MC OTRO	EQUIPO	
Servicio Solicitante	Modelo	No Inventario Técnico
Nombre del Solicitante	Serie	No de Identificación
Fecha	Marca	Medida aplicada ultima fecha
Servicio Interno Externo Empresa <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	Fabricante	Técnico Responsable
Descripción del trabajo solicitado		Firma y sello Autorización

MANO DE OBRA							INFORMACIÓN TÉCNICA	
fecha	Código Técnico	Cantidad HH	Costo HH	Valor	Otros Costos	total	Fallas Detectadas	Medidas Aplicadas
							<input type="checkbox"/> 1 Envejecimiento	<input type="checkbox"/> 1. Pr. Funcionamiento
							<input type="checkbox"/> 2. desgaste	<input type="checkbox"/> 2. Pr. Seguridad
							<input type="checkbox"/> 3. Operación indebida	<input type="checkbox"/> 3.Reparación
							<input type="checkbox"/> 4 Medio Ambiente	<input type="checkbox"/> 4 MPP
							<input type="checkbox"/> 5. Construcción	<input type="checkbox"/> 5. Supervisión
							<input type="checkbox"/> 6. Batería	<input type="checkbox"/> 6. Modificación
							<input type="checkbox"/> 7. Mala instalación	<input type="checkbox"/> 7. Calibración
							<input type="checkbox"/> 8. Accesorios	<input type="checkbox"/> 8. Adiestramiento
							<input type="checkbox"/> 9. Uso	<input type="checkbox"/> 9. Protección radiológica
							<input type="checkbox"/> A. Desconocido	<input type="checkbox"/> A. Asesoría Técnica
							<input type="checkbox"/> B. MPP por usuario	<input type="checkbox"/> B. Inventarización
							<input type="checkbox"/> C. cambio Interno	<input type="checkbox"/> C. Fabricación/Diseño
							<input type="checkbox"/> D. Sin Falla	<input type="checkbox"/> D. Montaje/Desmontaje
TOTAL								<input type="checkbox"/> E. Inspección de Ingreso
								<input type="checkbox"/> F. Descarte

MATERIALES					
Código	Descripción	UM	Cantidad	P Unitario	Valor

INFORME Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO		RECEPCIÓN DEL TRABAJO	
Firma de técnico		FECHA	HORA
		NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO	SELLO DEL SERVICIO
Revisado Jefe			

ANEXO F

REGISTRO DE EQUIPOS

EQUIPO _____	CODIGO _____					
MODELO _____	SERIE _____	AÑO _____				
FABRICANTE _____						
Fecha de Instalación _____	Está en ser	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
FUENTE DE ALIMENTACION						
Electricidad <input type="checkbox"/>	Gas <input type="checkbox"/>	Carbón <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Full Oil <input type="checkbox"/>	ACPM <input type="checkbox"/>	Agua <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
DETALLES TECNICOS						
Voltaje	<input type="checkbox"/> 110	<input type="checkbox"/> 220	<input type="checkbox"/> 440	Fases	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 3
Frecuencia	<input type="checkbox"/> 50 Hz	<input type="checkbox"/> 60 Hz	Potencia	<input type="checkbox"/> Kw	<input type="checkbox"/> Hp	
Velocidad	<input type="checkbox"/> RPM	Amperaje	<input type="checkbox"/>			
Presión de trabajo	<input type="checkbox"/>	Presión de Diseño	<input type="checkbox"/>			
Producción de Vapor	<input type="checkbox"/> lb/h					
DATOS DE LUBRICACION						
REPUESTOS MAS IMPORTANTES						
PARTES IMPORTANTES DE INSPECCION Y FRECUENCIA						

ANEXO I

CALCULO DE EFICIENCIA DE LA CALDERA

1. MEDICIONES REALIZADAS

1.1. Metodología de las mediciones de combustión

Se tomaron mediciones con el Equipo **Portable Combustión Analyzer** de BACHARACH, de los gases de combustión para la caldera.

Los parámetros medidos a los gases de combustión son: CO₂, O₂, CO, T_{gc}, exceso de Aire y eficiencia de combustión.

Descripción	Nomenclatura	Chimenea
Porcentaje de CO ₂	%CO ₂	11,40
Porcentaje de O ₂	%O ₂	3,75
Porcentaje de CO	%CO	0,03
Porcentaje de N ₂	%N ₂	88,57

Resultados Análisis de Gases de Chimenea									
No.	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	CO [ppm]	SO ₂ [ppm]	H ₂ S [ppm]	NO _x [ppm]	NO [ppm]	Tgc (°C)	Exceso de aire %
1	10,9	3.0	279	248	73	240	226	242	45,3
2	11,9	4.5	316	294	75	255	240	246	41,9
Prom.	11,4	3.75	297,5	271,0	74,0	247,5	233,0	244	43,6

2. Análisis de los resultados de la Combustión en la caldera

- **Contenido de Oxígeno (O₂) y aire en exceso:** El contenido de Oxígeno es en promedio de 3,75% se considera bueno, pero el exceso de aire es del 43.6%, los cuales resultan muy elevados, teniendo en cuenta que para el caso de combustión de carbón se recomienda un exceso de oxígeno entre 3 y 4.5%, lo que implica un exceso de aire entre del 18%. Un elevado exceso de aire atenta contra una buena combustión, puesto que éste realiza una dilución del combustible, que además de dificultar la combustión consume energía calórica, que debe ser entregada al fluido.

- **Contenido de Dióxido de Carbono (CO₂):** El Dióxido de Carbono no sufre variaciones su valor es de 11.4 %, está por debajo del 24%, el cual es recomendado para carbón.
- **Contenido de Monóxido de Carbono (CO):** El monóxido de Carbono está en promedio en 297,5 ppm, lo que indica que hay pérdidas por inquemados del combustible se puede corregir con una buena combustión.
- **Temperatura de los gases de Combustión:** La temperatura de los gases de combustión (Tgc) se encuentra en promedio en 244°C, valor muy elevado. Analizando respecto a la temperatura del vapor de 126 a presión de 110 psi. se observa la ineficiencia de la caldera por la alta temperatura con que salen los gases de combustión, teniendo en cuenta que por cada 20°C de exceso de la temperatura de los gases de combustión respecto a la del vapor se pierde el 1% de eficiencia en la caldera.

Presenta un factor de exceso de temperatura (Ft) alto lo que indica pérdida de energía, existiendo potencialidad y posibilidad térmica de recuperar el calor.

$$Ft = T_{gc}/(T_f+60)$$

$$Ft = 244/(126+60)=1.31$$

Ft < 1 ideal

3. EFICIENCIA TERMICA EN LAS CALDERAS

Método de prueba:

El método de prueba que debe usarse para determinar la eficiencia térmica de las calderas es el método indirecto o de pérdidas.

El calor perdido es igual a la suma del calor residual contenido en los gases de combustión y el calor que se transfiere al ambiente a través de las paredes de la caldera:

$$Q_p = Q_{pgc} + Q_{pcr}$$

Por lo que la ecuación queda como:

$$\eta = 1 - \frac{Q_{pgc}}{Q_l} - \frac{Q_{pcr}}{Q_l}$$

Que expresada en por ciento del calor liberado queda como:

$$\eta = 100 - \% Q_{pgc} - \% Q_{pcr}$$

Donde:

Q_p = Calor perdido

Q_{pgc} = Calor contenido en los gases de combustión a la salida de la Caldera

Q_{pgr} = Calor perdido a través de las paredes de la caldera

Q_l = Calor liberado

$$Q_{pgc} = 68 \cdot (T_{gc} - T_{am}) / \%CO_2 + 11$$

Las pérdidas de calor por inquemados se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_i = K_2 \frac{\%CO}{\%CO + \%CO_2}$$

Donde:

Q_i = Pérdida de calor por inquemados en porcentaje.

$\%CO$ = **Contenido de CO en los gases de combustión en porcentaje.**

$\%CO_2$ = Contenido de CO_2 en los gases de combustión en porcentaje.

K_2 = 102 (por tratarse de carbón)

Las pérdidas por convección se calcula utilizando la fórmula de Coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$H_{cf} = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

Donde:

H_{cf} : coeficiente de transmisión de calor por convección

K : conductividad térmica de la fibra de vidrio 0.035 (w/m⁰k)

Nu : Número de Nusselt (316.21)

L : Largo en metros (7 m)

Coeficiente de transferencia de calor por radiación:

$$H_{rf} = \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot ((T_{pared})^4 - (T_{amb})^4)}{(1/E - 1) \cdot (T_p - T_a)}$$

Donde:

H_{cf} : coeficiente de transferencia por radiación

E : emisimibilidad del aluminio (0.78)

T_{pared} : Temperatura de la pared de la caldera (parte superior 358° K)

$T_{amb.}$: Temperatura ambiente (301 °K)

Total coeficiente de transferencia:

$$H_t = H_{cf} + H_{rf}$$

Calor evacuado al exterior:

$$Q = H_t \cdot \text{Area} \cdot (T_{\text{pared}} - T_{\text{amb.}})$$

▪ **Datos obtenidos mediante el Método de pérdidas**

Poder calorífico del carbón (Kcal/Kg) = 5.800

Pérdidas de calor sensible e inquemados Trabajando en alta

Energía perdida por calor sensible = 1.287,48 Kcal/Kg 22 %

Energía perdida por inquemados = (Despreciable)

Total pérdidas en Gases de combustión 1.288 Kcal/Kg 22%

Pérdidas por convección y radiación parte superior de la caldera

Energía perdida (Kcal/Kg) = 312 Kcal/Kg

Porcentaje de pérdida (%) = 5.6 %

Total pérdidas 1600 Kcal/Kg 27.6%

Energía convertida 4200 Kcal/Kg 72.4%

Eficiencia total 72.4%

ANEXO J

CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA POR FALTA DE AISLAMIENTO TERMICO Y FUGAS DE VAPOR

1. PERDIDAS DE ENERGIA POR FALTA DE AISLAMIENTO TERMICO Y OPCIONES DE MEJORAMIENTO

Acción concreta

Instalar aislamientos en las tuberías de vapor para disminuir las pérdidas de energía en forma de calor a la atmósfera

Antecedentes

Actualmente se encuentran sin aislamiento térmico algunos tramos de la tuberías de vapor de la empresa, esto ocasiona que se tengan pérdidas de energía al medio ambiente y que se formen condensados en las tuberías, lo que provoca problemas de golpe de ariete y reducción en el coeficiente de transferencia de calor.

Datos para hacer los cálculos

Para evaluar esta oportunidad de ahorro de energía se tomará el costo del carbón que en promedio le sale a la empresa a \$75 la libra, con poder calorífico de 10.500 BTU/lb

Se midió temperatura exterior de la tubería de 108°C (sin aislamiento) y una temperatura ambiente de 33°C, por lo tanto la diferencia de temperatura entre la superficie y el medioambiente es de 75°C.

Estimamos las horas laboradas al año en 8000 horas

Pérdidas de calor en las tuberías sin aislante térmico

Diámetro de la tubería	Metros sin aislamiento	Perdidas de calor btu/hm	Perdidas de calor btu/h	Perdidas de calor btu/año
4	25	2.016	50.400	403.200.000
3"	15	1.773,9	26.608	212.868.000
1 1/2"	100	1.055,8	105.580	844.640.000
3/4"	45	639,7	28.786,5	230.292.000
Totales		10.659,4	127.480,9	1.691.000.000

Estos valores se obtuvieron aplicando la formula para perdida de calor:

$$q = \frac{\pi * (top - ta) * 2k * hs * de}{\ln \frac{de}{di}}$$

donde:

q = transferencia de calor (W/m)

top = temperatura de operación

$tsup$ = temperatura supuesta de la superficie de la tubería

ta = temperatura ambiente

k = conductividad térmica del acero de la tubería

V = velocidad del viento

de = diámetro exterior de la tubería

di = diámetro interior de la tubería

Hs = coeficiente global de transferencia de calor

Costo de las pérdidas anuales por tubería sin aislamiento térmico

$$1.691.000.000 * 75 / 10,500 = \$12.078.571$$

Inversión necesaria

Se recomienda el aislamiento térmico de fibra de vidrio de 1.5"

Periodo de recuperación de la inversión

$$PR = \frac{\text{Inversión necesaria}}{\text{Ahorro por pérdidas}}$$

2. PERDIDA DE CALOR EN TANQUES Y DEPÓSITOS Y OPCIONES DE MAJORAMIENTO

Acción concreta

Colocar aislamiento térmico en los tanques de grasas (dos tanque de 1.3*1*3 m)

Antecedentes

La energía que se pierde en forma de calor en los 2 tanques, se tiene que volver a agregar al agua para formar vapor en las calderas.

Para evaluar esta oportunidad de ahorro de energía se tomará el costo del libra de carbón a \$70 y un poder calorífico 10,500 btu/lb, por lo tanto en Harinagros el costo de btu es de:

$$\frac{75 \$/l}{10,500 \text{btu/l}} = 0.00714 \frac{\$}{\text{btu}}$$

Dimensiones de los tanques de Grasas :

Tanques de recuperación	Dimensiones (m)	Area sin Aislamiento m ²
Tapas frontales	1,3*1*6	7,80
Tapas laterales	3*1*6	18,0
Tapa inferior	3*1,3*3	11,7
Total		37,5

Nota: multiplico por 4 por que son dos tanques de las mismas dimensiones

La diferencia de temperatura entre la superficie y el medio ambiente es de 70°C,

Se promedio que se laboran 4000 horas al año en la sección de grasas.

Ahorro de energía

Las pérdidas de energía en los tanque de recuperación ubicado en la zona de descargue son:

Pérdidas de energía en tanques sin aislamiento

Perdidas de energía (btu/hora)	Perdidas btu/hm ²	Perdidas btu/h
Tapas Frontales	4,894.8	38.179,44
Tapas laterales	4,894.8	88.106,40
Tapa Inferior	4,894.8	57.269,16
Perdidas totales		183.555.00

Pérdidas totales anuales por falta de aislamiento

183.555 btu/h x 4.000 horas =734.220.000 btu al año

Perdidas anuales en pesos

Perdidas en dinero anuales por falta de aislamiento en el tanque de recuperación es de:

(734.220.000 btu/año)*(0.00714 \$/btu)=\$ 5.242.330 al año

Inversión necesaria

El costo total del aislamiento térmico que se seleccione.(lana mineral)

Período de recuperación de la inversión

$$PR = \frac{\text{Inversión necesaria}}{\text{Ahorros económicos}}$$

3. PERDIDAS DE CALOR POR FUGAS Y OPCIONES DE MEJORAMIENTO

Acción concreta

Eliminar las fugas de vapor de toda la planta, reparando los tramos de tubería en mal estado, cambiando empaques en válvulas y bridas, y reemplazando válvulas de paso en malas condiciones.

Antecedentes

Eliminar las fugas de vapor en líneas de distribución y en equipos consumidores, es una de las acciones más evidentes para ahorrar energía. El día de la visita encontraron 12 fugas planta pero se identificaron 2 fugas de vapor a una presión de 60 psi.

Beneficios

A continuación, se muestra en forma de tabla la cantidad de vapor perdido y el costo de cada fuga de vapor, dependiendo del diámetro y la presión de operación.

Para conocer la cantidad de vapor que escapa por un orificio, hay que hacer intervenir la sección del orificio, utilizando la siguiente expresión:

$$Q = Cd * A * \lambda \left[P * \delta * \gamma \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma + 1) - 1}{\gamma}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Q = Caudal de vapor que sale por el orificio (kg/s)

A = Area de la sección del orificio (m²)

P = Presión manométrica del vapor (kg/m²)

Cd = Coeficiente de descarga (adimensional)

λ = Coeficiente de flujo de emisión (adimensional)

δ = Densidad (kg/m³)

γ = Razón entre los calores específico

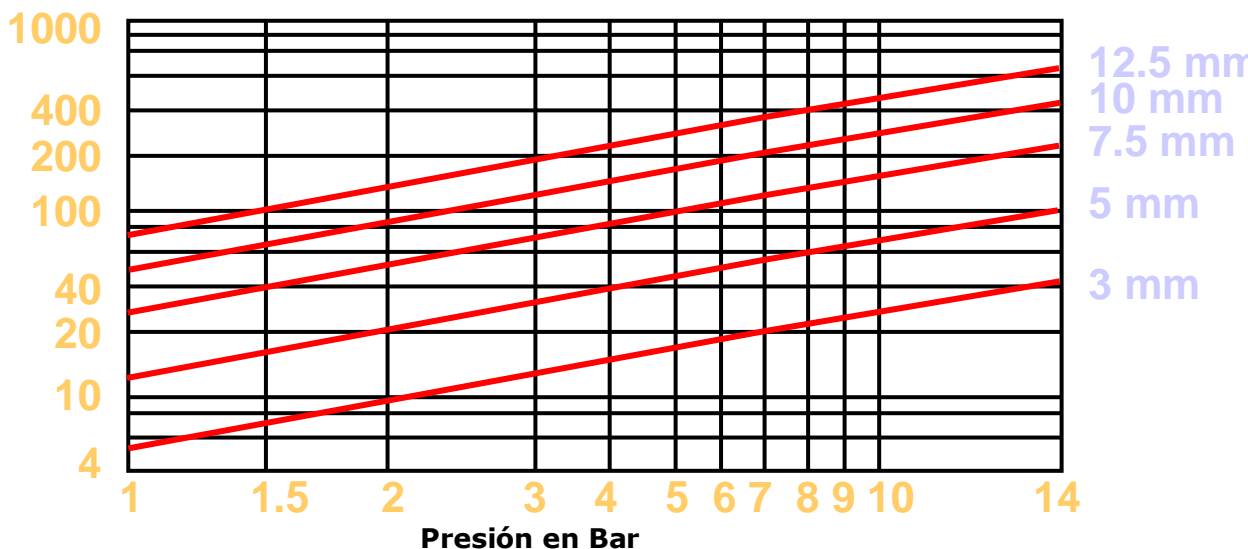
Sustituyendo estos valores en la fórmula anterior se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla. Lo cual se puede comprobar por intermedio de la grafica No. 1 estandarizada

Caudal de vapor que escapa a la atmósfera

Diámetro de la fuga (mm)	Caudal de vapor a una presión de 50 psi (kg/h)	Caudal de vapor a una presión de 100 psi (kg/h)
2	6.7	8.2
3	13.8	24

5	38.5	50
10	150	280.4

Kg vapor/hora



Grafica 1 Perdidas de vapor por fugas
Fuente Spirax Sarco

El costo promedio de un kilogramo de vapor en la planta es de \$9 por kilogramo solo se solo se toma el costo del carbón, no se tomo el consumo de agua, químicos para tratarla y energía eléctrica con lo que aumenta el costo de kilogramo de vapor..

Las pérdidas económicas por mes y año de una fuga de vapor se muestran en la tabla:

. Costo de las fugas de vapor

Diámetro de la fuga (mm)	Costo de una fuga de vapor a una presión de 50 psi		Costo de una fuga de vapor a una presión de 100 psi	
	Mes	Año	Mes	Año
2	43,316	520,992	53,136	637,632
3	165,600	1,987,200	288,000	3,456,000
5	249,480	2,993,760	324,000	3,888,000
10	972,000	11,664,000	1,350,432	16,205,184

Se identificaron las siguientes fugas las cuales enunciamos en la siguiente tabla

UBICACIÓN	CANTIDAD	DIÁMETRO TUBERÍA (pulg)	DIÁMETRO DE LA FUGA (mm)	PRESIÓN (psi)
Válvula de 4" línea principal	1	4	5	50
Manifol 1 válvula	1	1 1/2"	3	60

Manifol 1 línea fuera de servicio	1	3	3	60
Universal Kuquer 4	1	4	3	50
Unión Kuquer 4	1	1 1/2	2	50
Válvula manifold	2	1 1/2	2	60
Línea fuera de servicio manifold	3	1 1/2	3	50
Válvulas tanques sebo	2	3/4	2	60
Válvulas centrifuga	1	3/4	2	60
Válvulas de seguridad kuquer 1,2,4,5	4		2	50
Fugas trampa tanque sebo	1	3/4	2	50

Costo Fugas de vapor en la planta

Diámetro de la fuga (mm)	Número de fugas		Costo de Estas fugas en un año a una presión de 50 psi	Costo de Estas fugas en un año a una presión de 60 psi
	50 psig	60 psig		
2	7	4	3.646.944	interpolar2.268.000
3	4	2	7.948.800	interpolar4.100.000
5	1		2,993,760	
TOTAL				20.957.504

Las fugas están ubicadas en drenaje de secado y molienda, kuquer 4 y la purga permanente en el manifold 1 se calculo como una fuga.

Inversión

La inversión consiste en la compra e instalación de empaques, válvulas ,tramos de tubería arreglo de uniones en codos y universales.

Cabe hacer notar que estos gastos caen dentro del presupuesto del departamento de mantenimiento de la planta, por lo que se podría considerar como una inversión presupuestada y no es adicional a lo que se tiene programado.

Período de recuperación de la inversión

El tiempo de retorno de la inversión es de :

$$PR = (\text{Costo de las reparaciones})/(\text{Ahorros anuales})$$

COSTOS DE LAS PERDIDAS

En la tabla mostramos las perdidas en pesos por falta de aislamiento térmico y por fugas.

Tabla total perdidas anuales.

COSTO DE LAS PERDIDAS ANULES	
Costo por línea de vapor sin aislamiento térmico	10,378,257
Tanques grasas	3,494,956.00
Fugas en la línea de distribución	16,244,064.00
COSTO TOTAL	38.278.405