



**CLASIFICACION PARA EL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS SEGÚN SU  
CRITICIDAD DE LA PLANTA EMGESA S.A E.S.P. CARTAGENA.**

**RAFAEL ENRIQUE GONZALEZ ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS MECANICA Y MECATRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.  
MAYO DE 2009**



**CLASIFICACION PARA EL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS SEGÚN SU  
CRITICIDAD DE LA PLANTA EMGESA S.A E.S.P. CARTAGENA.**

**RAFAEL ENRIQUE GONZALEZ ACEVEDO**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**DIRECTOR  
ALFONSO ENRIQUE NUÑEZ NIETO  
INGENIERO MECANICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS MECANICA Y MECATRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.  
MAYO DE 2009**

**Nota de aceptación**

-----  
-----  
-----  
-----

-----  
**Firma director de tesis**

-----  
**Firma del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

-----

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. MAYO DEL 2009**

## **REGLAMENTO ACADEMICO**

### **Artículo 105**

“La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.”

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por permitirme vivir y ser esa luz que no me desampara, esa mano que siempre esta en el momento oportuno para darme fortaleza y ganas de seguir adelante. Por regalarme el tesoro que nunca podré pagar, pero si agradecer, mis Padres.*

*A mis Padres, por ser las personas que me han dado todo su Amor y Sabiduría sin el más mínimo reparo, por no dejarse vencer en las adversidades y regalarme la oportunidad de ser alguien en la vida, basado en los principios que me han inculcado para ser una persona de bien.*

*A mi esposa e hija, por estar conmigo en los momentos difíciles y ser esas personas que me motivan a seguir adelante y ser mejor cada día.*

*A todas esas personas que de una u otra forma han ayudado en mi formación tanto profesional como personal y se que me desean éxitos en mi vida.*

**RAFAEL ENRIQUE GONZALEZ ACEVEDO**

**Cartagena de Indias, 20 de Mayo de 2009**

Señores

**Comité Evaluador de Proyectos de Grados**

Universidad Tecnológica de Bolívar

Programa de Ingeniería Mecánica y Mecatronica

Ciudad

Respetados Señores,

A través de la presente certifico que he asesorado el trabajo de grado titulado: **“Clasificación para el Mantenimiento de Activos Según su Criticidad de la Planta EMGESA S.A. E.S.P. de Cartagena”**, realizado por el estudiante **Rafael Enrique González Acevedo**, estudiante del programa de Ingeniería Mecánica. A juicio de este servidor el trabajo por mi asesorado reúne los requisitos establecidos.

Cordialmente,

---

**Alfonso Enrique Núñez Nieto**  
**Ingeniero Mecánico**  
**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. MAYO 20 DEL 2009**

**Señores:  
Comité de grado  
Programa de Ingeniería Mecánica  
Universidad Tecnológica de Bolívar  
Ciudad**

Con la presente me permito someter para su estudio, consideración y aprobación la monografía titulada “**Clasificación para el Mantenimiento de Activos Según su Criticidad de la Planta EMGESA S.A. E.S.P. de Cartagena**”, realizada por el estudiante Rafael Enrique González Acevedo, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

---

**Rafael Enrique González Acevedo**

## **AUTORIZACIÓN**

**Cartagena de Indias D.T Y C. Mayo de 2009**

Yo Rafael Enrique González Acevedo, identificado con cedula de ciudadanía numero 73.199.004 de Cartagena (Bolívar), autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la biblioteca.

---

**Rafael Enrique González Acevedo**  
**C.C 73.199.004 de Cartagena**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	23
1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	28
2. OBJETIVOS.	29
2.1. OBJETIVO GENERAL	29
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	29
2.3. JUSTIFICACION.	30
3. RESEÑA HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO	32
4. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	34
4.1. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO	34
4.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO	36
4.2.1. CORRECTIVO (DE EMERGENCIA)	36
4.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO.	37
4.2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	37
4.2.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	39
4.3. COMPARACION DE COSTO DE LOS 3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	40
5. CICLO RANKINE	41
6. DESCRIPCION DE EQUIPOS PRICIPALES Y AUXILIARES DE LA PLANTA	42
6.1. TURBINA	42

6.2. GENERADOR	42
6.3. EXCITATRIZ	42
6.4. CONDENSADOR	42
6.5. TRANSFORMADOR PRINCIPAL	43
6.5.1. SI LA UNIDAD ESTA GENERANDO:	43
6.5.2. SI LA UNIDAD NO SE ENCUENTRA EN GENERANDO:	43
6.6. CALDERA	44
6.7. VENTILADOR DE TIRO FORZADO	44
6.8. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO	45
6.9. BOMBA AGUA ALIMENTACION	45
6.10 BOMBA VACIO CONDENSADOR	45
6.11. MOTOR-BOMBA DE CONDENSADO	46
6.12. TRANSFORMADOR AUXILIAR	46
6.13. MOTOR Y BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO	46
6.14. COMPRESORES AIRE INSTRUMENTOS	47
6.15. COMPRESORES AIRE DE SOPLADO	47
6.16. MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA	47
6.17. SISTEMA CONTRA INCENDIO	47
6.17.1. MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESIÓN	47
6.17.2. MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICO	48
6.17.3. MOTORES DIESEL Y BOMBA DE RESPALDO	48
6.18. EQUIPOS DE COMBUSTIBLES	48
6.18.1. MOTORES Y BOMBAS TRANSFERENCIA F.O	48
6.18.2. MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACION F.O. A QUEMADORES	49
6.18.3. MOTORES Y BOMBAS SUMINISTRO DIESEL A IGNITORES	49
6.18.4. QUEMADORES	49
6.19. EQUIPOS DE TRATAMINETO DE AGUA PARA PROCESO	50
6.19.1. FLOCULADOR	50

6.19.2. MOTORES Y BOMBAS AGUA CLARIFICADA	50
6.19.3. FILTROS DE ARENA	50
6.19.4. TRENES DESMINERALIZADORES	50
6.19.5. BOMBAS AGUA DESGASIFICADORAS	51
6.19.6. BOMBAS AGUA FILTRADA	51
7. EQUIPOS PRINCIPALES POR UNIDADES	52
7.1. UNIDAD 1	52
7.1.1. TURBINA	52
7.1.2. GENERADOR	52
7.1.3. EXCITATRIZ	53
7.1.4. CONDENSADOR	53
7.1.5. TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA	53
7.1.6. TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA	54
7.1.7. GENERADOR DE VAPOR	54
7.1.8. PRECALENTADOR DE AIRE	54
7.1.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO	55
7.1.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO	56
7.1.11. BOMBA AGUA LIMIENTACION	56
7.2. UNIDAD 2	57
7.2.1. TURBINA	57
7.2.2. GENERADOR	57
7.2.3. EXCITATRIZ	58
7.2.4. CONDENSADOR	58
7.2.5. TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA	58
7.2.6. TRASFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA	59
7.2.7. GENERADOR DE VAPOR	59
7.2.8. PRECALENTADOR DE AIRE	60
7.2.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO	60
7.2.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO	61

7.2.11. BOMBA AGUA DE ALIMENTACION	62
7.3 UNIDAD 3	62
7.3.1. TURBINA	62
7.3.2. GENERADOR	62
7.3.3. EXCITATRIZ	63
7.3.4. CONDENSADOR	63
7.3.5. TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA	63
7.3.6. TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA	64
7.3.7. GENERADOR DE VAPOR	64
7.3.8. PRECALENTADOR DE AIRE	65
7.3.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO	65
7.3.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO	66
8. CARACTERISTICAS DE EQUIPOS AUXILIARES DE LA PLANTA	67
8.1. UNIDAD 1 Y 2	67
8.1.1. MOTORES Y BOMBAS CONDENSADO	67
8.1.2. QUEMADORES UTILIZADOS	68
8.1.3. MOTORES Y BOMBAS DE VACIO CONDENSADOR	68
8.1.4. SISTEMA AIRE INSTRUMENTO Y SOPLADO	69
8.1.4.1 MOTORES Y COMPRESORES AIRE DE INSTRUMENTO Y MANDO	69
8.1.4.2. MOTORES Y COMPRESORES DE AIRE DE SOPLADO A/B PRESION	70
8.1.4.3. MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA	70
8.1.5. SISTEMA CONTRAINCENDIO	71
8.1.5.1. MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESION	71
8.1.5.2. MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICA:	71
8.1.5.3. MOTORES DIESEL Y BOMBAS DE RESPALDO	72
8.1.6. MOTORES Y BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE FUEL OIL:	72

8.1.7. MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACIÓN DE FUEL OIL A QUEMADORES	73
8.1.8. MOTORES Y BOMBAS SUMINISTRO DE ACPM A IGNITORES	73
8.1.9. SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO PARA EQUIPOS	74
8.1.9.1. TORRE AGUA ENFRIAMIENTO	74
8.1.9.2 MOTORES Y BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO	74
8.1.10. PLANTA AGUA DESMINERALIZADORA	75
8.1.10.1. PRETRATAMIENTO	75
8.1.10.2. MOTORES Y BOMBAS A/CLARIFICADAS	75
8.1.10.3. FILTROS DE ARENA	76
8.1.10.4. T.K. A/FILTRADA DE CONCRETO	76
8.1.11. TRATAMIENTO	76
8.1.11.1. TRENES DESMINERALIZADORES	76
8.1.11.2. BOMBAS AGUA DESGASIFICADORA:	76
8.1.11.3. BOMBAS AGUA FILTRADA	77
8.1.11.4. TANQUES ACIDO CLORHÍDRICO	77
8.1.11.5. TANQUES ALMACENAMIENTO SODA	77
8.2. UNIDAD 3	77
8.2.1. QUEMADORES CARACTERISTICA	77
8.2.2. MOTORES Y BOMBAS CONDENSADO	78
8.2.3. MOTORES Y BOMBAS DE VACIO CONDENSADOR	79
8.2.4. MOTORES Y COMPRESORES AIRE DE INSTRUMENTO Y MANDO	79
8.2.5. MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA	80
8.2.6. SISTEMA CONTRA INCENDIO	80
8.2.6.1. MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESION	80
8.2.6.2. MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICA	81
8.2.6.3. MOTORES DIESEL Y BOMBAS DE RESPALDO	81

8.2.7. MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACIÓN DE FUEL OIL A QUEMADORES	82
8.2.8. MOTORES Y BOMBAS SUMINISTRO DE ACPM A IGNITORES	82
8.2.9. SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO PARA EQUIPOS	83
8.2.9.1. ENFRIADORES AGUA DE SERVICIO	83
8.2.9.2. MOTORES Y BOMBAS AGUA DE SERVICIO U-3	83
8.2.10. PLANTA AGUA DESMINERALIZADORA	84
8.2.10.1. PRETRATAMIENTO	84
8.2.10.2. MOTORES Y BOMBAS A/CLARIFICADAS	84
8.2.10.3. FILTROS DE ARENA	84
8.2.10.4. T.K. A/FILTRADA DE CONCRETO	85
8.2.11. TRATAMIENTO	85
8.2.11.1. TRENES DESMINERALIZADORES	85
8.2.11.2. BOMBAS AGUA DESGASIFICADORA:	85
8.2.11.3. BOMBAS AGUA FILTRADA	85
8.2.11.4. TANQUES ACIDO CLORHÍDRICO	85
8.2.11.5. TANQUES ALMACENAMIENTO SODA	85
9. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES	86
9.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO FUEL OIL	86
9.2. TANQUES DIARIOS FUEL OIL	86
9.3. TANQUE ACPM	86
10. CLASIFICACION DE ACTIVOS SEGÚN SU CRITICIDAD	87
11. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	

## ANEXOS

### LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: COMPARACIÓN DE COSTO DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	40
TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS “CRITICIDAD DE EQUIPOS”	87
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS “EFECTO DE NO HACER LA TAREA”	87
TABLA 4: CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS “ORDEN DE PRIORIDAD”	88
TABLA 5: CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES	89
TABLA 6: CLASIFICACIÓN DE SISTEMA CONTRA INCENDIO	90
TABLA 7: CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE COMBUSTIBLE	90
TABLA 8: CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESO	91
TABLA 9: CLASIFICACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	91

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: ESQUEMA GENERAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.	20
FIGURA 2: ESQUEMA SECUENCIAL DE LA CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS	24

## LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
GRAFICO 1: INVERSIONES ANUALES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO MECÁNICO	27
GRAFICO 2: INVERSIONES ANUALES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECÁNICO	27
GRAFICO 3: INVERSIONES ANUALES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO ELÉCTRICO	28
GRAFICO 4: INVERSIONES ANUALES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO	28
GRAFICO 5: MANTENIMIENTO PREDICTIVO	39
GRAFICO 6: COMPARACIÓN DE COSTOS DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	40

## **ANEXOS**

ANEXO A: IMÁGENES DE EQUIPOS.

## 1. INTRODUCCIÓN

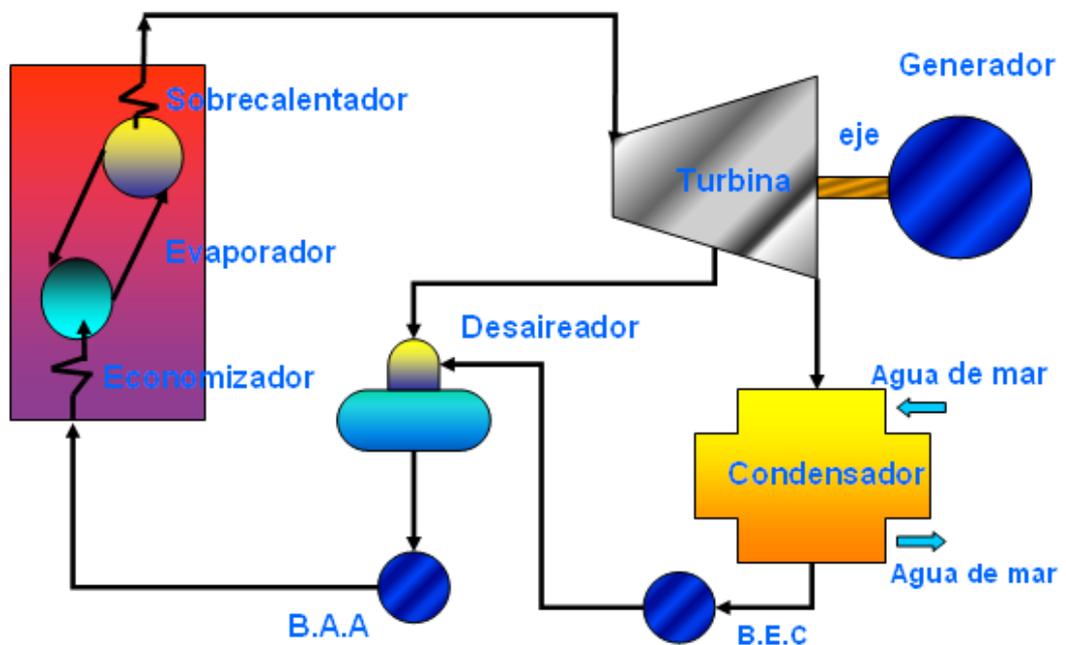
**EMGESA S.A. ESP** es una empresa de generación de energía eléctrica que tiene como objetivos principales suministrar a sus clientes un servicio de calidad de forma responsable y eficiente, proporcionar rentabilidad a sus accionistas, fomentar la capacitación profesional de sus empleados, acompañar el desarrollo de los entornos sociales en los que opera y utilizar de manera sostenible los recursos naturales necesarios para su actividad productiva.

Esta empresa es consciente de que el cumplimiento equilibrado de sus responsabilidades en materia económica, social y ambiental, sobre una base de criterios sostenibles, es esencial para el mantenimiento de su posición actual de liderazgo y para su fortalecimiento de cara al futuro.

Estos son los argumentos que se tienen en cuenta para llevar a cabo la mejora continua en esta empresa, es por esta misma razón que surgen las necesidades de tener una operación y un mantenimiento confiable a costo óptimo, mediante esta forma dar satisfacción a todos los interesados y hacer sostenible el negocio.

Para dar cumplimiento a todo lo anterior es primordial un funcionamiento excelente de todos los parámetros que puedan afectar el proceso productivo, sea para el caso la generación de energía. Los recursos cada día son más escasos, por lo que se necesita ser puntuales, y es por ello que es vital un esquema de priorización de los Activos de la Planta ya que se puede establecer de una manera más acertada la estrategia de mantenimiento, viéndose todo lo anterior reflejado en menor inversión de recursos.

La priorización implica una Clasificación de Activos en función del impacto al negocio, esto tiene como consecuencia optimizar el mantenimiento y directamente los costos del mismo, la buena clasificación de éstos permite mas efectividad a la hora de una intervención, al tiempo que los clasifica dependiendo de su prioridad. Como resultados de todo esto, lo que se busca es tener una mejor eficiencia y eficacia en la producción, que se observará en el ahorro de combustible y mano de obra, estas dos variables son iguales a dinero y de forma directa se favorece al tema ambiental.



**Figura 1:** Esquema General de Generación de Energía.

## **EMGESA S.A. ESP**

La empresa **EMGESA S.A. ESP**, es considerada una empresa líder, no solo a nivel nacional sino también internacional. Esta empresa cuenta con Plantas de generación en el país las cuales están ubicadas en las ciudades de Bogotá, Neiva y Cartagena contando en cada una de ellas con 10, 1 y 1 Planta respectivamente. Además cabe resaltar la asignación por parte del gobierno de la construcción del proyecto “EL QUIMBO” que se desarrollara en el Huila.

Esta empresa cada día se consolida más a nivel nacional e internacional por lo que ya es considerada una potencia en este sector.

**HISTORIA: EMGESA S.A. ESP**, fue constituida el 23 de octubre de 1997, como resultado del proceso de capitalización de la Empresa de Energía de Bogotá, efectuado por la sociedad de propiedad mayoritaria chileno-española, Capital Energía. La Compañía es filial de **ENDESA Chile**, el mayor grupo eléctrico privado de Latinoamérica. La EEB S.A. ESP. es el socio mayoritario de **EMGESA**. El control de la Empresa es ejercido por los accionistas privados.

La Compañía tiene como actividad principal la generación y comercialización de energía eléctrica en los términos de la ley 143 de 1994. Cuenta con diez Centrales de generación hidráulica y dos térmicas.

La Empresa ha registrado importantes logros comerciales, ambientales, sociales y operacionales dentro de los cuales se destacan: su posición de liderazgo en el Mercado No Regulado del país con una participación cercana al 22%, la certificación ambiental ISO 14001 para el 100% de su capacidad instalada, índices del 95% en promedio, en la disponibilidad de sus Centrales y la reducción de las salidas de operación a una décima parte de las registradas antes del proceso de capitalización que le dio origen a la Compañía.

**EMGESA S.A ESP**, consciente de su compromiso social con las comunidades próximas a sus operaciones, ha desarrollado en forma directa y a través de la Fundación Endesa Colombia, importantes proyectos en el sector educativo, de infraestructura comunitaria, de saneamiento ambiental y en generación de ingresos, orientados a mejorar la calidad de vida de los habitantes de sus zonas de influencia.

Pertenecer a esta familia es ser partidario y promotor de valores corporativos con los cuales se identifica cada uno de sus miembros.

**Innovación:** Promovemos la mejora continua y la innovación para alcanzar la máxima calidad con criterios de rentabilidad.

**Comunidad y Medio Ambiente:** Nos comprometemos social y culturalmente con la comunidad. Adaptamos nuestras estrategias empresariales a la preservación del medio ambiente.

**Desarrollo del personal:** Aseguramos las oportunidades de desarrollo con base en el mérito y la aportación profesional.

**Trabajo en equipo:** Fomentamos la participación de todos para lograr un objetivo común, compartiendo la información y los conocimientos.

**Conducta ética:** Actuamos con profesionalismo, integridad, moral, lealtad y respeto por las personas.

**Orientación al cliente:** Centramos nuestros esfuerzos en la satisfacción del cliente, aportando soluciones competitivas y de calidad.

**Orientación a Resultados:** Dirigimos nuestras actuaciones hacia la consecución de los objetivos del proyecto empresarial y de la rentabilidad para nuestros accionistas, tratando de superar sus expectativas.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

**EMGESA S.A ESP**, en busca de su mejora en la producción desde sus orígenes en Cartagena, consideró clave la divulgación de lo prioritario que es un buen plan de mantenimiento. Esto debido a lo importante que es un buen funcionamiento de las Unidades en el proceso productivo, y más considerando que se trata del sector de generación de energía eléctrica. Esta empresa desarrolla un plan de modernización, el cual está basado en planes de inversión y sostenimiento.

Con el paso de los años, esta inversión irá disminuyendo considerablemente, por lo que es necesario en estos momentos buscar una buena estrategia de mantenimiento para cumplir con el sostenimiento de dichas inversiones. El escoger una buena estrategia de mantenimiento, es algo importante debido al tipo de funcionamiento que se tiene y a la exigencia en cuanto a confiabilidad y disponibilidad permanente. En la actualidad, esta producción está afectada frecuentemente por interrupciones no programadas que son ocasionadas por paradas de las máquinas en lapsos considerables. Si bien la disponibilidad promedio de la empresa a nivel nacional es del 95%, no es el caso de la Planta Cartagena que arroja un promedio de 65% para el año 2008 y un 80% en el 2009 (hasta el mes de mayo). Este valor de disponibilidad tan bajo se debe a mantenimientos mayores y no programados que se han realizado, es aquí donde se ve reflejada la necesidad de mejorar estos índices y evitar índices históricos de indisponibilidad ante el ente regulador en el país.

En las siguientes gráficas se muestra una comparación de las inversiones realizadas en mantenimiento correctivo y preventivo en los últimos años:

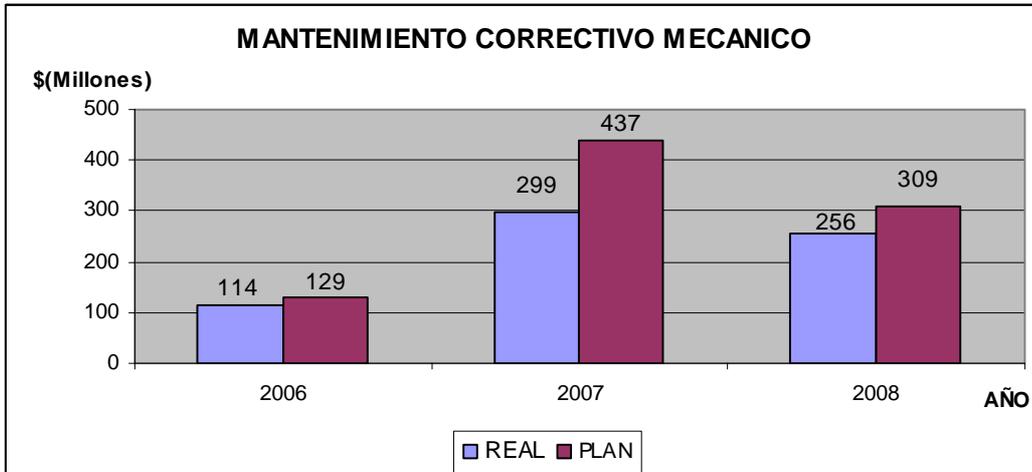


Grafico 1: Inversiones Anuales de Mantenimiento Correctivo Mecánico

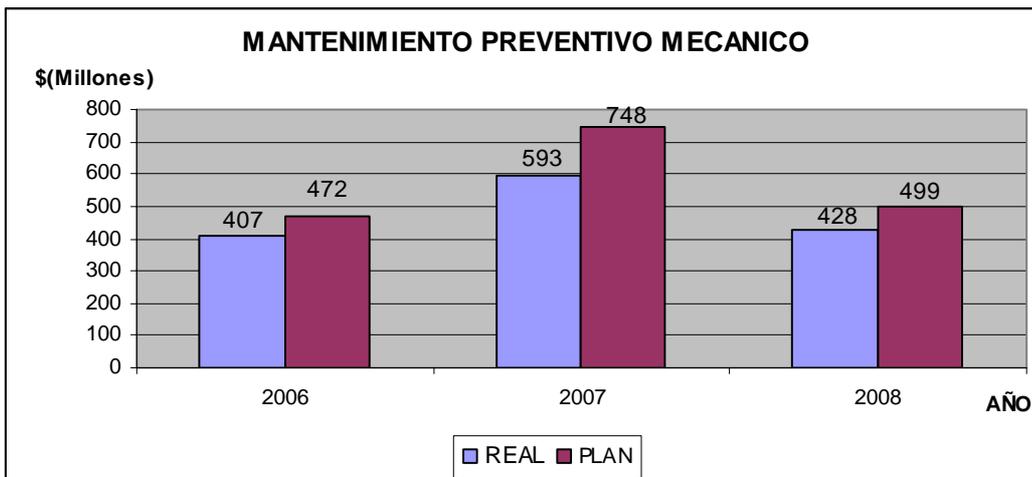


Grafico 2: Inversiones Anuales de Mantenimiento Preventivo Mecánico

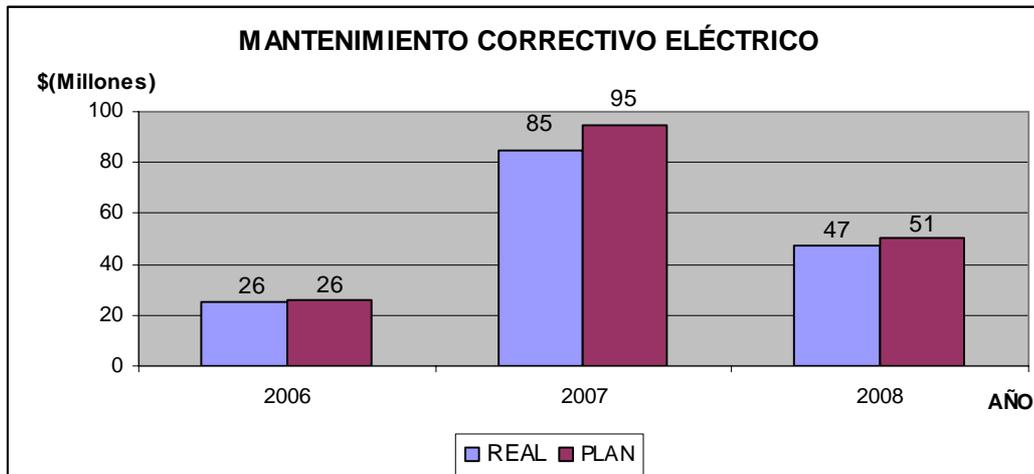


Grafico 3: Inversiones Anuales de Mantenimiento Correctivo Eléctrico

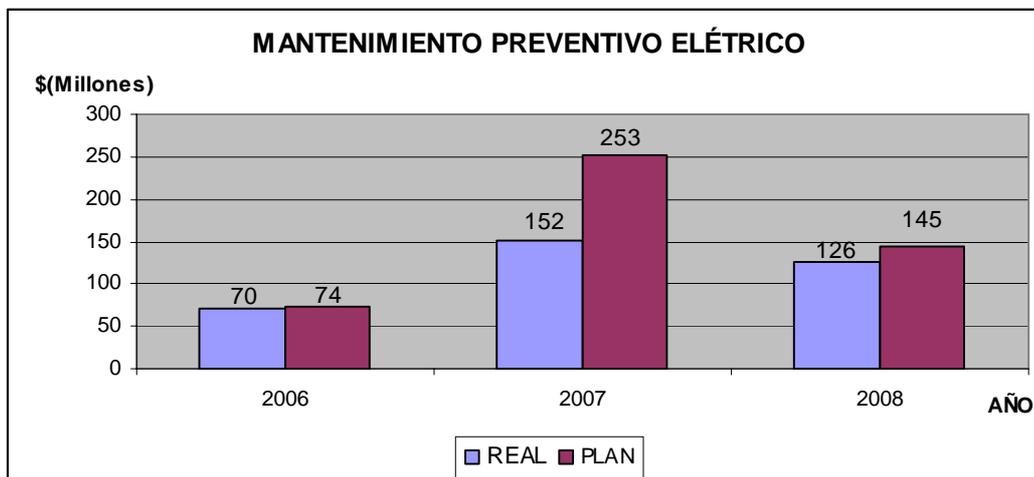


Grafico 4: Inversiones Anuales de Mantenimiento Preventivo Eléctrico

En lo anterior, se puede apreciar:

- Un incumplimiento de los planes de inversión, ocasionada por la falta de una estructura y un enfoque para la ejecución de los planes de mantenimiento.
- Los planes de inversión y su ejecución están afectadas por la obsolescencia de equipos y decisiones relacionadas con cambio de dueño.

Sin embargo, existe una voluntad de mejora continua de la empresa, a su vez un enfoque hacia optimizar la operación y sostenimiento del negocio. Es precisamente en este donde un error en el proceso de producción representa una multa económica considerable, lo que afecta notablemente la utilidad y credibilidad de la compañía.

Como bien sabemos el tema de mantenimiento es de gran complejidad en la actualidad, y no es porque no se esté preparado para ello o porque no se hallan realizado avances en esta materia. Lo dinámico del mantenimiento radica en la constante evolución en la que se encuentra y cada vez hay que ser más eficientes, tanto en los resultados como en los costos. Muchas veces resulta de gran ayuda contar con el apoyo de otras actividades de la empresa para poder llevar a cabo un plan cualquiera, pero qué pasa cuando es responsabilidad nuestra, la elección de que equipo es mas crítico en nuestra Planta, sí todos son eslabones de la misma cadena?, ¿Cómo se escoge el eslabón mas crítico?

Pero no sólo es esto, también existen otros factores que competen en dicho trabajo, es por eso que existen los diferentes tipos de mantenimiento y es ahí donde se debe decidir cuál es el mejor y cuál es la forma más adecuada de implementarlo.

El mantenimiento ha dado paso al surgimiento de un gran concepto como lo es la confiabilidad, donde se desprenden otros aspectos importantes como lo son confiabilidad:

1. Humana.
2. De Proceso.
3. Diseño.
4. Mantenimiento.

Con esto nos damos cuenta que no basta con decir “Hagamos Mantenimiento”, ya que las implicaciones son muchas ya sea directa o indirectamente. En el caso que nos compete (Clasificación Para El Mantenimiento De Activos Según Su Criticidad) debemos saber que en una Planta todos los equipos son importantes ya que si no lo fueran simplemente no existirían, bueno eso sería lo ideal... pero sin dar más de que hablar somos conscientes que no a todos se les puede dar el mismo tipo de criticidad sin ignorar su grado de importancia.

Es por eso que hay que tener claro que los activos de una empresa representan el valor de la misma.

Para el caso de nuestro análisis es importante saber en términos generales, que el activo fijo es aquel activo que no está destinado para ser comercializado, sino para ser utilizado y ser explotado por la empresa.

Un bien que la empresa ha construido o adquirido con el objetivo de conservarlo para utilizarlo, explotarlo, para ponerlo al servicio de la empresa, se considera fijo. Por lo general, el activo fijo es aquel que hace parte de la propiedad, planta y equipo, como son los automóviles, maquinaria, edificios, muebles, terrenos, etc.

¿Pero como hacemos cuando existen tantos activos en una Planta?, los clasificamos en tres categorías según su Criticidad:

1. Alta.
2. Media.
3. Baja.

Pero esto hay que tenerlo claro ya que no basta con decir cual es de alta o baja criticidad, si no un sin número de factores que nos ayudan a determinar esta clasificación y es hay donde nos damos cuenta que no necesariamente el equipo más costoso es mi activo más crítico.

Algunos de los puntos que nos ayudan a establecer el grado de criticidad son los siguientes:

1. Seguridad.
2. Ambiente.
3. Producción.
4. Costo de Operación y Mantenimiento.
5. Frecuencia de Fallas.
6. Tiempo de reparación.

Lo anterior es una de las razones principales por lo que a la empresa **EMGESA S.A ESP** le atrajo el desarrollo de esta propuesta, a la vez que siendo yo miembro de esta empresa se me facilita detectar falencias el tema para realizar un gran aporte en la realización de un buen plan de mantenimiento.

#### 1.1.2. **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál es la mejor clasificación para el mantenimiento de activos según su criticidad en la empresa EMGESA S.A ESP, para mejorar los ingresos de la compañía?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL.**

Optimizar los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad a través la Clasificación de los Principales Activos de la empresa EMGESA S.A ESP para el Mantenimiento teniendo en cuenta su criticidad.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar un listado de los principales activos de la empresa y su impacto en la producción y seguridad.
- Describir de una forma breve la función principal de cada activo en el proceso.
- Analizar el funcionamiento de los equipos para conocer la importancia de cada uno en el proceso.
- Elaborar una clasificación de los activos de acuerdo con su impacto en el negocio
- Dar un mejor enfoque al plan y estrategia de mantenimiento para lograr una optimización y disminución de costos.

### **2.3. JUSTIFICACION**

El mantenimiento en la actualidad es un área que ha tomado gran fuerza en la industria, y uno de los principales objetivos de este es la mejora continua tanto del proceso como de la confiabilidad. Es por eso que han surgido diferentes tipos de mantenimiento al igual que diversas formas de implementarlo. Pero también es cierto que junto con este aparecen conceptos importantes como es el caso de los activos, son estos los responsables de un análisis detallado por parte de las empresas donde se ha ido cambiando el pensamiento en la relación Costo vs. Criticidad, el cual nos deja claro que no siempre el activo mas Costoso es el más Crítico.

Como bien sabemos, al escoger una buena estrategia de mantenimiento estamos optimizando muchos factores como son: horas hombre. Materiales, disponibilidad, costos entre otros.

Sin duda de lo anterior, uno de los que más sobresale es la optimización de costos, ya que es este el que rige a la hora de la evaluación de un plan de mantenimiento. Esto lo vemos reflejado en una cadena un poco sencilla a la vez que nos planteamos y resolvemos interrogantes que van saliendo de la siguiente forma:

¿Que se gana con la Clasificación de Activos?, Lo que se gana con la Clasificación de Activos está en el enfoque que se le da al mantenimiento, ¿de que sirve un buen enfoque en el mantenimiento? Sirve como guía en la selección de la estrategia que se va a implementar, y ¿que se obtiene con esto? Con esto se obtienen muchos beneficios en la ejecución de dicho plan, ya que al tener todo bien definido se obtiene un mantenimiento más óptimo y confiable a la hora de su ejecución, por tales razones la relación entre priorización y costo debe ser favorable.

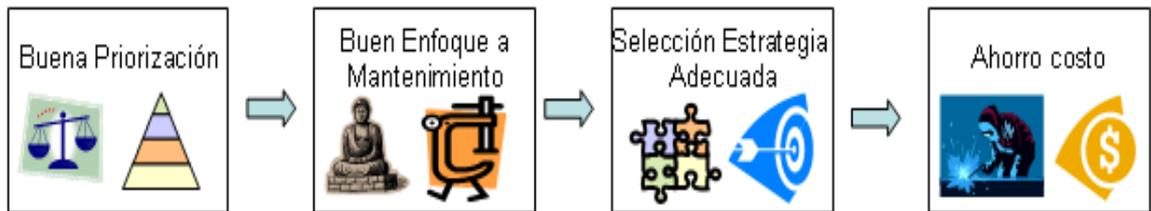


Figura 2: Esquema Secuencial de la Clasificación de Activos

Hoy en día el desarrollo de una empresa está ligado a un buen plan de mantenimiento, ya que este nos da seguridad en la operación y producción, de ahí la necesidad de la priorización de activos, donde no solo es el costo de este si no también saber que disponibilidad tengo de cada una de las piezas a la hora de realizar una parada de planta.

Es este el argumento que la empresa EMGESA S.A ESP tuvo en cuenta a la hora de aceptar esta propuesta que le ayudaría a estructurar y desarrollar su plan de mantenimiento.

### 3. RESEÑA HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO

Desde el principio de los tiempos, el Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba "Mantenimiento de Ruptura o Reactivo"

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva tendencia se llamó "Mantenimiento Preventivo". Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones clave para prevenir daños al equipo. Aún cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También demasiadas horas de labor innecesaria se aplicaban.

Los tiempos y necesidades cambiaron, en 1960 nuevos conceptos se establecieron, "Mantenimiento Productivo" fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de "Ingeniería de la Planta" en vez de "Mantenimiento", las tareas a realizar incluían un más alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo. Primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

Esta era una filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propia esencia. Implica un mejoramiento continuo en todos los aspectos y se le denominó TPM.

Tal como lo vimos en la definición, TPM son las siglas en inglés de "Mantenimiento Productivo Total", también se puede considerar como "Mantenimiento de Participación Total".

El propósito es transformar la actitud de todos los miembros de la comunidad industrial. Toda clase y nivel de trabajadores, operadores, supervisores, ingenieros, administradores, quedan incluidos en esta gran responsabilidad. La "Implementación de TPM" es un objetivo que todos compartimos. También genera beneficios para todos nosotros. Mediante este esfuerzo, todos nos hacemos responsables de la conservación del equipo, el cual se vuelve más productivo, seguro y fácil de operar, aún su aspecto es mucho mejor. La participación de gente que no está familiarizada con el equipo enriquece los resultados pues en muchos casos ellos ven detalles que pasan desapercibidos para quienes vivimos con el equipo todos los días.

## **4. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO**

### **4.1. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO**

Los bienes que constituyen el sistema de producción de una organización se hallan sujetos a deterioro o falla, ya sea debido al mero transcurrir del tiempo, como consecuencia de su uso, o por cualquier otra causa.

La función del mantenimiento tiene por objetivo conservar todos los bienes, tanto directa como indirectamente productivos en las mejores condiciones de funcionamiento y eficiencia. Es decir no solo debe operar sino que debe operar bien, con los parámetros de diseño en el mejor de los casos.

Cabe resaltar que ningún sistema de mantenimiento que exista por muy novedoso y actualizado que sea no nos va a garantizar que no ocurran las fallas o desperfectos. De igual forma tal y como el mantenimiento ha ido cogiendo cada día mas importancia también lo ha hecho la industria para mantenerse competitiva.

Por otra parte así como la tecnología y la automatización aumentan la mano de obra y los trabajos que se realicen por parte de mantenimiento deben ser cada día más exigentes por lo que se requiere una mejor preparación y calidad en el trabajo.

No podemos hablar de mantenimiento sin mencionar que han surgidos términos ligados en 100% con este como lo son: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

Pero el tener un buen mantenimiento me lleva a tener un funcionamiento eficiente que a su vez me asegura un nivel razonable de confiabilidad (probabilidad que un sistema se desempeñe satisfactoriamente en un determinado periodo, en tanto sea operado bajo ciertas condiciones específicas) en mi sistema productivo.

La operación también juega un papel vital en el concepto de confiabilidad ya que los equipos están diseñados para trabajar bajo unos parámetros operacionales tales como; Temperatura, Presión, Carga, vibración, Lubricación entre otras, y que no es solo prender y apagar un equipo es importante cumplir con los parámetros

de puesta y fuera de servicio del mismo. De igual forma hay equipos que deben mantener unas condiciones cuando no se encuentran en operación como es el caso de las calderas.

Cumpliendo todo lo anterior puedo planear mucho mejor las frecuencia de mantenimiento en la Planta para que todo resulte mas fácil y viable, teniendo en cuenta variables como tiempo de parada, frecuencia del mantenimiento y costos.

Como el mantenimiento tiene como objetivo reducir el número de fallas que se presentan, nombramos y definimos tres categorías a continuación:

- **Fallas Tempranas:** *Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje*<sup>1</sup>.
  
- **Fallas Adultas:** *Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.)*<sup>2</sup>.
  
- **Fallas Tardías:** *Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.)*<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Rey Sacristán, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> *Ibíd.*

## 4.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Dentro del tema de mantenimiento encontramos diferentes tipos que se nombraran pero se definirán algunos que para este caso se consideran los mas relevantes.

- CORRECTIVO
- PREVENTIVO
- PREDICTIVO
- PROACTIVO
- TQM
- TPM
- RCM
- ESTRATEGICO
- GESTION DE ACTIVOS

### 4.2.1. Mantenimiento Correctivo ( De Emergencia)

El trabajo debe realizarse en el instante que se solicite, para impedir pérdidas de consideración en la producción, riesgo de personal lesionado, o daño en el medio ambiente.

Este mantenimiento es el que se realiza cuando el bien ha experimentado una avería o ha sufrido un grado de desgaste tal que no permita seguir operando en las condiciones especificadas.

Dentro de este tipo de mantenimiento tenemos dos clases de emergencias:

a. Previsibles: son denominadas a aquellas en las que se opta por no hacer mantenimiento preventivo aún cuando se sabe que la falla va a ocurrir. Este proceder se funda en la conveniencia económica de dejar que el bien siga funcionando hasta que se detenga y no incurra en costos anticipadamente.

b. Imprevistas: se hallan presentes en cualquiera de los esquemas de mantenimiento en que se opere. Su frecuencia y gravedad aumenta cuando el mantenimiento predictivo o preventivo tenga menor alcance.

El costo del mantenimiento correctivo no está solamente asociado a lo que se reparara o repondrá ya que se deben tener en cuenta posibles costos como:

- La parada posterior de la máquina.
- La detención de la producción relacionada.
- El lucro cesante y las penalizaciones por mora.
- Los accidentes que puedan ocasionarse.
- Impacto en el medio ambiente.

#### **4.2.2. Mantenimiento Correctivo Programado.**

Este tipo de mantenimiento frecuentemente no suele ser reconocido como un tipo o clase de mantenimiento, sino que suele ser confundido con el preventivo o con el de emergencia. Es aquel que no habiendo sido planeado, puede ser incluido en un programa de trabajo cuando se detecta la necesidad de realizarlo.

Es decir, por las características de las fallas o por sus eventuales consecuencias, no es necesario realizar el trabajo de inmediato, si no es que es posible diferirlo para un momento que se juzgue más oportuno, en función de los requerimientos de la producción o programación de las tareas de mantenimiento.

No forma parte del mantenimiento preventivo, puesto que se espera a que el problema ocurra para efectuar la programación de la reparación. Ni tampoco se encuadra en el correctivo, porque su urgencia no es tal como para que resulte imperativo llevarlo a cabo en el momento.

“El propósito de la programación de los trabajos es eliminar los retrasos e interrupciones, al tener mejor coordinación de los materiales y las tareas, eliminando preguntas, utilizando los mejores métodos, simplificando la supervisión y disminuyendo la improvisación”

#### **4.2.3. Mantenimiento Preventivo.**

Este tipo de mantenimiento consiste en la serie de trabajos que se llevan a cabo con antelación en los equipos y bienes afectados a la producción, para evitar su falla o deterioro.

Estos trabajos pueden ser de mayor o menor magnitud, suelen ser definidos en base a manuales suministrados por los fabricantes de los equipos, para luego irse perfeccionando irse perfeccionando con la experiencia propia de la empresa.

Otro criterio se basa en la estadística de vida de los elementos de máquina, usando como referencia las horas de funcionamiento o kilómetros recorridos, utilizándose para determinar la frecuencia de recambio de las piezas.

Hoy en día se tiene en cuenta no realizar sobremantenimiento, debido a que esto implica un aumento en los costos y lucro cesante.

El mantenimiento preventivo se realiza con el fin de evitar las fallas, porque la relación de costos demuestra la conveniencia de anticipar el trabajo o porque no es conveniente afrontar las consecuencias emergentes de aquella (parada de línea o en casos extremos accidentes).

Los siguientes son elementos que se consideran importantes para este mantenimiento:

- Planificación de reparaciones.
- Orden de trabajo.
- Puntos de inspección.
- Ruta de inspecciones.
- Historial de máquina.
- Evolución de magnitudes.
- Frecuencia de inspecciones / reparaciones.
- Ficha técnica.
- Procedimiento.
- Plan de lubricación.
- Stock de lubricación.
- Revisión o reparación.
- Stock de repuestos aconsejados.
- Presupuesto anual.
- Nivel de criticidad.

#### 4.2.4. Mantenimiento Predictivo.

Consiste en determinar el estado de la máquina, sin obstaculizar su ritmo productivo, a través de la medición de algún síntoma (como vibraciones, análisis de aceite, temperatura, etc.) y predecir su estado en base a su comportamiento en el tiempo.

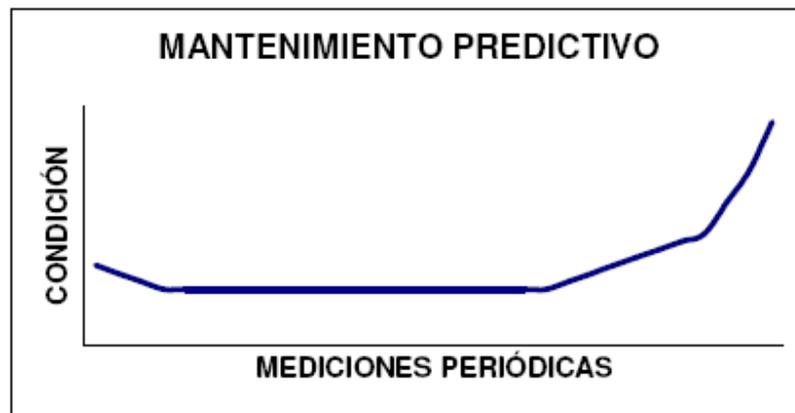


Gráfico 5: Mantenimiento Predictivo

Los síntomas de la falla son monitoreados y las reparaciones son efectuadas antes de la falla del equipo.

Monitoreo de las condiciones del equipo mientras se encuentra trabajando.

Las acciones recomendadas son en funciones de:

- Importancia del equipo.
- Límites de deterioro del equipo.
- Impacto del deterioro del equipo.
- Análisis de la tendencia.
- Predice la futura falla y el tiempo en que se puede dar.

Los principales objetivos de este tipo de mantenimiento son:

- Minimizar nivel de operación correctivo.
- Optimizar el uso de la vida útil del equipo.

También es importante resaltar unas herramientas de este como lo son:

- Análisis de vibraciones.
- Termografía.
- Análisis de aceite.
- Monitoreo de contaminantes.
- Inspección de ultrasonido.
- Metalografías.
- Monitoreo continuo.

#### 4.3. COMPARACION DE COSTO DE LOS 3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

COSTO	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Mediano	Muy Bajos
Tpo. Parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo Mínimo

Tabla 1: Comparación de Costo de sistemas de Mantenimiento

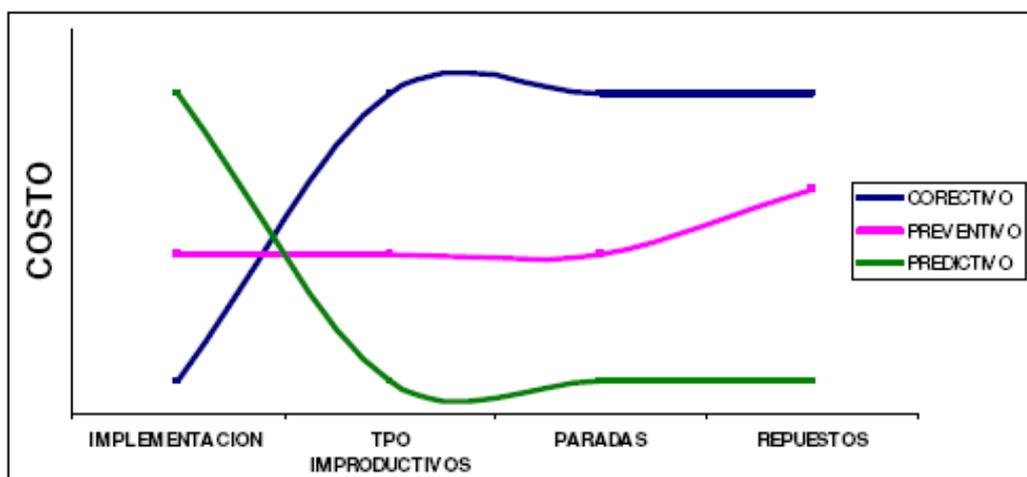


Gráfico 6: Comparación de Costos de Sistemas de Mantenimiento

## 5. CICLO RANKINE

En el ciclo de Rankine ideal, la eficiencia se puede incrementar mediante el empleo de un sobrecalentador. El proceso de sobrecalentamiento en general hace que se eleve la temperatura promedio a la cual se suministra calor al ciclo, elevando así la eficiencia teórica. Se puede lograr un aumento equivalente en la temperatura promedio durante el proceso de entrada de calor elevando la presión máxima del ciclo, es decir, la presión en la caldera. Esto puede dar por resultado un mayor costo inicial del generador de vapor, debido a la mayor presión que debe soportar, pero a través de los años la mayor eficiencia de toda la unidad compensa con creces ese desembolso. Sin embargo, con una temperatura máxima dada en el generador de vapor, un aumento de presión del evaporador da por resultado una disminución en la cantidad de vapor que sale de la turbina. Para evitar el problema de la erosión sin perder la ventaja de las mayores temperaturas logradas mediante el incremento de la presión en la caldera, se ha desarrollado el ciclo de recalentamiento.

En el ciclo de recalentamiento no se permite que el vapor se expanda completamente hasta la presión del condensador en una sola etapa. Después de una expansión parcial el vapor se extrae de la turbina y se recalienta a presión constante. Luego se regresa a la turbina para expandirlo más hasta la presión del condensador. Puede considerarse que la turbina consiste en dos etapas, una de alta presión y otra de baja presión.

## **6. DESCRIPCION DE EQUIPOS PRICIPALES Y AUXILIARES DE LA PLANTA**

Las siguientes son las descripciones del funcionamiento de cada equipo, lo que nos ayudara a tener mejor claridad de lo que se esta planteando.

### **6.1. TURBINA**

Este equipo actúa como motor impulsador del generador a través de giro de su eje, el cual obtiene su movimiento aprovechando las propiedades termodinámicas del vapor por medio de álabes y toberas dispuestos en el eje, de tal forma que al chocar el vapor con una alta presión y temperatura, estos le producen una velocidad de giro que va de 300 a 3600 RPM.

### **6.2. GENERADOR**

Es en este equipo es donde se genera potencia, creada por medio de un campo magnético producido entre el estator (Parte fija del generador) y el rotor (eje móvil del generador) que es inducido por una corriente suministrada por medio de la excitatriz. Para la creación de este campo magnético es completamente indispensable el giro del rotor, ya que este está directamente conectado con el eje de la turbina y del cual recibe las rpm necesarias para la creación del campo magnético.

### **6.3. EXCITATRIZ**

Esta se encuentra conectada a un transformador el cual recibe una corriente de un cuarto de baterías. Su función principal es la de suministrar corriente al rotor del generador por medio del cierre de un interruptor de campo. Con esto se logra que ayudado por el giro del rotor la corriente produzca el campo magnético y posteriormente la potencia.

#### 6.4. **CONDENSADOR**

Este se encarga de recuperar el vapor remanente, una vez que termina su trabajo en la turbina. Esta es parte fundamental del ciclo pues de él depende gran parte de la eficiencia del sistema. El condensador “enfría” el vapor al hacer una transferencia de calor con agua de mar a temperatura ambiente, la cual ayudada por un vacío inducido origina en este la condensación del vapor final de la turbina. De esta manera se puede recuperar una parte considerable del agua utilizada en proceso para ser reutilizada nuevamente.

#### 6.5. **TRANSFORMADOR PRINCIPAL**

Este equipo tiene la facultad de cumplir 2 funciones inversas en el sistema, esto depende si la Unidad se encuentra o no en generación de energía.

6.5.1. **Si la Unidad esta generando:** El transformador principal se encarga de recibir un voltaje del generador de 13.8 KV y elevar su tensión a 220 KV, y así igualar la tensión de la generación interna de la Planta con la tensión del SIN (Sistemas Interconectado Nacional) que trabaja a esta tensión. Luego de este proceso de cambio de tensión la Planta pueda aportar su potencia generada a la red nacional.

Además de lo anterior este transformador principal redirecciona parte la potencia generada a un transformador auxiliar que autoabastece los consumos internos de la Planta.

6.5.2. **Si la Unidad no se encuentra generando:** Existen equipos que requieren de una operación constante, incluso con la planta fuera de servicio y a los cuales se les alimenta con energía obtenida del sistema nacional. El consumo generado por estos equipos se les denomina consumos externos y es para este caso el transformador principal cumple la función inversa a la descrita en el punto anterior, el de recibir la tensión del sistema a 220 KV y llevarla a 13.8 KV para luego enviarla hasta el transformador auxiliar.

## **6.6. CALDERA**

Este equipo es parte fundamental en el proceso de generación termoeléctrica, pues es esta la encargada de generar el vapor necesario para el proceso de generación de energía.

En la Planta EMGESA S.A ESP se cuenta con calderas del tipo acuotubular, esto quiere decir que las calderas cuentan con una serie de tuberías bajantes conectadas entre dos recipientes cilíndricos denominados domos; estas tuberías y domos se encuentran llenas de agua tratada, la cual es tratada químicamente con el propósito de bajar el mayor contenido de minerales.

Este elemento es sometido a temperaturas superiores a 1000 °C con el fin de llevar el agua tratada a las condiciones óptimas de presión y temperatura para cumplir sus funciones dentro del ciclo.

Las altas temperaturas que se mencionan se logran a través de la quema de combustibles (líquidos, sólidos o gaseosos) en unos quemadores ubicados en el hogar de la caldera, los cuales proyectan su llama justamente en las paredes externas de los tubos que contienen el agua tratada, generando en la caldera la combustión necesaria para producir el vapor.

## **6.7. VENTILADOR DE TIRO FORZADO**

Este equipo juega un papel importante dentro del proceso de generación de vapor. Para que se genere la combustión es necesaria la presencia de tres componentes vitales, como lo son: el combustible, combuster y el oxígeno.

Debido a las grandes combustiones generadas en las calderas industriales, no es suficiente el porcentaje de oxígeno presente en el área de los quemadores, por lo cual se hace necesario que el Ventilador de Tiro Forzado con su motor de 6.9 KV y su gran impulsor aporte al hogar el aire suficiente para obtener la combustión adecuada.

#### **6.8. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO**

Este equipo es el encargado de extraer los gases residuales presentes en el hogar, producidos por la combustión y llevarlos hasta la chimenea, para luego ser expulsados a la atmósfera con una temperatura mucho más baja. Durante su proceso de succión el VTI hace que los gases calientes se pongan en contacto con las tuberías y el domo, que son los que contiene el agua desmineralizada y el vapor. Este contacto lo que busca es elevar al máximo posible la temperatura de estos, y así obtener las condiciones óptimas del vapor de admisión a la turbina.

#### **6.9. BOMBA AGUA ALIMENTACION**

Este es uno de los equipos más críticos en el proceso, ya que de este depende el sostenimiento de un nivel adecuado en la caldera. Este equipo succiona directamente del tanque de agua de alimentación de la caldera, lo que hace que las características de la bomba sean especiales, estas condiciones especiales se deben a la temperatura y presión del fluido que maneja.

Esta bomba es de desplazamiento positivo con nueve etapas, y es impulsada por un motor de 6.9 KV y 2000 Hp. Además cuenta con una línea de succión, una línea de descarga a la caldera y una línea de recirculación al tanque de agua de alimentación, al igual que una línea de balance, la cual se encarga de amortiguar la presión sobre la bomba que es producida por el motor y sus nueve etapas.

#### **6.10. BOMBA VACIO CONDENSADOR**

Como se explicó anteriormente, en el condensador se recupera una parte considerable del vapor que termina su trabajo en la turbina, pero para que este pueda cumplir a cabalidad con su función se requiere de unas condiciones lo más óptimas posibles de vacío, con el fin de que la presión negativa originada succione el vapor sobrante en la última etapa de la turbina y además se baje el punto de presión de condensación del vapor, lo cual facilita el proceso en el condensador. Es aquí donde entran a cumplir una función primordial las BVC ya que estas crean y mantienen las condiciones de vacío durante el proceso.

#### **6.11. MOTOR-BOMBA DE CONDENSADO**

Estas bombas succionan desde un depósito ubicado debajo de ellas, el condensado proveniente del pozo caliente o fondo del condensador, para luego pasarlo a través de 2 estaciones de precalentamiento y luego depositarlo en el tanque de agua de alimentación.

Estos equipos son de tipo vertical con 3 etapas y son impulsados por un motor de 480 V y 200 HP.

#### **6.12. TRANSFORMADOR AUXILIAR**

Este transformador recibe una tensión de 13.8 KV desde el transformador principal y los transforma a unos 6.9 KV desde donde alimenta los consumos internos de la Planta. Este transformador alimenta directamente la barra de 6.9 KV donde se conectan los equipos mas grandes de la unidad, como es el caso de las bombas de agua de alimentación y circulación.

#### **6.13. MOTOR Y BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO**

Como lo indica su nombre este equipo junto con la torre de agua de enfriamiento se encarga del enfriamiento de todos lo equipos de la Planta que lo requieran. Las bombas de agua de enfriamiento se encuentran ubicadas a una altura de 5.70m, estas succionan directamente de la pileta de la torre de agua de enfriamiento ubicada 18 m por encima, e impulsa el agua a través de todos lo equipos auxiliares ubicados ha nivel del mar. Luego impulsa el agua de enfriamiento de nuevo hasta la torre para bajarle la temperatura y reiniciar el proceso. El sistema de agua de enfriamiento de las unidades 1 y 2 de la Planta cuenta con 3 bombas de agua de enfriamiento, 2 principales y una de reserva conectadas en paralelo, es decir, el sistema puede ser abastecido con cualquiera de las 3 bombas, ya que para estas dos unidades el sistema es común.

#### **6.14. COMPRESORES AIRE INSTRUMENTOS**

La regulación del flujo y presión de todos los fluidos de la Planta se lleva a cabo a través de válvulas electro neumáticas las cuales actúan abriendo, cerrando o regulando por medio de la presión de aire generada desde el compresor de aire de instrumentos, el ciclo de este compresor varia de 6.0 a 7.0 Kg./cm<sup>2</sup>, pero la presión se mantiene constante en el sistema gracias a la presencia de un tanque pulmón, que mantiene la presión de aire en el valor adecuado.

#### **6.15. COMPRESORES AIRE DE SOPLADO**

Debido a la quema de combustibles pesados en las calderas, es constante la presencia de hollín o residuos negros que se adhieren a las paredes de las tuberías y afectan la correcta transferencia de calor hacia el agua en el interior de las tuberías, con lo que se afecta la eficiencia del ciclo, es por esto que se requiere de un sistema aire de soplado de la caldera que evita la acumulación de residuos en la caldera por medio de choques con aire a presión.

#### **6.16. MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA**

En la Planta se cuenta con un sistema de alimentación de energía de respaldo a través de un moto-generador de combustión interna o Diesel de Emergencia que funciona utilizando diesel, este sistema está diseñado para que en caso de una falla en la tensión del sistema entre automáticamente en funcionamiento, y así poder mantener en servicio algunos equipos de la planta que por ser de carácter crítico no pueden quedar fuera de servicio por una interrupción de energía.

#### **6.17. SISTEMA CONTRA INCENDIO**

##### **6.17.1. MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESIÓN**

Esta bomba es llamada también bomba "Jockey", se encarga de mantener la presión en el tanque pulmón del sistema contra incendio, con el fin de mantener en los puntos de salida de agua el volumen necesario en caso de una emergencia.

### **6.17.2. MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICO**

En el caso de que la presión en el sistema contra incendios no pueda ser mantenida por medio de la bomba “Jockey” y descienda hasta un valor pre-ajustado, entrará como respaldo la bomba eléctrica, cuya función es retomar y mantener la presión adecuada en el sistema, y una vez que la presión se incrementa esta automáticamente sale de funcionamiento dejando únicamente en servicio la bomba de sostenimiento de presión y repitiendo el ciclo cada vez que sea necesario.

### **6.17.3. MOTORES DIESEL Y BOMBA DE RESPALDO**

Esta es la bomba de más capacidad y la que completa el ciclo en el sistema contra incendio, es operada por medio de un motor Diesel de combustión interna, esta bomba entra en servicio automáticamente en el caso en que la presión en el sistema baje a un valor pre-ajustado muy por debajo de la presión óptima, es decir en el caso de que la presión en el sistema no haya podido ser mantenida por las dos bombas anteriormente mencionadas y al igual que la bomba de motor eléctrico, la bomba de motor Diesel sale automáticamente de servicio cuando el sistema recupera un valor adecuado de presión.

## **6.18. EQUIPOS DE COMBUSTIBLES**

### **6.18.1. MOTORES Y BOMBAS TRANSFERENCIA F.O**

Estas son llamadas también bombas de trasiego de F.O. y cumplen dos funciones importantes dentro del sistema de abastecimiento de combustible a la Planta:

En el caso de que los tanques principales de almacenamiento de F.O. deban ser llenados por medio de carro-tanques estas bombas se encargan de succionar el combustible desde los carro-tanques y descargarlos directamente hacia cualquiera de los 2 tanques principales.

Estas bombas también son las encargadas de trasvasar el combustible desde los tanques principales de almacenamiento de F.O. hasta los tanques de consumo diario, esta operación es conocida como trasiego.

Estas bombas son tipo tornillo y están diseñadas para impulsar el F.O. aun en su condición más viscosa, están impulsadas por motores eléctricos de 480 V.

#### **6.18.2. MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACION F.O. A QUEMADORES**

Estas bombas al igual que las de trasiego son de tipo tornillo y son las encargadas de llevar el F.O. desde los tanque de consumo diario hasta los quemadores, antes de llegar a caldera el F.O es pasado por unos calentadores y por las estaciones de control de temperatura.

#### **6.18.3. MOTORES Y BOBMAS DE SUMINISTRO DIESEL A IGNITORES**

Estas son las bombas encargadas de enviar ACPM desde el tanque de almacenamiento hacia cada uno de los ignitores.

#### **6.18.4. QUEMADORES**

Este equipo se encarga de proveer el calor necesario en la caldera, estos aprovechan la llama generada por los ignitores y por medio del gas o por medio de la pulverización del F.O. con vapor generan la llama necesaria.

Cada caldera de la Planta cuenta con dos pisos de quemadores, en cada uno de estos pisos se cuenta con 3 quemadores para cada combustible y 3 ignitores.

Los quemadores de la Planta Cartagena están diseñados para quemar gas natural, F.O. # 6 ó Equivalente y para un futuro próximo se espera la quema de carbón pulverizado. Los ignitores están diseñados para quemar Diesel.

## **6.19. EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESO**

### **6.19.1 FLOCULADOR**

Este tanque es el primer elemento en el sistema de tratamiento del agua cruda en la planta de tratamiento, para finalmente producir agua desmineralizada para la alimentación de las calderas.

Este se encarga de decantar las impurezas presentes en el agua cruda que llega a la Planta directamente del acueducto, para cumplir con su función este cuenta con un motor reductor, el cual hace girar unas palas dentro del agua y con la adición de químicos especiales se logra precipitar la mayor cantidad de sólidos posibles al fondo del tanque. Luego de esto el agua limpia que quede en la superficie es pasada a la siguiente fase del proceso.

### **6.19.2 MOTORES Y BOMBAS DE AGUA CLARIFICADA**

Estas bombas se encargan de succionar el agua después de salir del proceso de floculado y pasarla a través de los filtros de arena con el fin de continuar su proceso de purificación, luego descargarla en el tanque de agua filtrada o agua de servicio (Este nombre depende del uso que se le de).

### **6.19.3 FILTROS DE ARENA**

Una vez el agua cruda a pasado por el proceso de floculado es pasada a través de estos filtros de arena con el fin de continuar eliminando la mayor cantidad de impurezas y suciedad posibles, el agua una vez que pasa por este proceso se le denomina agua filtrada o agua clarificada.

### **6.19.4 TRENES DESMINERALIZADORES**

Cada uno de estos trenes esta compuesto con 3 tipos de resinas, 1 anión, 1 catión y 1 lecho mixto. Estas resinas filtran el agua clarificada con el fin de extraer de ellas la mayor cantidad de minerales disueltos ya sea de carga positiva o negativa. Este proceso es primordial para que los minerales disueltos en el agua al ser

sometidos a altas presiones y temperaturas no puedan producir incrustaciones en las tuberías de la caldera o en los álabes y toberas de la turbina.

#### **6.19.5 BOMBAS DE AGUA DESGASIFICADA**

Estas bombas se encargan de tomar el agua una vez sale de los trenes desmineralizadores y elevarla a la torre de desgasificadora ubicada unos 5 m sobre el nivel del suelo, en donde se elimina el exceso de oxígeno presente en el agua después del proceso de desmineralización.

#### **6.19.6 BOMBAS AGUA FILTRADA**

Estas se conocen también como bombas de agua de servicio y se encargan de bombear el agua clarificada para reponer el nivel de la torre de agua de enfriamiento, al igual es utilizada para lubricar los cojinetes de las bombas de agua de circulación.

## 7. EQUIPOS PRINCIPALES POR UNIDADES

En este punto se especifican cuales son las características técnicas de los equipos que se analizaran

### 7.1. UNIDAD 1

#### 7.1.1. TURBINA

- Fabricante: Westinghouse
- Número de Serie: 13A5331-1
- Tipo: Condensación
- Potencia Máxima: 70.454 KW.
- Accionamiento: Vapor a Presión 88 kg/cm<sup>2</sup> y 510 °C
- Caudal: 280 T/h
- Velocidad: 3,600 RPM
- Regulación: Electro hidráulica
- Aceite de Lubricación: Regal R&O 32
- Características: 15 etapas (9AP-6BP); 5 extracciones (2AP-3BP)

#### 7.1.2. GENERADOR

- Fabricante: Westinghouse
- Numero de Serie: IS 84P0088
- Tipo: Sincrónico
- Potencia Máxima: 88.235 MVA.
- Corriente del Estator: 3,692 A
- Corriente del Rotor: 796 A
- Velocidad: 3,600 RPM
- Voltaje Nominal: 13.8 KV
- Factor de Potencia: 0.85
- Aislamiento: Clase B

- Enfriamiento: Hidrógeno
- Presión del Hidrógeno: 2.11 kg/cm<sup>2</sup>

#### 7.1.3. **EXCITATRIZ**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Sin escobillas
- Velocidad: 3,600 RPM
- Voltaje: 250 Voltios
- Aislamiento del Campo: Clase B
- Número de Diodos: 24

#### 7.1.4. **CONDENSADOR**

- Fabricante: Marley
- Año de Fabricación: 1975
- Superficie de Enfriamiento: 62,600 ft<sup>2</sup>
- Condensación de Vapor: 438,318 lb/h
- Flujo de agua de enfriamiento: 58,300 GPM
- Agua de enfriamiento: 89.6 °F
- Presión Absoluta: 2.49 In Hg
- Numero de tubos: 8,924
- Material de los tubos: Aluminun Brass

#### 7.1.5. **TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA**

- Fabricante: Westinghouse
- Número de Serie: RHP 1946
- Año de Fabricación: 1975
- Clase: FOA
- Potencia Máxima: 78 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 220 KV
- Tensión Lado de Baja: 13.8 KV

- Sistema de Enfriamiento: 9 ventiladores y 3 bombas
- Perdidas en Vacío: 82.38 KW.
- Perdidas a Plena Carga: 337.10 KW

#### **7.1.6. TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA**

- Fabricante: Westinghouse
- Número de Serie: PGP 80391
- Año de Fabricación: 1975
- Potencia Máxima: 12 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 13.8 KV
- Tensión Lado de Baja: 6.9 KV
- Perdidas en Vacío: 11.43 KW
- Perdidas a Plena Carga: 44.18 KW

#### **7.1.7. GENERADOR DE VAPOR**

- Fabricante: Foster Wheeler – Distral
- Número de Serie: A-1060
- Tipo: Acuotubular
- Potencia Máxima: 280 T/h
- Temperatura del Vapor Sobrecalentado: 515 °C
- Presión del Vapor Sobrecalentado: 92.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Presión del Tambor de Vapor: 101 kg/cm<sup>2</sup>
- Superficie de Calentamiento: 62,287 ft<sup>2</sup>
- Superficie de Convección: 31,700 ft<sup>2</sup>
- Superficie de las Paredes: 10,744 ft<sup>2</sup>
- Superficie del Sobrecalentador: 19,843 ft<sup>2</sup>

#### **7.1.8. PRECALENTADOR DE AIRE**

- Fabricante: The Air Preheater Company

- Número de Serie: 6174
- Tipo: Precalentador Vertical Regenerativo
- Temperatura Aire de Entrada: 68°C
- Temperatura Aire de Salida: 289°C
- Capacidad: 61,600 ft<sup>2</sup>

#### 7.1.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Y Armazón C SW4B
- Potencia: 1250 HP
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 94 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Servicio: 1.15

##### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 980 HP
- Capacidad: 388,172 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Critica: 1166 rpm
- Presión de Succión: 752 mm Hg
- Presión Estática: 625 mm de CA
- Número de Paletas del Ventilador: 10
- Aceite de los Cojinetes: Regal Oil 46

#### 7.1.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Y Armazón C SFA
- Potencia: 1500 HP
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 112 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Servicio: 1.15

##### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 1,350 HP
- Capacidad: 550,666 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Crítica: 1175 rpm
- Presión de Succión: 718 mm Hg
- Presión Estática: 659 mm de CA
- Número de Paletas del Ventilador: 12
- Aceite de los Cojinetes: Regal Oil 46

#### 7.1.11. BOMBA AGUA LIMENTACION

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 2000 HP

- Voltaje: 6900 V
- Velocidad: 3567 rpm

### **Bomba**

- Fabricante: Ingersoll Rand
- Capacidad: 1,570 GPM
- Velocidad: 3,560 rpm

## **7.2. UNIDAD 2**

### **7.2.1. TURBINA**

- Fabricante: Westinghouse
- Número de Serie: 13A5341-1
- Tipo: Condensación
- Potencia Máxima: 70.454 KW.
- Accionamiento: Vapor a Presión 88 kg/cm<sup>2</sup> y 510 °C
- Caudal: 280 T/h
- Velocidad: 3,600 rpm
- Regulación: Electro hidráulica
- Aceite de Lubricación: Regal R&O 32
- Características: 15 etapas (9AP-6BP); 5 extracciones (2AP-3BP)

### **7.2.2. GENERADOR**

- Fabricante: Westinghouse
- Numero de Serie: IS 84P0086
- Tipo: Sincrónico
- Potencia Máxima: 88.235 MVA.
- Corriente del Estator: 3,692 A
- Corriente de Rotor: 796 A

- Velocidad: 3,600 rpm
- Voltaje Nominal: 13.8 KV
- Factor de Potencia: 0.85
- Aislamiento: Clase B
- Enfriamiento: Hidrógeno
- Presión del Hidrógeno: 2.11 kg/cm<sup>2</sup>

#### 7.2.3. **EXCITATRIZ**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Sin escobillas
- Velocidad: 3,600 rpm
- Voltaje: 250 V
- Aislamiento del Campo: Clase B
- Numero de Diodos: 24

#### 7.2.4. **CONDENSADOR**

- Fabricante: Marley
- Año de Fabricación: 1975
- Superficie de Enfriamiento: 62,600 ft<sup>2</sup>
- Condensación de Vapor: 438,318 lb/h
- Flujo de agua de enfriamiento: 58,300 GPM
- Agua de enfriamiento: 89.6 °F
- Presión Absoluta: 2.49 In Hg
- Numero de tubos: 8,924
- Material de los tubos: Aluminun Brass

#### 7.2.5. **TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA**

- Fabricante: Mitsubishi Electric Co.
- Modelo: CUB-MRM

- Número de Serie: 571659
- Año de Fabricación: 1981
- Conexión: Yd11
- Clase: FOA
- Potencia Máxima: 78 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 220 KV
- Tensión Lado de Baja: 13.8 KV
- Perdidas en Vacío: 82.38 KW
- Perdidas a Plena Carga: 337.10 KW

#### **7.2.6. TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA**

- Fabricante: Westinghouse
- Número de Serie: PGP 80392
- Año de Fabricación: 1975
- Potencia Máxima: 12 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 13.8 KV
- Tensión Lado de Baja: 6.9 KV
- Perdidas en Vacío: 11.43 KW
- Perdidas a Plena Carga: 44.18 KW

#### **7.2.7. GENERADOR DE VAPOR**

- Fabricante: Foster Wheeler – Distral
- Número de Serie: A-1061
- Tipo: Acuotubular
- Potencia Máxima: 280 Ton/Hora
- Temperatura del Vapor Sobrecalentado: 515 °C
- Presión del Vapor Sobrecalentado: 92.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Presión del Tambor de Vapor: 101 kg/cm<sup>2</sup>
- Superficie de Calentamiento: 62,287 ft<sup>2</sup>

- Superficie de Convección: 31,700 ft<sup>2</sup>
- Superficie de las Paredes: 10,744 ft<sup>2</sup>
- Superficie del Sobrecalentador: 19,843 ft<sup>2</sup>

#### 7.2.8. PRECALENTADOR DE AIRE

- Fabricante: The Air Preheater Company
- Número de Serie: 6175
- Tipo: Precalentador Vertical Regenerativo
- Temperatura Aire de Entrada: 68°C
- Temperatura Aire de Salida: 289°C
- Capacidad: 61,600 ft<sup>2</sup>

#### 7.2.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Y Armazón C SW4B
- Potencia: 1250 HP
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 94 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Servicio: 1.15

##### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 980 HP
- Capacidad: 388,172 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Crítica: 1166 rpm

- Presión de Succión: 752 mm Hg
- Presión Estática: 625 mm CA
- Numero de Paletas del Ventilador: 10
- Aceite de los Cojinetes: Regal Oil 46

#### 7.2.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: Y Armazón C SFA
- Potencia: 1500 HP
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 112 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Servicio: 1.15

##### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 1,350 HP
- Capacidad: 550,666 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Critica: 1175 rpm
- Presión de Succión: 718 mm Hg
- Presión Estática: 659 mm CA
- Número de Paletas del Ventilador: 12
- Aceite de los Cojinetes: Regal Oil 46

### 7.2.11. BOMBA AGUA DE ALIMENTACION

#### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 2000 HP
- Voltaje: 6900 Voltios
- Velocidad: 3567 rpm

#### **Bomba**

- Fabricante: Ingersoll Rand
- Capacidad: 1,570 GPM
- Velocidad: 3,560 rpm

### 7.3. UNIDAD 3

#### 7.3.1. TURBINA

- Fabricante: Kraftwerk-Unión
- Número de Serie: 7263
- Tipo: Condensación
- Potencia Máxima: 77 KW.
- Accionamiento: Vapor a Presión 87.7 Kg/Cm<sup>2</sup> y 510 °C
- Caudal: 265.6 T/h
- Velocidad: 3,600 rpm
- Regulación: Hidráulica
- Aceite de Lubricación: Regal R&O 46
- Características: 32 etapas (22AP-10BP); 5 extracciones (2AP-3BP)

### 7.3.2. **GENERADOR**

- Fabricante: Kraftwerk-Unión
- Número de Serie: 127263
- Tipo: Sincrónico
- Potencia Máxima: 83.5 MVA.
- Corriente del Estator: 3,490 A
- Corriente del Rotor: 780 A
- Velocidad: 3,600 rpm
- Voltaje Nominal: 13.8 KV
- Factor de Potencia: 0.85
- Aislamiento: Clase B
- Enfriamiento: Hidrógeno
- Presión del Hidrógeno: 3.16 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso 19 Mg

### 7.3.3. **EXCITATRIZ**

- Fabricante: Kraftwerk-Unión
- Tipo: Excitación Estática THYRIPOL
- Velocidad: 3,600 rpm
- Voltaje: 460 V
- Corriente Nominal: 780 A

### 7.3.4. **CONDENSADOR**

- Fabricante: Kraftwerk-Union
- Numero de tubos: 10,990
- Material de los tubos: CuNi10Fe

### 7.3.5. **TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA**

- Fabricante: Trafo Union

- Número de Serie: 406029
- Año de Fabricación: 1979
- Conexión: YNd11
- Potencia Máxima: 78 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 220 Kv
- Tensión Lado de Baja: 13.8 KV
- Sistema de Enfriamiento: 2 bombas de aceite
- Perdidas en Vacío: 63 KW
- Perdidas a Plena Carga: 265 KW

#### **7.3.6. TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA**

- Fabricante: TRAFU-UNION
- Número de Serie: S 251 280
- Año de Fabricación: 1978
- Conexión: Dyn 1
- Potencia Máxima: 10 MVA.
- Tensión Lado de Alta: 13.8 KV
- Tensión Lado de Baja: 6.9 KV
- Perdidas en Vacío: 13 KW
- Perdidas a Plena Carga: 63 KW

#### **7.3.7. GENERADOR DE VAPOR**

- Fabricante: Foster Wheeler - Distral
- Tipo: Acuotubular
- Potencia Máxima: 280 Ton/Hora
- Temperatura del Vapor Sobrecalentado: 510 °C
- Presión del Vapor Sobrecalentado: 92.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Presión del Tambor de Vapor: 101 kg/cm<sup>2</sup>

#### **7.3.8. PRECALENTADOR DE AIRE**

- Fabricante: The Air Preheater Company
- Numero de Serie: 6727
- Tipo: Precalentador Vertical Regenerativo
- Temperatura Aire de Entrada: 68°C
- Temperatura Aire de Salida: 289°C
- Capacidad: 61,600 ft<sup>2</sup>

#### **7.3.9. VENTILADOR DE TIRO FORZADO**

##### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Número de Serie: 1LA3346B3
- Potencia: 935 KW
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 99 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Potencia: 0.83
- Aislamiento: Clase F
- Protección Mecánica: IP54

##### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 980 HP

- Capacidad: 388,172 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Critica: 1,166 rpm
- Presión de Succión: 752 mm Hg
- Presión Estática: 625 mm de CA
- Número de Paletas del Ventilador: 10
- Aceite de los Cojinetes: Regal Oil 46

### 7.3.10. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Número de Serie: 1LA3354B3
- Potencia: 1,120 KW
- Voltaje: 6,900 V
- Amperaje: 120 A
- Velocidad: 900 rpm
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Potencia: 0.82
- Aislamiento: Clase F
- Protección Mecánica: IP54

#### **Ventilador**

- Fabricante: Chicago Blower / DISTRAL
- Tipo: Centrifugo
- Potencia: 1,350 HP
- Capacidad: 550,666 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad: 891 rpm
- Velocidad Critica: 1175 rpm
- Presión de Succión: 718 mm Hg

- Presión Estática: 659 mm de CA
- Número de Paletas del Ventilador: 12
- Aceite de los cojinetes: Regal Oil 46

## **8. CARACTERISTICAS DE EQUIPOS AUXILIARES DE LA PLANTA**

### **8.1. UNIDAD 1 y 2**

#### **8.1.1. MOTORES Y BOMBAS CONDENSADO**

##### **Motores**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: De Inducción Vertical
- Potencia: 200 HP
- Velocidad: 1.775 rpm
- Sentido de Giro: C.C.W.
- Cantidad: 4

##### **Bombas**

- Fabricante: Goulds Pumps
- Tamaño de la Bomba: 8 x 14 JLO
- Tipo: Bomba centrífuga vertical de 8 etapas.
- Velocidad Nominal: 1.775 rpm.
- Cabeza Total: 510 ft
- Capacidad: 1.250 GPM.
- Presión Descarga: 275 psi
- Eficiencia de la Bomba: 83 %
- Cantidad: 4

### 8.1.2. QUEMADORES UTILIZADOS

- Fabricante: PEABODY
- Modelo: 25472 –2
- Capacidad de Gas: 130.900 CFH
- Capacidad de F. O: 6.835 lb /h
- Presión Entrada Gas: 10 PSIG ( 0,68 kg/cm<sup>2</sup>)
- Presión Entrada F. O: 120 PSIG (8,16 kg/cm<sup>2</sup>)
- Presión Vapor de Atomización: 125 PSIG (8,52 kg/cm<sup>2</sup>)
- Diámetro de la Garganta: 30”
- Temperatura del Hogar: 1.080 °C
- Cantidad: 6
- Disposición en la Caldera: Frontal en dos filas de de 3 quemadores.
- Control de Llama: Dos (2) detectores ultra violeta x quemador.
- Cantidad: 12

### 8.1.3. MOTORES Y BOMBAS DE VACIO CONDENSADOR

#### **Motores**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: LAC
- Potencia: 100 HP
- Velocidad: 600 rpm
- Sentido de Giro: C.W.
- Tensión: 460 V
- Corriente: 146 A

- Frecuencia: 60 Hz
- Cantidad: 4

### **Bombas**

- Fabricante: NASH
- Tipo: Rotativa
- Velocidad: 600 rpm
- Cantidad: 4

## **8.1.4. SISTEMA AIRE INSTRUMENTO Y SOPLADO**

### **8.1.4.1. MOTORES Y COMPRESORES AIRE DE INSTRUMENTO Y MANDO**

#### **Motores**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 100 HP
- Velocidad: 1.770 rpm
- Tensión: 460 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Corriente: 115 A
- Cantidad: 3

#### **Compresores**

- Fabricante: Ingersoll Rand
- Tipo: Alternativo
- Capacidad: 354 CFM
- Presión Descarga: 110 PSIG
- Cantidad: 3
- Velocidad: 1.770 rpm

#### 8.1.4.2. MOTORES Y COMPRESORES DE AIRE DE SOPLADO A/B PRESION

<b>MOTORES</b>	<b>UNIDADES 1-2 PRIMARIO</b>	<b>UNIDAD 1-2 FINAL</b>
• Fabricante	Westinghouse	Westinghouse
• Tipo	TBDF	TBDF
• Potencia	150 HP	75 HP
• Velocidad	885 rpm	1.175 rpm
• Tensión	460 V	460 V
• Corriente	190 A	88 A
• Frecuencia	60 Hz	60 Hz
• Cantidad	2	2

<b>COMPRESORES</b>	<b>UNIDADES 1-2 PRIMARIO</b>	<b>UNIDAD 1-2 FINAL</b>
• Fabricante	Ingersoll Rand	Ingersoll Rand
• Tipo	Alternativos BP	Alternativos AP
• Capacidad	650 C F M	650 C F M
• Presión Descarga	125 PSIG	375 PSIG
• Cantidad	2	2

#### 8.1.4.3. MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA

##### **Motor**

- Fabricante: Detroit Diesel Allison
- Potencia: 456,25 KVA – 365 KW
- Velocidad: 1.800 rpm

##### **Generador**

- Fabricante: DELCO GENERAL MOTOR

- Capacidad: 457 KVA
- Tensión: 480 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad: 1.800 rpm

#### 8.1.5. **SISTEMA CONTRAINCENDIO**

##### 8.1.5.1. **MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESION**

###### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 10 HP
- Velocidad: 3.500 rpm
- Voltaje: 460 V
- Amperaje: 12,8 A
- Frecuencia: 60 Hz

###### **Bomba**

- Capacidad: 40 GPM
- Presión: 110 PSI

##### 8.1.5.2. **MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICA:**

###### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 100 HP
- Velocidad: 3.500 rpm
- Voltaje: 460 V
- Amperaje: 115 A
- Frecuencia: 60 Hz

###### **Bomba**

- Fabricante: ALLIS CHALMERS

- Capacidad: 750 GPM
- Presión: 150 PSI

### 8.1.5.3. MOTORES DIESEL Y BOMBAS DE RESPALDO

#### **Motor Diesel**

- Fabricante: CUMMIS ENGINE COMPANY
- Potencia: 136 HP
- Velocidad: 3300 rpm

#### **Bomba**

- Fabricante: ALLIS CHALMERS
- Capacidad: 750 GPM
- Presión: 150 PSI

### 8.1.6. MOTORES Y BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE FUEL OIL:

#### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 60 HP
- Velocidad: 1.775 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 72 A
- Cantidad: 2

#### **Bomba:**

- Fabricante De Laval IMO.
- Tipo Desplazamiento positivo

- Presión Descarga 9,84 kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal 68 m<sup>3</sup>/h
- Cantidad 2

#### 8.1.7. MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACIÓN DE FUEL OIL A QUEMADORES

##### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Potencia: 50 HP
- Velocidad: 1.780 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 58 A.
- Cantidad: 3

##### **Bomba**

- Fabricante: De Laval IMO
- Tipo: Desplazamiento positivo
- Presión Descarga: 20.0 kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal: 43.15 m<sup>3</sup>/h.
- Cantidad: 3

#### 8.1.8. MOTORES Y BOMBAS SUMINISTRO DE ACPM A IGNITORES

##### **Motor**

- Fabricante: RELIANCE
- Tipo: P
- Potencia: 5HP
- Velocidad: 1.170 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 5,2 A

- Cantidad: 2

### **Bomba**

- Fabricante: VIKING PUMP DIVISIÓN
- Tipo: HJ 195
- Presión Descarga: 10,55 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 2

## **8.1.9. SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO PARA EQUIPOS**

### **8.1.9.1. TORRE AGUA ENFRIAMIENTO**

- Fabricante: MARLEY COMPANY MODELO 451-303
- No. de Celdas: Tres (3)
- Capacidad de Enfriamiento: 7.570 Lts/min por celda
- Temperatura Agua Entrada Torre: 35°C
- Temperatura Agua Salida Torre: 25°C
- Tamaño de la Torre: 11,125 m-largo x 7,620 m-ancho x 4,572 m-alto

### **8.1.9.2. MOTORES Y BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO**

#### **Motor**

- Fabricante: Westinghouse
- Tipo: 75 B4 1587
- Potencia: 100 HP
- Velocidad: 1.770 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 115 A
- Sentido de Giro: C.C.W.
- Cantidad: 3

## **Bomba**

- Fabricante: Ingersoll Rand
- Tipo: Bomba Centrífuga horizontal etapa simple
- Presión Descarga: 7/8 kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal: 7.570 Lt/mt (2000 GPM)
- Cantidad: 3

## **8.1.10. PLANTA AGUA DESMINERALIZADORA**

### **8.1.10.1. PRETRATAMIENTO**

#### **Floculador**

- Fabricante: EDOSPINA
- Capacidad: 125 GPM
- Tk. Alimentación de Qcos: 500 Lt
- Bba Dosificadora Floculante: 20 Lt/h
- T.k. A/Clarificada: 10 m<sup>3</sup>

### **8.1.10.2. MOTORES Y BOMBAS A/CLARIFICADAS**

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Potencia: 6.0 HP
- Tipo: 1LA2-766-2AA
- Velocidad: 3.460 rpm
- Voltaje: 260/440 V
- Cantidad: 3

## **Bomba**

- Fabricante: HIDROMAC
- Tipo: Bomba Centrifuga
- Caudal: 150 GPM
- Presión Descarga: 2,2 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 3

### **8.1.10.3. FILTROS DE ARENA**

- Cantidad: 3
- Capacidad: 40 GPM
- Material: Acero

### **8.1.10.4. T.K. A/FILTRADA DE CONCRETO**

- Capacidad: 200.000 GLS

### **8.1.11. TRATAMIENTO**

#### **8.1.11.1. TRENES DESMINERALIZADORES**

- Un filtro carbón activado: 40 GPM
- Una unidad catiónica: 40 GPM
- Una unidad aniónica: 40 GPM
- Un lecho mixto: 40 GPM
- Un desgasificador: 100 GPM

#### **8.1.11.2. BOMBAS AGUA DESGASIFICADORA:**

- Capacidad: 80 GPM
- Cantidad: 2

#### 8.1.11.3. **BOMBAS AGUA FILTRADA**

- Capacidad: 80 GPM
- Cantidad: 2

#### 8.1.11.4. **TANQUES ACIDO CLORHÍDRICO**

- Capacidad: 10.000 Lts
- Cantidad: 2

#### 8.1.11.5. **TANQUES ALMACENAMIENTO SODA**

- Capacidad: 10.000 Lt
- Cantidad: 2

### 8.2. **UNIDAD 3**

#### 8.2.1 **QUEMADORES CARACTERISTICA**

- Fabricante: PEABODY
- Modelo: 25707
- Capacidad de Gas: 132.200 CFH.
- Capacidad de F. O: 6.908 lb/h.
- Presión Entrada Gas: 10 PSIG (0,68 kg/cm<sup>2</sup>)
- Presión Entrada F. O: 120 PSIG (8,16 kg/cm<sup>2</sup>)
- Presión Vapor de Atomización: 125 PSIG (8,52 kg/cm<sup>2</sup>)
- Diámetro de la Garganta: 30"
- Temperatura del Hogar: 1.080 °C
- Cantidad: 6
- Disposición en la Caldera: Frontal en dos filas de 3 quemadores.

- Control de Llama: Dos (2) detectores ultra violeta x quemador.
- Cantidad: 6

## 8.2.2 MOTORES Y BOMBAS CONDENSADO

### Motor

- Fabricante: SIEMENS
- Tipo: 1LA4314
- Potencia: 160 KW
- Velocidad: 1.785 rpm
- Sentido de Giro: C.C.W.
- Cantidad: 2

### Bomba

- Fabricante: Klein Schanzlin y BECHER ( KSB )
- Tamaño de la Bomba: 8 x 14 JLO
- Tipo: Centrífuga vertical tipo Barril de alta presión.
- Velocidad Nominal: 1.740 rpm
- Cabeza Total: 147 m
- Capacidad: 267 m<sup>3</sup> /h
- Presión Descarga: 16 kg / cm<sup>2</sup>
- Eficiencia de la Bomba: 75%
- Cantidad: 2

### 8.2.3 MOTORES Y BOMBAS DE VACIO CONDENSADOR

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Tipo: 1LA4-280
- Potencia: 54 KW
- Velocidad: 1.180 rpm
- Sentido de Giro: C.W.
- Tensión: 460 V
- Corriente: 86 A
- Frecuencia: 60 Hz
- Cantidad: 2

#### **Bomba**

- Fabricante: ELMO
- Tipo: Hidrorotativa de una etapa
- Velocidad: 1.180 rpm
- Cantidad: 2

### 8.2.4 MOTORES Y COMPRESORES AIRE DE INSTRUMENTO Y MANDO

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Potencia: 45 KW
- Velocidad: 1.180 rpm
- Tensión: 460 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Corriente: 73 A
- Cantidad: 2

#### **Compresor**

- Fabricante: Klein Schanzlin y Becher (KSB)

- Tipo: Alternativo de dos etapas
- Potencia: 38,6 KW
- Capacidad: 395 m<sup>3</sup>/h
- Presión Descarga: 8 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 2
- Velocidad: 1.180 rpm

### 8.2.5 MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA

#### **Motor**

- Fabricante: Deutz
- Potencia: 285 KW
- Velocidad: 1.800 rpm

#### **Generador**

- Fabricante: SIEMENS
- Capacidad: 385 KVA
- Tensión: 460 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad: 1.800 rpm

### 8.2.6 SISTEMA CONTRA INCENDIO

#### 8.2.6.1. MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESION

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Potencia: 30 KW
- Velocidad: 3.550 rpm
- Voltaje: 460 V
- Amperaje: 47,5 A.
- Frecuencia: 60 Hz

### **Bomba**

- Capacidad: 43 m<sup>3</sup>/h
- Presión: 10 bar

### **8.2.6.2. MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICA:**

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Potencia: 182 KW
- Velocidad: 1.785 rpm
- Voltaje: 460 V
- Amperaje: 200 A.
- Frecuencia: 60 Hz

### **Bomba**

- Fabricante: SIHIHALBER
- Capacidad: 242 m<sup>3</sup>/h
- Presión: 15 kg/cm<sup>2</sup>

### **8.2.6.3. MOTORES DIESEL Y BOMBAS DE RESPALDO**

#### **Motor Diesel**

- Fabricante: BOOS
- Potencia: 132 KW
- Velocidad: 1800 rpm

### **Bomba**

- Fabricante: VOLVO PENTA
- Capacidad: 750 GPM.
- Presión: 150 PSI

## 8.2.7 MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACIÓN DE FUEL OIL A QUEMADORES

### Motor

- Fabricante: Em dosed.Motor
- Potencia: 40 HP
- Velocidad: 1.735 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 9,6 A
- Cantidad: 2

### Bomba

- Fabricante: De Laval IMO
- Tipo: G3 DH-250
- Presión Descarga: 22 kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal: 43.15 m<sup>3</sup>/h.
- Cantidad: 2

## 8.2.8 MOTORES Y BOMBAS SUMINISTRO DE ACPM A IGNITORES

### Motor

- Fabricante: SIEMENS
- Tipo: 1LA 3-113-6 y B60
- Potencia: 3,6 HP
- Velocidad: 1.140 rpm
- Tensión: 440 V
- Corriente: 5,9 A

### Bomba

- Fabricante: HOUDAILLE IND.
- Tipo: HL 1950
- Presión Descarga: 10,55 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 2

## 8.2.9 SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO PARA EQUIPOS

### 8.2.9.1. ENFRIADORES AGUA DE SERVICIO

- Fabricante: Cass/Distral
- Tipo: Horizontal con tubos rectos ligeramente inclinado 2 grados
- Refrigerante: Agua de Mar
- No. de Tubos: 852
- Presión Lado Camisas: 6 kg/cm<sup>2</sup>
- Presión Lado Tubos: 3 kg/cm<sup>2</sup>
- Capacidad Lado Camisas: 5,6 m<sup>3</sup>
- Capacidad Lado Tubos: 3,5 m<sup>3</sup>

### 8.2.9.2. MOTORES Y BOMBAS AGUA DE SERVICIO U-3

#### **Motor**

- Fabricante: SIEMENS
- Tipo 1LA4-310VI-3155
- Potencia: 110 KW
- Velocidad: 1.785 rpm
- Tensión: 460 V
- Corriente: 170 A
- Cos: 0,86
- Sentido de Giro: C.W.

#### **Bomba**

- Fabricante: SIHI-HSL BERG
- Tipo: B200E-VRNB
- Capacidad: 554 m<sup>3</sup>/h
- Presión Descarga: 5 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 2

## 8.2.10 PLANTA AGUA DESMINERALIZADORA

### 8.2.10.1. PRETRATAMIENTO

#### Floculador

- Fabricante: WABAG
- Capacidad: 110 GPM
- Tk. Alimentación de Qcos: 1.600 lt
- Bba Dosificadora Floculante: 20 lt/h
- T.k. A/Clarificada: 10 m<sup>3</sup>

### 8.2.10.2. MOTORES Y BOMBAS A/CLARIFICADAS

#### Motor

- Fabricante: SIEMENS
- Potencia: 2,55 KW
- Tipo: 1LA3106-4AA90-Z
- Velocidad: 1.750 rpm
- Voltaje: 265/440 V
- Cantidad: 3

#### Bomba

- Fabricante: KLEIN SCHANZLIN Y BECKER
- Tipo: Bomba Centrífuga
- Caudal: 8,75 m<sup>3</sup>/h
- Presión Descarga: 2,2 kg/cm<sup>2</sup>
- Cantidad: 3

### 8.2.10.3. FILTROS DE ARENA

- Cantidad: 3
- Capacidad: 8 m<sup>3</sup>/h
- Material: Acero

#### **8.2.10.4. T.K. A/FILTRADA DE CONCRETO**

- Capacidad: 200.000 GLS

#### **8.2.11. TRATAMIENTO**

##### **8.2.11.1. TRENES DESMINERALIZADORES**

- Un filtro carbón activado: 10 m<sup>3</sup>/h
- Una unidad catiónica: 10 m<sup>3</sup>/h
- Una unidad aniónica: 10 m<sup>3</sup>/h
- Un lecho mixto: 10 m<sup>3</sup>/h
- Un desgasificador: 25 m<sup>3</sup>/h

##### **8.2.11.2. BOMBAS AGUA DESGASIFICADORA:**

- Capacidad: 18 m<sup>3</sup>/h
- Cantidad: 1

##### **8.2.11.3. BOMBAS AGUA FILTRADA**

- Capacidad: 8,5 m<sup>3</sup>/h
- Cantidad: 1

##### **8.2.11.4. TANQUES ACIDO CLORHÍDRICO**

- Capacidad: 10.000 Lt
- Cantidad: 1

##### **8.2.11.5. TANQUES ALMACENAMIENTO SODA**

- Capacidad: 10.000 Lt
- Cantidad: 1

## **9. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES**

### **9.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO FUEL OIL**

- Cantidad: 2
- Capacidad: 8000 m<sup>3</sup>

### **9.2. TANQUES DIARIOS FUEL OIL**

- Cantidad: 3
- Capacidad: Dos de 60.500 Gln y uno de 61.584 Gln.

### **9.3. TANQUE ACPM**

- Cantidad: 2
- Capacidad: 38 m<sup>3</sup>

## 10. CLASIFICACION DE ACTIVOS SEGÚN SU CRITICIDAD

Para realizar una clasificación de activos se deben tener en cuenta un sin números de factores que de una u otra forma influyen en el nivel de criticidad que se le de a nuestro activo. Para el caso que nos compete se han tomado de referencia los siguientes criterios:

Criticidad Equipo	Descripción
1	Equipo critico, riesgo para la seguridad
2	Operación critica, riesgo para la operación total de la planta
3	Equipo critico para la continuidad del producto principal
4	Sistema auxiliar para el proceso principal de producción
5	Equipo critico para la continuación del producto secundario
6	Sistema auxiliar para el proceso secundario
7	Unidad de reserva para sistema críticos
8	Unidad de reserva para un equipo no critico
9	Equipo secundario

Tabla 2: Clasificación de Activos “Criticidad de Equipos”

Efecto de no Hacer la Tarea	Descripción
A	Inmediata amenaza para la seguridad de personas
B	Inmediata amenaza para la seguridad de la planta
C	Limita la posibilidad de obtener las principales metas
D	Limita la posibilidad de obtener las metas secundarias
E	Situación peligrosa para personas, máquinas no inmediatamente
F	Afectaría la operación después de un tiempo
G	Actividades dedicadas al mejoramiento de eficiencia
H	Restauración de la integridad técnica de la planta
I	Mejoramiento general a la operación, seguridad o mejoramiento de metas

Tabla 3: Clasificación de Activos “Efecto de no Hacer la Tarea”

Tiempo de atención  
de la OT



Tiempo Inicio	Color	Usar Prioridad
24hrs		1
48hrs		2
72hrs		3
3 week		4
3 weeks +		5

	Effects of Task								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I
2	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H	2I
3	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3H	3I
4	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H	4I
5	5A	5B	5C	5D	5E	5F	5G	5H	5I
6	6A	6B	6C	6D	6E	6F	6G	6H	6I
7	7A	7B	7C	7D	7E	7F	7G	7H	7I
8	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	8H	8I
9	9A	9B	9C	9D	9E	9F	9G	9H	9I

Tabla 4: Clasificación de Activos “Orden de Prioridad”

Basados en el concepto anterior sobre **Clasificación activos Según su Criticidad** y teniendo claro el papel que desempeña cada uno de estos en el proceso de generación de energía eléctrica en la **Planta EMGESA S.A ESP de Cartagena**, se muestran dos ejemplos de cómo se realizó la elaboración de la siguiente tabla con los diferentes equipos y su respectiva Clasificación de Criticidad.

- Para el caso de las Calderas se consideró importante su papel en la producción y cuales son sus condiciones en una eventual falla. Luego de analizar, y por afectar directamente la producción da como resultado una criticidad de **3**, además de ser un equipo que pone en riesgo la seguridad de las personas por lo que se le cataloga con **A**. Por tanto el orden de prioridad es **3A** y su atención debería ser rápida.
- Si tomamos como referencia los tanques de almacenamiento de combustibles como el F.O, Diesel y los ácidos utilizados en el proceso, podríamos catalogarlos como equipos secundarios con una criticidad de **9**, pero al mirar las posibles fallas como los derrames y las consecuencias que esto puede ocasionar, nos damos cuenta que son activos con una amenaza inmediata a la seguridad de las personas por lo que se cataloga tipo **A**, arrojando un orden de prioridad de **9A**.

<b>EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES</b>	<b>CRITICIDAD</b>		
	<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>
<b>TURBINA</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>
<b>GENERADOR</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>
<b>EXCITARIZ</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>
<b>CONDENSADOR</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>	<b>3E</b>
<b>TRANSFORMADOR PRINCIPAL</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>
<b>CALDERA</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>
<b>VENTILADOR TIRO FORZADO</b>	<b>3C</b>	<b>3C</b>	<b>3C</b>
<b>VENTILADOR TIRO INDUCIDO</b>	<b>3C</b>	<b>3C</b>	<b>3C</b>
<b>BOMBA AGUA ALIMENTACION</b>	<b>3F</b>	<b>3F</b>	<b>3F</b>
<b>TRANSFORMADOR AUXILIAR</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>	<b>3A</b>
<b>MOTOR-BOMBA DE CONDENSADO</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>
<b>BOMBA VACIO CONDENSADOR</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>
<b>MOTOR Y BOMBA AGUA ENFRIAMIENTO</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>	<b>4F</b>
<b>COMPRESORES AIRE INSTRUMENTOS</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>
<b>COMPRESORES AIRE DE SOPLADO</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>
<b>MOTOGENERADOR DE EMERGENCIA</b>	<b>7E</b>	<b>7E</b>	<b>7E</b>

Tabla 5: Clasificación de Equipos Principales y Auxiliares

<b>SISTEMA CONTRA INCENDIO</b>	<b>CRITICIDAD</b>		
	<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>
<b>MOTORES Y BOMBAS SOSTENIMIENTO DE PRESION</b>	7A	7A	7A
<b>MOTORES DIESEL Y BOMBA DE RESPALDO</b>	7A	7A	7A
<b>MOTORES Y BOMBAS RESPALDO ELECTRICO</b>	7A	7A	7A

Tabla 6: Clasificación de Sistema Contra Incendio

<b>EQUIPOS DE COMBUSTIBLES</b>	<b>CRITICIDAD</b>		
	<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>
<b>MOTORES Y BOMBAS TRANSFERENCIA F.O</b>	3C	3C	3C
<b>MOTORES Y BOMBAS ALIMENTACION F.O A QUEMADORES</b>	3C	3C	3C
<b>MOTORES Y BOMAS SUMINISTRO DIESEL A IGNITORES</b>	3C	3C	3C
<b>QUEMADORES</b>	3C	3C	3C

Tabla 7: Clasificación de Equipos de Combustible

<b>EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESO</b>	<b>CRITICIDAD</b>		
	<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>
<b>FLOCULADOR</b>	4F	4F	4F
<b>MOTORES Y BOMBAS AGUA CLARIFICADA</b>	4F	4F	4F
<b>FILTROS DE ARENA</b>	4F	4F	4F
<b>TRENES DESMINERALIZADORES</b>	4F	4F	4F
<b>BOMBAS AGUA DESGASIFICADORAS</b>	4F	4F	4F
<b>BOMBAS AGUA FILTRADA</b>	4F	4F	4F

Tabla 8: Clasificación de Equipos de tratamiento de Agua Para Proceso

<b>TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>CRITICIDAD</b>		
	<b>UNIDAD 1</b>	<b>UNIDAD 2</b>	<b>UNIDAD 3</b>
<b>TANQUES PRINCIPALES DE F.O</b>		9A	
<b>TANQUES DE USO DIARIO DE F.O</b>	9A	9A	9A
<b>TANQUES DE ACPM</b>		9A	9A
<b>TANQUE AGUA FILTRADA</b>	9F	9F	9F
<b>TANQUE ACIDO CLORIHIDRICO</b>	9A	9A	9A
<b>TANQUE ALMACENAMIENTO DE SODA</b>	9A	9A	9A

Tabla 9: Clasificación de Tanques de Almacenamiento

## 11. CONCLUSIONES

El mundo cada segundo se vuelve más competitivo, y en la industria actual el mantenimiento representa un eslabón clave en la cadena que hace a la operación más confiable, por lo que es importante hacerlo funcionar a la perfección. Esto se demuestra con resultados óptimos en la producción y el funcionamiento adecuado de los equipos.

Esta es la causa básica del porque los encargados del mantenimiento en las empresas deben estar a la vanguardia y el porque es necesaria la innovación, ya que no nos podemos olvidar que en todo momento el ser humano está pensando y generado nuevas ideas.

En vista de esta necesidad y basado en la falta de implementación de una estrategia de mantenimiento en la empresa, me permití realizar una Clasificación de los Activos más importantes y ponerlo a su disposición para su implementación. Con esta Clasificación resultaría más fácil la elección de una estrategia de mantenimiento ya que se enfoca en la criticidad de los equipos, lo que se verá representado en ahorro presupuestario y en un mejor aprovechamiento de los recursos, tanto en la Operación como en el Mantenimiento. Además de poder mejorar los índices históricos de confiabilidad y disponibilidad en la Planta, al evitar fallas no deseadas que conllevan a paradas no programadas y multas por el ente regulador.

Esta Clasificación se logró partiendo de un listado de los principales equipos de la Planta y basándose en el conocimiento del funcionamiento de cada uno de estos, al mismo tiempo teniendo claro de cual es el papel que juega cada uno en la producción.

## **RECOMENDACIONES**

Con esta Clasificación de Activos se puede dar un buen enfoque a la elaboración de las rutas de mantenimiento analizando cada componente del activo, lo que nos daría como resultado la obtención de los modos de fallas en nuestros equipos.

Teniendo de referencia esta Clasificación y la elaboración de las rutas de mantenimiento se puede obtener una base sólida para el estudio de la estrategia de mantenimiento que resulte más apropiada para la empresa.

Es importante generar una base de datos con la información mas importante de cada equipo como lo son: tipo fallas, tiempo de reparación, tiempo de indisponibilidad, horas hombre, partes afectadas y cualquier tipo de información que se considere importante para un futuro análisis del mantenimiento aplicado en la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

ANGEL VARGAS ZUNIGA, MANTENIMIENTO DE CALDERAS INDUSTRIALES Y MARINAS; Publicado por series vz, 1990

MARCELO MESNY, CALDERAS DE VAPOR: DESCRIPCIÓN, TEORÍA, MANEJO Y MANTENIMIENTO; Procedente de universidad de Texas Publicado por ediciones marymar, 1977

JORGE GONZÁLEZ, MANTENIMIENTO DE CALDERAS; Publicado por universidad de Antioquia, Facultad nacional de salud publica, 1976

REY SACRISTÁN, FRANCISCO, MANUAL DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL EN LA EMPRESA; Editorial: Madrid: Fundación confemetal, d.l. 2001

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER, TEORÍA Y PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL AVANZADO; Publicado por FC Editorial

ANTHONY LAWRENCE KOHAN, MANUAL DE CALDERAS. PRINCIPIOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN, REPARACIÓN, SEGURIDAD, REQUERIMIENTO Y NORMATIVAS; Editorial McGraw-Hill; 1ª edición 2000

PRANDO RAÚL, MANUAL DE GESTION DE MANTENIMIENTO A LA MEDIDA

[HTTP://WWW.SCRIBD.COM/DOC/3016122/ADMINISTRACION-MODERNA-DEL-MANTENIMIENTO](http://www.scribd.com/doc/3016122/Administracion-Moderna-del-Mantenimiento)

[HTTP://WWW.TPMONLINE.COM/ARTICLES\\_ON\\_TOTAL\\_PRODUCTIVE\\_MAINTENANCE/TPM/TPMPROCESS/MAINTENANCEINHISTORYSPANISH.HTM](http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistoryspanish.htm)

[HTTP://FING.UNCU.EDU.AR/CATEDRAS/ARCHIVOS/PLANEAMIENTO/MANT\\_INTRO\\_07.PDF](http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/planeamiento/mant_inTRO_07.pdf)

[HTTP://WWW.GERENCIE.COM/CONCEPTO-O-DEFINICION-DE-ACTIVO-FIJO.HTML](http://www.gerencie.com/concepto-o-definicion-de-activo-fijo.html)

**ANEXO A**

**IMÁGENES DE EQUIPOS**



BOMBA AGUA  
DE  
CIRCULACION

ANEXO 1A



QUEMADOR E  
IGNITOR

ANEXO 2A



ANEXO 3A



ANEXO 4A



ANEXO 5A



ANEXO 6A



TURBINA Y  
EXTRACCIONES U3

ANEXO 7A



GENERADOR U3

ANEXO 8A



ANEXO 9A



ANEXO 10A



ANEXO 11A



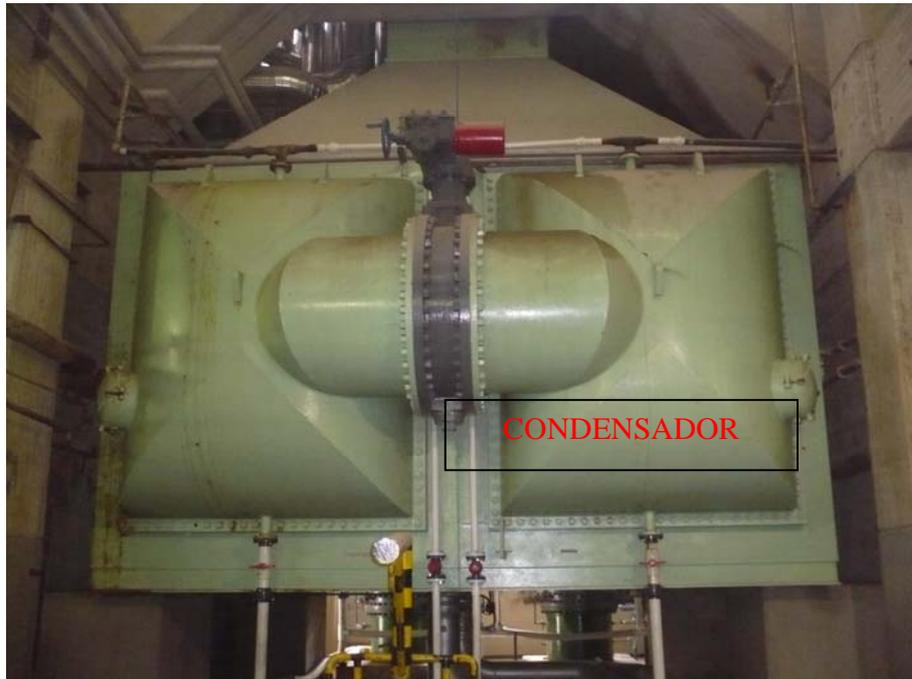
ANEXO 12A



ANEXO 13A



ANEXO 14A



ANEXO 15A



ANEXO 16A



MOTOR - BOMBA  
E.O.A  
QUEMADORES

ANEXO 17<sup>a</sup>



BOMBA AGUA  
ALIMENTACION

ANEXO 18A



ANEXO 19A



ANEXO 20A



MOTO-GENERADOR  
DE EMERGENCIA  
DIESEL

ANEXO 21A

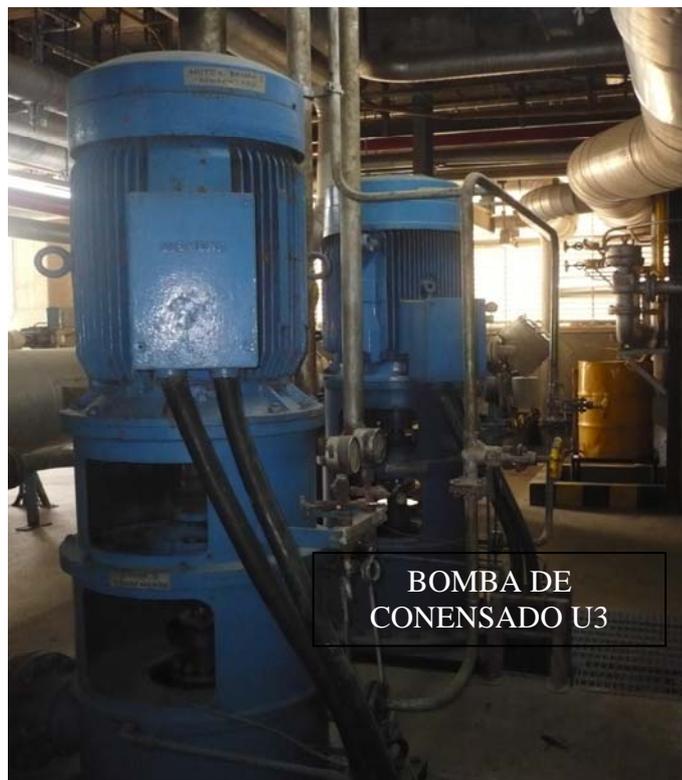


BOMBA AGUA  
ALIMENTACION U3

ANEXO 22A



ANEXO 23A



ANEXO 24A



ANEXO 25A



ANEXO 26A



ANEXO 27A



ANEXO 28A



ANEXO 29A



ANEXO 30A



VENTILADOR DE  
TIRO FORZADO  
U3

ANEXO 31A



VENTILADOR DE TIRO  
FORZADO

ANEXO 32A



ANEXO 33A



ANEXO 34A



ANEXO 35A



ANEXO 36A



MOTOR BOMBA  
JOCKEY

ANEXO 37A



TREN DE  
TRATAMIENTO DE  
AGUA

ANEXO 38A