

**OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA
METODOLOGIA “RCM” AL SISTEMA DE COMPRESION DE LOS
COMPRESORES AJAX DPC-600, UBICADOS EN LA PLANTA COMPRESORA
“YARIGUI” CAMPO DE PRODUCCION CANTAGALLO**

**HERNANDO VERA MUÑOZ
NESTOR FABIAN BAUTISTA SIERRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

**OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA
METODOLOGIA “RCM” AL SISTEMA DE COMPRESION DE LOS
COMPRESORES AJAX DPC-600, UBICADOS EN LA PLANTA COMPRESORA
“YARIGUI” CAMPO DE PRODUCCION CANTAGALLO**

**HERNANDO VERA MUÑOZ
NESTOR FABIAN BAUTISTA SIERRA**

**Monografía de Grado Presentada como Requisito para Optar el Título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director
JULIO JUNIOR QUINTERO VILLAR
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. ASPECTOS GENERALES.....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.	17
1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA	17
2. MARCO CONTEXTUAL	18
2.1 CAMPOS YARIGUI – CANTAGALLO.....	18
2.2 LOCALIZACION.....	18
2.3 PLANTA COMPRESORA YARIGUI	19
3. MARCO TEÓRICO	22
3.1 MANTENIMIENTO Y RCM	22
3.2 LAS SIETE (7) PREGUNTAS BASICAS.....	22
3.3 CONTEXTO OPERACIONAL	23
3.4 FUNCIONES.....	23
3.5 FALLAS FUNCIONALES	24
3.6 MODOS DE FALLA	25
3.7 EFECTOS DE FALLA.....	25
3.8 CONSECUENCIAS.....	26
3.9 TAREAS PROACTIVAS.....	26
3.10 ACCIONES A FALTA DE.....	26

3.11 ¿POR QUE APLICAR RCM?	27
3.12 COMPRESORES.....	27
3.13 TIPOS DE COMPRESORES:	27
3.14 COMPRESORES RECIPROCANTES.....	28
3.15 COMPONENTES DE UN SISTEMA COMRESOR RECIPROCANTE.....	29
3.16 CICLO P/V DEL COMPRESOR RECIPROCANTE	31
3.17 COMPRESOR AJAX DPC-600.....	33
3.17.1 Descripción y características principales	33
3.17.2 Partes.....	33
4. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	40
4.1 TAXONOMÍA	40
4.2 DEFINICIÓN DE FRONTERAS E INTERFACES	41
4.3 CONTEXTO OPERACIONAL	42
4.3.1 Presión y Temperatura en Etapas de Compresión	42
4.3.2 Tiempo de Operación	43
4.3.3 Condiciones Ambientales.....	43
4.3.4 Destinación del Gas comprimido.	44
4.3.5 Capacidad de Compresión.....	44
4.4 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO RCM.....	44
4.5 DEFINICIÓN DE FUNCIONES	45
4.5.1 Función Primaria.....	46
4.5.2 Funciones Secundarias.....	47
4.6 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS BASADO EN HISTORICO DE MANTENIMIENTO.....	48
4.7 ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).....	51
4.7.1 Definición de fallas funcionales.....	53
4.7.2 Identificación de modos de falla.....	53
4.7.3 Definición de los efectos y consecuencias de los modos de falla	53
4.7.4 Hoja de decisión y definición de tareas.....	56

4.7.4.1 Actividades proactivas:	59
4.7.4.2 Acciones a falta de.....	61
5. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	65
6. CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFIA.....	72
ANEXOS.....	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica Campo Yarigui Cantagallo.....	19
Figura 2. Esquema Planta Compresora Yarigui.....	21
Figura 3. Límites de la Gestión del Mantenimiento.	24
Figura 4. Clasificación de compresores	29
Figura 5. Componentes de un Compresor Reciprocantes	30
Figura 6. Ciclo Real de un Compresor Reciprocante.....	31
Figura 7. Bloque Compresor Ajax DPC-600	34
Figura 8. Cigüeñal y biela del Compresor Ajax DPC-600	35
Figura 9. Pistón del Compresor Ajax DPC-600.....	36
Figura 10. Cilindro del Compresor Ajax DPC-600.....	37
Figura 11. Válvulas de Succión y Descarga Compresor Ajax DPC-600	38
Figura 12. Empaquetadura de gas del Compresor Ajax DC-600.....	38
Figura 13. Cruceta del Compresor Ajax DPC-600	39
Figura 14. Taxonomía equipo compresor Ajax DPC 600.....	41
Figura 15. Frontera del Sistema de Compresión	42
Figura 16. Pareto No 1- Horas parada Vs Modos de falla	50
Figura 17. Pareto No 2- Frecuencia de Paradas Vs Modos de falla	51
Figura 18. Diagrama para el Desarrollo de la Metodología AMEF.....	52
Figura 19. Diagrama de flujo que Permite Determinar las Consecuencias de los modos de Falla.	55
Figura 20. Diagrama de Decisión del RCM.....	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Base de Datos de Histórico de Fallas en Compresores DPC-600	49
Tabla 2. Plan de Mantenimiento para el Sistema Compresor	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. HOJA AMEF PARA LOS MODOS DE FALLA DEFINIDOS.....	75
ANEXO B. LISTADO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	88

RESUMEN

TITULO: OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGIA “RCM” AL SISTEMA DE COMPRESION DE LOS COMPRESORES AJAX DPC-600, UBICADOS EN LA PLANTA COMPRESORA “YARIGUI” CAMPO DE PRODUCCION CANTAGALLO*.

AUTORES: Néstor Fabián Bautista Sierra
Hernando Vera Muñoz **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM, Sistema de Compresión, Compresor Ajax DPC-600. AMEF. Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

La presente Monografía consiste en el desarrollo de una propuesta para la Optimización del Plan de Mantenimiento del Sistema Compresor de los Compresores Ajax DPC-600 ubicados en la Planta Compresora Yarigui-Campo Cantagallo, basado en la Metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), con el fin de aumentar los niveles de Disponibilidad y Confiabilidad así como Disminuir los costos asociados a reparaciones y paros no programados del equipo.

El Alcance del presente trabajo es determinar el plan de Mantenimiento del Sistema Compresor basado en un Modelo de Estrategia Ordenado, Sistemático, Eficiente y que prioriza la seguridad de las personas y la integridad del medio ambiente como lo es RCM.

Dentro del desarrollo de la metodología se parte de la definición de una frontera en el equipo para la delimitación del sistema de estudio, luego se presenta un análisis de los historiales de mantenimiento de los tres (3) últimos años con el objetivo de encontrar malos actores. Posteriormente se desarrolla la metodología RCM partiendo de la definición de las funciones. Las fallas funcionales, modos y efectos de falla son desarrollados por medio de la herramienta AMEF y las tareas de mantenimiento necesarias para eliminar o mitigar las consecuencias de los modos de falla son presentadas finalmente siguiendo el árbol lógico de decisión del RCM.

Como resultado se presenta un plan de mantenimiento optimizado, consolidado en las diferentes tareas que garantizaran una mayor disponibilidad en los sistemas de compresión, de los compresores Ajax DPC-600.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Ing. Julio Junior Quintero Villar.

SUMMARY

TITLE: OPTIMIZATION MAINTENANCE PLAN THROUGH THE "RCM" METHODOLOGY TO THE COMPRESSION SYSTEM OF THE AJAX DPC- 600 COMPRESOR, LOCATED IN THE COMPRESSOR PLANT "YARIGUI", PRODUCTION FIELD "CANTAGALLO"

AUTHORS Néstor Fabián Sierra Bautista
Hernando Vera Muñoz**

KEYWORDS: Reliability-Centered Maintenance, RCM, Compression System, Compressor Ajax DPC-600. FMEA. Maintenance.

DESCRIPTION:

This essay sets out the development of a proposal for the Optimization Maintenance Plan for the Compressor System of the Ajax DPC- 600 compressors, located in the Compressor Plant Yarigui - Campo Cantagallo, based on the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology in order to increase the availability and reliability levels as well as to reduce the costs associated with unscheduled repairs of the equipment.

The scope of this study is to determine the compressor system maintenance plan based on a sort, systematic and efficient strategy model that prioritizes people's safety and the integrity of the environment as it is RCM.

Within the development of the methodology, this work starts from the definition of a border in the equipment for the delimitation of the studio system. Then, an analysis about the maintenance histories of the three (3) last years is presented with the purpose to find bad agents. Later, the RCM methodology is developed from the definition of the functions the functional failures and failure modes and effects are developed by the FMEA tool and maintenance tasks necessary to mitigate or eliminate the consequences of the failure modes are presented finally following the logical decision tree of RCM.

As a result, an optimized maintenance plan, established in the different tasks, is presented to ensure a greater availability in compression systems of the Ajax DPC- 600 compressors.

* Monograph.

** School of Mechanical Engineering. Maintenance management Specialization. Director: Ing. Julio Quintero Villar

INTRODUCCIÓN

Mantenimiento tiene como objetivo esencial contribuir al cumplimiento de los objetivos de la compañía mediante el ejercicio de actividades que estén encaminadas a mantener los estándares de disponibilidad y confiabilidad esperados, dentro de un marco de seguridad para las personas e integridad del medio ambiente a un costo óptimo y con un máximo beneficio global.

Desde este punto parece clave encontrar estrategias de gestión de mantenimiento que cumplan con este objetivo y se ajusten a las diferentes necesidades de las compañías, instalaciones y equipos que en la actualidad se encuentran desempeñándose.

RCM o mantenimiento centrado en confiabilidad se presenta como una metodología ideal que cumple con estas expectativas y la cual trae otros beneficios que contribuyen al mejoramiento de la actividad del mantenimiento.

Una estrategia de mantenimiento basada en RCM se establece como un método o proceso sistemático cuyo resultado es un plan de mantenimiento efectivo que cumple con los requerimientos de seguridad y niveles de disponibilidad esperados en los equipos e instalaciones y está dirigido al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y la economía de la operación.

En esta monografía se presenta una propuesta para la optimización o mejoramiento de un plan de mantenimiento existente apoyándose en la metodología de RCM.

En el año 2000 Ecopetrol adopto la metodología de RCM, para aplicarla a sus plantas y equipos comenzando por las Refinerías de Barrancabermeja y Cartagena para posteriormente ir extendiéndola a otras cadenas del negocio, como lo son la vicepresidencia de transporte y vicepresidencia de producción.

Si se aplica correctamente RCM adicionalmente a los resultados ya mencionados se puede obtener entre otros: mayor motivación del personal involucrado en la operación del equipo, una mejor relación costo/efectividad de los procesos de mantenimiento, una mejor calidad del producto y mejor trabajo en equipo debido a la mejora en la comunicación y cooperación de los diferentes departamentos y niveles de trabajadores.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El campo de producción Cantagallo se encuentra ubicado en el Sur de Bolívar con límites con el Departamento de Santander y en inmediaciones del Río Magdalena, allí se encuentra ubicada la Planta compresora de Gas Yarigui la cual cuenta con tres compresores de gas Ajax DPC- 600. Según los últimos datos recopilados el porcentaje de quema de gas asociado a paradas de los equipos correspondientes a Mantenimiento son el 3% del total de la Producción, lo anterior repercute directamente en altos costos por pérdidas económicas y daños al medio ambiente.

El actual plan de Mantenimiento de los compresores se encuentra desactualizado al compararse con metodologías de Mantenimiento modernas, así mismo la mayoría de sus tareas están basadas en rutinas preventivas basadas en tiempo lo cual desde el punto de vista económico genera sobrecostos. De igual forma al no contar con un análisis detallado de modos de falla se corre el riesgo de desarrollar paradas no planeadas, fallos desconocidos por el personal de mantenimiento, y otros tipos de consecuencias de importante severidad para el equipo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Optimizar el plan de Mantenimiento mediante la metodología “RCM” al sistema de compresión, de los Compresores de gas Ajax DPC-600, ubicados en la Planta Compresora – “Yarigui”, campo de producción Cantagallo Ecopetrol S.A.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Recopilar información de: Diseño, Operación y Mantenimiento de los compresores Ajax DPC-600/Sistema de Compresión.
- Definir las funciones principales del sistema de compresión asociadas al contexto operacional de los equipos.
- Realizar un análisis completo de: modos, efectos y consecuencias de falla para el sistema de compresión.
- Seleccionar las tareas de mantenimiento apropiadas que permitan evitar o mitigar los modos de falla y sus consecuencias en el sistema.
- Generar un nuevo plan de mantenimiento para el sistema de compresión asociado con la metodología implementada.

1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA

La importancia de implementar la metodología de “RCM” en el plan de mantenimiento actual de los compresores Ajax DP-600, consiste en garantizar un aumento en la confiabilidad y disponibilidad del sistema de compresión, así como una disminución de los costos de mantenimiento asociados. De igual forma al desarrollar la estrategia de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se obtendrá: una mejora en la comprensión del funcionamiento del equipo, un análisis completo de todas las posibilidades de fallo y un desarrollo basado en criticidad de acciones o tareas encaminados a evitarlos,.

Finalmente se espera que el desarrollo de la metodología en el plan de mantenimiento del compresor sirva como alternativa de gestión al personal encargado de su cuidado y abra la puerta a que este tipo de estrategia sea llevada a otros sistemas y al equipo en general, así como a otros activos de la planta compresora Yarigui.

2. MARCO CONTEXTUAL

2.1 CAMPOS YARIGUI – CANTAGALLO

Los campos Yarigui – Cantagallo hacen parte de las antiguas concesiones Cantagallo y San Pablo, otorgadas en el año 1939 a la Compañía de petróleos del Valle del Magdalena Medio, subsidiario de la compañía Socony Vacuum y la segunda otorgada en el año de 1953 a la Shell Cóndor.

Actualmente la administración de estos campos está a cargo de la Superintendencia del Rio, de la Gerencia Centro Oriente de Ecopetrol, la cual incluye también las áreas de: Casabe, Peñas Blancas, Bajo Rio y Cicuco.

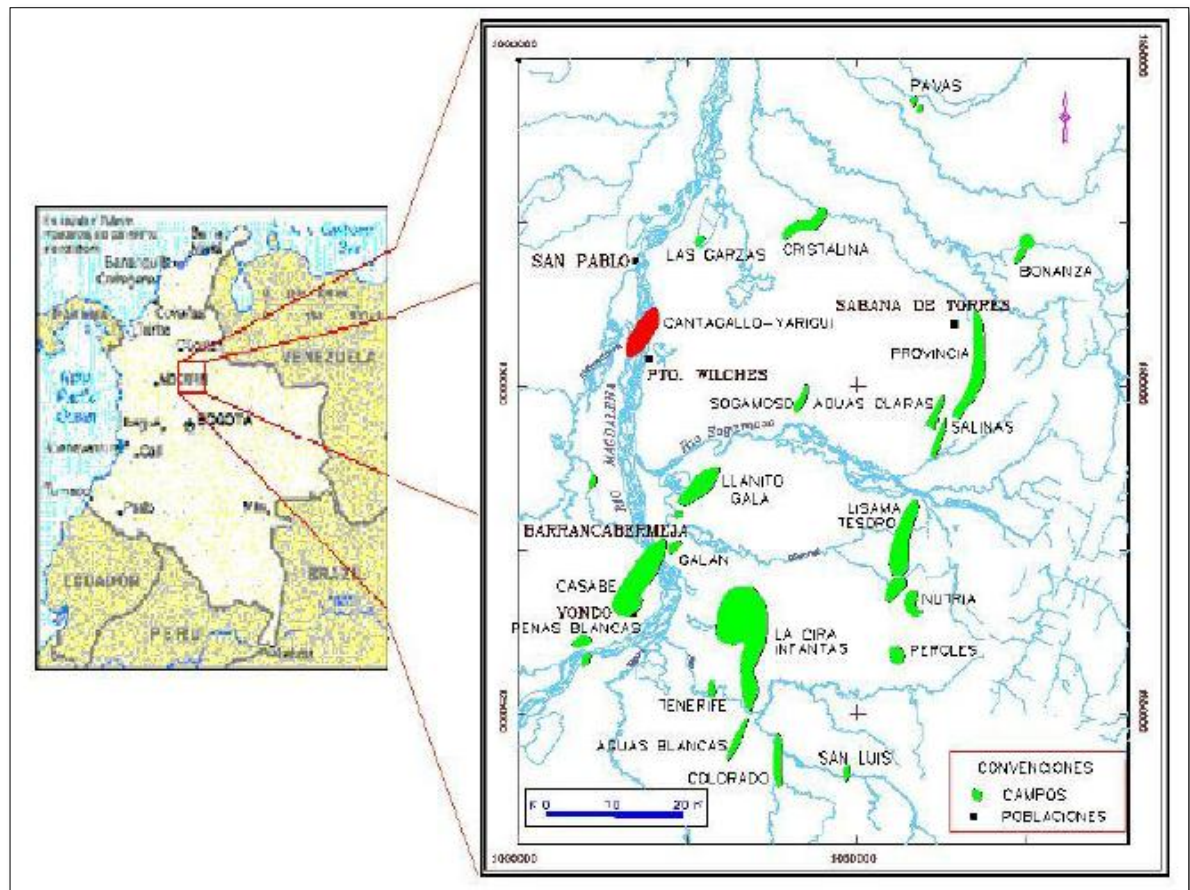
2.2 LOCALIZACION

El campo Yarigui Cantagallo se encuentra localizado hacia la parte central del flanco occidental de la cuenca del Valle Medio del Magdalena, en los límites de los departamentos de Santander y Bolívar y a la altura de los municipios de Puerto Wilches y Cantagallo, departamentos de Santander y Bolívar respectivamente. Ver figura 1.

La extensión aproximada es de catorce (14) Km², siete (7) Km de Largo por dos (2) Km de Ancho. Actualmente la principal vía de acceso es el transporte fluvial sobre el río Magdalena y como vías alternas se encuentran dos carreteras, la primera que comunica al Municipio de Puerto Wilches con la ciudad de Barrancabermeja y la segunda que lo comunica con la troncal del Magdalena Medio.

La zona industrial del campo se encuentra en el municipio de Cantagallo, al sur del departamento de Bolívar. Se tiene que en la zona el área de mayor influencia son los municipios de Cantagallo, Puerto Wilches y San Pablo.

Figura 1. Ubicación geográfica Campo Yarigui Cantagallo.



Fuente: Ecopetrol S.A.

2.3 PLANTA COMPRESORA YARIGUI

La planta compresora de gas Yarigui esta encarga de comprimir el gas que proviene de los campos Yarigui – Cantagallo para enviarlo a la Plata Turbo Expander de la Refinería de Barrancabermeja.

El gas se produce a través de los anulares de los pozos mediante bombeo mecánico. Posteriormente es conducido a unos colectores por donde pasa a un depurador para luego conectarse con los gasoductos troncales y luego ser conducido junto con el gas, a la planta compresora.

El gas que se encuentra en solución es recolectado en las estaciones a una presión de 30 Psi, la cual es suficiente para que el gas llegue a la planta compresora.

El gas comprimido en la planta Yarigui también alimenta las redes de gas domiciliario de los corregimientos de Puente Sogamoso, El Pedral y Kilometro Ocho y el Municipio de Puerto Wilches.

En la figura 2 se observa la planta compuesta por tres moto-compresores, dispuestos en paralelo, cuya función es comprimir el gas que entra desde su estado inicial en la primera etapa de compresión (17 psi) hasta la presión final de descarga (600 psi). Se puede observar de igual forma la sección de la planta conocida como “Tea”, lugar en donde se quema el gas que llega como exceso a la planta compresora en caso de que este no pueda ser comprimido por los moto-compresores.

Figura 2. Esquema Planta Compresora Yarigui.



Fuente: Confipetrol grupo ingeniería confiabilidad.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO Y RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería existen dos elementos que hacen posible el manejo de cualquier activo físico. Este debe ser mantenido y de tanto en tanto quizás también necesite ser modificado.

Mantenimiento: Podemos definir mantenimiento como la acción de asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios desean que hagan.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: Proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que el usuario desea que haga.

3.2 LAS SIETE (7) PREGUNTAS BASICAS

El proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, propone siete (7) preguntas acerca del activo, equipo o sistema que se piensa intervenir.

- ¿Cuáles son las funciones y Parámetros de Funcionamiento del activo en su actual contexto operacional?
- ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados a cada una de estas funciones?
- ¿Cuál es la causa o razón de cada falla funcional?
- ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué puede hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

3.3 CONTEXTO OPERACIONAL

El contexto operativo es el entorno donde funciona el equipo, insertándose por completo en el proceso de definición de las estrategias de mantenimiento. Lo anterior sucede debido a la importancia que el contexto tiene sobre el activo, comenzando por la definición de funciones, hasta la naturaliza de los modos de falla que se pueden presentar, sus efectos , consecuencias, frecuencia con las que ocurren y las tareas de proactivas que pueden hacerse para manejarlas.

3.4 FUNCIONES

Desde el punto de vista del RCM la función de un activo físico está enfocada hacia aquello que los usuarios quieren que haga, más que lo que el activo es capaz de hacer. Y en esta medida es importante asegurar que el activo es capaz de hacer, lo que el usuario desea. De igual forma al definir la función de un activo físico es necesario especificar el nivel de desempeño requerido por el usuario, tan precisamente como sea posible.

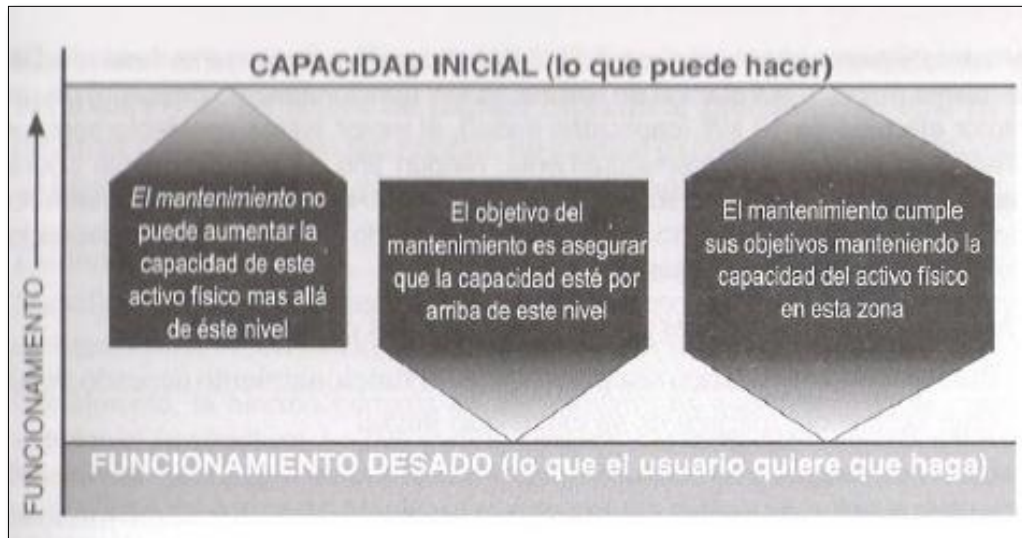
ESTÁNDAR DE FUNCIONAMIENTO

El estándar de funcionamiento se define como la magnitud, es decir, eso que podemos medir referido a los que los usuarios quieren que haga el activo físico.

Su importancia radica en que el estándar mínimo de funcionamiento deberá estar por encima de lo que el usuario desee, pero por debajo de su capacidad inicial, entendiéndose capacidad inicial como lo que el activo es capaz de rendir según su

diseño. En la figura 3 Se puede observar la relación mencionada entre la capacidad inicial y el funcionamiento deseado.

Figura 3. Límites de la Gestión del Mantenimiento.



Fuente: MOUBRAY, John. RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. P. 25.

3.5 FALLAS FUNCIONALES

En general se dice que un activo físico ha fallado cuando es incapaz de hacer lo que usuario desea que haga o no realiza la función requerida, pero en RCM es preciso ir más allá entendiendo que un activo puede tener más de una función y que cada función puede tener más de un estándar de funcionamiento, por lo que en vez de referirse a falla RCM define la **Falla funcional**, la cual es: la Incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable por el usuario.

3.6 MODOS DE FALLA

Este paso del RCM se enfoca en identificar las posibles causas de los estados de falla, ya que como su propia definición lo dice, “Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. Una completa estrategia de Mantenimiento debe tener en cuenta todos los eventos que tengan la posibilidad de amenazar la funcionalidad del activo y RCM clasifica estas posibilidades en tres grupos:

- **Capacidad Decreciente:** Presentada cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.

- **Aumento del Funcionamiento Deseado:** Presentada una vez de poner el activo en servicio y su funcionamiento se encontrara dentro de los límites permisibles. Generando que su desempeño se aumente hasta quedar por fuera de su capacidad, lo cual trae como consecuencia que le activo falle.

- **Funcionamiento Deseado por Debajo de la Capacidad Inicial desde el Inicio:** Este último caso de modo de falla se presenta cuando desde el comienzo el activo no es capaz de cumplir con el funcionamiento deseado ya que se sobrepasa el rango de su capacidad

3.7 EFECTOS DE FALLA

Es el cuarto paso del RCM y se asocia a lo que sucede cuando ocurre cada modo de falla. Hay que tener cuidado de no confundir efecto con consecuencia ya que mientras el primero como se mencionó se enfoca a lo que sucede cuando ocurre un modo de falla el segundo revela la importancia que este tendría. Uno de los principales objetivos al enlistar los efectos es establecer si es necesario realizar mantenimiento proactivo.

3.8 CONSECUENCIAS

El quinto paso del RCM se enfoca en la importancia que el efecto de cada modo de falla tiene sobre la organización que lo utiliza. Dichas fallas afectan de manera directa la producción, la calidad del producto, la atención al cliente, representan un riesgo para la seguridad y el medio ambiente o incrementan los costos operativos. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en los siguientes cuatro grupos.

- Consecuencias Medioambientales y de Seguridad.
- Consecuencias Operativas
- Consecuencias No Operativas
- Consecuencias de Fallas Ocultas.

3.9 TAREAS PROACTIVAS

Este tipo de tareas se identifican porque se llevan a cabo antes de que una falla ocurra, logrando prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Comúnmente se conocen como Mantenimiento “Predictivo” y “Preventivo”, aunque en RCM se utilizan más los términos de Reacondicionamiento Cíclico, Sustitución Cíclica y Mantenimiento a Condición.

3.10 ACCIONES A FALTA DE

Se encargan del estado de falla y se eligen cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Dentro de este tipo de tareas se incluyen: Búsqueda de Falla, Rediseño y Mantenimiento a Rotura.

3.11 ¿POR QUE APLICAR RCM?

Son varias las razones que validan a RCM como una de las estrategias de mantenimiento modernas más utilizadas en la actualidad. Resultados directos en la obtención de planes de mantenimiento, procedimientos de operación revisados, y cambios en el diseño y operación de los activos para lidiar con situaciones en las que el mismo no puede proporcionar el funcionamiento deseado con su actual configuración. Sin embargo y a manera general la gestión de mantenimiento a través de RCM busca cumplir las expectativas en cuanto a:

Mayor seguridad e integridad ambiental, mayor funcionamiento operacional (cantidad, calidad del producto y servicio al cliente), mejor relación costo-efectividad del mantenimiento, mayor vida útil de componentes costosos, una base de datos global, mayor motivación del personal y un mejor trabajo de equipo.

3.12 COMPRESORES

Un compresor es una máquina que se utiliza para elevar la presión de fluidos llamados compresibles tales como los gases y vapores. Esto se realiza por medio de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido al fluido compresible que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo. La energía es usualmente utilizada para el transporte del fluido aumentando su presión y velocidad e impulsándolo a fluir.

3.13 TIPOS DE COMPRESORES:

En las diferentes industrias se encuentra disponible una variedad de compresores según la necesidad de transporte y el tipo de fluido a comprimir en la figura 4 se

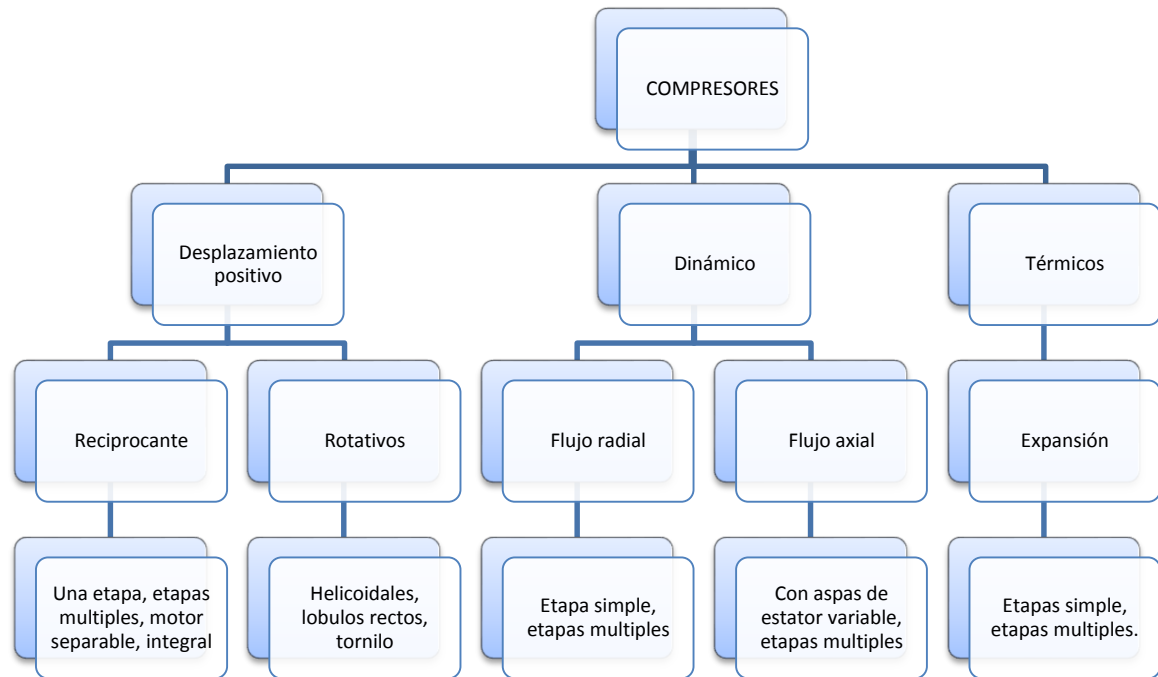
muestra la clasificación de compresores que existen los cuales están divididos en desplazamiento positivo, dinámico y térmico. Dentro de la clasificación de los compresores de desplazamiento positivo están los reciprocantes los cuales pueden ser de doble efecto o simple efecto y los rotativos que pueden estar contruidos por tornillo, paletas y de lóbulo

3.14 COMPRESORES RECIPROCANTES

Este tipo de compresores funciona mediante el desplazamiento lineal de un embolo o pistón dentro de un cilindro. El movimiento secuencial, (de atrás hacia adelante) reduce el volumen de la cámara (cilindro) donde se deposita el gas; originando un incremento en la presión hasta alcanzar el valor de descarga.

Los compresores reciprocantes contienen múltiples sistemas para su normal funcionamiento. Sistema de Lubricación, Refrigeración, generación de potencia, compresión, entre otros. Siendo el de compresión el principal y más importante sistema, debido a que allí se desarrolla la principal función de la máquina.

Figura 4. Clasificación de compresores

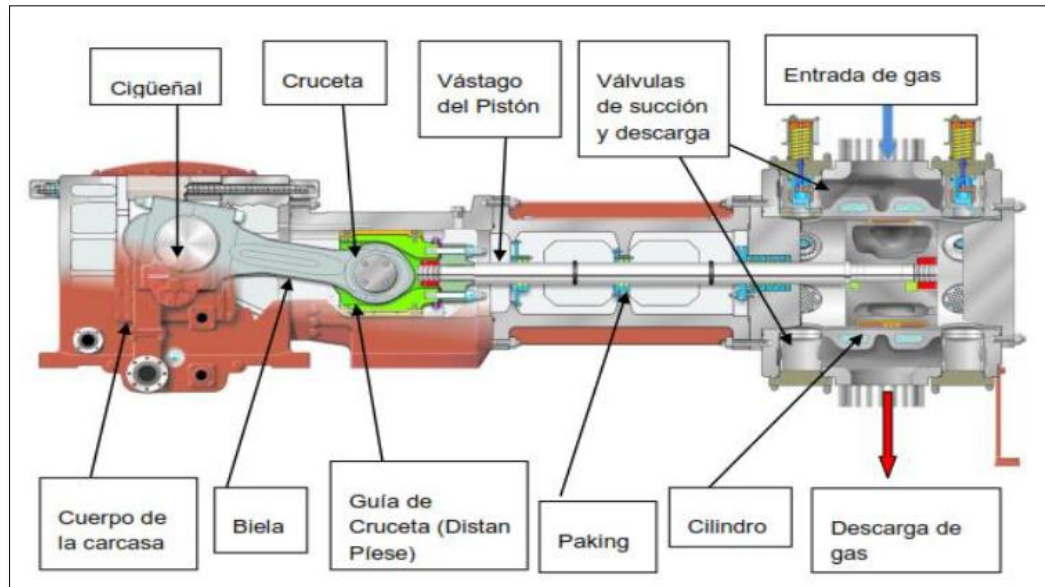


Fuente: GPSA

3.15 COMPONENTES DE UN SISTEMA COMRESOR RECIPROCANTE

El sistema compresor está compuesto de múltiples componentes mecánicos lo cuales los cuales forman el mecanismo para realizar su principal función de comprimir el gas. Los principales componentes mecánicos se alistan a continuación con una descripción de su principal función.

Figura 5. Componentes de un Compresor Reciprocantes



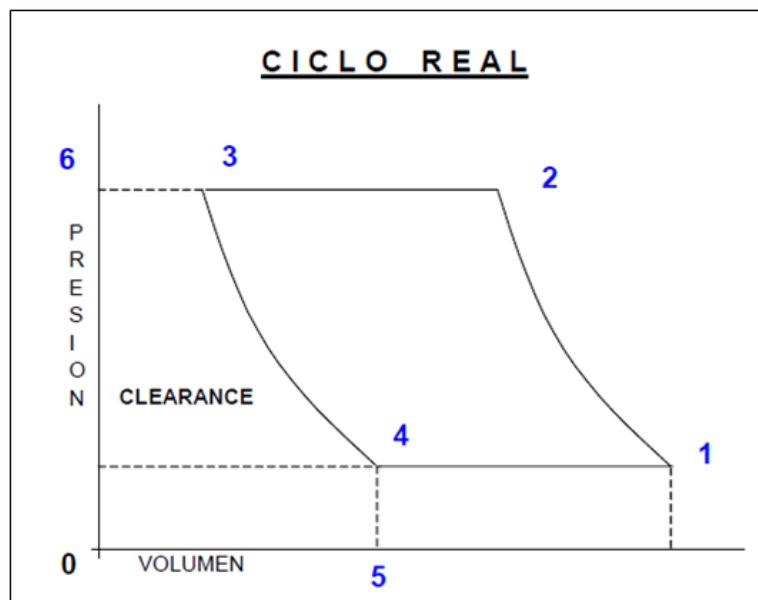
Fuente: VERA MUÑOZ, Hernando. Aplicación de la Metodología Análisis de Causa Raíz (RCA) para la Eliminación de un mal Actor en la SOM Ecopetrol S.A. Proyecto de Grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.

- **CILINDRO:** Se denomina cilindro a la recámara que contiene el gas en el ciclo de compresión. En cilindros de simple acción el gas ingresa por una sola dirección mientras que en cilindros de doble acción el gas ingresa por ambas direcciones o caras del movimiento del pistón.
- **CIGÜEÑAL:** Elemento que convierte el movimiento rotacional recibido del motor en movimiento lineal de los pistones.
- **BIELA:** Transmiten el movimiento del cigüeñal a la cruceta:
- **PISTÓN:** Convierte la energía mecánica recibida por la cruceta en trabajo de compresión del gas.

3.16 CICLO P/V DEL COMPRESOR RECIPROCANTE

El funcionamiento de un compresor recíprocante está conformado por un ciclo de cuatro (4) eventos, conocido como ciclo P/V. el cual se puede observar en la siguiente figura.

Figura 6. Ciclo Real de un Compresor Recíprocante.



Fuente: GOMEZ RIVAS, P. A. (2005). DISEÑO Y CALCULO DE COMPRESORES. Caracas Venezuela.

- **Posición Uno (1 a 2) – Compresión.**

El cilindro contiene el pistón en el punto muerto inferior, por lo que su volumen interno se encuentra lleno de gas a la presión de Succión. A partir de aquí el pistón comienza a deslizarse hasta el punto muerto superior, (Proceso 1-2) comprimiendo el gas que se encuentra inmerso a su paso.

- **Posición Dos (2 a 3) - Descarga**

En este punto la presión del gas dentro del cilindro ha aumentado hasta encontrar el valor de la presión de descarga. Dentro del cilindro se supera un diferencial de presión existente en la tubería de salida del gas, permitiendo la apertura de las válvulas de descarga. El gas fluye entonces por los ductos de salida, hasta que finaliza la carrera del pistón. El proceso se puede apreciar en la figura como (Proceso 2-3.)

- **Posición Tres (3 a 4) – Expansión**

En esta posición el pistón del cilindro ha terminado toda la transferencia de gas y se da paso a la carrera de retroceso que finalizara en el punto muerto inferior (Proceso 3-4). La presión dentro de la cámara del cilindro comienza a descender debido a la expansión del volumen de gas, hasta que se iguala con la presión existente en el ducto de entrada de las válvulas de succión.

- **Posición Cuatro (4 a 1) – Succión**

En este punto la presión presente en la tubería de succión, supera el diferencial de presión existente dentro del cilindro, generando la apertura de las válvulas de admisión. Con lo cual el gas fluye de las tuberías de succión hacia la cámara del cilindro (proceso 4-1). El pistón desciende hasta que este finaliza su carrera en el punto muerto inferior y regresa al punto uno (1), donde el ciclo comienza nuevamente.

3.17 COMPRESOR AJAX DPC-600

3.17.1 Descripción y características principales El tipo de compresor utilizado en la planta compresora “Yarigui” es de clasificación recíprocante, tipo integrado. Lo cual significa que el cigüeñal es común tanto para los cilindros motrices como para los cilindros de compresión. Su modo de trabajo es de doble efecto, es decir, el pistón realiza trabajo de compresión por ambas caras. Igualmente la compresión en el equipo se deriva en tres (3) etapas de compresión.

El equipo es impulsado por un motor que proporciona una potencia de 600hp a 400revoluciones por minuto(rpm). Posee dos (2) cilindros compresores con diámetros según la utilización para cada una de las tres (3) etapas de compresión y la carrera de sus cilindros es de once (11) pulgadas.

La presión del gas a la entrada del compresor es de 15,5 Psi. Posteriormente el fluido al ser comprimido en la primera etapa presenta un valor en su presión de 54 Psi. Luego en la segunda etapa de compresión el gas es descargado al alcanzar los 230 Psi. Finalmente en la tercera y última etapa de compresión el gas es descargado a 600 psi; presión a la cual es despachado por las tuberías.

3.17.2 Partes

- **Bloque**

El bloque o frame es la estructura que se encarga de contener las diferentes partes que conforman el compresor. Su principal función es soportar el cigüeñal por medio de los cojinetes y suministrar un medio rígido para sostener las guías de las crucetas.

Figura 7. Bloque Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **Cigüeñal y bielas**

Los compresores Ajax que son del tipo integrales, por lo que el cigüeñal que es compartido por el motor y el compresor. Las bielas van conectadas en un extremo al cigüeñal y en el otro al vástago del pistón, en donde en este último convierten el movimiento de rotación transmitido por el cigüeñal en movimiento rectilíneo sobre los pistones. Esta conexión se realiza por medio de una cruceta que es una especie de cabezote, la cual a cada lado lleva un patín o zapata. Estos patines se deslizan sobre unas canales o guías que impiden el desplazamiento hacia los lados o cabeceo del vástago del pistón.

Figura 8. Cigüeñal y biela del Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **Pistón y Anillos Compresores**

El pistón es el elemento que realiza el trabajo de comprimir el gas en cada unidad. Cada pistón tiene dos anillos de compresión que se deslizan sobre una película de aceite lo cual mantiene un sello hermético entre el pistón y las paredes del cilindro durante largos periodos de servicio continuo. El desplazamiento del pistón de un extremo a otro del cilindro es lo que se llama carrera de compresión. .

Si después de un periodo de servicio relativamente largo, se nota una pérdida de capacidad de la unidad, se recomienda chequear los anillos.

Figura 9. Pistón del Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **Cilindros**

Los cilindros son las cámaras donde los pistones realizan la compresión. El cilindro de la primera etapa es de mayor diámetro que el de la segunda y tercera etapa porque el volumen a manejar es mayor. El cilindro de la primera etapa tiene tres (3) válvulas de succión y tres (3) válvulas de descarga en cada extremo. El cilindro de segunda etapa tiene dos (2) válvulas de succión y dos (2) válvulas de descarga en cada extremo al igual que el de tercera etapa.

Figura 10. Cilindro del Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **Válvulas de Succión y Descarga**

Las válvulas son dispositivos que se encuentran colocados en los cilindros compresores y permiten el paso unilateral del gas hacia el cilindro (succión) o desde el cilindro (descarga). Todas las válvulas de estos compresores son de tipo automático, abren o cierran por diferencia de presión y no por acción mecánica

Para obtener la máxima eficiencia en un cilindro, las válvulas de succión y descarga deben estar limpias y su sello debe ser hermético. Las válvulas deben ser inspeccionadas periódicamente y para su limpieza deben ser desmontadas. Todas las partes metálicas pueden ser cepilladas con un cepillo blando de alambre y la suciedad desprendida puede ser soplada con aire. Sus partes deben ser enjuagadas completamente y se deben dejar secar antes de ser instaladas nuevamente.

Figura 11. Válvulas de Succión y Descarga Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **Empaquetaduras**

La función principal de las empaquetaduras es sellar los gases comprimidos en el cilindro compresor para que no escapen a través del vástago del cilindro.

Figura 12. Empaquetadura de gas del Compresor Ajax DC-600.



Fuente: Confipetrol S.A.S

- **CRUCETA**

Convierte el movimiento rotacional – traslación de las bielas en movimiento lineal hacia el pistón.

Figura 13. Cruceta del Compresor Ajax DPC-600



Fuente: Confipetrol S.A.S

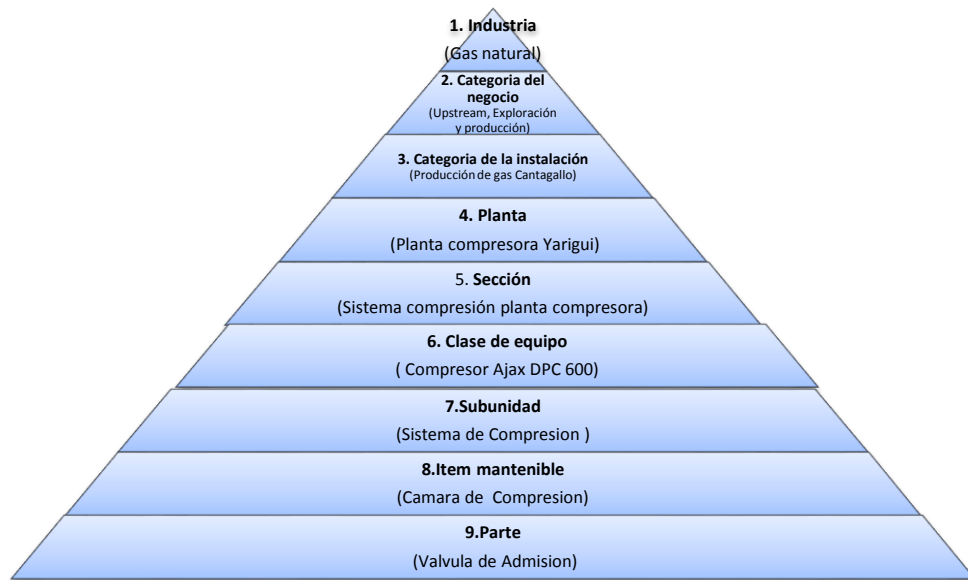
4. DESARROLLO METODOLÓGICO

4.1 TAXONOMÍA

Según la norma "ISO 14224" la taxonomía se define como la clasificación sistemática de ítems dentro de un grupo genérico basado en factores, posiblemente comunes a todos los ítems. Partiendo de este concepto, para el compresor de gas Ajax DP-600 y en este caso en particular, el sistema de compresión del equipo, Se debe realizar la clasificación de sus partes o elementos; comenzando desde lo macro de la planta, hasta llegar lo más bajo posible; identificando a su paso las partes o elementos que entregaran al menos una función principal.

La clasificación del sistema de compresión del equipo llegando a un ítem mantenible en particular y realizada bajo la norma ISO 14224 se presenta a continuación.

Figura 14. Taxonomía equipo compresor Ajax DPC 600

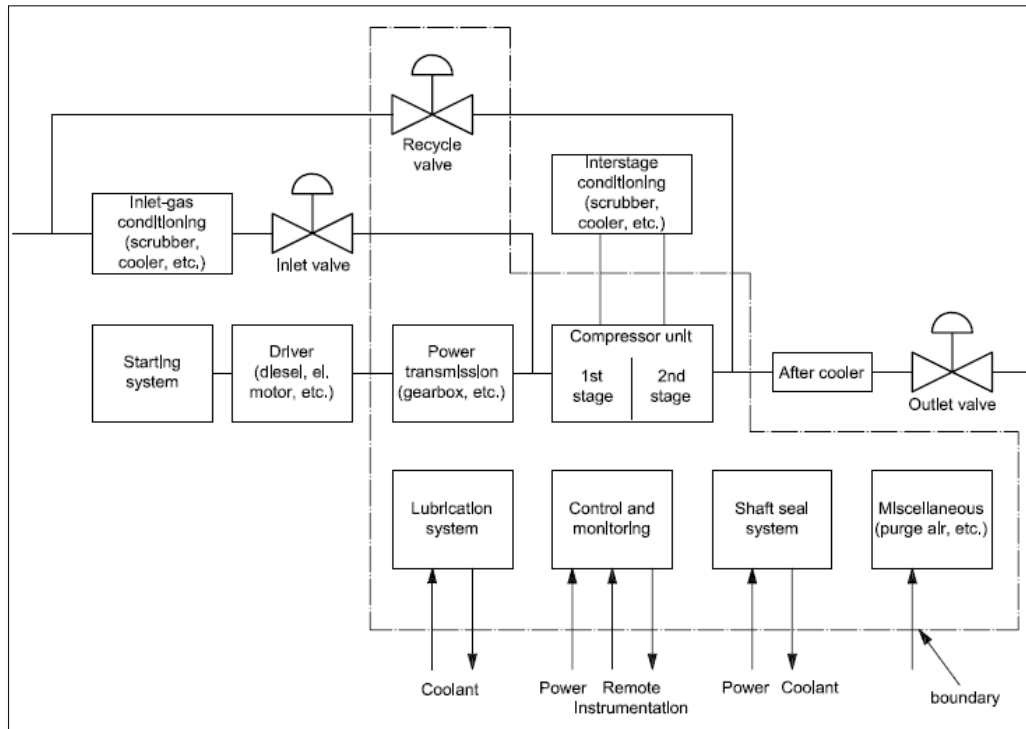


Fuente: Norma ISO 14224.

4.2 DEFINICIÓN DE FRONTERAS E INTERFACES

Para realizar la definición de la frontera del sistema de compresión en el Ajax DP-600, nos apoyaremos en la norma “ISO 14224”. Esta norma tiene definidas las fronteras de varios equipos cuyas funciones se relacionan con la industria petrolera, petroquímica y del gas, como es el caso del compresor Ajax DPC-600. Igualmente la norma presenta la definición del sistema más importante para un compresor de gas, el sistema de compresión, el cual es objeto de este estudio.

Figura 15. Frontera del Sistema de Compresión



Fuente: Norma ISO 14224.

4.3 CONTEXTO OPERACIONAL

El gas recibido es comprimido a través de un sistema constituido por tres moto compresores AJAX DPC-600 de tres etapas cada uno pasando por separadores de gas en los que se retiran los condensados para su posterior entrega a la refinería de Barrancabermeja,

4.3.1 Presión y Temperatura en Etapas de Compresión. El sistema de compresión del compresor Ajax DP-600, está constituido por tres etapas de compresión y en cada una de estas etapas se mantienen y controlan los valores presión y temperatura del gas como sigue:

- **PRIMERA (1) ETAPA:**
 Presión Operación Máxima Entrada: **17 Psi**
 Presión Operación Salida: **(50-60) Psi**
 Temperatura Operación Salida: **(260-300) °F**

- **SEGUNDA (2) ETAPA**
 Presión Operación Entrada: **(50-60) Psi**
 Presión Operación Salida: **(245-260) Psi**
 Temperatura Operación Salida: **(245-270) °F**

- **TERCERA (3) ETAPA**
 Presión Operación Entrada: **(245-260) Psi.**
 Presión Operación Salida: **(500-600) Psi.**
 Temperatura Operación Salida: **(200-230) °F**

4.3.2 Tiempo de Operación Los compresores y directamente el sistema de compresión de los equipos deben trabajar veinticuatro (24) horas diarias, durante todo el año.

Los paros programados que se vayan a realizar en los equipos deben ser previamente informados y autorizados por la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos) mediante una un informe técnico en el que se describa la razones y el tiempo de duración. En la actualidad no se cuenta con un equipo de respaldo para ninguno de los tres compresores, por lo que la parada de cualquiera de los equipos programada o no programada incurrirá directamente en un aumento de la quema de gas en la TEA de la planta.

4.3.3 Condiciones Ambientales Con base en información tomada del IDEAM se resumen las condiciones climáticas esperadas para Puerto Wilches lugar donde se encuentra ubicada la planta compresora Yarigui.

- Temperatura ambiente mínima 18 C
- Temperatura ambiente media 27,6 C
- Temperatura ambiente máxima 25 C
- Humedad relativa 78%
- Altura sobre el nivel del mar 75,94 msnm

4.3.4 Destinación del Gas comprimido. El gas proveniente de los pozos de Cantagallo y Yarigui es Comprimirlo y enviado a la Planta TURBOEXPANDER en la Refinería Barrancabermeja. Igualmente es suministrado como gas domiciliario al municipio de Puerto Wilches y los corregimientos Km 8, El Pedral y Sogamoso. También es suministrado a la planta de generación de energía Isla VI y como combustible para el funcionamiento de los motocompresores a una presión de 70 psi.

4.3.5 Capacidad de Compresión La Planta Compresora de Gas Yarigui tiene una capacidad de compresión por cada compresor de 1.900.000 pies cúbicos de gas por día en promedio, actualmente la entrada de gas a la planta es de 6.500.000 pies cúbicos por día en promedio y se comprimen en promedio 5.700.000 de pies cúbicos con presiones de salida en el orden de 500 psi a 600 psi.

4.4 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO RCM

El equipo dispuesto para conformar el grupo de trabajo de RCM se conformó teniendo en cuenta que consiguiera proveer la mayor cantidad de información posible para responder satisfactoriamente las siete (7) preguntas básicas del RCM. Las personas escogidas poseen una larga y acumulada experiencia en cada una de sus disciplinas y en este caso también del activo y los procesos de los que forma parte.

El equipo multidisciplinar estuvo conformado de la siguiente manera:

- **Personal de Operaciones:** Estas personas se destacan por poseer una amplia experiencia en el manejo y operación de los sistemas y el equipo. Son los encargados de velar por su control. Hicieron parte personal que labora actualmente y personal que laboro hasta hace algunos años, los cuales acumulan varios años al frente de la operación de los equipos.
- **Personal de Mantenimiento:** El personal de esta categoría es experto en reparaciones y labores de mantenimiento asociadas al equipo. Hicieron parte trabajadores de las disciplinas de instrumentación y control, técnicos mecánicos y supervisores de mantenimiento.
- **Facilitadores:** Dentro de las funciones de este personal están el direccionamiento en la realización del análisis de modos y efectos de falla (AMEF), el nivel de profundidad que puede tener el análisis y los límites o fronteras que se deben respetar durante su realización. También establece y verifica la selección de las tareas de mantenimiento más apropiadas de acuerdo con la metodología.
- **Personal de Planeación y confiabilidad:** Este personal dispone de información técnica del equipo, como lo es: historiales de mantenimiento, fallas o paradas no programadas, intervenciones, plan actual de mantenimiento, medición y seguimiento de indicadores, entre otras.

4.5 DEFINICIÓN DE FUNCIONES

El siguiente paso en el proceso es la definición de funciones clasificándolas en funciones primarias y funciones secundarias. Para este paso se tuvo en cuenta el contexto operacional que presenta la compresora, la frontera y delimitación de

subsistemas presentados en la norma ISO 14224 y la definición de parámetros de funcionamiento deseados los cuales fueron establecidos con ayuda del grupo de trabajo RCM.

Las funciones definidas para el sistema de compresión de los compresores Ajax son:

4.5.1 Función Primaria: Comprimir Gas proveniente de Gasoductos, a una Presión de Descarga de entre (500-600) Psi y un Caudal de Salida de entre Uno coma Ocho y Dos (1.8 - 2) MMPCD (Millones de Pies Cúbicos) así:

PRIMERA ETAPA:

Presión Operación. Máxima Entrada: 17 Psi

Presión Operación. Salida: (50-60) Psi

Temperatura. Entrada: No relevante.

Temperatura Operación. Salida: (260-300) °F

SEGUNDA ETAPA

Presión Operación. Entrada: (50-60) Psi

Presión Operación. Salida: (245-260) Psi

Temperatura Operación. Salida: (245-270) °F

TERCERA ETAPA

Presión Operación. Entrada: (245-260) Psi.

Presión Operación. Salida: (500-600) Psi.

Temperatura Operación. Salida: (200-230) °F

4.5.2 Funciones Secundarias

- Lubricar los componentes mayores del compresor (Cigüeñal, Bielas, Crucetas, otros) manteniéndose un volumen de aceite en el Carter de 55 Galones. Y unas características fisicoquímicas sugeridas por el fabricante. Aceite SAE 30 (55-65 SSU) a 210 F.
- Lubricar los componentes móviles dentro de las cámaras de compresión, a un caudal de aceite de entre (40-50) gotas por minuto y a una presión superior a la interna de cada cilindro.
 1. Etapa: 17 Psi
 2. Etapa: 55 Psi
 3. Etapa: 240 PsiEl aceite utilizado debe ser SAE 30.
- Monitorear la Temperatura y la Presión del Gas en las etapas de compresión. Así:
 1. Etapa: Presión Entrada y Temperatura a Salida
 2. Etapa: Presión Entrada y Temperatura a Salida
 3. Etapa: Presión Entrada y Salida y Temperatura a Salida
- Impedir el paso de gas de las cámaras de compresión a las secciones que alojan el cigüeñal, cruceta y demás partes móviles del compresor.
- Trasmitir el movimiento rotativo recibido por el cigüeñal en movimiento lineal a los pistones del compresor.

4.6 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS BASADO EN HISTORICO DE MANTENIMIENTO

Para el análisis de la información sobre las fallas en los equipos compresores de gas de la planta Yariguies, se utilizó el programa de mantenimiento Mincom Ellipse versión 5.2.3.5, que permitió organizar los datos sobre las paradas de equipos suministrados por el personal de operación y mantenimiento.

Los datos de fallas recolectados para los equipos compresores en un periodo de tiempo establecido es una buena herramienta para seleccionar modos de falla que se presentan constantemente y que generan parada del equipo lo cual da una pauta para mejorar el plan de mantenimiento del sistema de compresores y encontrar tareas que apunten a solucionar estos problemas. El tamaño de la muestra con la cual se obtuvo los datos fue de un periodo de tres (3) años comprendidos entre el 2013 y 2016, información suficiente para realizar el análisis de datos. El análisis muestra claramente los modos de fallas que se presentan con más frecuencia y los subsistemas que se han visto afectados. Este análisis es de gran ayuda para el análisis inicial ya que presenta una radiografía de los modos de falla que se presentaron y los que se están presentando actualmente, los cuales debemos evitar en el nuevo plan de mantenimiento. La recolección de datos para los equipos se realizó con la colaboración de personal técnico de operaciones y mantenimiento según la norma ISO 14224 con lo cual nos garantiza que se presenten de una forma ordenada y confiable.

La tabla 1 representa un modelo de evidencia de la forma como se recolectaron los datos de las paradas correctivas para los diferentes compresores de la planta Yariguies durante el periodo de 2013 a 2016. Los datos incluidos dentro de la misma, son una muestra representativa que sólo muestra una parte del total de la información recolectada

Tabla 1. Base de Datos de Histórico de Fallas en Compresores DPC-600

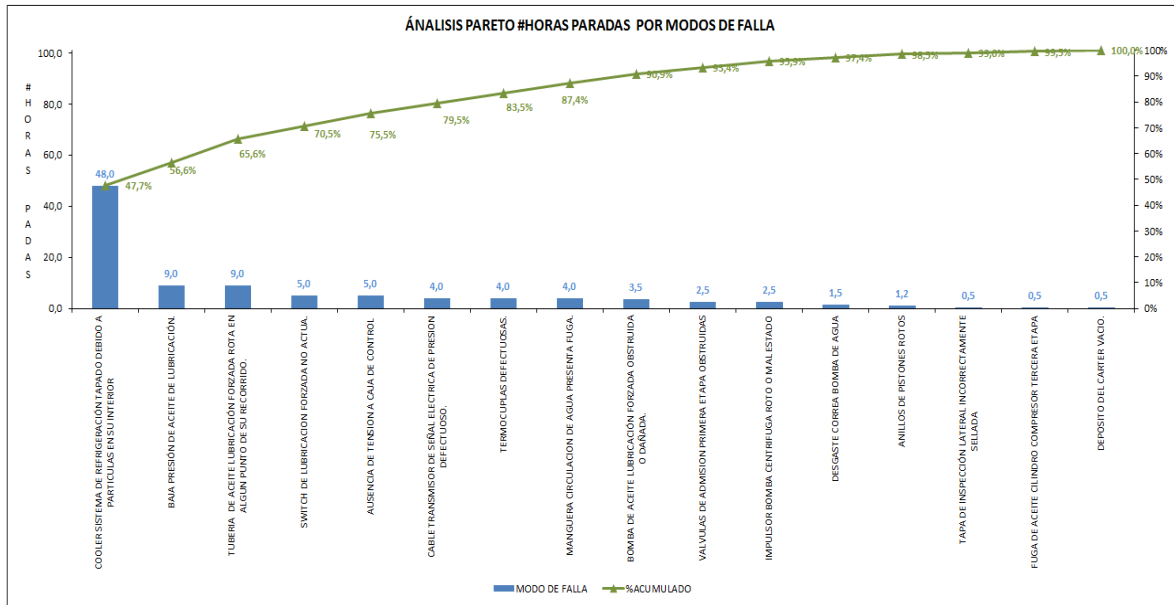
		FORMATO DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS CRITICOS CONTRATO MA-0026364 CONSORCIO CONFIPETROL GERENCIA DE OPERACIONES Y DESARROLLO DEL RIO GRI Y CAMPO CICUCO											
FECHA	CAMPO	ESTACIÓN/SISTEMA	EQUIPO	TRU	HRS. OPE	HRS. PROG	HRS. NO PRO	TIPO MIT	DESCRIPCIÓN	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	ITEM MANTENIBLE	
19/01/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,85	0,00	1,15	CO	ALTA TEMPERATURA EN LAS INTERETAPAS DE COMPRESIÓN				
22/01/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	20,50	0,00	3,50	CO	Máquina #2: Baja temperatura cilindro motriz, por falla en	Baja salida	LOO	Termocupla	
22/01/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 1	1	23,50	0,00	0,50	CO	Falla en sistema de transferencia de aire gas				
22/01/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	23,50	0,00	0,50	CO	Falla en sistema de transferencia de aire gas				
03/02/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	21,75	0,00	2,25	CO	Sistema de enfriamiento motor				
03/03/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,90	0,00	1,10	CO	Rotura tubing de lubricacion forzada				
11/03/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,67	0,00	1,33	CO	Ruptura tubing aceite hidraulico cilindro motriz 2	Colapso / Rotura	BRD	Tubing aceite hidraulico	
15/04/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	20,50	0,00	3,50	CO	Ruptura tubing del hidraulico cilindro motriz numero 3	Colapso / Rotura	BRD	Tubing de 3/8" aceite hidraulico cilindro motriz numero 3	
24/05/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	15,00	0,00	9,00	CO	Maquina trabajando a bajas RPM	Falla en demanda	FTF	Regulador gobernador	
25/05/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	20,50	0,00	3,50	CO	Fuga de gases tubo de escape	Fuga externa- medio de	ELU	Empaque tubo escape motor	
26/05/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	18,50	0,00	5,50	CO	Fuga de gases tubo de escape	Fuga externa- medio de	ELU	Empaque tubo escape motor	
25/06/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	23,50	0,00	0,50	CO	Fuga de aceite cilindro compresor tercera etapa				
30/06/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 1	1	23,50	0,00	0,50	CO	Cambio de valvula en segunda interetapa				
30/06/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	23,00	0,00	1,00	CO	Corregir falla en valvula de paso gas combustible				
01/07/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,50	0,00	1,50	CO	Revisar motor de arranque motor				
16/07/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,00	0,00	2,00	CO	RUPTURA TUBING DE TRANSMISIÓN DE SEÑAL DE PRESIÓN SEGUNDA ETAPA AL TABLERO DE CONTROL	Colapso / Rotura	BRD	Tubing transmisión	
20/07/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	23,50	0,00	0,50	CO	PARADA MOTO COMPRESOR 2 POR FALLA DE NIVEL TERCERA INETER ETAPA				
05/08/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,00	0,00	2,00	CO	MAQUINA 2 PARADA PERDIDA DE RPM-SOLTURA MANGUERA EN MAQUINA 2	Insuficiente transferencia de calor	IHT	anguera sistema enfriamient	
09/08/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	22,50	0,00	1,50	CO	MAQUINA 3 NO ARRANCA	Falla para encender	FTS	Cable alta bujia	
16/08/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	21,00	0,00	3,00	CO	MAQUINA 2 Falla en el sensor de proximidad	Falla de transmisión	PTF	Pickup	
17/08/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	14,00	0,00	10,00	CO	MAQUINA 2 Falla en el sensor de proximidad	Falla de transmisión	PTF	Pickup	
24/08/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 3	1	23,50	0,00	0,50	CO	Maquina 3: Mantenimiento cilindro motriz, cambio cable de alta.	Baja salida	LOO	Cable alta bujia	
14/09/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	22,00	0,00	2,00	CO	INSTALAR TUBING MAQUINA AJAX #2	Tapado/obstruido	PLU	TUBING	
15/10/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	19,00	0,00	5,00	CO	FALLA CABLE PRIMARIO				
15/10/2015	CANTAGALLO	PLANTA COMPRESORA YARIGUÍ	Motocompresor Ajax 2	1	19,50	0,00	4,50	CO	FALLA EN VALVULA DE SUCCION E INESTABILIDAD DE TEMPERATURA CILINDRO DOS				

Fuente: Confipetrol S.A.S

En la figura 16 se presenta el Pareto de número de horas de parada por modo de falla con el cual identificamos que elemento es el que causa la mayor indisponibilidad en el sistema compresor en el tiempo establecido, esto muestra una clara pauta en el momento de realizar el análisis de modos de falla, los cuales no se están evitando en el actual plan de mantenimiento y su incidencia en la

indisponibilidad del equipo con lo cual se debe dar un trato especial en el desarrollo del proceso RCM.

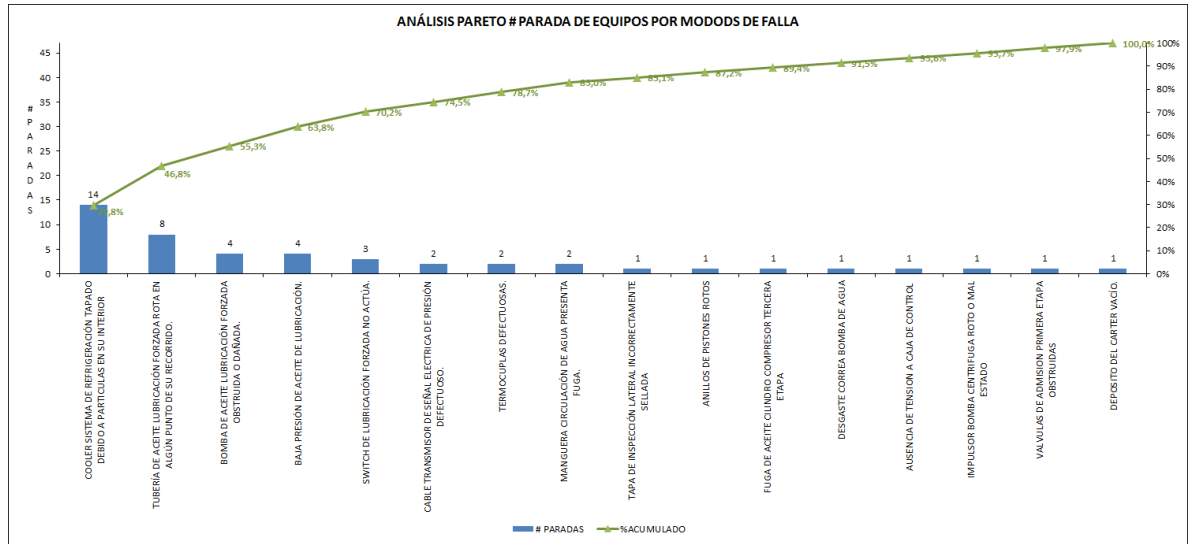
Figura 16. Pareto No 1- Horas parada Vs Modos de falla



Fuente: Autores

El la figura 17 se muestra el Pareto de números de paradas en el cual visualizamos cual modo de falla presenta más eventos que ha hecho parar el sistema compresor en el periodo de tiempo establecido, esto sirve para determinar la frecuencia de tiempo en la cual se debe realizar una tarea que ayude a mitigar la ocurrencia del mismo.

Figura 17. Pareto No 2- Frecuencia de Paradas Vs Modos de falla



Fuente: Autores

4.7 ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

Posterior a la definición de funciones, teniendo como base el contexto operacional y la frontera definida en el sistema de compresión; el paso siguiente de acuerdo a la metodología RCM es la definición de las fallas funcionales, modos y efectos o consecuencias de falla. Estos pasos se realizaron con la ayuda de la herramienta AMEF o Análisis de Modos y Efectos de Falla.

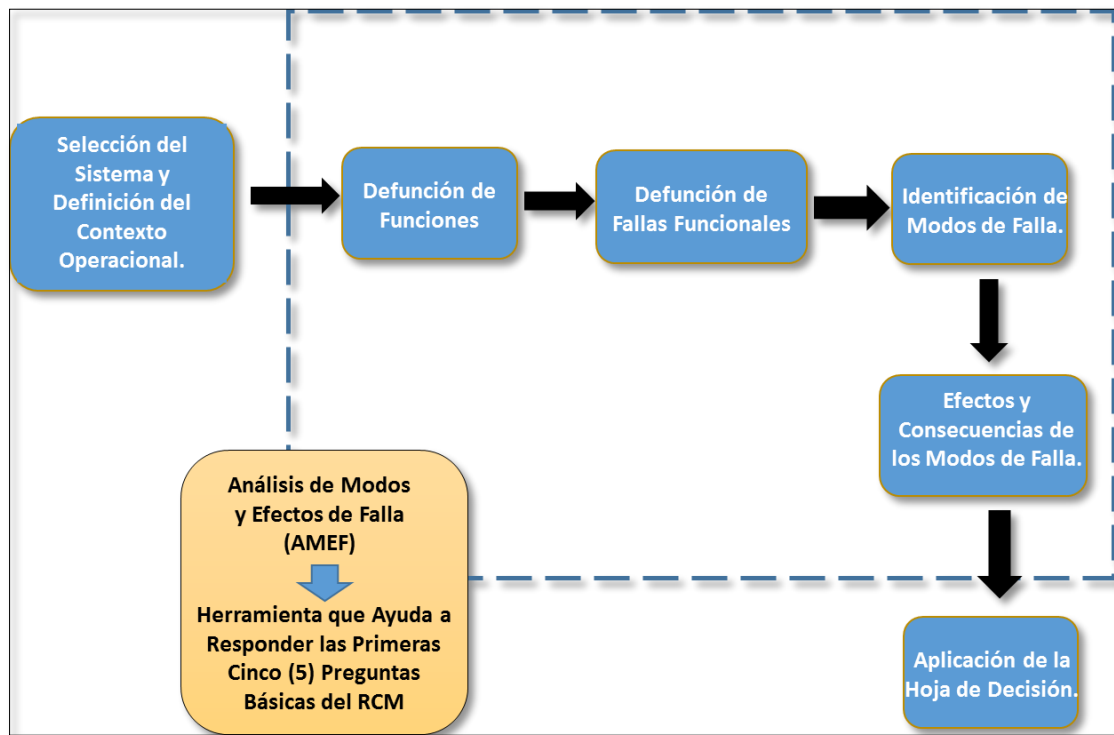
El (AMEF) es una metodología sistemática que permite identificar fallas potenciales de un proceso o producto antes que ocurran, con el fin de eliminarlas o mitigar el riesgo asociado a las mismas. La realización de este análisis, constituye la parte más importante del proceso en la ejecución del RCM, debido a que es aquí en donde se obtendrá la información necesaria para prevenir las consecuencias de las potenciales fallas que pudiesen existir en el equipo; con base en la selección idónea de tareas o actividades de mantenimiento, que irán encaminadas a actuar sobre cada modo de falla y efectos identificados.

Para desarrollar el objetivo principal de la Metodología AMEF de poder encontrar todas las formas o causas mediante las cuales un activo puede fallar dentro de un proceso, e identificar la importancia del impacto que sus efectos, o consecuencias trae para la organización, la metodología se basa en tres criterios básicos: Seguridad de las Personas, Medio Ambiente y Operaciones o Producción.

Para la correcta realización del AMEF el grupo de trabajo del RCM debe realizar su ejecución siguiendo la siguiente secuencia:

- Exponer las funciones del activo(s) con sus respectivos estándares de desempeño y acorde con su relativo contexto operacional.
- Definir las Fallas Funcionales, asociadas con la respectiva función del activo.
- Identificar el total de modos de falla, correspondientes a cada falla funcional.
- Establecer los efectos o consecuencias asociados a cada modo de falla.

Figura 18. Diagrama para el Desarrollo de la Metodología AMEF



Fuente. Curso Básico de RCM. Carlos Parra Márquez. INGEMAN.

4.7.1 Definición de fallas funcionales En este paso se responde la segunda pregunta del RCM. ¿De qué manera falla en satisfacer las funciones el activo? Si se retoma la definición presentada en el capítulo dos: Un activo estará en falla funcional siempre que se esté Incapacitado para cumplir una función según un parámetro de desempeño aceptado por el usuario.

Para el desarrollo de este paso se tuvieron en cuenta las diferentes tipos de falla funcional establecidos en RCM, como los son falla parcial y falla total. Los cuales estuvieron determinados por los parámetros de operación que actualmente tiene el sistema de compresión.

4.7.2 Identificación de modos de falla El tercer paso del RCM, se caracteriza por establecer las causas físicas o eventos por las cuales se presentaron las fallas funcionales (totales o parciales). Una de las diferencias importantes entre la tradicional forma de hacer mantenimiento y RCM radica en que las actividades de prevención, anticipación o corrección deberán estar orientadas a atacar los modos de falla específicos, es decir, el análisis realizado por el grupo de trabajo de RCM, se acentuara en cada modo de falla, el cual estará asociado a una determinada falla funcional. *(Cada falla funcional puede llegar a tener más de un modo de falla).*

En el proceso de análisis, el grupo de trabajo del RCM estableció e identifico los modos de fallas basado en:

- Actual plan de mantenimiento del sistema compresor.
- Personal de mantenimiento y/o operación que ha tenido una larga asociación con el equipo.
- Historiales técnicos de fallas ocurridas durante los últimos años existentes en el activo.

4.7.3 Definición de los efectos y consecuencias de los modos de falla. El cuarto paso del proceso del RCM, consistió en describir lo que le ocurriría al

sistema de compresión si no se realizaba ninguna actividad para Anticipar, prevenir o mitigar los modos de fallas, es decir, que pasaría en el sistema y el equipo si ocurriera la falla.

Dentro de la descripción de estos efectos se incluyó toda la información necesaria que ayudaría a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas (*Quinto paso del RCM*).

Para determinar y describir en forma completa y precisa los efectos producto de cada modo de falla, el grupo de trabajo respondió y consolidó en el AMEF las siguientes preguntas:

- ¿De qué forma se evidencia (Si es evidente), que el modo de falla ha ocurrido?
La descripción del efecto debe detallar la manera en que se hace evidente para los operadores, que el modo de falla ha ocurrido. Estas manifestaciones comprenden cambios físicos en el comportamiento del equipo como: velocidad, vibraciones, ruidos, vapores, fuego, olores, charcos de aceite y señales como alarmas, luces, entre otros.
- ¿De qué manera la ocurrencia del modo de falla, puede afectar la seguridad de las personas y el medio ambiente?
Si existe la posibilidad de que alguien resulte herido como resultado del modo de falla o se viole alguna norma de regulación medioambiental, el efecto debe describir cómo puede ocurrir esto.
- ¿De qué manera la ocurrencia del modo de falla, puede afectar la producción o las operaciones?
Si existe la posibilidad de que se afecten las operaciones y la producción se debe describir cómo puede pasar esto y por cuánto tiempo. Teniendo en

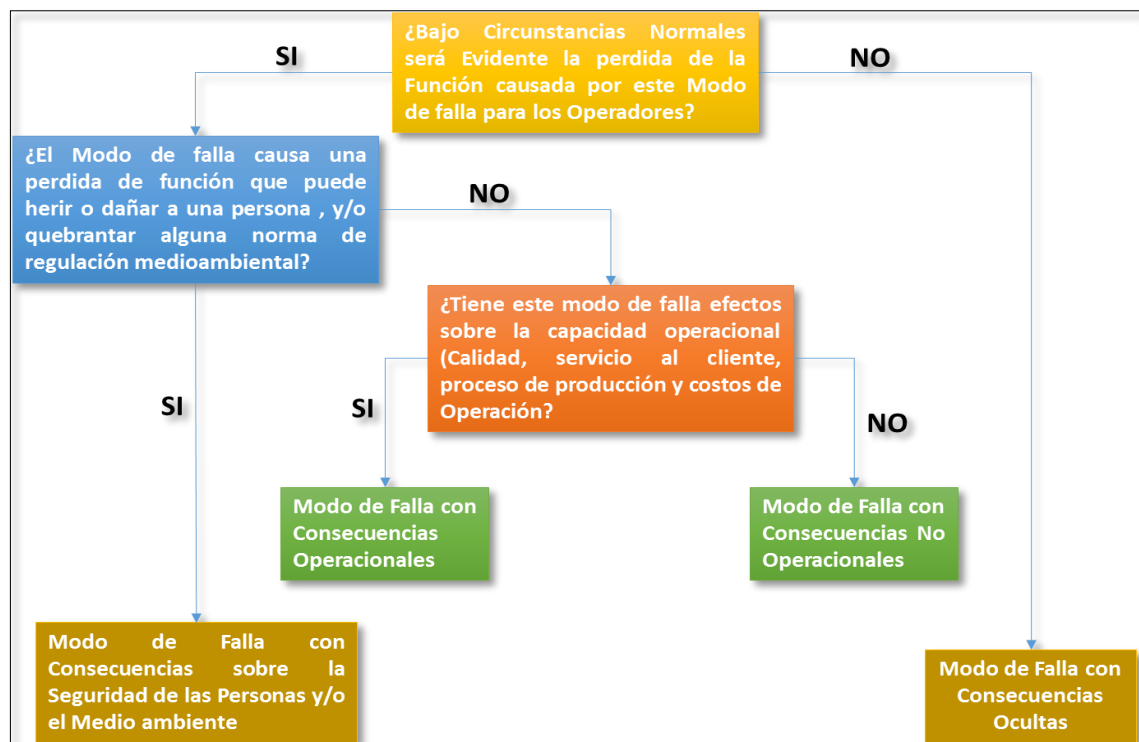
cuenta, condiciones operativas como: Tiempo fuera de servicio, Velocidad de operación, Calidad, Otros sistemas y Costos de Operación globales.

- ¿Cuál sería la acción correctiva necesaria para reparar las consecuencias después de ocurrido el modo de falla?

La descripción de los efectos también debe incluir que es lo que debe hacerse para reparar el equipo después de ocurrida la falla, de manera breve una descripción de la acción necesaria para corregir el modo de falla.

Las consecuencias de los modos de falla se identificaron apoyándose en el siguiente diagrama:

Figura 19. Diagrama de flujo que Permite Determinar las Consecuencias de los modos de Falla.



Fuente. PARRA MARQUEZ, Carlos y CRESPO MARQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos.

4.7.4 Hoja de decisión y definición de tareas El sexto y séptimo paso del RCM está definido por las actividades de mantenimiento que se deben realizar para prevenir o predecir los modos de falla y evitar o mitigar sus consecuencias. El grupo de trabajo realizó la selección de estas actividades de acuerdo al árbol lógico de decisión del RCM el cual también se encuentra especificado en la Norma SAE J1012.

Esta herramienta permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada, para evitar los posibles efectos de cada modo de falla, siempre y cuando dicha tarea satisfaga los criterios de técnicamente factible y vale la pena hacerlo, los cuales se describen a continuación.

Si una actividad de mantenimiento es físicamente posible de realizar y reduce las consecuencias de la falla a un punto que es tolerable para el dueño o el usuario del activo se dice que esta actividad es técnicamente factible.

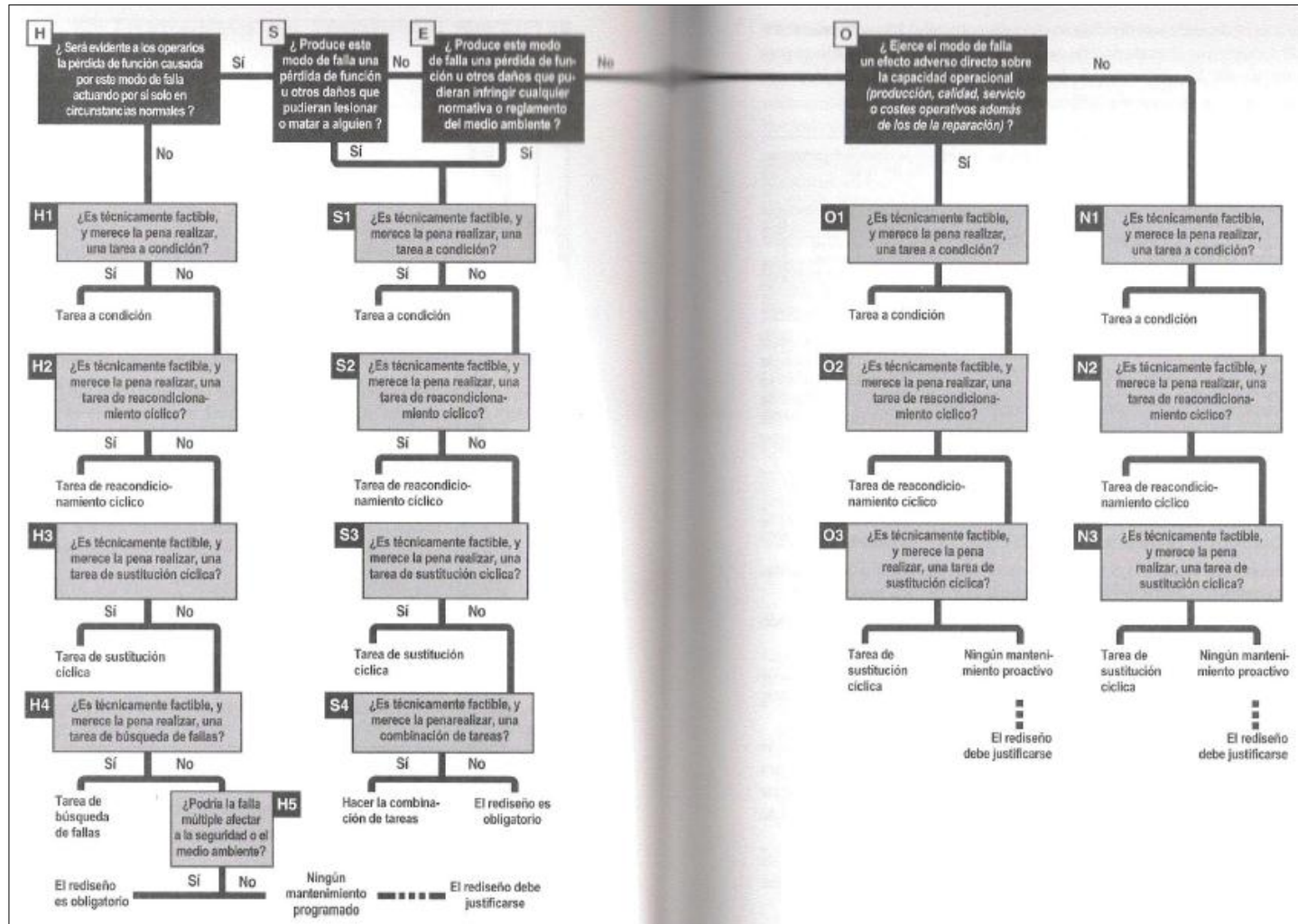
De igual forma si la actividad reduce las consecuencias de la falla a un punto que justifique los costos directos (mano de obra, materiales, repuestos) e indirectos (tiempos muertos necesarios para realizar la tarea) de hacerla, se dice que esta actividad merece la pena.

Luego se selecciona el tipo de actividad de mantenimiento más adecuada por medio del árbol lógico de decisión, se debe especificar la acción de mantenimiento más idónea junto con la frecuencia de ejecución que permita su factibilidad técnica.

Al apreciar el diagrama de decisión del RCM presentado en la figura 20, se observa que se encuentra dividido en dos partes; la parte derecha la cual contiene el proceso de decisión para modos de falla que en circunstancias normales harán evidentes a los operadores la pérdida de la función y en la parte izquierda el

proceso de decisión para modos de falla que en circunstancias normales no harán evidente a los operadores la pérdida de la función.

Figura 20. Diagrama de Decisión del RCM



Fuente: MOUBRAY, John. RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. P-175

El primer paso para definir las actividades de mantenimiento consiste en identificar las consecuencias de cada uno de los modos de falla, para lo cual se debe observar la descripción realizada en los efectos y evaluar el diagrama presentado en la figura 20.

Seguidamente se debe seleccionar el tipo de actividad o tarea de mantenimiento para lo cual RCM presenta dos grandes grupos:

- Tareas proactivas o tareas llevadas a cabo antes de que ocurra la falla con el objetivo de prevenir que el componente llegue a su estado de falla.
- Acciones a falta de: Tareas que tratan con el estado de falla y son seleccionadas cuando no es posible identificar una tarea proactiva adecuada.

4.7.4.1 Actividades proactivas:

- **Tareas de Reacondicionamiento Cíclico**

Este tipo de tareas de mantenimiento comprenden el restablecimiento o restauración de partes, sistemas o equipos su condición original, antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento. Por lo general en estas actividades los activos son puestos fuera de operación, se desmontan y se desarman para luego ser inspeccionados de forma completa. Allí se cambian partes con el fin de prevenir la aparición de posibles modos de falla.

- **Tareas de Sustitución Cíclica.**

Las tareas de sustitución cíclica son tareas de mantenimiento orientadas al reemplazo de componentes o partes de un activo por unas nuevas, antes o en el límite de su edad definida independientemente de su estado en ese momento. Por lo general este tipo de tareas se aplican en casos donde es imposible devolver el estado de los componentes a su condición original después de transcurrida su

vida útil. En otros casos también se presentan porque aunque el reacondicionamiento es posible sencillamente no es costo-eficaz llevarlo a cabo.

La diferencia que existe entre las tareas de sustitución cíclica y las de reacondicionamiento cíclico consiste en que las primeras son aplicadas a partes de un activo, es decir, no se aplican a activos complejos o activos constituidos por varios componentes. En ocasiones estos dos términos pueden aplicarse exactamente a la misma tarea y la selección adecuada dependerá del nivel al cual se está llevando el análisis.

- **Tareas Programadas en base a la Condición**

Este tipo de tareas se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de falla no ocurren instantáneamente, por el contrario estos dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Si es posible encontrar evidencia de que algo está en las últimas instancias de fallar, podría actuarse para prevenir que falle o evitar las consecuencias de la falla.

El estado identificable durante el cual es posible detectar que la falla funcional está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir se denomina falla potencial y está asociado a una condición física identificable como por ejemplo, el nivel de ruido, nivel de vibración, medida de la temperatura, entre otros.

Dentro de la industria y de igual manera el sistema de este estudio algunos de los ejemplos más comunes de fallas potenciales son:

- Lecturas de nivel de Vibraciones rotativas, que indican fallas en elementos rotativos como: cojinetes, bombas, ejes, entre otros.
- Lecturas de vibraciones recíprocantes que pueden indicar fallas en válvulas de admisión y descarga del compresor, fallas en motor, entre otros.

- Partículas en el aceite contenido en el Carter o depósito de aceite, indicarían posibles fallas en elementos rotativos como: cigüeñal, casquetes y biela.
- Grietas existentes en metales pueden indicar fallas inminentes porque el metal se encuentra fatigado.
- Puntos calientes indicarían deterioro del material en por ejemplo: componentes refractarios del hogar en una caldera, deterioro en materiales conductores de electricidad, entre otros.

4.7.4.2 Acciones a falta de

- **Tareas de Búsqueda de Falla**

Existe un tipo de tarea que no hace parte de los tres tipos más comunes de mantenimiento usados en la industria (predictivo, preventivo y correctivo) y que se enfoca en prevenir las fallas que no son evidentes a los operadores en condiciones normales o fallas ocultas; este tipo de tareas de mantenimiento se conocen como tareas defectivas o de búsqueda de falla.

Cuando se presenta una falla oculta, el mayor riesgo está en que se presente una falla múltiple, es decir, la falla de una función protegida mientras el dispositivo de protección de esta función se encuentra igualmente en falla. Por lo que las tareas de búsqueda de fallas ocultas, consisten en realizar chequeos, inspecciones o pruebas funcionales de forma periódica a los activos. Con el objetivo de detectar si la función se encuentra en condiciones normales de operación o en estado de falla.

- **Ningún Mantenimiento Programado**

Cuando sencillamente no realizamos ningún tipo de actividad de mantenimiento para evitar un modo de falla o mitigar sus consecuencias nos referimos a

mantenimiento no programado, o reparación una vez ha ocurrido la falla. Para llevar a cabo este tipo de tarea debe cumplirse que el modo de falla, siendo evidente o al no hacerlo y presentar una falla múltiple, en ninguno de los dos casos se afecte la seguridad de las personas ni el medio ambiente.

De igual forma también, debe satisfacerse que al comparar los costos económicos de cualquier mantenimiento proactivo no resulte ser costo-eficaz llevarlo a cabo.

- **Rediseño**

En los casos en que no se logre conseguir actividades de prevención que predigan o mitiguen las consecuencias de los modos de falla que afecten la seguridad de las personas o el medio ambiente a un nivel aceptado por el dueño o usuario del activo, la actividad a seleccionar es el rediseño.

Dentro de la conceptualización que hace parte del término rediseño se tiene: el cambio en la especificación de componentes en un equipo, cambios de una sola vez en un proceso o procedimiento que afecte la operación de una planta y el entrenamiento de una persona para lidiar con un modo de falla específico.

- **Tareas para Prevenir Errores Humanos**

Los errores cometidos por personal involucrado en la operación del equipo, hacen parte de las causas, razones o modos de falla por los que se presentan las fallas funcionales en el sistema compresor, por lo que fueron incluidas en el AMEF.

De acuerdo con la metodología cuando se trata de la relación personas-maquinas, existen cuatro (4) grupos en los que se concentran los principales factores que intervienen en la interacción y que a su vez están asociados a la posibilidad de que se cometa un error humano.

1. Factores Antropométricos: Este tipo de factores se asocian con el tamaño y/o fuerza que el operador ejerce sobre el equipo. Los errores se presentan porque la persona o parte de ella como su mano o brazo.

- No puede entrar a un espacio dispuesto para hacer algo.
- No puede alcanzar algo.
- No tiene la suficiente fuerza para levantar o mover algo.

2. Factores Sensoriales: Este factor está ligado a la facilidad con la que las personas pueden oír, ver, sentir y oler lo que sucede a su alrededor. Si un error ocurre por la visibilidad o legibilidad de un operador y un instrumento, está asociado al factor sensorial.

3. Factores Fisiológicos: El factor fisiológico se refiere al estrés del tipo ambiental que afecta el desempeño humano y del cual hace parte elementos como: temperaturas altas y bajas, exceso de humedad, ruidos fuertes, altas vibraciones, radiaciones, químicos tóxicos, y trabajo prolongado

En los tres grupos anteriormente mencionados el modo de falla no es el error humano en sí, en cambio las fallas en los diseños, soluciones para condiciones ambientales o fallas en procedimientos de trabajo si lo son.

4. Errores Psicológicos Para este caso el modo de falla si es el error humano. Esta categoría agrupa los factores que tienen que ver con la psiquis de las personas. Se dividen en dos grupos: errores intencionales (cuando las personas actúan deliberadamente para hacer algo y lo que hacen no es correcto) y errores no intencionales (cuando las personas hacen la que debe hacerse pero lo hacen de la manera incorrecta). Los errores no intencionales se clasifican en deslices y omisiones y los errores intencionales en equivocaciones y contravenciones.

Dentro de las actividades para prevenir los errores humanos o factores que posibilitan la ocurrencia de alguno de estos se encuentran: Rediseño de componentes y/o del equipo, cambios en los procedimientos o condiciones de trabajo y el involucramiento del personal en la realización del RCM. Este último de gran importancia debido a que el personal se da cuenta de su incidencia en el activo y las consecuencias a que tienen lugar el presentarse los modos de falla.

5. PLAN DE MANTENIMIENTO

El resultado de haber implementado la metodología de RCM en el sistema compresor es el plan de mantenimiento presentado en la Tabla Numero 2. Este cuadro contiene las tareas de mantenimiento propuestas, su frecuencia de acuerdo a horas de operación y los recursos necesarios para realizarla. Estas actividades se deben subir al sistema de mantenimiento para que queden automatizadas y se cumplan en el tiempo establecido.

Tabla 2. Plan de Mantenimiento para el Sistema Compresor

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN DEL LOS COMPRESORES AJAX DPC 600			
COD. TAREA	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS
T1	Revisar estado de válvula de drenaje del Carter.	170	Un (1) Operador del Equipo.
T2	Revisar y Ajustar caudal de la bomba de lubricación Forzada en (30 a 40) gpm (gotas por minuto).	170	Dos (2) técnicos mecánicos
T3	Recorrido de Inspección de las Válvulas de Corte a lo largo del Gasoducto de Despacho.	720	Un (1) Operador del Equipo.
T4	Monitoreo de Vibraciones Rotativas para Verificación de Estado de Componentes Bomba Centrífuga.	720	Un (1) Técnico CBM
T5	Monitoreo de Condición-Análisis de Aceites	720	Un Técnico CBM

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN DEL LOS COMPRESORES AJAX DPC 600			
COD. TAREA	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS
T6	Monitoreo por Vibraciones Reciprocantes para cada una de las Válvulas de Admisión y Descarga en las Diferentes Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM
T7	Monitoreo por Vibraciones Reciprocantes para Verificación de Estado de los Anillos en Pistones de cada una de las Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM
T8	Monitoreo de Vibraciones Reciprocantes para Verificación Estado de Casquetes de Biela.	1500	Dos Técnicos CBM
T9	Monitoreo de Vibraciones Reciprocantes para Verificación Estado de Casquetes de Bancada.	1500	Dos Técnicos CBM
T10	Verificación de Torque de Ajuste en cada uno de los Tornillos de la Manzana del Ventilador.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos
T11	Verificación de Torque de Ajuste de los tornillos y Grado de Inclinación en 25° para las Aspas del Ventilador.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos
T12	Evaluación de la Condición de la Correa Transmisora de la Bomba Hidráulica.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos
T13	Evaluación de la Condición	2500	Dos (2) Técnicos

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN DEL LOS COMPRESORES AJAX DPC 600			
COD. TAREA	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS
	de la Correa Transmisora del Ventilador.		Mecánicos
T14	Revisar Indebida Manipulación del Bolsillo (1-2 Etapa) de Cilindros Compresores	2500	Un (1) Técnicos Mecánicos
T15	Revisión de Switch o Control de Nivel de Aceite que se encuentra en el Carter	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas
T16	Revisión de Switch o Control de Nivel de Lubricación Forzada.	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas
T17	Revisión y Limpieza Interna de Tubing de Conexión a Transductor de Presión.	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas
T18	Revisar y calibrar Manómetros Indicadores de Presión.	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas
T19	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Válvula de Control de Nivel de Condensados en Scrubbers.	5000	Dos (2) Técnicos Instrumentistas
T20	Cambio de Cables Transmisores de señal Eléctrica de Temperatura.	5000	Dos (2) técnicos instrumentistas
T21	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Válvulas Compresoras y Procedimientos respectivos, al personal Técnico Involucrado	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN DEL LOS COMPRESORES AJAX DPC 600			
COD. TAREA	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS
T22	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Empaquetaduras y Procedimientos respectivos, al personal Técnico Involucrado.	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos
T23	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Cruceta con Tolerancias Requeridas.	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos
T24	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Válvula Reguladora de Presión a la Entrada de Primera Etapa	10000	Dos (2) Técnicos Instrumentistas
T25	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Bomba de Lubricación Forzada	10000	Dos (2) técnicos mecánicos
T26	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes en Válvulas Cheque del Sistema Lubricación Forzada.	10000	Dos (2) técnicos instrumentistas
T27	Inspección de Termocuplas	10000	Dos (2) técnicos instrumentistas
T28	Compruebe que la Conexión de Bornera para termocupla en Sistema de Monitoreo de Temperatura este Correctamente Conectada.	10000	Un (1) técnicos instrumentista.
T29	Marraneo de Tubería de Despacho.	20000	Dos (2) Técnicos Mecánicos
T30	Cambio de Manguera del	20000	Dos (2) Técnicos

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN DEL LOS COMPRESORES AJAX DPC 600			
COD. TAREA	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS
	Sistema de Refrigeración		Mecánicos
T31	Sondear Tubería del Cooler.	20000	Dos (2) Técnicos Mecánicos
T32	Cambio de Empaquetaduras para Sellado de Gas.	20000	Cuatro (4) Técnicos de Mantenimiento.
T33	Cambio de Vástago del Pistón por Tiempo de Operación.	40000	Cuatro (4) Técnicos Mecánicos

6. CONCLUSIONES

Un valor significativo del total de consecuencias para los modos de falla encontrados, presento afectación para el medio ambiente porque se infringía directamente en el artículo 52 del decreto 1845 de 2009, esto se asocia al hecho de que los compresores Ajax DPC-600 en la actualidad prácticamente no pueden parar. Por esto se sugiere el estudio para la adquisición de un nuevo equipo compresor que pueda servir de Back-up en los tiempos que se deba realizar mantenimiento a alguno de los tres compresores actuales.

Durante la realización del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) no se observa un modo de falla que tenga consecuencias sobre la producción u operación. Esto es producto del montaje que presenta la planta en la actualidad, ya que el paro programado o no programado de alguno de los equipos inmediatamente se ve reflejado en un aumento de la quema de gas en TEA, afectando directamente el medio ambiente. Según la metodología RCM se deben priorizar los efectos sobre el medio ambiente por sobre los efectos de la producción. Se concluye entonces que si existiese un compresor de respaldo el análisis realizado se presentaría de manera distinta y en ese caso se podría observar el efecto sobre la producción y la operación ya que el medio ambiente no sería el primer afectado por el paro del equipo.

Con la implementación del plan de mantenimiento realizado se espera impactar directamente en los estándares de disponibilidad actuales mediante la reducción de paros no programados del equipo y de igual forma en el indicador del 3% del total de quema de gas que está asociado a paradas de los compresores. De igual forma se espera que la metodología implementada sirva como alternativa de gestión de mantenimiento para otros sistemas del equipo, activos de la planta

compresora e instalaciones del campo Cantagallo, como los son las estaciones de recolección y planta deshidratadora.

Un factor de gran importancia en la implementación del RCM es que este proceso no termina con la respuesta a las siete preguntas básicas de la metodología o la definición de las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla, tampoco con la definición de las tareas de mantenimiento. En cambio debe ser implementado en forma completa en el sistema de información de mantenimiento, en este caso en particular el programa SAP, ya que los resultados de aplicar la metodología dependerán de que el proceso no quede solamente en el papel.

Para obtener los logros y metas fijadas con la implementación de la metodología aquí descrita es de gran importancia la participación de todo el equipo de trabajo. Ingenieros de Mantenimiento, Técnicos, Personal de Operación, Profesionales HSE, y todos aquellos que tengan contacto con la operación del equipo y los procesos del cual hace parte.

Un proceso de RCM debe ser visto con Visión de Futuro debido a que los resultados medibles y cuantificables puedan ser medidos de forma segura solo al cabo de unos años, por lo cual se debe ser prudente en cuanto resultados inmediatos.

BIBLIOGRAFIA

FAJARDO RODRIGUEZ, Libia Paola. MARTINEZ SANTIS, Fabián Emiro. Propuesta para la Implementación del Plan de Mantenimiento Basado en RCM, para la Nueva Planta de Inyección PIA3 de la Superintendencia de Operaciones la Cira Infantas de la Gerencia Regional Magdalena Medio Ecopetrol S.A. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. 218 p.

FERRANS TEPEDIO, Orlando Enrique. SALAS FERNANDEZ, Carlos Miguel. Metodología para La Implementación de RCM como Filosofía de Mantenimiento para la Estación Turbocompresora de Gas Natural Palomino. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2010. 230 p.

GONZALES BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2006.

ISO 14224. Petroleum and natural gas industries Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO/TC 67/WG 4. Actualización 2006

KELLY, A. HARRIS, M.J. Gestión del Mantenimiento Industrial. Madrid. Fundación Repsol. Octubre de 1997.

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad-RCM II, Edición en Español, Ellman Sueiro y Asociados, 2004.

NIETO GONZALES, Hernando. Modelo de Optimización para el Mantenimiento Proactivo de los Equipos Críticos de un Tren de Laminación en Frio Basado en RCM. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011. 110 p.

RIOS RENJIFO, Edwin. Metodología para el Mantenimiento Basado en Condición en Compresores Reciprocantes de Gas. Monografía, Especialista en Ingeniería del Gas. Bucaramanga, 2010.66 p.

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reability - Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers Inc, 1999.30 p.

SAE JA1012. Evaluation Criteria for Reability - Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers Inc, 2002.30 p.

SALDAÑA QUINTERO, Nasser. URREGO LEAL, William Armado. Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) Para Maquinas Fabricadoras de Hielo Polares P-180. . Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. 80 p.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA AMEF PARA LOS MODOS DE FALLA DEFINIDOS.

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$	
								H	S	E	O		
1	<p>Comprimir Gas proveniente de Gasoductos, a una Presión de Descarga de entre (500-600) Psi y un Caudal de Salida de entre (1.8 - 2) MMPCD así:</p> <p>PRIMERA ETAPA: Presión Oper. Máxima Entrada : 17 Psi Presión Oper. Salida: (50-60) Psi Temperatura. Entrada: No relevante. Temperatura Oper. Salida: (260-300) °F</p> <p>SEGUNDA ETAPA Presión Oper. Entrada: (50-60) Psi Presión Oper. Salida: (245-260) Psi Temperatura Oper. Salida: (245-270) °F</p> <p>TERCERA ETAPA Presión Oper. Entrada: (245-260) Psi. Presión Oper. Salida: (500-600) Psi Temperatura Oper. Salida: (200-230) °F</p>	A	No se comprime Gas	1	Vástagos de los Pistones Compresores Rotos.	<p>¿Qué Ocurre?: Se presenta la falla en el vástago del pistón. El cigüeñal del compresor se descompensa debido a la falta de compresión en uno de los cilindros, generando vibraciones de gran magnitud en el equipo. Al mismo tiempo, el tramo roto del vástago que queda unido a la cruceta, perfora la caja de empaques y genera fuga de gas.</p> <p>- Evidencia: Vibraciones excesivas en el compresor, fuga de gas, parada del equipo por el sistema de protección por vibración.</p> <p>- Afectación SEO: Debido a la fuga de gas, existe la posibilidad de incendio en caso de que se llagase a presentar una chispa. Se podría afectar la integridad de una (1) persona.</p> <p>- Acción Correctiva: Cambio de Conjunto: Piston-Vástago, caja de empaques. Tiempo de Reparación 4 horas, personal cuatro (4) Técnicos Mecánicos.</p>	0,2	S	S			\$586,32	
					2	Manzana de Acople de Aspas del Ventilador (Hub) Desajustada.	<p>¿Qué Ocurre?: No se mantiene el Torque requerido a los tornillos de ajuste de la manzana del ventilador, el cual debido a la alta rotación del ventilador y al trabajo continuo de la maquina se desajusta. Al cabo de un tiempo de operación, la manzana del ventilador se sale y mueve sobre el eje, con lo cual el sensor de proximidad lo detecta apagando la máquina. Si la inercia del ventilador es muy grande puede salirse totalmente del eje provocando su caída contra el suelo.</p> <p>- Evidencia: Sensor de proximidad del ventilador apaga la máquina.</p> <p>- Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.</p> <p>-Acción Correctiva: Garantizar que el Torque en los tornillos de ajuste tenga el valor de 30 Lb-ft.</p>	0,7	S	N	S		\$23.452,63
					3	Válvula de Control de Nivel de Condensados en Scrubbers No Actúa.	<p>¿Qué Ocurre?: El control de Nivel de Condensados en los Scrubbers no Actúa, generando un llenado por encima del límite establecido. La protección de Nivel por condensados apaga la máquina.</p> <p>- Evidencia: Apagado de Maquina por alto nivel de condensados.</p> <p>- Afectación SEO: No se comprime el gas</p>	0,5	S	N	S		\$183,22

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$
								H	S	E	O	
						proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Reparar el control de Nivel del scrubber afectado.						
		B	El Gas de Admisión contienen una Presión MAYOR a 17 Psi	1	Válvula de Regulación de Presión a la Entrada de Primera Etapa No Actual.	¿Qué Ocurre?: Al presentarse el incremento en la presión a la entrada de la primera etapa, el sensor de presión de una de las maquinas lo detecta y apaga la máquina. - Evidencia: El sensor de presión a la entrada de la primera etapa detecta el incremento en la presión, apagado de máquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisar la válvula en sitio y si es posible repararla ahí mismo.	0,3	S	N	S		\$244,30
		C	La Presión de Operación a la Salida de la Primera (1), Segunda (2) o Tercera (3) Etapa, es MENOR del Valor de Operación Establecido.	1	Válvulas de Admisión y/o Descarga Mal Montadas.	¿Qué Ocurre?: Se arranca el equipo y el gas empieza a recircularse en la(s) etapa(s) de compresión respectiva(s). La presión cae hasta que el sensor lo detecta y apaga la máquina. - Evidencia: Disminución en la presión de descarga de la etapa(s), apagado de maquina(s), Ruido similar a zumbido en el equipo. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Desmontar válvulas para su revisión, y corrección. Implica parar totalmente el equipo. Personal cuatro (4) técnicos. Tiempo: Cuatro (4) horas.	0,2	S	N	S		\$586,32
				2	Válvulas de Admisión Obstruidas por Partículas de crudo, restos de aceite, u otro tipo de contaminante.	¿Qué Ocurre? Debido a la obstrucción en las válvulas, no se permite la suficiente entrada de gas a la etapa(s) de compresión respectiva(s). Esto genera una disminución en la capacidad de compresión. - Evidencias: Sensor detecta el Descenso en la Presión Operacional, Apagado de Máquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Desmontaje de Válvulas para su revisión y evaluación de su condición. Implica	2	S	N	S		\$5.863,16

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$
								H	S	E	O	
						parar totalmente el equipo. Personal cuatro (4) técnicos. Tiempo: Cuatro (4) horas.						
				3	Válvulas de Admisión y/o Descarga Desgastadas.	¿Qué Ocurre?: Se presenta recirculación de gas en la(s) etapa(s) y pérdida de capacidad de compresión. Evidencias: Aumento de Vibración y ruido en las válvulas del compresor. Apagado de equipo. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Desmontaje de Válvulas para su revisión y evaluación de su condición. Implica parar totalmente el equipo. Personal cuatro (4) técnicos. Tiempo: Cuatro (4) horas.	0,5	S	N	S		\$1.465,79
		D	La Presión de Operación a la Entrada de la Segunda (2) o Tercera (3) Etapa es MAYOR del Valor Establecido.	1	Válvulas de Admisión de la Segunda (2) o Tercera (3) Etapa en mal Estado.	¿Qué Ocurre?: Al presentarse la falla en las válvulas de admisión de la etapa (2 o 3), se genera una restricción que hace que la presión a la salida de las etapas anteriores (1-2 respectivamente) aumente. Como consecuencia se produce el apagado de la maquina por alta presión. Evidencia: Incremento de presión y Temperatura en la etapa. Si se superan los rangos se apaga la máquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Desmontaje de Válvulas para su revisión y evaluación de su condición. Implica parar totalmente el equipo. Personal cuatro (4) técnicos. Tiempo: Cuatro (4) horas.	0,5	S	N	S		\$1.465,79
		E	La Presión de Operación a la Salida de la Tercera (3) Etapa es MAYOR de 600 Psi.	1	Cierre Desmedido de Válvulas de Corte (Control), dispuestas a lo largo de la Tubería de Despacho.	¿Qué Ocurre?: Una vez ocurre la falla, el compresor debe realizar un esfuerzo mayor para comprimir en la tercera etapa. Por lo que la presión de descarga de esta etapa se eleva, hasta salirse del valor de operación establecido, con lo cual se apaga el primer equipo y después lo hacen los otros dos. - Evidencias: Elevación de la Presión a la Salida de la tercera(s) etapas(s), Elevación de la Temperatura, Apagado de Maquinas. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisar en conjunto con otros sectores, las posibles válvulas que hubieran sido	0,17	S	N	S		\$5.863,16

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$
								H	S	E	O	
						cerradas en el gasoducto de despacho. (Tiempo estimado 2 días).						
				2	Tubería de Descarga o Despacho de Gas Obstruida.	<p>¿Qué Ocurre?: Las presiones medidas a la salida de la Tercera etapa se incrementan debido a que la tubería presenta obstrucción por corrosión o incrustaciones.</p> <p>Evidencias: Elevación de la Presión a la Salida de la tercera(s) etapas(s), Elevación de la Temperatura, Posible Apagado de Maquinas.</p> <p>- Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.</p> <p>AC: Búsqueda de tramo obstruido, y reparación del mismo. Tiempo de reparación dos días, Debido a que el separador del Kim 1 se eliminó por problemas con la comunidad, todos los condensados están pasando al gasoducto, incrementando la corrosión en la tubería</p>	0,17	S	N	S		\$610,75
		F	La Temperatura de Operación a la Salida de las Etapas de Compresión es MENOR de Del Valor Establecido Primer (1) Etapa < 260 °F Segunda (2) Etapa < 245 °F Tercera (3) Etapa < 200 °F	1	Ventilador del Sistema de Refrigeración tiene un Grado de inclinación en las aspas MAYOR al recomendado por el fabricante.	<p>¿Qué Ocurre?: El ventilador del sistema de refrigeración entrega un flujo de aire mayor al recomendado, retirando mayor calor del gas comprimido y generando una mayor cantidad de condensados.</p> <p>- Evidencia: Medida de Descenso en Temperatura, paro del equipo.</p> <p>- Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.</p> <p>- Acción Correctiva: Apagar sistema de enfriamiento y calibrar Angulo de aspas del ventilador. Tiempo de Ejecución: 14 Horas.</p>	0,2	S	N	S		\$ 2.052,11
		G	La Temperatura de Operación a la Salida de las Etapas de Compresión es MAYOR de Del Valor Establecido Primer (1) Etapa > 300 °F Segunda (2) Etapa > 270 °F Tercera (3) Etapa > 230 °F	1	Anillos de Pistones Desgastados	<p>¿Qué Ocurre?: El desgaste de los anillos produce filtración de gas entre las etapas de compresión, ocasionando una pérdida en la capacidad de compresión y un incremento en la Temperatura Medida si el desgaste es considerable.</p> <p>- Evidencia: Incremento de Temperatura.</p> <p>- Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.</p> <p>- Acción Correctiva: Desmonte de Cilindros, cambio de Anillos, Puesta en Marcha.</p>	0,5	S	N	S		\$1.832,24

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$
								H	S	E	O	
				2	Impulsor de Bomba Centrifuga Roto o en mal Estado.	¿Qué Ocurre?: Un impulsor en mal estado, ocasiona un descenso en la presión de agua del sistema, lo cual a su vez genera un incremento en la temperatura de las camisas en los cilindros y el gas que se encuentre adentro. Evidencia: Ruidos en bomba, Incremento en la Temperatura de los cilindros y Gas, Paro de Maquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. AC: Parada de Equipo y Cambio de impulsor.	0,3	S	N	S		\$977,19
				3	Rodamientos en Bomba Centrifuga Desgastados y en mal Estado.	¿Qué Ocurre?: Los rodamientos desgastados, generan pérdida de potencia mecánica en la bomba por vibración excesiva. Con el Tiempo fallan completamente afectando el sistema de refrigeración del sistema y ocasionando el paro del equipo. - Evidencia: Ruidos en la bomba, Vibraciones Excesivas. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Parada de Equipo y Cambio de rodamientos.	0,5	S	N	S		\$1.832,24
				4	Correa de Transmisión de Bomba Hidráulica Desgastada.	¿Qué Ocurre?: La correa en mal estado ocasiona una pérdida de potencia representada en pérdida de presión en el caudal de agua de enfriamiento. Con el Tiempo fallara completamente afectando el sistema de refrigeración del sistema y ocasionando una parada del equipo.- Evidencia: Posibles ruidos en los lugares cerca a la conexión de la correa. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.- Acción Correctiva: Cambio de correa de Transmisión, Paro del equipo para labores de mantenimiento.	1	S	N	S		\$ 3.664,47
				5	Manguera del Sistema de Refrigeración presenta Fuga.	¿Qué Ocurre?: Al presentarse fugas en la Manguera, decae la capacidad del sistema de enfriamiento. Al final la falla ocasionara el paro total del equipo. - Evidencia: Incremento en las Temperaturas Medidas del Gas, y Carcasa de Cilindros. - Afectación SEO: No se comprime el gas	0,3	S	N	S		\$1.221,49

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor Riesgo Económico \$
								H	S	E	O	
						proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Reparación en sitio Afectado. Paro del equipo para labores de mantenimiento.						
				6	Cooler del Sistema de Refrigeración Tapado, debido a partículas en su interior.	¿Qué Ocurre?: La contaminación del cooler, produce una pérdida en la capacidad de enfriamiento. Al final la falla ocasionara el paro total del equipo. -Evidencia: Incremento en las Temperaturas Medidas del Gas, y Carcasa de Cilindros. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Limpieza de cada una de las líneas del Cooler hasta extraer el total de materiales inmersos. Paro del equipo para labores de mantenimiento.	0,2	S	N	S		\$732,89
				7	Ventilador del Sistema de Refrigeración sin Movimiento, por correas de transmisión rotas	¿Qué Ocurre?: El desgaste de las correas de transmisión del ventilador ocasiona pérdida de potencia mecánica, con lo cual la capacidad de enfriamiento decae y repercute directamente en la no extracción de calor en el equipo. Al final el compresor se detendrá por aumento de temperatura. -Evidencia: Incremento en las Temperaturas Medidas del Gas, y Carcasa de Cilindros, Ruidos en la correa del ventilador. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Cambio de correa de Transmisión. Paro del equipo para labores de mantenimiento.	1	S	N	S		\$3.664,47
		H	El Caudal de gas entregado es MENOR de 1,8 MMPCD.	1	Bolsillo (1-2 Etapa) de Cilindros Compresores, contiene un volumen en la cámara mayor al especificado.	¿Qué Ocurre? El desbalance del bolsillo, aumenta el volumen muerto de la cámara y ocasiona una disminución en la cantidad de gas que se puede comprimir - Evidencia: Detección de la Disminución de Caudal a la salida del equipo. - Afectación SEO: No se comprime la totalidad del volumen de gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Ajustar tornillo de recámara (Bolsillo).	1	S	N	S		\$3.664,47

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
2	SISTEMA DE LUBRICACIÓN (NO FORZADA) Lubricar los componentes mayores del compresor (Cigüeñal, Bielas, Crucetas, otros) manteniéndose un volumen de aceite en el Carter de 55 Galones. Y unas características fisicoquímicas sugeridas por el fabricante. Aceite SAE 30 (55-65 SSU) a 210 F.	A	Se lubrican los componentes mayores del sistema compresor por debajo del nivel requerido	1	Control de Nivel de Aceite No Actúa por daño en sus componentes.	¿Qué Ocurre?: Al no actuar control de nivel del sistema de lubricación, no se repone el aceite consumido por la máquina. Transcurrido un Tiempo de operación el nivel en el Carter descenderá a un punto en el que la maquina se apaga por protección. - Evidencia: Hay una mirilla o visor de nivel que muestra físicamente el nivel de aceite en la caja. Paro de máquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. . AC: Reparar switch de lubricación no forzada y llenado de caja de aceite. Tiempo de parada: 2 horas. Personal requerido: 2 técnicos instrumentistas.	1	N	N	S	\$1.465,79	
				2	Válvula de Drenaje Abierta Debido a Incorrecta Manipulación.	¿Qué Ocurre? Al dejarse abierta la válvula de drenaje se presenta fuga de aceite a un ritmo acelerado. Tiempo de fuga total del aceite 3 horas. La máquina se apaga por protección. - Evidencia: Operador detecta consumo excesivo de aceite en la máquina y posterior apagado por bajo nivel de aceite. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. . AC: Cerrar válvula de drenaje y posterior llenado de caja de aceite. Tiempo de parada: 2 horas. Personal requerido: 2 técnicos instrumentistas.	0,2	S	N	S	\$293,16	
		B	Se lubrica los componentes mayores del compresor sin cumplir las características fisicoquímicas del aceite.	1	Tipo de Aceite Suministrado diferente a SAE 30.	¿Qué Ocurre? El aceite no cumple con las propiedades fisicoquímicas requeridas lo cual ocasiona desgaste prematuro en componentes mecánicos. Al final se producirá una parada no programada del equipo. Evidencia: No hay - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. AC: Cambiar el aceite si ha perdido las condiciones iniciales. Cambio de componentes afectados, costo de cigüeñal es alto, no es fácil conseguir este	0,2	N	N	S	\$293,16	

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
						repuesto, se podría reparar el cigüeñal si ralladura es pequeña. Tiempo de parada: 2horas Personal requerido: 2 Técnicos mecánicos						
				2	Aceite deteriorado en el Carter debido a tiempo de uso o servicio.	¿Qué Ocurre?: El aceite deteriorado contiene partículas que pueden rayar tanto el cigüeñal como los casquetes o rodamientos y demás partes móviles. Esto ocasiona desgaste prematuro de componentes. Evidencia: No existe Efecto SEO: Acorta vida útil a cigüeñal, casquetería y demás partes móviles. Acción Correctiva: Cambiar el aceite si ha perdido las condiciones iniciales. Si se han afectado partes, realizar Cambio de afectados, costo de cigüeñal es alto, no es fácil conseguir este repuesto, se podría reparar el cigüeñal si ralladura es pequeña. Tiempo de parada: 2 horas. Personal requerido: 2 técnicos mecánicos.	2	N	N	N	S	\$2.931,58
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN (FORZADA) Lubricar los componentes móviles dentro de las cámaras de compresión, a un caudal de aceite de entre (40-50) gotas por minuto y a una presión superior a la interna de cada cilindro. 1. Etapa: 17 Psi 2. Etapa: 55 Psi 3. Etapa: 240 Psi El aceite utilizado debe ser SAE 30.	A	No se lubrican los componentes. Móviles dentro de las cámaras de compresión.	1	Bomba de Aceite Obstruida o Dañada.	Que ocurre: La bomba se obstruye por pequeñas impurezas, luego el switch de lubricación por baja presión apagan la máquina, estos sensores están ubicados en los bloques de lubricación. - Evidencia: Envío de señal baja presión sistema de lubricación parte compresora. Apagado de Maquina. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisar todo el sistema en busca de filtros tapados, o daños en bomba. Tiempo de parada: 2 horas. Personal requerido: 2 técnicos instrumentistas.	0,5	S	N	S		\$732,89
				2	Tubería de Recirculación de Aceite presenta Fuga en algún punto de su recorrido.	¿Qué Ocurre?: Las fugas en la tubería, ocasionan pérdida de presión de aceite. Se apaga la máquina. Evidencia: Apagado de maquina por señal de baja presión lubricación. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Después de apagado de la máquina, se debe revisar todo el sistema en busca de fugas y posterior reparación de tubing. Tiempo de parada: 2 horas. Personal requerido: 2 técnicos instrumentistas	3	S	N	S		\$4.397,37

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
				3	Control de Nivel No Actúa.	¿Qué Ocurre?: El control de llenado no actúa o falla con lo cual no se repone el aceite consumido por la máquina. Después de Un (1) día de operación el nivel de aceite en la caja de almacenamiento desciende a un nivel tan bajo que la maquina se apaga por protección. - Evidencia: Hay una mirilla o visor de nivel que muestra físicamente el nivel de aceite en la caja. Parada de Equipo. - Afectación SEO: No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. AC: Reparar switch de lubricación no forzada y llenado de caja de aceite. Tiempo de parada: Una (1) horas. Personal requerido: Dos (2) técnicos instrumentistas.	0,5	N	N	S		\$366,45
		B	Se lubrican los componentes móviles de la cámara de compresión con un caudal por fuera del rango establecido en gotas por minuto.	1	Embolo de la Bomba de Lubricación Calibrado Incorrectamente.	¿Qué Ocurre?: El embolo se calibra incorrectamente. Si hay exceso de aceite. se produce una sobre lubricación en la cámara de compresión que ocasiona daños en válvulas de admisión y descarga. Si hay deficiencia de aceite se aumenta el desgaste en camisa de cilindro, pistones y empaquetaduras. Evidencia: No hay Afectación SEO: No operacionales. Al presentarse el modo de falla, se incurre en costos de reparación de los componentes que se vean afectados. AC: Cambio de componentes averiados y calibración de la carrera de la bomba. Tiempo de parada: 1 horas. Personal requerido: 2 técnicos instrumentistas.	0,5	N	N	N	S	\$366,45
		C	No se garantiza la presión de aceite requerida a la entrada en cada una de las cámaras de compresión.	1	Válvula Cheque de la caja de distribución en posición cerrada no Actúa.	¿Qué Ocurre?: La válvula cheque se obstruye, por lo que se impide el sello de la válvula en el ciclo de compresión del cilindro, generando que se devuelva el aceite por las tuberías y no se lubriquen los componentes internos del cilindro. Evidencia No hay Efecto SEO: No operacionales. Al presentarse el modo de falla, se incurre en costos de reparación de los componentes que se vean afectados. AC: Cambio de componentes averiados. Tiempo de reparación: 1 hora	0,2	N	N	N	S	\$146,58

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
4	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO Monitorear la Temperatura y la Presión del Gas en las etapas de compresión. Así: 1. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida 2. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida 3. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida Presión Salida	A	Incapaz de Monitorear la Temperatura del Gas en las Etapas de Compresión.	1	Termocuplas Defectuosas.	¿Qué Ocurre?: La termocupla envía una señal errónea al tablero de control debido a su mal estado. El operador se da cuenta que la temperatura leída no concuerda con el valor que debería arrojar el sensor dadas las condiciones de operación. -Evidencia: El tablero de control muestra un valor censado de temperatura por debajo de los valores esperados. - Afectación SEO: Al realizar el paro no programado del equipo, para la revisión y reparación de la termocupla, no se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisión, búsqueda y cambio de Termocupla(s). Tiempo de actividad: Una (1) horas. Personal Dos (2) Técnicos Instrumentistas.	0,5	S	N	S		\$366,45
				2	Bornera de Conexión para Termocupla Conectada Incorrectamente.	¿Qué Ocurre?: Después de labores de mantenimiento (10000 / 20000 / 50000 horas), en donde se realiza el cambio de gran cantidad de componentes, el técnico instrumentista deja mal conectado alguno de los cables que conectan la termocupla a la bornera. Esto hace que la señal de censado de Temperatura no se envíe y la maquina no encienda. - Evidencia: La máquina no prende, después de labores de mantenimiento. - Afectación SEO: Se excede el tiempo permitido para labores de mantenimiento, No se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisión y reparación de conexiones bornera-termocupla. Tiempo de actividad: Una (1) hora. Personal: Dos (2) Técnicos Instrumentistas.	0,2	S	N	S		\$146,58
				3	Cable Transmisor de Señal Eléctrica para Lectura de Temperatura Defectuoso.	¿Qué Ocurre?: Debido a factores como: Altas Temperaturas del equipo, sustancias como agua, grasa, aceite, o condiciones de humedad, entre otros. El cable transmisor de señal eléctrica falla, impidiendo el monitoreo de las señales eléctricas de Temperatura. - Evidencia: No se muestra o se observa valor erróneo en la medición de Temperatura en tablero de control. - Afectación SEO: Al realizar el paro no programado del equipo, para la revisión y reparación del cable averiado, no se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de	0,5	S	N	S		\$732,89

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
						la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera. - Acción Correctiva: Revisión, búsqueda y cambio de cable afectado. Tiempo de actividad: Dos (2) horas. Personal Dos (2) Técnicos Instrumentistas.						
		B	Incapaz de Monitorear la Presión del Gas en las Etapas de Compresión.	1	Tubería (Tubing) de Conexión a transductor de señal en caja de control, Taponado por condensados.	¿Qué Ocurre?: La tubería que transporta gas para medición de presiones en Transductor se Tapa de condensados, generados como producto del enfriamiento inter etapas. - Evidencia: Señal de baja de presión en tablero de control, Apagado de Máquina. - Afectación SEO: Debido al apagado de la máquina, no se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera - Acción Correctiva: Revisar tubería(s) (Tubing), destapar y limpiar obstrucciones. Tiempo de Actividad: Una (1) hora. Personal Dos (2) Técnicos Instrumentistas.	2	S	N	S		\$1.465,79
				2	Transductor Defectuoso.	¿Qué Ocurre?: El transductor recibe la señal del gas, pero no la convierte en señal eléctrica, debido a la falla de sus componentes. Al no recibir señal de presión la maquina lo interpreta como descenso en la presión y se apaga. - Evidencia: Lecturas erróneas de presión en tablero de control. Apagado de máquina. - Afectación SEO: Debido al paro no programado del equipo, no se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera - Acción Correctiva: Revisar transductor reparación o cambio. Tiempo de Actividad: Dos (2) hora. Personal Dos (2) Técnicos Instrumentistas.	0,5	S	S	S		\$732,89
				3	Manómetros para Medición de Presión Análoga Descalabrados.	¿Qué Ocurre?: Alguno de los manómetros ubicados a la salida de las inter etapas de compresión o junto a la caja de control se des calibra, imposibilitando la confirmación de la presión digital medida por el transductor. - Evidencia: Lectura de presión en manómetro(s) no coincide con la lectura evidenciada en el tablero de control. - Afectación SEO: Debido al paro no programado del equipo para reparación, no se comprime el gas proveniente de gasoductos y por lo tanto se infringe el artículo 52 de la resolución 18 1495 de 2009, el cual prohíbe la quema de gas o desperdicio de gas a la atmosfera.	2	S				\$1.465,79

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
						- Acción Correctiva: Desmontar y calibrar manómetro(s). Tiempo de Actividad: Una (1) Hora. Personal Dos (2) Técnicos Instrumentistas.						
5	SISTEMA DE EMPAQUES 1. Impedir el paso de gas de las cámaras de compresión a las secciones que alojan el cigüeñal, cruceta y demás partes móviles del compresor.	A	Incapaz de impedir el paso de gas de las cámaras de compresión a las partes móviles del compresor.	1	Empaques Desgastados debido a una deficiente lubricación.	Que ocurre: Empaques desgastados, ocasionan un sellado incorrecto, lo cual genera fuga de gas hacia parte motriz del compresor. Evidencia; Ruido por la fuga de gas y baja capacidad de compresión. Efecto SEO: Debido a la fuga de gas, existe la posibilidad de incendio en caso de que se llagase a presentar una chispa. Se podría afectar la integridad de una (1) persona. AC: Para la máquina y reparar caja de empaques que se averió. Tiempo estado 4horas. Personal necesario: 2 Técnicos Mecánicos	0,5	S	S			\$ 1.465,79
					2	Empaquetaduras Montadas Erróneamente.	Que ocurre: Fuga de gas hacia parte motriz por el empaque ya que no sella correctamente. Evidencia; Ruido por la fuga de gas y baja capacidad de compresión. Efecto SEO: Probabilidad de afectar personas por posible incendio por combustión de fuga de gas y alguna generación de chispa. (1 persona) AC: Para la máquina y montar empaques en orden exacto recomendado por el fabricante. Tiempo estado 4horas Personal necesario: 2 Técnicos Mecánicos	0,2	S	S		\$586,32
6	SISTEMA TRANSMISION DE POTENCIA (CRUCETA) Trasmitir el movimiento rotativo recibida por el cigüeñal en movimiento lineal a los pistones del compresor.	A	No Transmite el movimiento rotativo recibido por el cigüeñal a movimiento lineal en el pistón.	1	Cruceta del Compresor con deficiente lubricación.	Que ocurre: La falta de lubricación forzada, raya el patín (babi) cuando se presenta excesivo desgaste la maquina se para por vibraciones. Evidencia: Hasta que no pare la falla en el equipo no se detecta. Efecto SEO: Quema de gas por tiempo del equipo parado. (1 día) más Costos de reparación y mantenimiento. Acción Correctiva: Reparación de cruceta averiados. Tiempo de parada: 1 días. Personal necesario: 4 Técnicos Mecánicos y 2 instrumentistas	0,2	N	N	N	S	\$3.517,89
					B	Se Transmite parcialmente el movimiento rotativo recibido por el cigüeñal a movimiento lineal en el pistón. Pérdida de Eficiencia	1	Cruceta Mal Montada debido a una Errónea Verificación de Tolerancias en la guía de Pasos.	Que ocurre: Al arrancar la maquina se produce humo en el patín de la cruceta por fricción en seco y errónea medida de tolerancias, hasta que se apaga la maquina por vibración. Evidencia: Humo del aceite quemado y vibración de la máquina. Efecto SEO: Medio Ambiente por tiempo de parada e indisponibilidad por cambio de patín. AC: Cambio de cruceta por nueva, desmonte de pistones y muñón de biela. Tiempo de parada: 2 días. Personal necesario: 4 Técnicos Mecánicos	0,2	N	N

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	Frecuencia de Eventos por Año Fallas/Año	Evaluación de consecuencias				Valor riesgo económico \$
								H	S	E	O	
				2	Casquetes de Muñones de Biela (Conexión - Cigüeñal) Desgatados.	Que ocurre: La máquina funciona normalmente hasta que el desgaste es excesivo y se presenta fractura en casquetes ocasionando vibración excesiva y apagado de la máquina. Evidencia: Vibración que genera parada de máquina. Efecto SEO: Medio ambiente por tiempo de parada de la máquina. AC: Tomar metrología y Cambio casquetería según mediciones. Tiempo de parada: 2 días de parada. Personal necesario: 4 Técnicos mecánicos	0,5	S	N	S		\$17.589,47
				3	Casquetes de Bancada (Conexión - Cigüeñal) Desgatados.	Que ocurre: La máquina funciona normalmente hasta que el desgaste es excesivo y se presenta fractura en casquetes ocasionando vibración excesiva y apagado de la máquina. Evidencia: Vibración que genera parada de máquina. Efecto SEO: Medio ambiente por tiempo de parada de la máquina. AC: Tomar metrología y Cambio casquetería según mediciones. Tiempo de parada: 2 días de parada. Personal necesario: 4 Técnicos mecánicos	0,5	S	N	S		\$17.589,47

ANEXO B. LISTADO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
1	Comprimir Gas proveniente de Gasoductos, a una Presión de Descarga de entre (500-600) Psi y un Caudal de Salida de entre (1.8 - 2) MMPCD así: PRIMERA ETAPA: Presión Oper. Máxima Entrada: 17 Psi Presión Oper. Salida: (50-60) Psi Temperatura. Entrada: No relevante. Temperatura Oper. Salida: (260-300) °F SEGUNDA ETAPA Presión Oper. Entrada: (50-60) Psi Presión Oper. Salida: (245-260) Psi Temperatura Oper. Salida: (245-270) °F TERCERA ETAPA Presión Oper. Entrada: (245-260) Psi. Presión Oper. Salida: (500-600) Psi. Temperatura Oper. Salida: (200-230) °F	A	No se comprime Gas	1	Vástagos de los Pistones Compresores Rotos.	N	N	S	TSC	Cambio de Vástago del Pistón por Tiempo de Operación.	40000	Cuatro (4) Técnicos Mecánicos	\$96,36
				2	Manzana de Acople de Aspas del Ventilador (Hub) Desajustada.	N	N	N	TRC	Verificación de Torque de Ajuste en cada uno de los Tornillos de la Manzana del Ventilador.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$46,72
				3	Válvula de Control de Nivel de Condensados en Scrubbers No Actúa.	N	S		TRC	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Válvula de Control de Nivel de Condensados en Scrubbers.	5000	Dos (2) Técnicos Instrumentistas	\$23,36
		B	El Gas de Admisión contienen una Presión MAYOR a 17 Psi	1	Válvula de Regulación de Presión a la Entrada de Primera Etapa No Actual.	N	S		TRC	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Válvula Reguladora de Presión a la Entrada de Primera Etapa	10000	Dos (2) Técnicos Instrumentistas	\$11,68
		C	La Presión de Operación a la Salida de la Primera (1), Segunda (2) o Tercera (3) Etapa, es MENOR del Valor de Operación Establecido.	1	Válvulas de Admisión y/o Descarga Mal Montadas.	N	N	N	EVALUACION	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Válvulas y Procedimientos respectivos, al personal Técnico Involucrado	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos	\$26,67
				2	Válvulas de Admisión Obstruidas por Partículas de crudo, restos de aceite, u otro tipo de contaminante.	S			TC	Monitoreo por Vibraciones Recíprocantes para cada una de las Válvulas de Admisión en las Diferentes Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM	\$1.284,80

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
				3	Válvulas de Admisión y/o Descarga Desgastadas.	S			TC	Monitoreo por Vibraciones Reciprocantes para cada una de las Válvulas de Admisión en las Diferentes Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM	\$1.090,13
		D	La Presión de Operación a la Entrada de la Segunda (2) o Tercera (3) Etapa es MAYOR del Valor Establecido.	1	Válvulas de Admisión de la Segunda (2) o Tercera (3) Etapa en mal Estado.	S			TC	Monitoreo por Vibraciones Reciprocantes para cada una de las Válvulas de Admisión y Descarga en las Diferentes Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM	\$1.090,13
		E	La Presión de Operación a la Salida de la Tercera (3) Etapa es MAYOR de 600 Psi.	1	Cierre Desmedido de Válvulas de Corte (Control), dispuestas a lo largo de la Tubería de Despacho.	N	N	N	TBF	Recorrido de Inspección de las Válvulas de Corte a lo largo del Gasoducto de Despacho.	720	Un (1) Operador del Equipo.	\$405,56
				2	Tubería de Descarga o Despacho de Gas Obstruida.	N	N	N	TBF	Marraneo de Tubería.	20000	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$46,72
		F	La Temperatura de Operación a la Salida de las Etapas de Compresión es MENOR de Del Valor Establecido Primer (1) Etapa < 260 °F Segunda (2) Etapa < 245 °F Tercera (3) Etapa < 200 °F	1	Ventilador del Sistema de Refrigeración tiene un Grado de inclinación en las aspas MAYOR al recomendado por el fabricante.	N	S		TBF	Verificación de Torque de Ajuste de los tornillos y Grado de Inclinación en 25° para las Aspas del Ventilador.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$93,44

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
			La Temperatura de Operación a la Salida de las Etapas de Compresión es MAYOR de Del Valor Establecido Primer (1) Etapa > 300 °F Segunda (2) Etapa > 270 °F Tercera (3) Etapa > 230 °F	1	Anillos de Pistones Desgastados	S			TC	Monitoreo por Vibraciones Reciprocantes para Verificación de Estado de los Anillos en Pistones de cada una de las Etapas de Compresión.	1500	Dos (2) Técnicos CBM	\$1.129,07
				2	Impulsor de Bomba Centrifuga Roto o en mal Estado.	S			TC	Monitoreo de Vibraciones Rotativas para Verificación de Estado de Componentes Bomba Centrifuga.	720	Un (1) Técnico CBM	\$486,67
				3	Rodamientos en Bomba Centrifuga Desgastados y en mal Estado.	S			TC	Monitoreo de Vibraciones Rotativas para Verificación de Estado de Componentes Bomba Centrifuga.	720	Un (1) Técnico CBM	\$486,67
				4	Correa de Transmisión de Bomba Hidráulica Desgastada.	N	N	S	TC	Evaluación de la Condición de la Correa Transmisora.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$23,36
				5	Manguera del Sistema de Refrigeración presenta Fuga.	N	S		TSC	Cambio de Manguera del Sistema de Refrigeración	20000	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$8,76
				6	Cooler del Sistema de Refrigeración Tapado, debido a partículas en su interior.	N	S		TRC	Sondear Tubería del Cooler.	20000	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$ 23,36
				7	Ventilador del Sistema de Refrigeración sin Movimiento, por correas de transmisión rotas	N	S		TC	Evaluación de la Condición de la Correa Transmisora del Ventilador.	2500	Dos (2) Técnicos Mecánicos	\$23,36

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
		H	El Caudal de gas entregado es MENOR de 1,8 MMPCD.	1	Bolsillo (1-2 Etapa) de Cilindros Compresores, contiene un volumen en la cámara mayor al especificado.	N	S		TBF	Revisar Indebida Manipulación del Bolsillo (1-2 Etapa) de Cilindros Compresores	2500	Un (1) Técnicos Mecánicos	\$ 23,36

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
2	SISTEMA DE LUBRICACIÓN (NO FORZADA) Lubricar los componentes mayores del compresor (Cigüeñal, Bielas, Crucetas, otros) manteniéndose un volumen de aceite en el Carter de 55 Galones. Y unas características fisicoquímicas sugeridas por el fabricante. Aceite SAE 30 (55-65 SSU) a 210 F.	A	Se lubrican los componentes mayores del sistema compresor por debajo del nivel requerido	1	Control de Nivel de Aceite No Actúa por daño en sus componentes.	N	S		TRC	Revisión de Switch o Control de Nivel de Aceite que se encuentra en el Carter	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$46,72
				2	Válvula de Drenaje Abierta Debido a Incorrecta Manipulación.	N	S		TRC	Revisar estado de válvula de drenaje del Carter.	170	Un operador	\$171,76
		B	Se lubrica los componentes mayores del compresor sin cumplir las características fisicoquímicas del aceite.	1	Tipo de Aceite Suministrado diferente a SAE 30.	S			TC	Monitoreo de Condición-Análisis de Aceites	720	Un Técnico CBM	\$81,11
				2	Aceite deteriorado en el Carter debido a tiempo de uso o servicio.	S			TC	Monitoreo de Condición-Análisis de Aceites	720	Un Técnico CBM	\$81,11

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN (FORZADA) Lubricar los componentes móviles dentro de las cámaras de compresión, a un caudal de aceite de entre (40-50) gotas por minuto y a una presión superior a la interna de cada cilindro. 1. Etapa: 17 Psi 2. Etapa: 55 Psi 3. Etapa: 240 Psi El aceite utilizado debe ser SAE 30.	A	No se lubrican los componentes. Móviles dentro de las cámaras de compresión.	1	Bomba de Aceite Obstruida o Dañada.	N	S		TRC	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes Internos en Bomba de Lubricación Forzada	10000	Dos (2) técnicos mecánicos	\$23,36
				2	Tubería de Recirculación de Aceite presenta Fuga en algún punto de su recorrido.	N	N	N	Rediseño	Rediseñar la líneas de distribución de aceite para disminuir la vibración presentada			
				3	Control de Nivel No Actúa.	N	S		TRC	Revisión Switch o Control de Nivel de lubricación forzada	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$46,72
		B	Se lubrican los componentes móviles de la cámara de compresión con un caudal por fuera del rango establecido en gotas por minuto.	1	Embolo de la Bomba de Lubricación Calibrado Incorrectamente	N	S		TRC	Revisar y Ajustar caudal de la bomba de lubricación Forzada en (30 a 40) gpm (gotas por minuto). .	170	Dos (2) técnicos mecánicos	\$ 343,53
		C	No se garantiza la presión de aceite requerida a la entrada en cada una de las cámaras de compresión.	1	Válvula Cheque de la caja de distribución en posición cerrada no Actúa.	N	S		TRC	Revisión, Inspección y Cambio de Componentes en Válvulas Cheque del Sistema Lubricación Forzada.	10000	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$11,68

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
4	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO Monitorear la Temperatura y la Presión del Gas en las etapas de compresión. Así: 1. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida 2. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida 3. Etapa: Presión Entrada Temperatura a Salida Presión Salida	A	Incapaz de Monitorear la Temperatura del Gas en las Etapas de Compresión.	1	Termocuplas Defectuosas.	N	S		TRC	Inspección de termocuplas	10000	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$11,68
				2	Bornera de Conexión para Termocupla Conectada Incorrectamente	N	N	N	TBF	Compruebe que la Conexión de Bornera para termocupla en Sistema de Monitoreo de Temperatura este Correctamente Conectada.	10000	Un (1) técnico instrumentista.	\$2,92
				3	Cable Transmisor de Señal Eléctrica para Lectura de Temperatura Defectuoso.	N	N	S	TSC	Cambio de Cable Transmisores de señal	5000	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$ 140,16
		B	Incapaz de Monitorear la Presión del Gas en las Etapas de Compresión.	1	Tubería (Tubing) de Conexión a transductor de señal en caja de control, Taponado por condensados.	N	S		TRC	Revisión y Limpieza Interna de Tubing de Conexión a Transductor.	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$46,72
				2	Transductor Defectuoso.	N	S		TRC	Revisar y calibrar Manómetros Indicadores de presión	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$46,72
				3	Manómetros para Medición de Presión Análoga Descalabrados.	N	S		TRC	Revisar y calibrar Manómetros Indicadores de presión	2500	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$ 46,72

COD. FUNCION	FUNCION	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	COD. MF	MODO DE FALLA	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TIPO DE DECISION	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA (HORAS DE OPERACIÓN)	RECURSOS	VALOR DE LA TAREA POR AÑO \$
5	SISTEMA DE EMPAQUES 1. Impedir el paso de gas de las cámaras de compresión a las secciones que alojan el cigüeñal, cruceta y demás partes móviles del compresor.	A	Incapaz de impedir el paso de gas de las cámaras de compresión a las partes móviles del compresor.	1	Empaques Desgastados debido a una deficiente lubricación.	N	N	S	TSC	Cambio de Empaquetaduras para Sellado de Gas.	20000	Cuatro (4) Técnicos de Mantenimiento.	\$327,04
				2	Empaquetaduras Montadas Erróneamente.	N	N	N	EVALUACIÓN	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Empaquetaduras y Procedimientos respectivos, al personal Técnico Involucrado.	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos	\$26,67
6	SISTEMA TRANSMISION DE POTENCIA (CRUCETA) Trasmitir el movimiento rotativo recibida por el cigüeñal en movimiento lineal a los pistones del compresor.	A	No Transmite el movimiento rotativo recibido por el cigüeñal a movimiento lineal en el pistón.	1	Cruceta del Compresor con deficiente lubricación.	N	S		TRC	Revisión del Sistema de Lubricación Forzada.	10000	Dos (2) técnicos instrumentistas	\$11,68
				1	Cruceta Mal Montada debido a una Errónea Verificación de Tolerancias en la guía de Pasos.	N	N	N	EVALUACIÓN	Evaluación de Conocimiento en Montaje de Cruceta con Tolerancias Requeridas.	8760	(1) Supervisor Mecánico (4) Técnicos Mecánicos	\$53,33
		B	Se Transmite parcialmente el movimiento rotativo recibido por el cigüeñal a movimiento lineal en el pistón. Pérdida de Eficiencia	2	Casquetes de Muñones de Biela (Conexión - Cigüeñal) Desgastados.	S			TC	Monitoreo de Vibraciones Recíprocas para Verificación Estado de Casquetes de Biela.	1500	Dos Técnicos CBM	\$1.051,20
				3	Casquetes de Bancada (Conexión - Cigüeñal) Desgastados.	S			TC	Monitoreo de Vibraciones Recíprocas para Verificación Estado de Casquetes de Bancada.	1500	Dos Técnicos CBM	\$1.051,20