

PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
(RCM) PARA EL SISTEMA GENERACION DE VAPOR DE LA PLANTA DE
ALIMENTO DE ALBAPO S.A. (ALIMENTOS BALANCEADOS PARA POLLO)

WILLIAM HUMBERTO GONZÁLEZ CASTRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
(RCM) PARA EL SISTEMA GENERACION DE VAPOR DE LA PLANTA DE
ALIMENTO DE ALBAPO S.A. (ALIMENTOS BALANCEADOS PARA POLLO)

WILLIAM HUMBERTO GONZÁLEZ CASTRO

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista
en Gerencia de mantenimiento

Director: JORGE RENE SILVA LARROTTA
M.Sc Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

CONTENIDO

| | Pag. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 12 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL: | 14 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: | 14 |
| 3 JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4 MARCO TEORICO | 16 |
| 4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD | 16 |
| 4.2 DEFINICIONES DE RCM | 18 |
| 4.3 RCM LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS | 19 |
| 4.3.1. ¿Cuál es son las funciones? (funciones y criterios de funcionamiento). | 19 |
| 4.3.2. ¿De qué forma falló? (fallos funcionales). | 19 |
| 4.3.3. ¿Qué causa el fallo? (modos de fallos). | 19 |
| 4.3.4. ¿Qué sucede cuando hay fallo? (efectos de los fallos). | 20 |
| 4.3.5. ¿Qué ocurre si falla? (consecuencia de los fallos). | 20 |
| 4.3.6. ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos? (tareas preventivas). | 21 |
| 4.3.7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos? (tareas a “falta de”). | 21 |
| 4.3.8. Diagrama de decisión del proceso de RCM | 21 |
| 5 SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR (CALDERA 600BHP) | 23 |
| 5.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN | 24 |
| 5.2 DÁMPERES DE AIRE PRIMARIO | 25 |
| 5.3 SEGURIDADES EN LA PARRILLA VIAJERA | 25 |
| 5.4 SEGURIDAD POR PRESIÓN DE VAPOR | 25 |
| 5.5 SISTEMA LIMPIEZA DE GASES | 26 |
| 5.6 DIVISION EN SISTEMAS | 26 |
| 6 PROCESO DE IMPLEMENTACION DE RCM | 27 |
| 6.1 GRUPO DE TRABAJO | 28 |
| 6.2 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS | 31 |
| 6.3 FALLAS FUNCIONALES | 32 |
| 6.4 MODOS DE FALLA | 32 |

| | |
|---|----|
| 6.5 EFECTO DE LA FALLA Y CONSECUENCIAS DE FALLA | 33 |
| 6.6 HOJA DE INFORMACION 2 | 34 |
| 6.7 TAREAS Y DEFINICION DE MANTENIMIENTO (HOJA DE DECISION 3 | 35 |
| 7 IMPLEMENTACION DE LOS RESULTADOS..... | 36 |
| 8 LISTADO DE MEJORAS..... | 42 |
| 8.1 CARBÓN..... | 42 |
| 8.2 ZONA PIROTUBULAR..... | 42 |
| 8.3 TRATAMIENTO DE AGUA | 42 |
| 8.4 CMMS | 42 |
| 9 DIFERENCIAS ENTRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL Y EL PLAN BASADO EN RCM..... | 44 |
| 10 CONCLUSIONES | 45 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 46 |
| ANEXOS..... | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|------|
| Figura 1 Proyección Ventas Vs Capacidad..... | 15 |
| Figura 2 Reparaciones Periódicas | 16 |
| Figura 3 Curva de la Bañera | 17 |
| Figura 4 Probabilidad de fallo B | 17 |
| Figura 5 Probabilidad de fallo C | 17 |
| Figura 6 Probabilidad de fallo D | 17 |
| Figura 7 Probabilidad de fallo E | 18 |
| Figura 8 Probabilidad de fallo F | 18 |
| Figura 9 Diagrama de decisión | 22 |
| Figura 10 Caldera 600BHP | 23 |
| Figura 11 Sistemas generación de vapor | 26 |
| Figura 12 Pasos proceso RCM | 27 |
| Figura 13 Equipo de trabajo..... | 28 |
| Figura 14 Paradas de planta..... | 29 |
| Figura 15 Orden de trabajo | 30 |
| Figura 16 Hoja de vida equipos | 31 |
| Figura 17 Función | 31 |
| Figura 18 Falla funcional..... | 32 |
| Figura 19 Modos de falla | 33 |
| Figura 20 Efecto de falla | 33 |
| Figura 21 Riesgo Hoja de información 2 | 34 |
| Figura 22 Código | 34 |
| Figura 23 Tareas y definición de mantenimiento (Hoja de decisión 3)..... | 35 |
| Figura 24 Ejemplo Programación actual | 44 |

LISTA DE TABLAS

| | Pag. |
|--|------|
| Tabla 1 Ventas 2005 a 2019..... | 15 |
| Tabla 2 Programa de mantenimiento RCM Mensual | 37 |
| Tabla 3 Programa de mantenimiento RCM Bimensual | 38 |
| Tabla 4 Programa de mantenimiento RCM cada 4 meses | 38 |
| Tabla 5 Programa de mantenimiento RCM Trimensual | 39 |
| Tabla 6 Programa de mantenimiento RCM Semestral..... | 40 |
| Tabla 7 Programa de mantenimiento RCM Anual..... | 41 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO A Información | 47 |
| ANEXO B Componentes | 55 |
| ANEXO C AMEF Hoja de información ALBAPO S.A. | 61 |
| ANEXO D Tareas y definición de mantenimiento (hoja de decisión 3) | 86 |
| ANEXO E Tareas y definición de mantenimiento (hoja de decisión 3) | 96 |
| ANEXO F Mantenimiento Actual | 106 |

RESUMEN

TITULO:

PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL SISTEMA GENERACION DE VAPOR DE LA PLANTA DE ALIMENTO DE ALBAPO S.A. (ALIMENTOS BALANCEADOS PARA POLLO)*

AUTOR:

WILLIAM HUMBERTO GONZALEZ CASTRO**

PALABRAS CLAVE:

Confiabilidad, Disponibilidad, Metodología, Vapor, Costo

CONTENIDO:

El proyecto tiene como objetivo proponer un nuevo plan de mantenimiento aplicando la metodología de RCM, en la empresa ALBAPO S.A. a uno de sus sistemas más críticos, la generación de vapor, buscando evitar paradas en la planta, a un costo adecuado

El departamento de mantenimiento de ALBAPO está obligado a garantizar la permanente disponibilidad del sistema de generación de vapor, más aún cuando las proyecciones de ventas de la empresa incrementan la producción de la planta, reduciendo significativamente los tiempos para realizar las tareas de mantenimiento.

Con este escenario se propone el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) como solución al sistema de vapor comprendiendo las siguientes etapas:

1. Descripción del sistema de generación de vapor, sistemas y componentes,
2. Resumen sobre metodología RCM.
3. Formación del grupo RCM conformado por técnicos calificados eléctricos y mecánicos, operadores de caldera, e ingeniero.
4. Recolección de información, historial de fallas, manuales y organización de órdenes de trabajo.
5. Modelo de RCM aplicado.

Al término de la aplicación del método se utilizaron todos los recursos de mantenimiento aplicados al sistema particular

A partir del trabajo realizado se espera implementar la metodología RCM en la gestión de mantenimiento para todos los demás activos de la empresa garantizando confiabilidad a un costo adecuado.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: JORGE RENE SILVA LARROTTA MS. C Ingeniero Mecánico

ABSTRACT

TITLE:

PROPOSAL RELIABILITY-CENTRIFIED MAINTENANCE PLAN (RCM) FOR THE SYSTEM OF STEAM GENERATION OF ALBAPO FOOD PLANT S.A. (BALANCED FOOD FOR CHICKEN)

AUTHOR:

WILLIAM HUMBERTO GONZALEZ CASTRO **

KEYWORDS:

Reliability, Availability, Methodology, Steam, Cost

CONTENTS:

The project aims to propose a new maintenance plan applying the methodology of RCM, in the company ALBAPO S.A. To one of its most critical systems, steam generation, seeking to avoid plant shutdowns, at an adequate cost

The maintenance department of ALBAPO is obliged to guarantee the permanent availability of the steam generation system, especially when the company's sales projections increase the production of the plant, significantly reducing the time to perform the maintenance tasks.

With this scenario, the Reliability Centered Maintenance (RCM) is proposed as a solution to the steam system comprising the following steps:

1. Description of the steam generation system, systems and components,
2. Summary of RCM methodology.
3. Formation of the RCM group consisting of qualified electrical and mechanical technicians, boiler operators, and engineer.
4. Collection of information, history of failures, manuals and organization of work orders.
5. RCM model applied.

At the end of the application of the method were used all the maintenance resources applied to the particular system

Based on the work performed, it is expected to implement the RCM methodology in maintenance management for all the other assets of the company, guaranteeing reliability at an appropriate cost.

* Thesis

**Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization. Director: JORGE RENE SILVA LARROTTA MS. C Mechanical Engineer

INTRODUCCION

RCM (Reliability Condition Maintenance) es una metodología que permite la evaluación y selección de tareas de forma rápida y segura, buscando obtener resultados extraordinarios en cuanto a mejoras de rendimiento y optimización de recursos en el área donde se aplique. La metodología es ampliamente utilizada en todo tipo de industria para garantizar la confiabilidad de equipos y la permanencia de los procesos.

Particularmente este trabajo se desarrolló en el sistema de generación de vapor de la planta de ALBAPO S.A. comprendiendo los componentes primarios (bombas, cuerpo, parrilla viajera, válvulas reguladoras, sistema de lavado de gases, sistema de filtración de gases, sistema de regulación de combustión, etc) a partir de una propuesta técnica de implementación realizada a la Dirección de Ingeniería y Mantenimiento, conformando un grupo que aporte su experiencia, eligiendo el equipo a trabajar, conociendo sus funciones principales y secundarios, conociendo sus fallas, sus modos de fallas y efectos de las mismas, dando como resultado la mejor decisión para el activo y para el grupo de mantenimiento. Dicho sistema fue seleccionado por constituirse en el más crítico de los servicios con los que cuenta la planta, toda vez que el vapor es la principal fuente energética para la transformación de las materias primas en alimento balanceado y a la fecha la compañía no cuenta con sistemas redundantes alternos en caso de falla.

Se espera que con la aprobación de la propuesta la compañía tome la decisión de extender el RCM a los demás sistemas y subsistemas hasta cubrir la totalidad de los procesos productivos con sus respectivas unidades de servicio.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ALBAPO S.A. Nace en la unión de seis grandes productores de pollo, que se comprometen a producir su alimento balanceado de alta calidad, para satisfacer sus necesidades de conversión, nutrición y crecimiento en granjas.

A partir de 1991 nace la Planta Alimento ubicada en Funza Cundinamarca, actualmente con una capacidad de 42000 toneladas/mes de producto peletizado.

El proceso productivo más relevante de la planta de alimentos es el peletizado, que consiste en ejercer alta presión a la mezcla de alimento para atravesar un dado que conforma el alimento en forma de grano denominado pelet. Dicha técnica es muy popular en la fabricación de alimentos balanceados porque reúne dos elementos principales que debe contener un alimento para producción animal, una fórmula adecuada integrada a una forma y tamaño adecuados de asimilación, obteniéndose una mezcla de ingredientes finamente molidos en aglomerados densos de libre flujo. Un producto peletizado mejora la eficiencia de carne ya que, al combinar estados de humedad, calor y presión, se está gelatinizando y desglosando los

componentes de los ingredientes, permitiendo una mejor utilización del alimento por parte de los pollos.

La durabilidad del pelet relacionada con la resistencia mecánica a la rotura y la eficiencia del peletizado pueden mejorarse sustancialmente mediante el acondicionamiento adecuado de harina y vapor. El vapor saca a la superficie de las partículas de la harina del pelet los aceites naturales más comunes en la mayoría de los granos que proporcionan lubricación al dado de salida de los pelets, lo que reduce el desgaste del dado mismo y del ensamblaje de rodillos y aumenta la producción.

El proyecto se enfocará, en el desarrollo de una estrategia basada en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para el sistema de generación de vapor, comprendido desde las bombas de agua de alimentación hasta el ventilador tiro inducido de la caldera, para garantizar el vapor adecuado para los procesos y mejorar la disponibilidad del sistema de generación de vapor en la empresa ALBAPO S.A. Planta de alimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Proponer un plan de mantenimiento basado en la aplicación de RCM- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para el sistema de generación de vapor de la Planta de Alimento de ALBAPO S.A. ubicada en Funza Cundinamarca

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar el análisis funcional de fallas del sistema de generación de vapor de ALBAPO S.A.
- Realizar el análisis de los modos de fallo de los componentes del sistema de generación de vapor de ALBAPO S.A.
- Desarrollar la estrategia de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM, para el sistema de generación de vapor de la Planta de Alimento de ALBAPO S.A.

3 JUSTIFICACIÓN

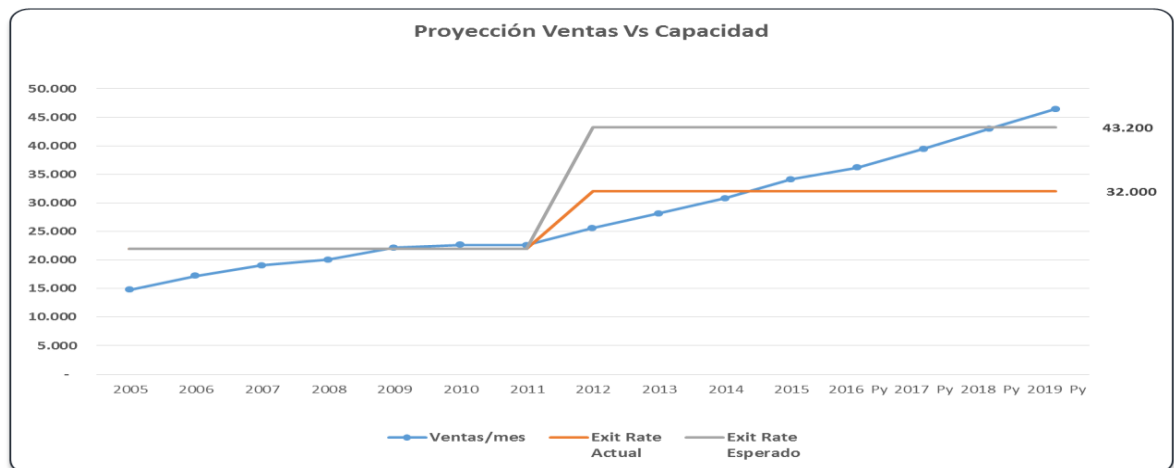
El sistema de generación de vapor, es uno de los principales para la producción de la planta. En peletizado y extrusión, el acondicionamiento con vapor de las materias primas, es un factor importante, durante las 24 horas del día permitiendo una mejor conversión, durabilidad e incremento en la productividad de la planta.

Con el aumento de ventas y proyección de ALBAPO S.A, que se presenta en el siguiente cuadro y figura, se debe incrementar la producción de la planta lo que a su vez obliga a garantizar un óptimo sistema de generación de vapor por parte del Departamento de Mantenimiento.

Tabla 1 Ventas 2005 a 2019

| Año | Ventas/Año | Ventas/mes | % Crecimiento | Exit Rate Actual | Exit Rate Esperado |
|---------|------------|------------|---------------|------------------|--------------------|
| 2005 | 177.006 | 14.751 | 11% | 22.000 | 22.000 |
| 2006 | 206.429 | 17.202 | 17% | 22.000 | 22.000 |
| 2007 | 228.293 | 19.024 | 11% | 22.000 | 22.000 |
| 2008 | 240.630 | 20.053 | 5% | 22.000 | 22.000 |
| 2009 | 265.959 | 22.163 | 11% | 22.000 | 22.000 |
| 2010 | 271.585 | 22.632 | 2% | 22.000 | 22.000 |
| 2011 | 271.366 | 22.614 | 0% | 22.000 | 22.000 |
| 2012 | 306.683 | 25.557 | 13% | 32.000 | 43.200 |
| 2013 | 337.830 | 28.153 | 10% | 32.000 | 43.200 |
| 2014 | 369.724 | 30.810 | 9% | 32.000 | 43.200 |
| 2015 | 409.644 | 34.137 | 11% | 32.000 | 43.200 |
| 2016 Py | 434.223 | 36.185 | 6% | 32.000 | 43.200 |
| 2017 Py | 473.303 | 39.442 | 9% | 32.000 | 43.200 |
| 2018 Py | 515.900 | 42.992 | 9% | 32.000 | 43.200 |
| 2019 Py | 557.172 | 46.431 | 8% | 32.000 | 43.200 |

Figura 1 Proyección Ventas Vs Capacidad



4 MARCO TEORICO

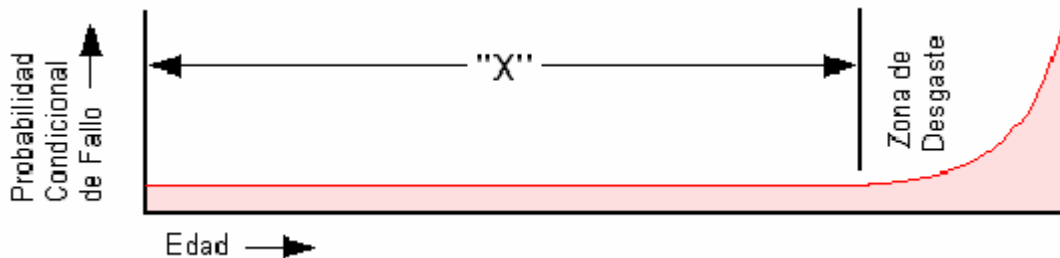
4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Al final de 1950, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estaría oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos.

El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos implicaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos.

Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. En esos días, mantenimiento significaba una cosa: reparaciones periódicas.

Figura 2 Reparaciones Periódicas



Fuente: Reliability- Centered Maintenance RCM II Jhon Moubray New York: Industrial Press Inc, 1997 P318

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de fallo dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. Los fallos que tienen relación con la edad también se asocian a menudo con la fatiga y la corrosión.

Los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran antes. A continuación, se muestra la probabilidad condicional de fallo contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

El modelo A es la conocida "curva de la bañera". Comienza con una incidencia de fallo alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de rodaje) seguida por una frecuencia de fallo que aumenta gradualmente o que es constante y luego por una zona de desgaste

Figura 3 Curva de la Bañera



Reparaciones Periódicas

Fuente: www.rcm2-soporte.com

La figura 4 muestra una probabilidad de fallo constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

Figura 4 Probabilidad de fallo B



Fuente: www.rcm2-soporte.com

La figura 5 muestra una probabilidad de fallo ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.

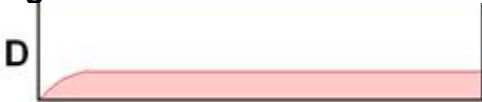
Figura 5 Probabilidad de fallo C



Fuente: www.rcm2-soporte.com

La figura 6 muestra una probabilidad de fallo bajo cuando la pieza es nueva o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante.

Figura 6 Probabilidad de fallo D



Fuente: www.rcm2-soporte.com

La figura 7 muestra una probabilidad constante de fallo en todas las edades (fallo aleatorio).

Figura 7 Probabilidad de fallo E



Fuente: www.rcm2-soporte.com

El modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de fallo que aumenta muy despacio o que es constante.

Figura 8 Probabilidad de fallo F



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Las gráficas anteriores muestran cómo ha evolucionado con el nuevo sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, recibiendo brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad.

4.2 DEFINICIONES DE RCM

RCM según SAE: “Es un proceso específico usado para identificar las políticas, las cuales tienen que ser implementadas para manejar modos de fallas los cuales tienen que ser implementadas para manejar modos de fallas los cuales pueden causar la pérdida de la función de cualquier activo físico en el contexto operacional dado”.¹

Existen otras definiciones de RCM como las que da John Moubray: “El mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional”².

Otra definición escrita por Anthony R. Smith es: “Una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas del mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarían los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones”.

¹ Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad SAE JAE 1011 Commonwealth Drive, Warrendale

² MOUBRAY, Jhon; Industril Press Inc. Realibility Centered Maintenance RCMII New York

4.3 RCM LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS

Como se mencionó anteriormente, el RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar detalladamente esta relación necesitamos definir qué tipo de elementos físicos existen en la industria, y decidir cuáles son los que deben estar sujetos al proceso de revisión del RCM³.

Realizaremos una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

4.3.1. ¿Cuáles son las funciones? (funciones y criterios de funcionamiento).

Cada elemento de los equipos en el registro de la planta debe haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, tendrá una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afectará a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización dependerá de: La función de los equipos en su contexto operacional.

El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, coste operacional y seguridad.

4.3.2. ¿De qué forma falló? (fallos funcionales).

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede el fallo influir a cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de un fallo funcional, que se define como: la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado⁴.

4.3.3. ¿Qué causa el fallo? (modos de fallos).

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de fallo que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Nos permite comprender exactamente ¿qué es lo que estamos tratando de prevenir?

Cuando estemos realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de fallo debería de ser considerado en un nivel más apropiado, para asegurar que no se invierta demasiado tiempo en el análisis del fallo en sí mismo.

³ Norma SAE JA 1011

⁴ MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en Confiabilidad Gran Bretaña; Aladon Ltd 2004

4.3.4. ¿Qué sucede cuando hay fallo? (efectos de los fallos).

Cuando se esté identificando cada modo de fallo, los efectos de los fallos también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario.

4.3.5. ¿Qué ocurre si falla? (consecuencia de los fallos).

Una vez que se hayan determinado las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar: ¿cómo (y cuánto) importa cada fallo? La razón se debe a que las consecuencias de cada fallo nos dicen si necesitamos tratar de prevenirlas. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar los fallos.

RCM clasifica las consecuencias de los fallos en cuatro grupos:

4.3.5.1. Consecuencias de los fallos no evidentes.

Los fallos que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otros fallos con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Normalmente son los dispositivos de protección que no disponen de seguridad inherente, y que pueden suponer la mitad de los modos de fallo de los equipos complejos modernos. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata los fallos que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar, otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento⁵.

4.3.5.2. Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente.

Un fallo tiene consecuencias sobre la seguridad si su ocurrencia genera condiciones que pueden propiciar lesiones o incluso la muerte de personas. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normativas municipales, regionales o nacionales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada modo de fallo tiene sobre la seguridad y el medio ambiente y lo hace antes de valorar el tema del funcionamiento. Esto, sin duda alguna, pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

⁵ www.buenastareas.com/ensayos/7 preguntas

4.3.5.3. Consecuencias operacionales.

Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costes industriales en adición al coste directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero y lo que cuesten sugiere cuánto se puede destinar en tratar de prevenirlas.

4.3.5.4. Consecuencias que no son operacionales.

Los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es la reparación.

4.3.6. ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos? (tareas preventivas).

Las tareas de mantenimiento se inician antes de que ocurra la falla, encierra lo que normalmente se conoce como mantenimiento preventivo y predictivo y para RCM significa reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, mantenimiento a condición y acciones a falta de.

4.3.7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos? (tareas a “falta de”).

El objeto de este punto es que acciones pueden tomarse para manejar las fallas, las acciones pueden dividirse en dos categorías:

Proactivas: Se llevan a cabo antes de que ocurra una falla, con el objetivo que el componente llegue a un estado de falla y abarcan las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo, pero cuando no es posible identificar una tarea proactiva es necesario realizar acciones de falta de.

Acciones de falta de: Son procedimientos de búsqueda de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura.

4.3.8. Diagrama de decisión del proceso de RCM

Al conocer los modos y efecto de las fallas y sus consecuencias podemos determinar si la falla es merecedora de prevención, esfuerzos para predecirla, algún tipo de intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción. Para realizar este proceso se debe seguir el árbol lógico de decisiones del RCM (figura 9) y de esta forma encontrar cuales son las tareas adecuadas y programa de mantenimiento a realizar a los activos físicos.⁶

⁶ www.rcm2-soporte.com

Figura 9 Diagrama de decisión



Fuente: Reliability- Centered Maintenance RCM II, JhonMoubray

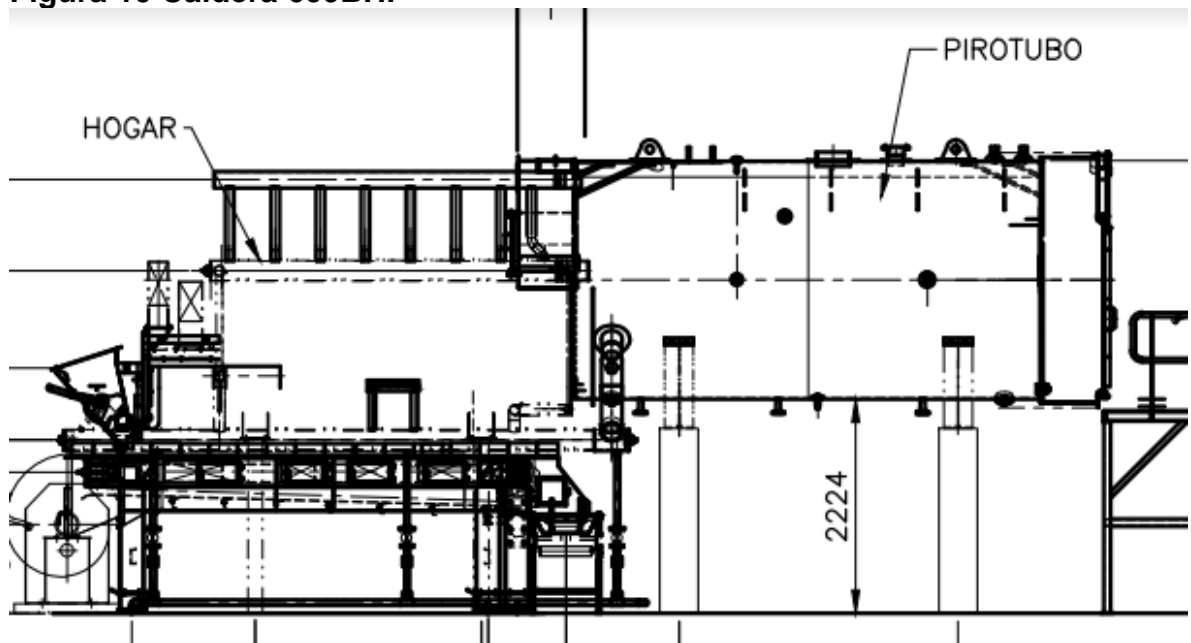
5 SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR (CALDERA 600BHP)

El sistema de generación de vapor tiene una capacidad de 600BHP (9407 Kg de vapor /hora), y tiene como función principal suministrar un flujo de vapor necesario en la planta, con una presión de 130PSI y calidad de vapor superior 0.82, para luego ser disminuida la presión entre 8 y 30 PSI para ingresar a los acondicionadores de las peletizadoras y de los extruders.

Actualmente en la planta se encuentran 4 peletizadoras y 2 extruders, cada uno de estos equipos tiene su acondicionador, los cuales consumen aproximadamente 1100 kg de vapor /hora.

Los componentes básicos de la caldera son: Una parte acuotubular (hogar) y un recuperador de calor piro-tubular (pirotubo) como se observa en la figura 10.

Figura 10 Caldera 600BHP



El hogar y el pirotubo se encuentran interconectados por el lado de agua y por el lado de vapor garantizándose que estos trabajen como un solo elemento a la misma presión y condición.

El combustible entra al hogar por medio de una parrilla viajera construida con eslabones fabricados en fundición de hierro. La combustión del carbón se realiza en forma controlada sobre la parrilla viajera con aire primario (insuflado por entre unas ranuras ubicadas entre los eslabones de la parrilla) y secundario o de sobre fuego.

Estos aires son suministrados al hogar por ventiladores centrífugos y los gases de combustión son extraídos de la caldera por un ventilador de tiro inducido. Estos ventiladores son comandados por los instrumentos de la caldera y se deberán apagar cuando el conjunto llegue a su presión máxima de ajuste o cuando se presente un problema de bajo nivel de agua.

El combustible a consumir es carbón tipo bituminoso.

Sus principales características son:

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Volátiles | Superior al 18 % |
| Carbono fijo | Superior al 30 % |
| Índice de hinchamiento | Menor a 2 |
| Cenizas | Del 5 al 20 % |
| Humedad total | Alrededor del 10% |
| Punto de fusión de cenizas | Superior a 2200 °F |
| Azufre | Lo menor posible |
| Tamaño | Máximo 21/2” ⁷ |

5.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La variable más importante a mantener es la presión de vapor de la caldera, de modo que el control Proporcional Integral Derivate (PID) Maestro es el de presión de vapor y se busca mantener un Set Point de presión establecido desde la Human Machine Interface (HMI) o desde el sistema Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA).

A la acción de control generada sobre el ventilador de aire primario y sobre la parrilla viajera se les puede sumar una acción por flujo de vapor que busca anticiparse a la caída de presión de vapor detectando un aumento súbito en el flujo.

Para el ventilador de tiro inducido, cuya función es sacar los gases de combustión del hogar y mantenerlo en presión negativa que evite la salida de gas y llama por sus eventuales orificios, se tiene un control de depresión de hogar comandado por un PID en el PLC y cuya acción es la que más pesa en la salida de control. Pero adicionalmente se tiene una participación pequeña de la influencia del aire primario, es decir, en la acción de control del ventilador de tiro inducido se considera en pequeña medida el porcentaje al cual está operando el aire primario para anticiparse a un eventual aumento en la presión del hogar producto del aumento en el flujo de aire primario.

⁷ Manual Caldera VR Ingeniería

5.2 DÁMPERES DE AIRE PRIMARIO

De la mano con la variación de velocidad de los ventiladores y la parrilla viajera se mueven los dámperes de aire primario para distribuir el ingreso del aire a la caldera de modo que se alimente más aire donde se concentre el mayor poder calorífico del combustible haciendo que se queme de manera eficiente.

Éste movimiento de los dámperes depende de la salida del control PID Maestro de vapor de modo que cuando la salida de control esté muy baja se cerrarán todos los campos, al pasar a fuego medio se abrirá el segundo campo (el primero es manual), al pasar a fuego medio-alto se abrirá el tercer campo y al pasar a fuego alto estarán abiertos todos los campos.

5.3 SEGURIDADES EN LA PARRILLA VIAJERA

Si la banda húmeda no está en operación la parrilla viajera se detiene de inmediato, pero si la caldera se encuentra trabajando la llama empezará a desplazarse hacia atrás hasta llegar a la tolva de carbón causando un incendio. Este mismo fenómeno puede presentarse si la carga de la caldera es muy baja y la parrilla se mueve durante mucho tiempo a velocidad mínima.

Para evitar este impase el PLC detecta cuando la parrilla no está operando, o lo hace a velocidad mínima, y la caldera está encendida (presión de vapor sobre 40PSI) contabilizando el tiempo que permanezca en esta condición (4 minutos quieta o 6 minutos a mínima velocidad) para generar el movimiento de la parrilla a máxima velocidad durante 60 segundos de modo que la llama se adelante y no se cause el incendio en la tolva.

5.4 SEGURIDAD POR PRESIÓN DE VAPOR

Si la carga de la caldera es baja y la presión de vapor empieza a subir el PLC supervisa cuándo ésta llega a 15 PSI por encima del Set Point establecido para apagar el ventilador de tiro inducido, lo que apaga la caldera y la parrilla viajera. En este momento se empieza a contar el tiempo descrito en el párrafo anterior para adelantar la parrilla si dura mucho tiempo quieta.

Cuando la presión de vapor baja a 5 PSI por encima del Set Point el PLC arranca de nuevo el ventilador de tiro inducido y automáticamente arrancan de nuevo los demás ventiladores y la parrilla viajera.

Si la caldera se está arrancando después de un tiempo prolongado de estar quieta y la estructura está fría, llevar la caldera a fuego máximo puede causar choques

térmicos perjudiciales para su estructura. Para evitar esto se consideró la condición de mantener la caldera en fuego mínimo si la presión de vapor está por debajo de 40 PSI.

5.5 SISTEMA LIMPIEZA DE GASES

El sistema de gases lo componen 2 equipos el desulfurizador y el filtro de mangas. El desulfurizador es un cuerpo cilíndrico con un volumen tal que se provea a los gases el tiempo de residencia requerido para garantizar la reacción entre el SO₂ y la mezcla neutralizante.

La boquilla es el elemento encargado de tomar el material neutralizante (Ca (OH)₂) y producir con él una neblina e introducirla al cuerpo del desulfurizador. Al pulverizar la cal, se logra una óptima reacción química entre este y el azufre presente en los gases de combustión. La boquilla se compone de dos partes; un cuerpo y la boquilla propiamente dicha.

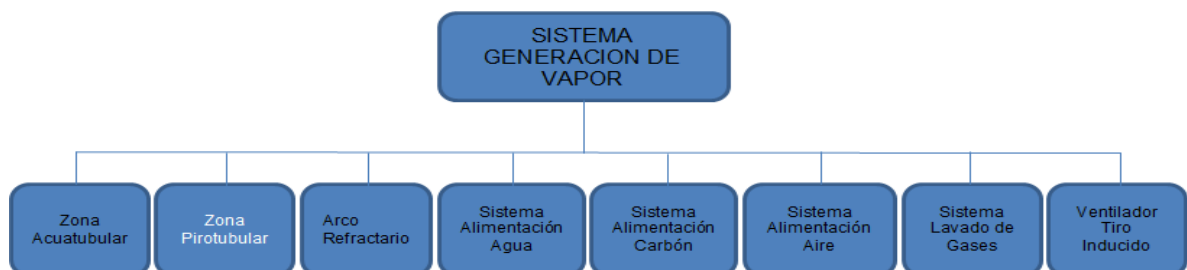
La válvula rotatoria está ubicada en la parte baja del desulfurizador y es la encargada de evacuar las cenizas sólidas retenidas, el yeso formado por la reacción del azufre con la cal hidratada y la parte de la cal que no reaccionó.

El filtro de mangas es considerado como un separador de impacto donde las partículas chocan contra el elemento filtrante, el cual solo permite el paso del aire y retiene el material particulado que se va acumulando sobre la superficie de la tela formando una especie de galleta de material. Este material es desprendido de la tela utilizando pulsos de aire comprimido con una duración de milisegundos y en intervalos de tiempo determinado en segundos.

5.6 DIVISION EN SISTEMAS

Como se describió el sistema de generación de vapor, para la implementación de RCM, se dividió por su funcionamiento en 8 sistemas como se observa en la figura 11.

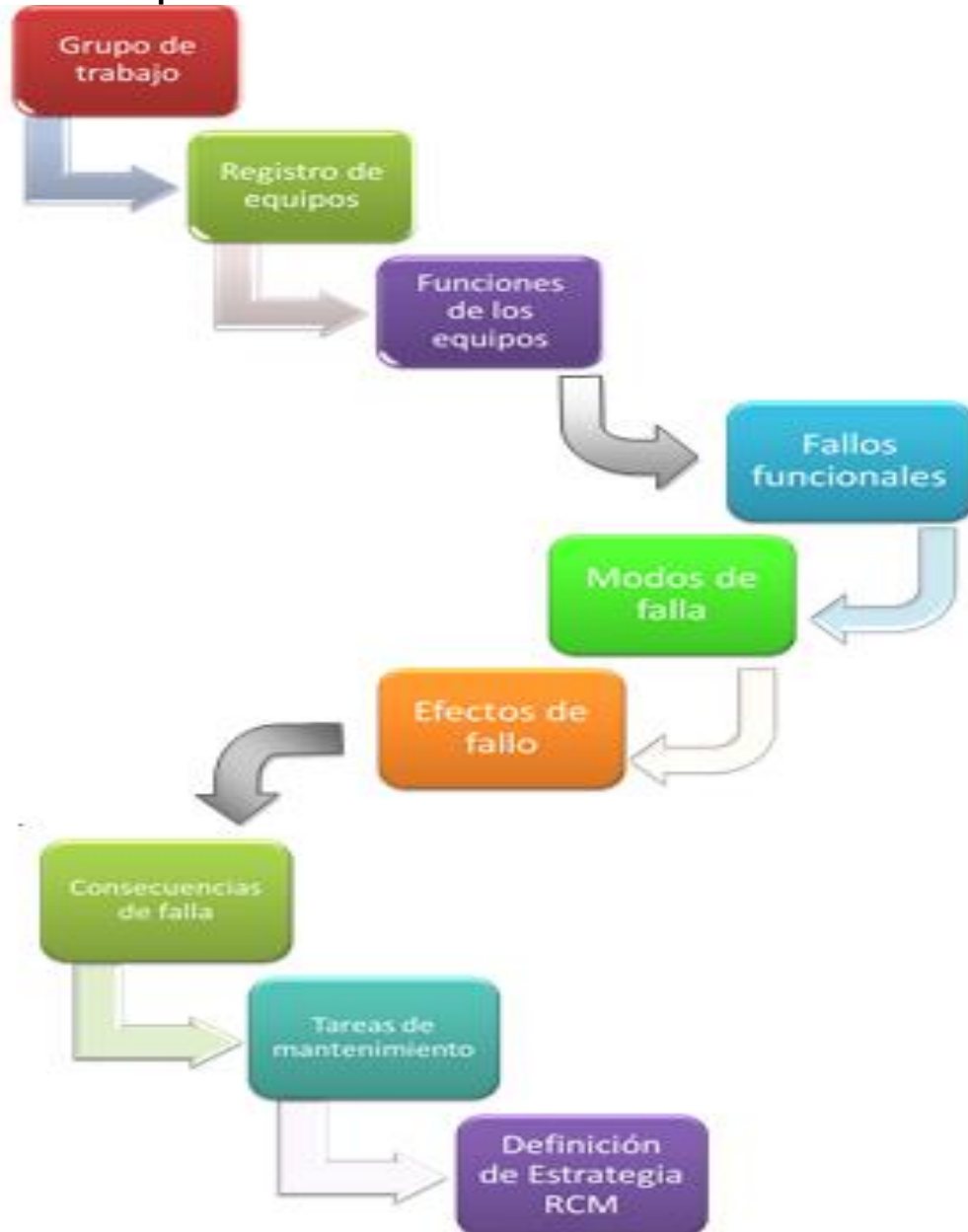
Figura 11 Sistemas generación de vapor



6 PROCESO DE IMPLEMENTACION DE RCM

Para una correcta aplicación de RCM es necesario una planeación de los pasos a seguir. La figura 12 ilustra el orden que se debe seguir en los pasos del proceso de implementación del RCM.

Figura 12 Pasos proceso RCM



6.1 GRUPO DE TRABAJO

El trabajo se ha efectuado en los últimos 6 meses, en los cuales el equipo técnico de ALBAPO S.A. de distintas funciones dentro de la organización ha puesto toda su experiencia para dar respuesta a las 7 preguntas básicas del RCM.

Figura 13 Equipo de trabajo



Fuente: lisettmarulanda.blogspot.com

El grupo de trabajo debe incluir los siguientes participantes

- Personal de operación, experto en manejo del equipo, las personas que viven día a día de la operación de los equipos
- Personal de mantenimiento, expertos en reparación y mantenimiento del equipo.
- Ingeniero de procesos aporta visión global de los procesos.
- Programador aporta visión sistemática de la actividad.
- Especialista externo en este caso el fabricante del equipo.
- Facilitador es el asesor experto en la metodología RCM.

La responsabilidad del facilitador, es muy importante, pues su función es guiar y conducir el proceso de implantación del RCM se realice de forma ordenada y efectiva.

El grupo para dar respuesta a las preguntas de RCM, recolectó información de eventos sucedidos en los sistemas, determinando las fallas que se han presentado con más frecuencia, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, y repuestos necesarios.

Esta información se encuentra en la planta en formatos que maneja el personal de producción, y de mantenimiento, como lo son, tiempos de paradas de planta (figura15), ordenes de trabajo (figura 16), las hojas de vida de los componentes (figura 17), y manuales.

Los resultados son validados por el mismo proceso de análisis, garantizando su implementación. En el Anexo A, se adjunta imágenes de eventos que han sucedido en el sistema de generación de vapor.

El personal de producción maneja un formato en Excel llamado PARADA DE PLANTA, en donde se documenta los momentos de parada de las maquinas Hora de inicio y finalización, fecha y descripción del evento que produce el paro del activo

Figura 14 Paradas de planta

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|-----------|---|--------|--------|--------------|---------|---|
| 1 | | CONTROL DE PARADAS TOTALES DE LA PLANTA | | | | | |
| 2 | | DICIEMBRE | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | TURNO | CÓDIGO | HORA | HORA | HORA | DESCRIPCIÓN |
| 5 | FECHA | DE | DE | INICIO | FINALIZACIÓN | HOMBRE | |
| 6 | | PRODUCCIÓN | PARADA | PARADA | PARADA | PERDIDA | |
| 7 | 1/12/2016 | 1 | | 6:50 | 6:56 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 8 | 1/12/2016 | 1 | | 7:25 | 7:31 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 9 | 1/12/2016 | 1 | | 8:31 | 8:37 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 10 | 1/12/2016 | 1 | | 9:31 | 9:37 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 11 | 1/12/2016 | 1 | | 9:58 | 10:04 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 12 | 1/12/2016 | 1 | | 10:21 | 10:27 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 13 | 1/12/2016 | 1 | | 10:49 | 10:55 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 14 | 1/12/2016 | 1 | | 11:28 | 11:33 | 0:05 | CAMBIO DE FORMULA |
| 15 | 1/12/2016 | 1 | | 12:58 | 13:04 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 16 | 1/12/2016 | 1 | | 13:25 | 14:10 | 0:11 | PELLET 3 PARADO POR CAMBIO DE DADO |
| 17 | 1/12/2016 | 2 | | 2:14 | 6:00 | 0:28 | TANQUES DE ENSAQUE LLENOS LINEA 2 |
| 18 | 2/12/2016 | 1 | | 13:10 | 13:16 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 19 | 2/12/2016 | 1 | | 16:29 | 16:35 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 20 | 2/12/2016 | 1 | | 17:47 | 17:53 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 21 | 2/12/2016 | 1 | | 6:00 | 7:10 | 0:17 | TOLVAS DE MEZCLA LLENAS |
| 22 | 2/12/2016 | 1 | | 7:10 | 11:05 | 3:55 | FALLA EN LA CALDERA |
| 23 | 2/12/2016 | 1 | | 12:08 | 12:33 | 0:25 | FALLA SISTEMA FTB |
| 24 | 2/12/2016 | 1 | | 13:30 | 15:28 | 0:29 | PELLET 3 PARADA CAMBIANDO TUERCA DEL HIDRAULICO |
| 25 | 2/12/2016 | 2 | | 18:26 | 20:08 | 0:25 | DOSIFICANDO SOLO POR L1, L2 OP DIFERENTE |
| 26 | 3/12/2016 | 1 | | 9:21 | 9:28 | 0:07 | CAMBIO DE FORMULA |
| 27 | 3/12/2016 | 1 | | 14:28 | 14:34 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 28 | 3/12/2016 | 1 | | 16:58 | 17:04 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 29 | 3/12/2016 | 1 | | 17:09 | 17:15 | 0:06 | CAMBIO DE FORMULA |

El grupo de mantenimiento maneja la orden de trabajo en donde se documenta el trabajo a realizar el personal responsable, repuestos, prioridad, permiso que se requiere, tipos de operación, elementos de protección personal, fecha y tiempo de inicio y de finalización.

Figura 15 Orden de trabajo

| ORDEN DE TRABAJO | | | | | |
|--|--|---------------------------|---------------------|-------------|--|
| Recuerde que es necesario desenergizar las equipas e instalar bloques y señalización antes de iniciar las actividades de mantenimiento. Use los elementos de protección personal, y aplique las normas y protocolos de seguridad establecida | | | | | |
| FECHA | | | CONSECUTIVO | | |
| NOMBRE DEL SOLICITANTE | | | | | |
| EQUIPO | | | CODIGO | | |
| OBSERVACIONES DEL SOLICITANTE | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| PERSONAL RESPONSABLE DEL TRABAJO | | | | | |
| | | | | | |
| OBSERVACIONES DEL (LOS) RESPONSABLE(S) | | | | | |
| | | | | | |
| PERMISO REQUERIDO DE TRABAJO | | | | | |
| EN ALTURAS | | EN CONFINADO | | EN CALIENTE | |
| PRIORIDAD | | | | | |
| MANTTO PREVENTIVO | | MANTTO CORRECTIVO | | FABRICACIÓN | |
| REPUESTOS E INSUMOS | | | INTERVENCION | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| TIPO DE OPERACIÓN | | | | | |
| LIMPIEZA | | CAMBIO | | | |
| CALIBRACION | | MEDICION | | | |
| INSPECCION | | AJUSTE | | | |
| ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (USO OBLIGATORIO) | | | | | |
| OVEROL | | GUANTES PARA SOLDADURA | | | |
| CASCO DIELECTRICO | | GAFAS INDUSTRIALES | | | |
| BOTAS PUNTA DE ACERO | | CARETA PARA SOLDAR | | | |
| BOTAS DIELECTRICAS | | CARETA PARA PULIR | | | |
| GUANTES DE CARNAZA | | PETO Y MANGAS PARA SOLDAR | | | |
| GUANTES DE NITRILO | | TAPA OIDOS | | | |
| FECHA DE INICIO | | | HORA DE INICIO | | |
| FECHA FINALIZACION | | | HORA FINALIZACION | | |
| ABIERTA | | | | | |
| CERRADA | | | | | |

El manual del equipo y la hoja de vida de los equipos este documento se especifica en totalidad las características generales de un equipo, además de incluir la información del historial de mantenimientos tanto preventivos como correctivos que se han realizado a dichos equipos.

Figura 16 Hoja de vida equipos

| FECHA | ACTIVIDAD | INTERVENCIONES | | | RESPONSABLE | CODIGO | HORAS HOMBRE |
|------------|--|------------------------|-----------|--|-------------|--------|--------------|
| | | TIPO DE MAINTENIMIENTO | REPUESTOS | | | | |
| 12/01/2015 | Se realiza limpieza a las boquillas del desulfurador del equipo. | Preventivo | | | Mauricio | | |
| 16/01/2015 | Se prueba el sistema de vapor del equipo. | Preventivo | | | Mauricio | | |
| 23/01/2015 | Se revisa cableado del tornillo de la ceniza del equipo. | Preventivo | | | Darvin | | |
| 27/01/2015 | Se reemplaza válvula del equipo para entrada de agua. | Preventivo | | | Darvin | | |
| 27/02/2015 | Se revisa el equipo por presión y descontinúa acción de parámetros. | Correctivo | | | MP | | |
| 13/03/2015 | Se realiza revisión de la bomba del equipo ya que se atasca por aceite frío. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 17/03/2015 | Se realiza revisión al equipo puesto se apagaba. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 30/03/2015 | Se realiza revisión al equipo ya q la válvula se encuentra suelta. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 4/03/2015 | Se revisa el equipo por bajo nivel de agua y protección de seguridad. | Preventivo | | | MP | | |
| 5/05/2015 | Se realiza una revisión general al equipo. | Preventivo | | | Jorge | | |
| 7/05/2015 | Se realiza revisión y calibración de la balanza del equipo. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 7/05/2015 | Se colocan terminales a cable control del sistema de cal del equipo. | Preventivo | | | C. Andrés | | |
| 07/05/2015 | Se revisa alarma del equipo se atasco esclusa. | Correctivo | | | MP | | |
| 10/05/2015 | Se revisa brnomba del rodimco del equipo. | Correctivo | | | Jorge | | |
| 20/05/2015 | Se realiza purgas a la hornal del equipo. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 24/05/2015 | Se realiza revisión de la bomba del equipo ya que se atasca por aceite frío. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 4/06/2015 | Se realiza revisión del equipo. | Preventivo | | | J. Carlos | | |
| 11/06/2015 | Se realiza revision general del equipo. | Correctivo | | | MP | | |
| 27/06/2015 | Se aplica soldadura en el tanque suavizador del equipo. | Correctivo | | | MP | | |
| 30/06/2015 | Se revisa fuga en el equipo. | Correctivo | | | Jorge | | |
| 1/07/2015 | Se reemplaza la bomba del equipo. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 20/07/2015 | Se realiza revisión a los acoples de la bomba del equipo. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 13/09/2015 | Se reemplazan mangas del equipo. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 23/09/2015 | Se reemplazan mangas del equipo. | Correctivo | | | C. Andrés | | |
| 23/09/2015 | Se aplica grasa al eje del moto-reductor del tornillo de la caldera. | Correctivo | | | C. Andrés | | |
| 24/09/2015 | Se realiza revisión al equipo ya q la válvula se encuentra suelta. | Correctivo | | | J. Carlos | | |
| 23/09/2015 | Se realiza revision general al equipo. | Preventivo | | | Mauricio | | |
| 4/10/2015 | Se reviso tiro inducido del equipo. | Correctivo | | | MP | | |
| 4/10/2015 | Se revisó aire primario del equipo, se realizó limpieza al equipo. | Correctivo | | | MP | | |
| 5/11/2015 | Se revisa cableado del tornillo de la ceniza del equipo. | Preventivo | | | MP | | |

Con la información obtenida se aplica el Análisis de Modos Efectos de Falla. Este se analiza desde las funciones, sus mecanismos de falla, sus causas, sus consecuencias.

Para el sistema de generación de vapor se obtuvieron los siguientes resultados en el AMEF 129 modos de falla Ver ANEXO C

- El AMEF se resume en:
- Función
- Fallas funcionales
- Modo de falla
- Efectos de falla

6.2 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS

RCM define el estándar de funcionamiento como el valor que permite especificar, cuantificar y evaluar de forma clara la función de un activo. Con el grupo de trabajo se definieron en la HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.

Figura 17 Función

| | | | | | |
|--|--------------------------------|--|--|--|----------------|
| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 1 |
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | | DE: 7 |
| Función | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla | | |
| Enviar agua a la caldera a una presión | No envía agua hacia la caldera | 1 Fallo del suministro eléctrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Reposición del suministro eléctrico | | |

6.3 FALLAS FUNCIONALES

Una vez definidas las funciones de cada componente debe cumplir en un contexto operacional dado, el siguiente paso es determinar cómo ese activo deja de cumplir sus funciones.

El RCM define falla funcional como el estado en el tiempo, en el cual el activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperando y trae como consecuencia que el activo no pueda cumplir su función de forma total o la cumpla de forma parcial.

Cada función puede tener una o más fallas funcionales, en nuestro formato se le da una letra para identificarlas.

Con el grupo de trabajo se definieron en la HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.

Figura 18 Falla funcional

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | HOJA: 1 | |
|---------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|---|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | DE: 7 | |
| | Función | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla | |
| 1 | Enviar agua a la caldera a una presion | A No envia agua hacia la caldera | Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico | |

6.4 MODOS DE FALLA

Los fallos funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas.

El RCM define el modo de falla como la causa física (evidente) de cada falla funcional. En otras palabras, el modo de falla es el que genere la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional. Cada falla funcional puede tener uno o más modos de fallo, a cada modo de fallo se identifica con un número. Con el grupo de trabajo se definieron en la HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.

Se debe trabajar los modos de falla identificados, con actividades de prevención, anticipación o corrección

Figura 19 Modos de falla

| | | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | HOJA: 1 |
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | DE: 7 |
| | Función | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 1 | Enviar agua a la caldera a una presion | A No envia agua hacia la caldera | 1 Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |

6.5 EFECTO DE LA FALLA Y CONSECUENCIAS DE FALLA

El efecto de falla es la información de los eventos secuenciales que ocurren cuando un modo de falla provoca la pérdida de una función.

Las consecuencias de falla se dividen Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de fallo el grupo de trabajo respondió las siguientes preguntas.

Con el grupo de trabajo se definieron en la HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.

Figura 20 Efecto de falla

| | | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | HOJA: 1 |
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | DE: 7 |
| | Función | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 1 | Enviar agua a la caldera a una presion | A No envia agua hacia la caldera | 1 Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |

6.6 HOJA DE INFORMACION 2

En la hoja de información 2 se cuantifica el riesgo al que estamos expuestos si algún modo de falla ocurre.

Figura 21 Riesgo Hoja de información 2

| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | Sistema/Activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 |
|---|----------------|------------|--|--------------------------|-------------------|---------------|
| | | | SubSistema:Aire Primario | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 14A1 | 12 | 1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 1166400000 |
| 14A2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 150.000 | 0 | 1122000 |
| 14A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 19490000 |
| 14A4 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 972000 |
| 14B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 14B2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 1172000 |
| 15A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 15B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 15B2 | 0,1 | 3 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 29360000 |
| 16A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 16A2 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 20140000 |
| 16A3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 16A4 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 17A1 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 |
| 17A2 | 0,5 | 0,25 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 12250000 |

En la primera columna se encuentra el código del modo de falla que se forma del AMEF (HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.) como lo muestra la figura 22, en este caso el modo de fallo es, 26 A1 Fallo de suministro eléctrico

Figura 22 Código

| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Ventilador Tiro Inducido | | | HOJA: 1 |
|---|--|--|---|--|---|
| | | Sub-sistema: | | | DE: 2 |
| | Función | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 26 | Extraer los gases de la oxidación del carbon | A No extrae los gases | 1 | Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |
| | | | 2 | Disparo de proteccion, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |

En la segunda columna se encuentra los eventos sucedidos al año. En la tercera columna el tiempo promedio para reparación (TPPR) en horas.

En la cuarta columna se indica la improductividad del área de producción en una hora en pesos. En la quinta columna los costos directos de reparación de la falla (valor de repuesto, horas hombre). En la sexta columna, si existe alguna sanción por parte de una entidad del estado en pesos, y en la séptima columna el valor del riesgo en pesos al año.

El Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR) se multiplica por la improductividad de producción hora (Imp. Prod \$/hora), el resultado se multiplica por los eventos presentados al año, y al resultado se suman los costos directos de la falla más las multas o sanciones que puede llegar a la empresa.

Da como resultado nuestro riesgo que tenemos al año.

6.7 TAREAS Y DEFINICION DE MANTENIMIENTO (HOJA DE DECISION 3)

Al conocer los modos y efecto de las fallas y sus consecuencias (código primera columna), se puede determinar si la falla es merecedora de prevención, esfuerzos para predecirla, algún tipo de intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción. Para realizar este proceso se debe seguir el árbol lógico de decisiones del RCM (Figura 9 página 22) y de esta forma encontrar cuales son las tareas adecuadas (en la segunda columna se indica), y programa de mantenimiento a realizar al sistema (en la tercera columna se indica).

La frecuencia de mantenimiento al año propuesta (en la cuarta columna se indica), se multiplica por costos directos de la actividad de mantenimiento propuesta (quinta columna), da como resultado, el costo del mantenimiento propuesto al año (sexta columna). Se observa en la figura 23.

Figura 23 Tareas y definición de mantenimiento (Hoja de decisión 3)

| RCM | | Sistema/Activo: Acuatubular | | | HOJA: 1 |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|---|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 29A1 | Tarea a condicion | Limpieza | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 29A2 | Tarea a condicion | Limpieza (lavado) | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 30A1 | Sustitucion Ciclica | Cambio de empaques | 1 | 200.000 | 200000 |

7 IMPLEMENTACION DE LOS RESULTADOS

Como resultado de aplicar la metodología de RCM al sistema de generación de vapor (caldera) de ALBAPO S.A es la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, con él, se indicara las frecuencias en las que se debe realizar las tareas de mantenimiento establecidas. (Tabla 2 a la Tabla 7)

A través de la ejecución de las tareas, estas se registran en informes y en las hojas de vida, analizando y evaluando si se deben actualizar los planes de mantenimiento.

Los procedimientos de las labores a realizar y las capacitaciones actuales seguirán vigentes, lo que se busca es minimizar las paradas del sistema de generación de vapor, y mejorar el uso adecuado de recursos humanos y físicos.

Tabla 2 Programa de mantenimiento RCM Mensual

| FRECUENCIA MENSUAL | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE AGUA | 2C1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 2C2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 3A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 3B2 | Tarea a condicion | Lubricacion |
| | 5A1 | Tarea a condicion | Limpieza |
| | 11B1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 11B2 | Tarea a condicion | Revision |
| SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON | 12B1 | Tarea a condicion | Realizar Termografia |
| | 12B2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 13A1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 13A2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 13A3 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 13A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 13B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| SISTEMA SUMINISTRO DE AIRE | 16A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 16A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 16A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 20A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 20A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| SISTEMA LIMPIEZA DE GASES | 22A2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 22B1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 23B1 | Tarea a condicion | Medicion de espesores |
| | 23B2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 23B3 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 23B4 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 24B2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 24B3 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 24B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 25C1 | Tarea a condicion | Revision |
| 25C2 | Tarea a condicion | Revision | |
| VENTILADOR TIRO INDUCIDO | 28A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 28A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 28A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |

Tabla 3 Programa de mantenimiento RCM Bimensual

| FRECUENCIA BIMENSUAL | | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON | 12B3 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 12B4 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| ZONA ACUATUBULAR | 29A1 | Tarea a condicion | Limpieza |
| | 29A2 | Tarea a condicion | Limpieza (lavado) |
| ZONA PIROTUBULAR | 31A1 | Tarea a condicion | Limpieza (deshollinada) |
| | 31A2 | Tarea a condicion | Limpieza Lavado |

Tabla 4 Programa de mantenimiento RCM cada 4 meses

| FRECUENCIA CADA 4 MESES | | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE AGUA | 1A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 2B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |

Tabla 5 Programa de mantenimiento RCM Trimensual

| FRECUENCIA TRIMENSUAL | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE AGUA | 3B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 4A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 11A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 11A2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 11A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 11A4 | Tarea a condicion | Revision |
| SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON | 12A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 13B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| SISTEMA SUMINISTRO DE AIRE | 14A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 15B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 17A1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 17A2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 18A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 19B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| SISTEMA LIMPIEZA DE GASES | 21B1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 22A1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 23A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 25A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 25B1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 25B2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 25B3 | Tarea a condicion | Revision |
| VENTILADOR TIRO INDUCIDO | 26A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 27B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |

Tabla 6 Programa de mantenimiento RCM Semestral

| FRECUENCIA SEMESTRAL | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON | 12A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 12B7 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| SISTEMA SUMINISTRO DE AIRE | 14A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 14B1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 14B2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 15A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 18A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 18B1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 18B2 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| 19A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | |
| SISTEMA LIMPIEZA DE GASES | 21A1 | Tarea a condicion | Medicion de espesores |
| | 21A2 | Tarea a condicion | Medicion de espesores |
| | 23A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 24A1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 24A2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 24A3 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 24A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| VENTILADOR TIRO INDUCIDO | 26A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 26B1 | Tarea a condicion | Inspeccion |
| | 27A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |

Tabla 7 Programa de mantenimiento RCM Anual

| FRECUENCIA ANUAL | | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SISTEMA | COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento |
| SISTEMA ALIMENTACION DE AGUA | 1A3 | Tarea a condicion | Capacitacion |
| | 2A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 3B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 3B3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 3B5 | Tarea a condicion | Capacitacion |
| | 4A2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 5B1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 5B2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 6A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 7A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 8A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 8A2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 8A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 8A4 | Tarea a condicion | Revision |
| | 9A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 9A2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 10A1 | Tarea a condicion | Revision |
| | 10A2 | Tarea a condicion | Revision |
| | 10A3 | Tarea a condicion | Revision |
| | 10A4 | Tarea a condicion | Revision |
| SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON | 13B2 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| | 13B3 | Tarea a condicion | Realizar termografia |
| SISTEMA SUMINISTRO DE AIRE | 14A4 | Tarea a condicion | Capacitacion |
| | 15B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 16A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 18A4 | Tarea a condicion | Capacitacion |
| | 19B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 20A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| SISTEMA LAVADO DE GASES | 24B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| VENTILADOR TIRO INDUCIDO | 26A4 | Tarea a condicion | Capacitacion |
| | 27B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| | 28A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones |
| ZONA ACUATUBULAR | 30A1 | Sustitucion Ciclica | Cambio de empaques |
| ZONA PIROTUBULAR | 32A1 | Sustitucion Ciclica | Cambio de empaques |

8 LISTADO DE MEJORAS

8.1 CARBÓN

Gestionar la llegada del carbón con las características indicadas, para evitar el aceleramiento en la obstrucción del pirotubular, unos carbones con demasiados finos primero no se queman y además se acumula en el pirotubular creando la necesidad de desohollar con antelación de lo recomendado.

8.2 ZONA PIROTUBULAR

La zona pirotubular se iniciará a desohollar cuando supere los 195°C, cuando supere este rango, los gases no están transfiriendo la temperatura a los tubos.

8.3 TRATAMIENTO DE AGUA

Adecuar el tratamiento de agua, pues el agua no es la ideal, tiene un alto contenido de hierro y la alcalinidad es alta.

Se debe ajustar los químicos para mejorar esto y una reprogramación en las purgas, para evitar que se obstruyan los tubos.

8.4 CMMS

El departamento de mantenimiento necesita con prioridad una herramienta que lo asista en la gestión de mantenimiento.

Manejando demasiada información en programas como Excel, y por la cantidad de equipos se vuelve complejo el manejo de esta información.

Ayudará en la gestión de los servicios de mantenimiento de ALBAPO S.A.

Clasifica, almacena recupera y retroalimenta de datos, al fin de sacar conclusiones con el propósito de orientar en la toma de decisiones. Con esta herramienta se interactuará con entrada de datos y salida de información.

Entrada de datos como lo son

Información técnica de los equipos,
Recursos de mantenimiento
Ordenes de trabajo
Programa diario de mantenimiento
Tareas programadas

Salida de Información como lo son:

Programas y actividades de trabajo diario de forma inmediata,
Hojas de vida de los equipos

Agilizar el intercambio de información con diferentes departamentos de la empresa,
Manejo adecuado del inventario de repuestos, herramientas y materiales,
Manejo de indicadores de gestión,
Planificar y programar las actividades de mantenimiento.

9 DIFERENCIAS ENTRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL Y EL PLAN BASADO EN RCM

En el programa actual de mantenimiento, está establecido unas paradas del sistema, en muchas ocasiones no se realizan, pues producción no dispone del tiempo para parar este equipo.
Bajando la confiabilidad de este mismo y a la vez presentando paradas no programadas. (Figura 24)

Figura 24 Ejemplo Programación actual

| PROGRAMACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO BOMBAS | | | | | |
|--|--------|---|---------------------------------|-----------------|---------------|
| INTERVALO | PARTE | ACTIVIDAD | EJECUTOR | FECHA EJECUCION | PROXIMA FECHA |
| CONTINUA | BOMBA | Revisar escapes de agua | Calderista - Electromecanico | | |
| | BOMBA | Revisar ruido anomaies | Calderista - Electromecanico | | |
| | BOMBA | Revisar que este bien empalmados los flanches. | Calderista - Electromecanico | | |
| SEMANTAL | ACOPLE | Revisar | Electromecanico | | |
| | MOTOR | Limpiar carcaza | Calderista | | |
| SEMESTRAL | BOMBA | Desmante impulsor y limpielo, verifique los juegos | Electromecanico | | |
| | BOMBA | Revise sellos y empaques,Reemplace si es necesario. | Electromecanico | | |
| | BOMBA | Revise la camisa del eje si esta gastada,Reemplace si es necesario. | Electromecanico | | |
| | BOMBA | Limpie el cuerpo y la voluta | Electromecanico | | |
| | MOTOR | Revise rodamientos. Reemplace si es necesario. | Electromecanico | | |
| | MOTOR | Revise embobinado | Electromecanico | | |

La principal diferencia del nuevo plan basado en RCM, es el seguimiento de los sistemas sin la necesidad de parar.

Evidenciando 129 modos de falla.

En principio las tareas cumplirán el mismo procedimiento, y con la retroalimentación se evaluará si se cambia.

El almacén mantendrá las cantidades de repuestos e insumos, evaluando con los resultados las cantidades de estos.

10 CONCLUSIONES

Se identificó y se analizó las fallas funcionales para las diferentes funciones de cada sistema

Se identificó y se analizó los modos de falla para las diferentes funciones de cada sistema

Del resultado de fallas, modos y efectos de fallas, se aplica la metodología RCM, rutinas y programas de mantenimiento de los sistemas estudiados. Definiendo actividades y frecuencias.

Se identificó y se describió los sistemas y funciones de cada uno de los componentes, del equipo

El departamento de mantenimiento ve la metodología de RCM, como una forma eficiente de conseguir la confiabilidad y disponibilidad en el sistema de generación de vapor, a partir del uso adecuado de recursos humanos y físicos.

Como resultado del análisis funcional de fallas, se caracteriza el activo, indicándonos cuál de los componentes es el más crítico, y así tomar la decisión si se debe tener o no en la empresa.

Al avanzar en los modos de falla y sus efectos, el grupo de mantenimiento ve su objetivo en trabajar para minimizarlos o eliminarlos, de los activos

Trabajando con la hoja de decisión, planifica el mantenimiento adecuado para el componente del sistema

.

BIBLIOGRAFIA

Curso RCM Facilitadores Carlos Parra 2016

Libro Operación y mantenimiento de calderas

Mantenimiento centrado en confiabilidad John Moubray

Memorias Curso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM Daniel Ortiz Plata 2016

SAE JA1011 Evaluation Criteria for Reliability- Centerd Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers INC 1999

ANEXOS

ANEXO A INFORMACION

| CONTROL DE PARADAS TOTALES DE LA PLANTA SEPTIEMBRE | | | | | | |
|---|------------|--------|--------|--------------|---------|--|
| FECHA | TURNO | CÓDIGO | HORA | HORA | HORA | DESCRIPCIÓN |
| | DE | DE | INICIO | FINALIZACIÓN | HOM BRE | |
| | PRODUCCIÓN | PARADA | PARADA | PARADA | PERDIDA | |
| 25/09/2016 | 1 | | 13:53 | 13:55 | 00:02 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 14:31 | 14:34 | 00:03 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 15:15 | 15:17 | 00:02 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 15:51 | 15:53 | 00:02 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 16:39 | 16:41 | 00:02 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 17:31 | 17:37 | 00:06 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 1 | | 10:00 | 11:00 | 01:00 | CALDERA EN MANTENIMIENTO |
| 25/09/2016 | 1 | | 12:30 | 13:00 | 00:07 | PELLET 1 PARADA POR CALIBRACION DE TOPES |
| 25/09/2016 | 1 | | 11:10 | 11:35 | 00:25 | CALDERA SIN PRESION |
| 25/09/2016 | 1 | | 06:00 | 10:00 | 04:00 | PLANTA EN MANTENIMIENTO |
| 25/09/2016 | 1 | | 12:28 | 13:10 | 00:42 | TOLVA DE COMPENSACION SIN DESTINO |
| 25/09/2016 | 2 | | 18:02 | 18:09 | 00:07 | CAMBIO DE FORMULA |
| 25/09/2016 | 2 | | 18:48 | 18:54 | 00:06 | CAMBIO DE FORMULA |

En el archivo de Control De Paradas Totales De La Planta del año 2016, se reviso y se analizó todos los puntos referentes de la caldera.

Informes de boros copias realizadas al sistema

Lipesa Colombia S.A.



INFORME VIDEOSCOPIA CALDERA **Albateq Funza**

10 de Enero de 2016



Señores:

Albateq Planta Funza

Atn. Ing. Jesús Felipe Pulido – Ingeniero Ambiental.

INFORME DE INSPECCION VIDEOSCOPICA DE CALDERA PLANTA ALBATEQ FUNZA.

El día Domingo 10 de Enero de 2016, se realizó inspección videoscópica para análisis interno de calderas, en la caldera de la planta de Albateq Funza capacidad 600 BHP, las inspecciones se realizaron de forma aleatoria en el Manhole, encontrándose los siguientes resultados:

LADO FUEGO

FRONTAL



Figura 1.

LADO AGUA

GENERACION DE VAPOR

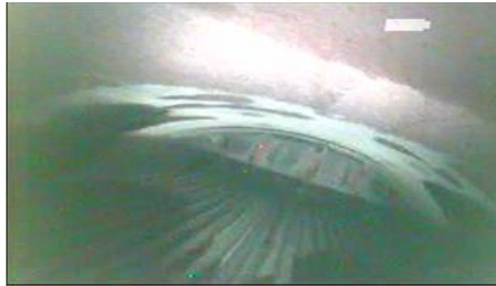


Figura 2.



Figura 3.

LADO AGUA

GENERACION DE VAPOR



Figura 6.



Figura 7.

Mantenimientos realizados

Zona Pirotubular Antes de lavado



Zona Pirotubular después del lavado



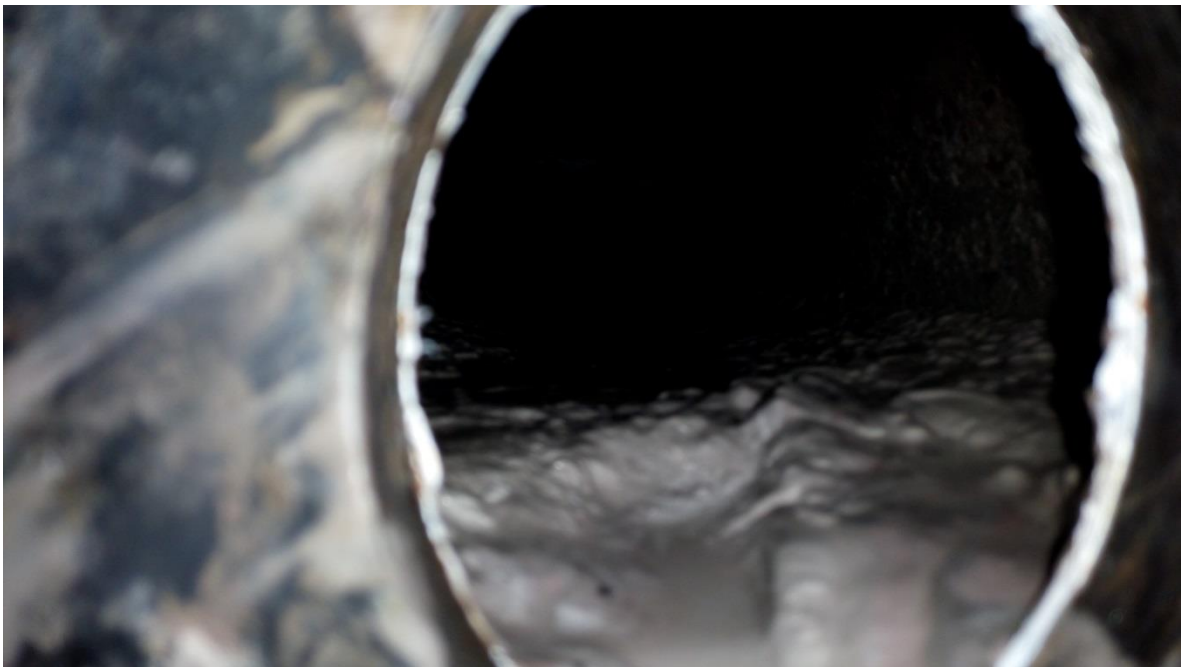
Zona Pirotubular Tuberia con muestras de alta alcalinidad



Zona Pirotubular después del lavado



Zona acuatubular Evidencia de alta alcalinidad



Después de la limpieza



Filtro de mangas Mangas rotas



Parrilla viajera eslabones fracturados



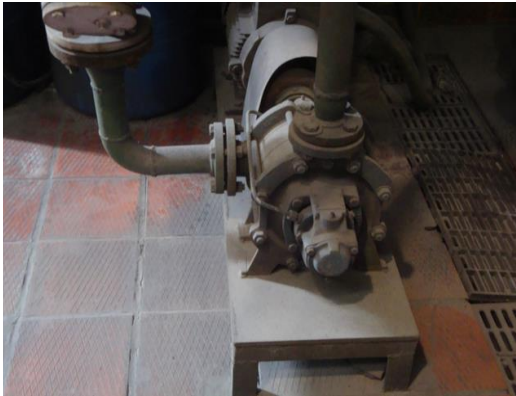
Zona pirotubular deshollinado



ANEXO B COMPONENTES

SISTEMA ALIMENTACION DE AGUA

BOMBA HEGA



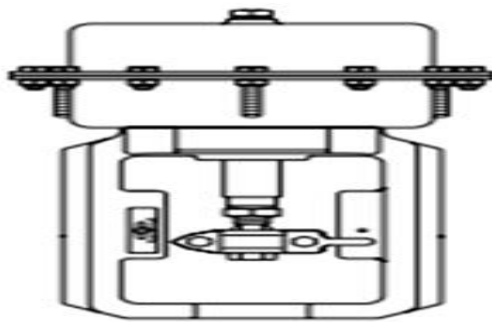
Bomba Centrifuga Horizontal
HALBERG HEGA 3203 BN.BK3.0B.F
(2 Etapas de 160 mm y una de 150 mm)
3500 RPM
Motor 3F 2o HP 3600 RPM (WEG)
Acople REX OMEGA E - 5.
Manómetro de 2-1/2 X 1/4, 0-300 PSI
INOX C/G

VALVULA PROPORCIONAL



Actuador Neumático PN9126R
Posicionador
Válvula de control KEA73

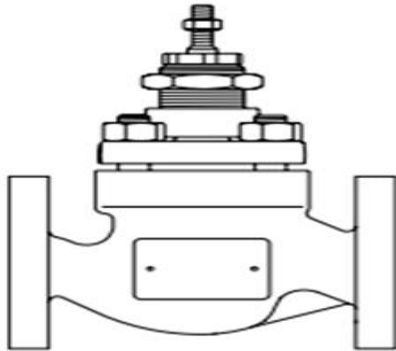
ACTUADOR NEUMATICO PN 9126R



PN9100

Área de diafragma 100cm²
Rango resorte (Bar) 1.0 2.0
Fuerza resorte Abierto 1000N

VALVULA DE CONTROL KEA73



Serie de válvula K válvula de dos vías
Característica de la válvula E
equiporcentual
Código de diseño A ASME
Material del cuerpo 7 Fundición nodu
Conexiones 3 con bridas
Sellado de vástago P PTFE
Cierre T acero inoxidable AISI 431
Internos S Estándar
Equilibrado U Sin equilibrar
Tipo de tapa S Estándar
Tipo de tornillería S Estándar

POSICIONADOR SP500



Material Caja y tapa de aluminio Pintu
anticorrosiva
Rango de señal de entrada 4-20mA
Resistencia de entrada 292 ohmios
Aire de suministro 1.4 a 6.0 bar
Calidad de aire debe estar seco y libr
de aceite y de polvo
Presión de salida 0 a 100% presión c
suministro
Conexiones de aire 1/4" NPT hembra
Carrera actuador 10mm a 100mm
Acción simple/ en fallo ventea
Temperatura de operación -20°C a +75°C
Caudal máximo de aire 3.20Nm³/h a 1.4b
Consumo de aire en posición estable
0,17 Nm³/h a 1.4 bar
Conexiones eléctricas Prensa cables M2I
terminales internos para hilos
conductores 0,5 a 2,5 mm²
Protección IP65
Característica Lineal
Peso 2.35Kg

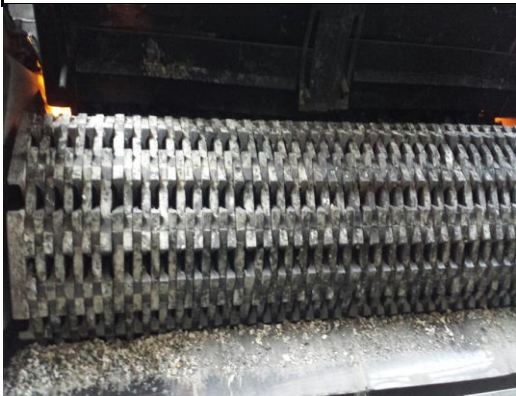
MC DONELL MILLER



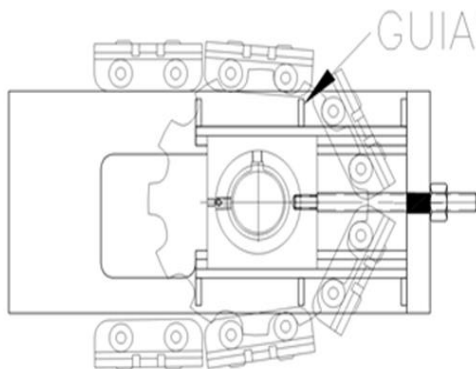
Serie 157S

SISTEMA ALIMENTACION DE CARBON

PARRILLA VIAJERA



Eslabón nor VR02 19X64
Eslabón mo VR02 23X64
Eslabón sello lateral VR02A 83X150X298
Sello lateral "CARBOFRAX"
Pasador varilla 5/8"
Pin pasador $\varnothing 5/32"$ X 1-1/2" (ACERO)
Moto reductor Flender
Reductor D128-K4-(100)
Relación 245,93:1
Pre reductor SCAZ63-(80)
Relación 50:1



Motor 3F - 0.3 KW A 1750 RPM 220/440V
Ref.: NF71/4B-11
Variador de velocidad 1/2 HP A 440
Marca: Danfoss Ref.: FC302

SISTEMA ALIMENTACION DE AIRE

VENTILADOR AIRE PRIMARIO



Ventilador Modelo BCS 270 SWSI
Clase 1
Motor 3F 5 HP 1200 RPM (WEG)
Variador de velocidad de 7,5 HP A
440V

VENTILADOR AIRE SECUNDARIO



Ventilador Modelo BCS 122 SWSI
Clase 2
Arreglo 4 62% ancho parcial
Motor 3F 2 HP 3600 RPM (WEG)

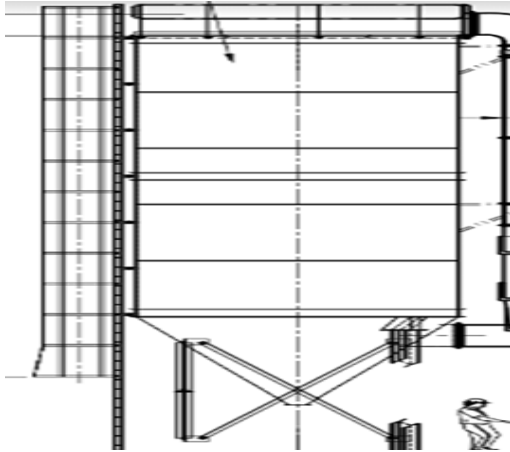
ACTUADOR NEUMATICO



Actuador neumático simple efecto
Marca: PRISMA
MODELO: PA00S
Cantidad: 3
Válvula solenoide 3/2 110V 6014 1/4 NPT
Marca: BURKERT
Cantidad: 3

SISTEMA LAVADO DE GASES

DESULFURIZADOR



Capacidad 21000CFM de gases de combustion a 200°
Tipo lavado semiseco (spray dryer absorber)
Serie de fabricacion T 534 -06

BOQUILLA



Boquilla de atomización
Marca: Spraying System
Ref: FLOWMAX NOZZLE FM5A-55-316SS

VALVULA ROTATORIA



Válvula rotatoria para cenizas (brida redonda)
Acople de cadena C40-18.
Motorreductor Flender
Ref: Z38K4-NF71/6C-11
REL: 44.12:1
Motor 3F - 0.22 KW A 1040 RPM
220/440V

FILTRO DE MANGAS



Mangas:
Filter bags 6" D x 144.5in OAL
Fiberglass W/PTFE membrane and
teflon B con peso de 22 onzas y
espesor de 1,3mm contapa y
refuerzo antifriccion en la parte inf.
Cantidad: 210
Canastillas:
5.625IN DIA X 144IN OAL
Alambres verticales calibre 9
Temperatura Máx. 500 °F
Cantidad: 210
Válvulas de limpieza
Cantidad: 21
Válvulas de diafragma Ø1-1/2
(GOYEN) RCA 45T
Válvulas solenoides
Caja multiválvulas NEMA
12 PILOTO
Marca: GOYEN
Ref.: RCA3D0
Cantidad 2

TIRO INDUCIDO

VENTILADOR TIRO INDUCIDO



Motor 3F 75 HP 1800 RPM (WEG)
Variador de velocidad de 75 HP A 440V
Marca: Telemecanique
Ref.: ATV61HD55N4

ANEXO C AMEF HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A.

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 1 | |
|--|--|--|---------------------------------------|---|--|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 1 | Enviar agua a la caldera a una presión | A | No envía agua hacia la caldera | 1 | Fallo del suministro eléctrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 | Disparo de protección, seguridad y control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 | Fallo Humano (Cierre de válvulas, desconexiones, operación y/o mantenimiento inadecuado) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 4 | Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| 2 | Bomba 1 | A | No provee un sellado eficiente. | 1 | Fallo del sistema de sellado de la bomba (sellos rotos) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fuga de agua al exterior. Acción correctiva: Arranque bomba respaldo-cambio de sello mecánico. |
| | | B | Alta vibración por desajuste mecánico | 1 | Fallo mecánico (rodamientos, acoples, eje, carcasa,...) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Alta vibración y golpeteo de acoplamiento Acción correctiva: Arranque bomba respaldo-Ajuste de elementos |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 2 | |
|--|--|--|---|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | C | Falta de presión en la descarga de la bomba | 1 | Cavitación de la bomba | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fuga de fluido de barrera al exterior Acción correctiva: Ajuste de conexiones fallidas |
| | | | | 2 | Fuga por conexión de bridas | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fuga al exterior de producto Acción correctiva: Ajustes de bridas |
| 3 | Motor electrico Potencia 20HP RPM 1760 | A | No funciona | 1 | Falla del sistema de conexionado eléctrico | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Bomba Acción correctiva: Arranque de Bomba de respaldo |
| | | | | 2 | Barras rotas o bobinas cruzadas | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Bomba Acción correctiva: Arranque de Bomba de respaldo |
| | | B | Funciona inadecuadamente | 1 | Rodamientos en mal estado | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Alta vibración del motor Acción correctiva: Programar cambio de rodamientos |
| | | | | 2 | Falta de lubricación | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Calentamiento de rodamiento Acción correctiva: Agregar grasa lubricante |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 3 | |
|--|-----------------|--|------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 3 | Falla de aislamiento | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor se deteriora Acción correctiva: Megado del aislamiento. Barnizado del devanado y secado al horno. |
| | | | | 4 | Alta vibración por desalineamiento | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Calentamiento acoplamiento y desgaste de rodamiento lado cople. Acción correctiva: Verificar |
| | | | | 5 | Falla humana | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Mal funcionamiento de motor Acción correctiva: Capacitación al personal. |
| 4 | Acople | A | Alta vibración por ajuste mecánico | 1 | Soltura de elementos de sujeción | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Alta vibración y golpeteo de acoplamiento Acción correctiva: Ajuste de elementos de sujeción |
| | | | | 2 | Desgaste de elementos de sujeción | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Alta vibración y golpeteo de acoplamiento Acción correctiva: Ajuste de elementos de sujeción |
| 5 | Lazo de control | A | Mala indicación del nivel | 1 | Suciedad en el transmisor | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Control de nivel de agua erróneo Acción correctiva: Purga de transmisor |

| | | | | | |
|--|----------------|--|-------------------------------|----------------------------------|---|
| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 4 |
| | | Sub-sistema: Bombas de agua HEGA 3203 | | | DE: 7 |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | B | Falla del sistema de control | 1 Mala sintonia del lazo control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Nivel erroneo Accion correctiva: Ajuste de conexiones fallidas |
| | | | | 2 Falla del cableado | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No se recibe señal Acción correctiva: Ajuste conexiones fallidas |
| 6 | Bomba 2 | A | No cumple funcion de respaldo | 1 Similar a la bomba 1 | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No funciona Acción correctiva: Ajuste conexiones fallidas |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 5 | |
|--|---|---|---|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Valvula Proporcional | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 7 | Dar control característico modulante al agua que ingresara a la caldera | A | No da control característico al agua de ingreso de la caldera | 1 | No sostiene nivel indicado de agua, de la caldera | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Mal funcionamiento de la caldera Acción correctiva: Ajuste de conexiones fallidas o cambio |
| 8 | Actuador Neumatico PN9220E | A | No proporciona la fuerza para mover la valvula de control | 1 | Falla en los diafragmas | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No modula correctamente Acción correctiva: Cambio de diafragmas |
| | | | | 2 | Falla en los sellos del vastago | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): No modula correctamente Acción correctiva: Cambio de sellos |
| | | | | 3 | Fatiga en los resortes | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Incorrecta abertura o cierre Acción correctiva: Cambio de resortes |
| | | | | 4 | Falla en señal (Presion de aire insuficiente, ruptura de manguera) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Incorrecta abertura o cierre Acción correctiva: Revisión acometidas neumaticas |
| 9 | Valvula de control LEA 43 | A | No varia el caudal del agua | 1 | Suelta tuerca de sujeccion | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Nivel incorrecto de agua Acción correctiva: Ajuste correcto de la tuerca |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 6 | |
|--|--------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Valvula Proporcional | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 2 | Falla en el conjunto de sellado vastago y asiento | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: SI Efecto operacional (síntomas):Fuga de Fluido Acción correctiva: Cambio conjunto de sellado |
| 10 | Posicionador EP500 | A | No posiciona el vastago según señal | 1 | Falta señal de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Lectura erronea de control. Acción correctiva: Ajuste conexiones fallidas |
| | | | | 2 | Falta suministro de aire | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Posicionamiento incorrecto Acción correctiva: Correccion de fallas en acometidas neumaticas |
| | | | | 3 | Obstruido orificio de ajuste | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): problemas al realizar ajuste Acción correctiva: Limpieza y verificacion. |
| | | | | 4 | Falla en configuracion | Evidente / No evidente: SI Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Mal funcionamiento de posicionador Acción correctiva: Programar correctamente |
| | | | | | | |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 7 | |
|--|-----------------|---|--|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Mc Donell | | | DE: 7 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 11 | McDonell Miller | A | No indica bajo nivel de agua en la caldera | 1 | Obstruccion en linea de conexión hacia caldera | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Incorrecto llenado de agua en caldera Acción correctiva: destapar lineas hacia caldera. |
| | | | | 2 | Falla en cableado | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No indica nivel de agua en la pantalla Acción correctiva: Ajuste conexiones fallidas |
| | | | | 3 | Falla en juntas de soldaduras de fuelle | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Fugas de fluido y vapor Acción correctiva: Correccion de fallas en las juntas o cambio |
| | | | | 4 | Falla en contactos electricos | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No envía señales electricas Acción correctiva: Limpieza, ajuste o cambio |
| | | B | Funciona Inadecuadamente | 1 | Falla en empaques del tubo visor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fugas de fluido Acción correctiva: Cambio de empaques |
| | | | | 2 | Falla en tubo visor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: SI Efecto operacional (síntomas): mal lectura de vision, fuga de fluido Acción correctiva: Cambio del tubo visor. |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de combustible | | | HOJA: 1 | |
|--|--|--|--------------------------|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Parrilla viajera | | | DE: 3 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 12 | Asegurar el desplazamiento del carbon durante el desarrollo de la combustion | A | No desplaza el carbon | 1 | Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 | Disparo de proteccion, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 | Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | Funciona inadecuadamente | 1 | Falla en bujes en bronce | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 2 | Falla en posicionamiento Piñones motricez y piñones conducidos | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 3 | Falta tension a la parrilla | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Dar tension necesaria a la parrilla (actualización de |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de combustible | | HOJA:2 | |
|---------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Parrilla viajera | | DE: 3 | |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 4 Desalineamiento de parrilla | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 5 Fractura de eslabones | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo-cambio de los eslabones en mal |
| | | | | 6 Doblamiento de pasadores | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 7 Desgaste en platinas guías (bandeja soporte) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo-cambio de las platinas o reforzamiento |
| 13 | Motorreductor Suministra potencia requerida | A | No suministra la potencia requerida | 1 Desconexión de una de las fases | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Verificar conexiones eléctricas (actualización de |
| | | | | 2 Ruptura de eje | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Cambio de motorreductor (actualización de procedimientos de |

| RCM | | Sistema/activo: Alimentacion de combustible | | HOJA: 3 | | |
|---------------------------------|---------|---|------------------------------|---------|--|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Parrilla viajera | | DE: 3 | | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 3 | Falta cuña | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Instalacion cuña (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 4 | Deterioro en el cuñero | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: cambio de cuña-cambio del motor reductor(actualización de |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibracion excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo-ajuste elementos de anclaje |
| | | | | 2 | Temperatura elevada del motoreductor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Verificacion ventilador, limpieza y si requiere cambio de |
| | | | | 3 | Problemas en lubricacion | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Calentamiento- desgaste-Paro de Planta Acción correctiva:Aplicar lubricante-cambio de equipo |
| | | | | 4 | Falta ajuste tornilleria de base | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Vibracion Acción correctiva: Ajuste tornilleria (actualización de procedimientos de operación y |

| RCM | | Sistema/activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 | |
|--|--|---|---------------------------|---|--|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Aire Primario | | | DE: 3 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 14 | Suministrar aire para mezclarlo con el combustible para la ignicion y oxidacion del carbon | A | No suministra air | 1 | Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 | Disparo de proteccion, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 | Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 4 | Falla humana(damper s cerrados) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Obstruidos ductos | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 2 | Obstruida toma de aire | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |

| RCM | | Sistema/activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 2 | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------|---|--------------------------------|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Aire Primario | | | DE: 3 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 15 | Rotor Ventilador (impulsa el aire) | A | No impulsa aire | 1 | Desacoplamiento con el motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste de acople-determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibración excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Realizar balanceo (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 2 | Rotura de soldaduras de alabes | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Soldar alabes-cambio rotor. (actualización de |
| 16 | Motor eléctrico Potencia 5HP RPM 1160 | A | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibración excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste puntos de anclaje motor-verificación rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Temperatura elevada del motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Verificación ventilador, Limpieza carcasa motor, verificar estado rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 3 | Problemas en lubricación | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Lubricar rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM | | Sistema/activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 3 |
|--|---|---|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Aire Primario | | | DE: 3 |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 4 Falta ajuste tornilleria de base | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste tornilleria (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| 17 | Actuador Neumatico PRISMA Modelo PA00S (realiza trabajo mecanico para apertura de dampers) | A | No realiza trabajo mecanico | 1 Falta presion de aire de suministro | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Revisar acometida neumaticas-revisar compresores (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 Daño en racores | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Fuga de aire-Paro de Planta Acción correctiva:Cambio de racores (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM | | Sistema/activo: Sistema suministro de aire | | HOJA: 1 | |
|--|--|---|---------------------------|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Aire Secundario | | DE: 2 | |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 18 | Suministrar aire para mezclarlo con los gases inquemados | A | No suministra air | 1 Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 Disparo de proteccion, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 4 Falla humana(damper s cerrados) | Evidente / No evidente: Si SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 Obstruidos ductos | Evidente / No evidente: Si SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 Obstruida toma de aire | Evidente / No evidente: Si SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM | | Sistema/activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 2 | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------------------|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: Aire Secundario | | | DE: 2 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 19 | Rotor Ventilador (impulsa el aire) | A | No impulsa aire | 1 | Desacoplamiento con el motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste de acople-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibración excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Realizar balanceo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Rotura de soldaduras de alabes | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Soldar alabes-cambio rotor. (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| 20 | Motor eléctrico Potencia 2HP RPM 1160 | A | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibración excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste puntos de anclaje motor-verificación rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Temperatura elevada del motorreductor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Verificación ventilador, Limpieza carcasa motor, verificar estado rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 3 | Problemas en lubricación | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Lubricar rodamientos (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Desulfurizaor | | | HOJA: 1 | |
|--|--|-------------------------------|--|---|--------------------------------|---|
| | | Sub-sistema: | | | DE: 4 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 21 | Provee a los gases el tiempo de residencia para garantizar la mezcla de SO2 y el neutralizante | A | No provee el tiempo de residencia | 1 | Rotura de soldaduras | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Corrección de soldaduras rotas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Rotura de laminas | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Cambio de laminas rotas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Funcionamiento Inadecuado | 1 | Obstrucción en ducto de salida | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Destapar interior del ducto-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| 22 | Equipo de aspersión (Introduce el material neutralizante) | A | No introduce el material neutralizante | 1 | Falta presión de aire en línea | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Ninguno Acción correctiva: Verificar correcta presión en la línea-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Obstrucción de boquilla | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): No introduce material Neutralizante Acción correctiva: limpieza o cambio (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Funcionamiento Inadecuado | 1 | No nebuliza el neutralizante | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Tapo namiento valvula rotatoria Acción correctiva: Cambio de boquilla (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM | | Sistema/activo: Desulfurizaor | | | HOJA: 2 | |
|--|---|--------------------------------------|---------------------------|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: | | | DE: 4 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 23 | Valvula rotatoria (Evacuar el yeso formado por la reaccion) | A | No evacua material | 1 | Fallo del suministro electrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Falla en caldera- Acomulacion de material Acción correctiva:Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 | Disparo de proteccion, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Falla en caldera Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 | Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Fallo en caldera Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 4 | Desacoplamiento con el motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): No evacua material Acción correctiva:Realizar ajuste de acople y motor (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Cuerpo roto | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fugas de material- Paro de Planta Acción correctiva: Cambio elementos cuerpo roto (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Desgaste en rotor de la valvua | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Posibles fugas- distorcion en funcionamiento equipo. Acción correctiva: Cambio de elemento (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Desulfurizaor | | | HOJA: 3 |
|--|--|-------------------------------|---|--------------------------------------|--|
| | | Sub-sistema: | | | DE: 4 |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | | | 3 Falta ajuste de tornilleria | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Movimientos inhadecuados- vibracion Acción correctiva: Ajuste tornilleria (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 4 Falla en sellos | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Fuga de material Acción correctiva: Aplicar sellante necesario (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| 24 | Motorreductor Suministra potencia requerida | A | No suministra la potencia requerida | 1 Desconexion de una de las fases | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Apaga equipo- Paro de Planta Acción correctiva: Verificar conecciones electricas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 Ruptura de eje | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Cambio de motor reductor(actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 3 Falta cuña | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Instalar cuña (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 4 Deterioro en el cuñero | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Instalacion de cuña nueva-cambio de motorreductor (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| | | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------------|---------------------------|---|--------------------------------------|--|
| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Desulfurizaor | | | HOJA: 4 | |
| | | Sub-sistema: | | | DE: 4 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibracion excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): desgaste de la valvula rotatoria-Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste de puntos de anclaje-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Temperatura elevada del motoreductor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Daño o desgaste del equipo-Paro de Planta Acción correctiva:Verificacion ventilador, Limpieza carcaza motor, verificar estado rodamientos y lubricante- determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los |
| | | | | 3 | Problemas en lubricacion | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Daño o desgaste del equipo-Paro de Planta Acción correctiva: Adicionar o cambiar lubricante. (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 4 | Falta ajuste tornilleria de base | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Vibracion del equipo- deterioro de valvula rotatoria Acción correctiva: Ajuste tornilleria (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Limpieza de gases | | | HOJA: 1 | |
|--|--|-----------------------------------|--|---|---|--|
| | | Sub-sistema: Filtro de mangas | | | DE: 1 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 25 | Filtrar gases con una eficiencia de acuerdo a la norma ambiental vigente | A | No filtra | 1 | Rotura de mangas | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Incorrecta filtración Acción correctiva: Cambio de mangas rotas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | B | Filtra parcialmente incumpliendo norma ambiental vigente | 1 | Caida de mangas | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Incorrecta filtración Acción correctiva: Instalacion de mangas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Sello de mangas defectuoso | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Incorrecta filtración Acción correctiva: Cambio de sellos de mangas (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 3 | Falla de division de camara limpia con camara sucia | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: si Efecto operacional (síntomas): Incorrecta filtración Acción correctiva: Ajuste necesario-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | C | No limpia las mangas | 1 | Baja presion de linea de aire | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: si Efecto operacional (síntomas): Acumulacion de partículas Acción correctiva: Ajuste necesario-determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Diafragma de valvula deteriorado | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: si Efecto operacional (síntomas): Fuga de aire Acción correctiva: Ajuste necesario- determinar la causa raíz del fallo (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| RCM | | Sistema/activo: Ventilador Tiro Inducido | | | HOJA: 1 | |
|--|--|---|---------------------------|---|--|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: | | | DE: 2 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 26 | Extraer los gases de la oxidación del carbón | A | No extrae los gases | 1 | Fallo del suministro eléctrico | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Reposición del suministro eléctrico |
| | | | | 2 | Disparo de protección, seguridad y control | Evidente / No evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de planta Acción correctiva: reposición del sistema de protección y control |
| | | | | 3 | Falla en el sistema de control | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | | | 4 | Falla humana (damper s cerrados) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Obstruidos ductos | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: determinar la causa raíz del fallo (actualización de |
| 27 | Rotor Ventilador (impulsa el aire) | A | No impulsa aire | 1 | Desacoplamiento con el motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste de acople-determinar la causa raíz del fallo (actualización de |

| RCM | | Sistema/activo: Ventilador Tiro Inducido | | | HOJA: 2 | |
|--|--|---|---------------------------|---|----------------------------------|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: | | | DE: 2 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| | | B | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibracion excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Realizar balanceo (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 2 | Rotura de soldaduras de alabes | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Soldar alabes-cambio rotor. (actualización de |
| 28 | Motor electrico Potencia 75HP RPM 1800 | A | Funcionamiento inadecuado | 1 | Vibracion excesiva | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva:Ajuste puntos de anclaje motor-verificacion rodamientos (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 2 | Temperatura elevada del motor | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Verificacion ventilador, Limpieza carcaza motor, verificar estado |
| | | | | 3 | Problemas en lubricacion | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Lubricar rodamientos (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 4 | Falta ajuste tornilleria de base | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Ajuste tornilleria (actualización de procedimientos de operación y |

| RCM | | Sistema/activo: Acuatubular | | | HOJA: 1 | |
|--|--|------------------------------------|--|---|---|--|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sub-sistema: | | | DE: 1 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 29 | Realizar el intercambio de calor en la tubería, para transformar agua en vapor | A | No realiza el intercambio de calor | 1 | Tubería exterior con acumulación de inquemados. | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Limpieza (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| | | | | 2 | Tubería interna obstruida por sedimento | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Lavado de tubería (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |
| 30 | Empaques de HandHole | A | No mantiene el sellamiento de la parte acuatubular | 1 | Deterioro de los empaques | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Cambio de empaque (actualización de procedimientos de operación y mantenimiento y revisión de los adiestramientos) |

| | | | | | |
|--|--|-------------------------------------|--|---|--|
| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Piro tubular | | | HOJA: 1 |
| | | Sub-sistema: | | | DE: 1 |
| | Función | | Falla funcional | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 31 | Realizar el intercambio de calor en la tubería, para transformar agua en vapor | A | No realiza el intercambio de calor | 1 Tubería interior acumulada de hollín | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Limpieza (actualización de procedimientos de operación y |
| | | | | 2 Tubería externa obstruida por sedimento | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Lavado de tubería (actualización de procedimientos de operación y |
| 32 | Empaques de HandHole y manHole | A | No mantiene el sellamiento de la parte acuatubular | 1 Deterioro de los empaques | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Cambio de empaque (actualización de procedimientos de operación y |

| | | | | | | |
|--|---------------------------------|---|--|---|--|--|
| RCM HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | Sistema/activo: Arco refractario | | | HOJA: 1 | |
| | | Sub-sistema: | | | DE: 1 | |
| | Función | | Falla funcional | | Modo de falla | Efecto de la falla |
| 33 | Facilita la ignición del carbon | A | No facilita la ignición de carbon (mantiene temperatura) | 1 | Cuerpo deteriorado (no mantiene temperatura) | Evidente / No evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Paro de Planta Acción correctiva: Reconstrucción de arco |

ANEXO D RIESGO HOJA DE INFORMACION 2

| RCM | | | Sistema/Activo: Alimentacion de agua | | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: | | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año | |
| 1A1 | 0,1 | | 97.200.000 | | | 0 | |
| 1A2 | 0,1 | 0,5 | 97.200.000 | 148.000 | 0 | 5008000 | |
| 1A3 | 0,1 | 0,25 | 97.200.000 | 0 | 0 | 2430000 | |
| 1A4 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 0 | 0 | 19440000 | |
| 2A1 | 1 | 3 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 292300000 | |
| 2B1 | 0,2 | 3 | 97.200.000 | 600.000 | 0 | 58920000 | |
| 2C1 | 0,5 | 0,25 | 97.200.000 | 0 | 0 | 12150000 | |
| 2C2 | 0,1 | 0,25 | 97.200.000 | 15.000 | 0 | 2445000 | |
| 3A1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 9770000 | |
| 3B1 | 0,1 | 1,5 | 97.200.000 | 2.000.000 | 0 | 16580000 | |
| 3B2 | 0,3 | 3 | 97.200.000 | 1.000.000 | 0 | 88480000 | |
| 3B3 | 0,1 | 0,5 | 97.200.000 | 15.000 | 0 | 4875000 | |
| 3B4 | 0,1 | 0,5 | 97.200.000 | 2.000.000 | 0 | 6860000 | |
| 3B5 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 972000 | |
| 4A1 | 0,2 | 4 | 97.200.000 | 1.000.000 | 0 | 78760000 | |
| 4A2 | 0,2 | 4 | 97.200.000 | 1.000.000 | 0 | 78760000 | |
| 5A1 | 12 | 0,1 | 97.200.000 | 10.000 | 0 | 116650000 | |
| 5B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 9720000 | |
| 5B2 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 500.000 | 0 | 10220000 | |
| 6A1 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 4.000.000 | 0 | 28300000 | |
| 7A1 | 0,2 | 1,5 | 97.200.000 | 400.000 | 0 | 29560000 | |
| 8A1 | 0,2 | 1,5 | 97.200.000 | 400.000 | 0 | 29560000 | |
| 8A2 | 0,5 | 1,5 | 97.200.000 | 300.000 | 0 | 73200000 | |
| 8A3 | 0,1 | 1,5 | 97.200.000 | 500.000 | 0 | 15080000 | |
| 8A4 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 | |
| 9A1 | 0,1 | 0,25 | 97.200.000 | 20.000 | 0 | 2450000 | |
| 9A2 | 0,25 | 1,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 36550000 | |
| 10A1 | 0,25 | 2 | 97.200.000 | 300.000 | 0 | 48900000 | |
| 10A2 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 | |
| 10A3 | 0,25 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 12250000 | |
| 10A4 | 1 | 0,25 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 | |
| 11A1 | 0,5 | 2 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 97300000 | |
| 11A2 | 0,25 | 1 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 | |
| 11A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 19540000 | |
| 11A4 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 19540000 | |
| 11B1 | 12 | 0,25 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 291650000 | |
| 11B2 | 1 | 0,25 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 24350000 | |

| RCM | | Sistema/Activo:Alimentacion de carbon | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: Parrilla Viajera | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 12A1 | | | | | |
| 12A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 3 | 20.000 | 60.000 |
| 12A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400.000 |
| 12B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 12B2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 12B3 | Tarea a condicion | Inspeccion | 6 | 20.000 | 120.000 |
| 12B4 | Tarea a condicion | Inspeccion | 6 | 20.000 | 120.000 |
| 12B5 | Tarea a condicion | Inspeccion | 288 | 60.000 | 17.280.000 |
| 12B6 | Tarea a condicion | Inspeccion | 288 | 60.000 | 17.280.000 |
| 12B7 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 50.000 | 100.000 |
| 13A1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A3 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A4 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13B1 | Tarea a condicion | Analisis vibraciones | 4 | 20.000 | 80.000 |
| 13B2 | Tarea a condicion | Lubricacion | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 13B3 | Tarea a condicion | Lubricacion | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 13B4 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |

| RCM | | | Sistema/Activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema:Aire Primario | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 14A1 | 12 | 1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 1166400000 |
| 14A2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 150.000 | 0 | 1122000 |
| 14A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 19490000 |
| 14A4 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 972000 |
| 14B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 14B2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 1172000 |
| 15A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 15B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 15B2 | 0,1 | 3 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 29360000 |
| 16A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 16A2 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 20140000 |
| 16A3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 16A4 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 17A1 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 24400000 |
| 17A2 | 0,5 | 0,25 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 12250000 |

| RCM | | | Sistema/Activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: Aire Secundario | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 18A1 | | | | | | 0 |
| 18A2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 150.000 | 0 | 1122000 |
| 18A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 19490000 |
| 18A4 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 972000 |
| 18B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 18B2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 1172000 |
| 19A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 19B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 19B2 | 0,1 | 3 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 29360000 |
| 20A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 20140000 |
| 20A2 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 20A3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |

| RCM | | | Sistema/Activo:Desulfurizaor | | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: | | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año | |
| 21A1 | 0,1 | 24 | 97.200.000 | 1.500.000 | 200.000.000 | 434780000 | |
| 21A2 | 0,1 | 12 | 97.200.000 | 1.500.000 | 200.000.000 | 318140000 | |
| 21B1 | 0,1 | 6 | 97.200.000 | 1.000.000 | 0 | 59320000 | |
| 22A1 | 0,5 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 200.000.000 | 224400000 | |
| 22A2 | 0,5 | 1 | 97.200.000 | 100.000 | 200.000.000 | 248700000 | |
| 22B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 5.000.000 | 200.000.000 | 214720000 | |
| 23A1 | | | 97.200.000 | | | 0 | |
| 23A2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 150.000 | 0 | 1122000 | |
| 23A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 19490000 | |
| 23A4 | 0,1 | 0,5 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 4910000 | |
| 23B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 300.000 | 200.000.000 | 210020000 | |
| 23B2 | 0,5 | 1 | 97.200.000 | 2.000.000 | 200.000.000 | 250600000 | |
| 23B3 | 0,1 | 0,25 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 2480000 | |
| 23B4 | 0,5 | 0,25 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 12200000 | |
| 24A1 | 0,1 | 0,5 | 97.200.000 | 100.000 | 0 | 4960000 | |
| 24A2 | 0,1 | 3 | 97.200.000 | 3.000.000 | 0 | 32160000 | |
| 24A3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 | |
| 24A4 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 3.000.000 | 0 | 12720000 | |
| 24B1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 | |
| 24B2 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 20140000 | |
| 24B3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 | |
| 24B4 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 | |

| RCM | | | Sistema/Activo: Limpieza de gases | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|--|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: Filtro de mangas | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 25A1 | 1 | 8 | 97.200.000 | 35.000.000 | 200.000.000 | 1012600000 |
| 25B1 | 0,2 | 4 | 97.200.000 | 500.000 | 200.000.000 | 278260000 |
| 25B2 | 0,1 | 4 | 97.200.000 | 500.000 | 200.000.000 | 239380000 |
| 25B3 | 0,2 | 8 | 97.200.000 | 2.000.000 | 200.000.000 | 357520000 |
| 25C1 | 0,5 | 0,25 | 97.200.000 | 100.000 | 200.000.000 | 212250000 |
| 25C2 | 1 | 0,25 | 97.200.000 | 200.000 | 200.000.000 | 224500000 |

| RCM | | | Sistema/Activo: Ventilador Tiro Inducido | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 26A1 | 12 | 1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 1166400000 |
| 26A2 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 150.000 | 0 | 1122000 |
| 26A3 | 0,2 | 1 | 97.200.000 | 50.000 | 0 | 19490000 |
| 26A4 | 0,1 | 0,1 | 97.200.000 | 0 | 0 | 972000 |
| 26B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 27A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 27B1 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 27B2 | 0,1 | 3 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 29360000 |
| 28A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 19640000 |
| 28A2 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 700.000 | 0 | 20140000 |
| 28A3 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |
| 28A4 | 0,1 | 1 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 9920000 |

| RCM | | | Sistema/Activo: Acuatubular | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 29A1 | 0,1 | 2 | 97.200.000 | 100.000 | | 19540000 |
| 29A2 | 0,1 | 12 | 97.200.000 | 1.000.000 | | 117640000 |
| 30A1 | 0,1 | 12 | 97.200.000 | 1.000.000 | | 117640000 |

| RCM | | | Sistema/Activo: Piro tubular | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | Riesgo \$/año |
| 31A1 | 2 | 6 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 1166600000 |
| 31A2 | 0,1 | 12 | 97.200.000 | 500.000 | 0 | 117140000 |
| 32A1 | 0,1 | 12 | 97.200.000 | 200.000 | 0 | 116840000 |

| | | | | | | |
|--|-----------------------|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------|
| RCM | | | Sistema/Activo: Arco refractario | | | HOJA: 1 |
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | | | | SubSistema: |
| COD | Eventos al año | TPPR Horas | Imp. Prod \$/Hora | Costos directos \$/falla | Imp. SHA \$/falla | |
| 33A1 | 0,25 | 72 | 97.200.000 | 30.000.000 | | 1779600000 |

ANEXO E Tareas y definición de mantenimiento (hoja de decisión 3)

| RCM | | Sistema/Activo: Alimentacion de agua | | | HOJA: 1 |
|--|-----------------------------------|---|------------------------------------|---|---|
| HOJA DE INFORMACION ALBAPO S.A. | | | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento | Costos directos de la actividad de Mantenimiento | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por |
| 1A1 | | | | | |
| 1A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 3 | 20.000 | 60.000 |
| 1A3 | Tarea a condicion | Capacitacion | 1 | 200.000 | 200.000 |
| 1A4 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400.000 |
| 2A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 700.000 | 700.000 |
| 2B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 3 | 50.000 | 150.000 |
| 2C1 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 2C2 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 3A1 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 3B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150.000 |
| 3B2 | Tarea a condicion | Lubricacion | 12 | 50.000 | 600.000 |
| 3B3 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 50.000 | 50.000 |
| 3B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 50.000 | 200.000 |
| 3B5 | Tarea a condicion | Capacitacion | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 4A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 50.000 | 200.000 |
| 4A2 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 5A1 | Tarea a condicion | Limpieza | 12 | 10.000 | 120.000 |
| 5B1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 5B2 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 6A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 7A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 8A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 8A2 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 8A3 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 8A4 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 50.000 | 50.000 |
| 9A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 20.000 | 20.000 |
| 9A2 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 50.000 | 50.000 |
| 10A1 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 10A2 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 10A3 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 10A4 | Tarea a condicion | Revision | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 11A1 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 100.000 | 400.000 |
| 11A2 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 100.000 | 400.000 |
| 11A3 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 100.000 | 400.000 |
| 11A4 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 100.000 | 400.000 |
| 11B1 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 50.000 | 600.000 |
| 11B2 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 50.000 | 600.000 |

| RCM | | Sistema/Activo:Alimentacion de carbon | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: Parrilla Viajera | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 12A1 | | | | | |
| 12A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 4 | 20.000 | 80.000 |
| 12A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400.000 |
| 12B1 | Tarea a condicion | Realizar Termografia | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 12B2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 20.000 | 240.000 |
| 12B3 | Tarea a condicion | Inspeccion | 6 | 20.000 | 120.000 |
| 12B4 | Tarea a condicion | Inspeccion | 6 | 20.000 | 120.000 |
| 12B5 | Tarea a condicion | Inspeccion | 288 | 60.000 | 17.280.000 |
| 12B6 | Tarea a condicion | Inspeccion | 288 | 60.000 | 17.280.000 |
| 12B7 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 50.000 | 100.000 |
| 13A1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A3 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 5.000 | 60.000 |
| 13B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 20.000 | 80.000 |
| 13B2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 13B3 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 13B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 5.000 | 60.000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|---|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema:Aire Primario | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 14A1 | | | | | 0 |
| 14A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 4 | 20.000 | 80000 |
| 14A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400000 |
| 14A4 | Tarea a condicion | Capacitacion | 1 | 200.000 | 200000 |
| 14B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 150.000 | 300000 |
| 14B2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 50.000 | 100000 |
| 15A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 100.000 | 200000 |
| 15B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 15B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 150.000 | 600000 |
| 16A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 16A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 16A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 16A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 50.000 | 600000 |
| 17A1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 4 | 50.000 | 200000 |
| 17A2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 4 | 50.000 | 200000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Sistema suministro de aire | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|---|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema:Aire Secundario | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 18A1 | | | | | 0 |
| 18A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 4 | 20.000 | 80000 |
| 18A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400000 |
| 18A4 | Tarea a condicion | Capacitacion | 1 | 200.000 | 200000 |
| 18B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 150.000 | 300000 |
| 18B2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 50.000 | 100000 |
| 19A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 100.000 | 200000 |
| 19B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 19B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 150.000 | 600000 |
| 20A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 20A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 20A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Limpieza de gases | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: Desulfurizador | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 21A1 | Tarea a condicion | Medicion de espesores | 2 | 100.000 | 200000 |
| 21A2 | Tarea a condicion | Medicion de espesores | 2 | 100.000 | 200000 |
| 21B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 4 | 200.000 | 800000 |
| 22A1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 4 | 50.000 | 200000 |
| 22A2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 100.000 | 1200000 |
| 22B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 100.000 | 1200000 |
| 23A1 | | | | | 0 |
| 23A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 4 | 20.000 | 80000 |
| 23A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400000 |
| 23A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 100.000 | 200000 |
| 23B1 | Tarea a condicion | Medicion de espesores | 12 | 50.000 | 600000 |
| 23B2 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 50.000 | 600000 |
| 23B3 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 50.000 | 600000 |
| 23B4 | Tarea a condicion | Inspeccion | 12 | 50.000 | 600000 |
| 24A1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 50.000 | 100000 |
| 24A2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 50.000 | 100000 |
| 24A3 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 50.000 | 100000 |
| 24A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 50.000 | 100000 |
| 24B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 24B2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 24B3 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 24B4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 50.000 | 600000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Limpieza de gases | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|--|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: Filtro de mangas | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 25A1 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 1.000.000 | 4.000.000 |
| 25B1 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 1.000.000 | 4.000.000 |
| 25B2 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 1.000.000 | 4.000.000 |
| 25B3 | Tarea a condicion | Revision | 4 | 100.000 | 400.000 |
| 25C1 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 100.000 | 1.200.000 |
| 25C2 | Tarea a condicion | Revision | 12 | 100.000 | 1.200.000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Ventilador tiro Inducido | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|---|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 26A1 | | | | | 0 |
| 26A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 4 | 20.000 | 80000 |
| 26A3 | Tarea a condicion | Revision | 2 | 200.000 | 400000 |
| 26A4 | Tarea a condicion | Capacitacion | 1 | 200.000 | 200000 |
| 26B1 | Tarea a condicion | Inspeccion | 2 | 150.000 | 300000 |
| 27A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 2 | 100.000 | 200000 |
| 27B1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 27B2 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 4 | 150.000 | 600000 |
| 28A1 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 1 | 150.000 | 150000 |
| 28A2 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 28A3 | Tarea a condicion | Realizar termografia | 12 | 50.000 | 600000 |
| 28A4 | Tarea a condicion | Analisis de vibraciones | 12 | 50.000 | 600000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Acuatubular | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 29A1 | Tarea a condicion | Limpieza | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 29A2 | Tarea a condicion | Limpieza (lavado) | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 30A1 | Tarea a condicion | Cambio de empaques | 1 | 200.000 | 200000 |

| RCM | | Sistema/Activo: Piro tubular | | | HOJA: 1 |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 31A1 | Tarea a condicion | Limpieza (deshollinada) | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 31A2 | Tarea a condicion | Limpieza Lavado | 6 | 200.000 | 1200000 |
| 32A1 | Tarea a condicion | Cambio de empaques | 1 | 200.000 | 200000 |

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---|---|--|
| RCM | | Sistema/Activo: Arco Refractario | | | HOJA: 1 |
| HOJA DE DECISION ALBAPO S.A. 3 | | SubSistema: | | | DE: 1 |
| COD | Actividad de mantenimiento | Accion de mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento /año | Costos directos de la actividad de Mantenimiento propuesta | Costos anuales del plan de mantenimiento propuesto por el RCM |
| 33A1 | Tarea a condicion | Cambio | 0,25 | 30.000.000 | 7500000 |

ANEXO F MANTENIMIENTO ACTUAL

| PROGRAMACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO AIRE PRIMARIO | | | | | |
|---|-------------|--|-----------------|-----------------|---------------|
| INTERVALO | PARTE | ACTIVIDAD | EJECUTOR | FECHA EJECUCION | PROXIMA FECHA |
| CONTINUO | CUERPO | Detectar cualquier ruido anormal del equipo | Calderista | | |
| SEMANTAL | MOTOR | Limpiar carcaza del motor | Calderista | | |
| SEMESTRAL | RODAMIENTOS | Revisión de ajuste, lubricación y chumaceras | Electromecánico | | |
| | MOTOR | Revisión de rodamientos; Reemplce si es necesario. | Electromecánico | | |
| ANUAL | ROTOR | Balancearlo | Externos | | |

| PROGRAMACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO AIRE SECUNDARIO | | | | | |
|---|-------------|--|-----------------|-----------------|---------------|
| INTERVALO | PARTE | ACTIVIDAD | EJECUTOR | FECHA EJECUCION | PROXIMA FECHA |
| CONTINUO | CUERPO | Detectar cualquier ruido anormal del equipo | Calderista | | |
| SEMANTAL | MOTOR | Limpiar carcaza del motor | Calderista | | |
| SEMESTRAL | RODAMIENTOS | Revisión de ajuste, lubricación y chumaceras | Electromecánico | | |
| | MOTOR | Revisión de rodamientos; Reemplce si es necesario. | Electromecánico | | |
| ANUAL | ROTOR | Balancearlo | Externos | | |

| PROGRAMACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO BOMBAS | | | | | |
|--|--------|--|---------------------------------|-----------------|---------------|
| INTERVALO | PARTE | ACTIVIDAD | EJECUTOR | FECHA EJECUCION | PROXIMA FECHA |
| CONTINUA | BOMBA | Revisar escapes de agua | Calderista - Electromecánico | | |
| | BOMBA | Revisar ruido anormales | Calderista - Electromecánico | | |
| | BOMBA | Revisar que este bien empalmados los flanches. | Calderista - Electromecánico | | |
| SEMANTAL | ACOPLE | Revisar | Electromecánico | | |
| | MOTOR | Limpiar carcaza | Calderista | | |
| SEMESTRAL | BOMBA | Desmante impulsor y limpielo, verifique los juegos | Electromecánico | | |
| | BOMBA | Revise sellos y empaques;Reemplace si es necesario. | Electromecánico | | |
| | BOMBA | Revise la camisa del eje si esta gastada.;Reemplace si es necesario. | Electromecánico | | |
| | BOMBA | Limpie el cuerpo y la voluta | Electromecánico | | |
| | MOTOR | Revise rodamientos. Reemplace si es necesario. | Electromecánico | | |
| | MOTOR | Revise embobinado | Electromecánico | | |

| PROGRAMACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIRO INDUCIDO | | | | | |
|---|-------------|---|-----------------|-----------------|---------------|
| INTERVALO | PARTE | ACTIVIDAD | EJECUTOR | FECHA EJECUCION | PROXIMA FECHA |
| CONTINUO | CUERPO | Detectar cualquier ruido anormal del equipo | Calderista | | |
| SEMANTAL | MOTOR | Limpiar carcaza del motor | Calderista | | |
| | ROTOR | Limpieza de rotor | Calderista | | |
| BIMENSUAL | LUBRICACION | Revisión de ajuste, grasa y chumaceras; Reemplace si es necesario | Electromecánico | | |
| SEMESTRAL | MOTOR | Revisión de rodamientos | Electromecánico | | |
| ANUAL | ROTOR | Balanceado, de rotor | Externos | | |