

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS  
EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
(M.C.C) A LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO.  
Caso: Área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz”**

REALIZADO POR:

---

**GUALBERTO PÉREZ**

**C.I. 17.447.312**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

BARCELONA, ABRIL 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS  
EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
(M.C.C) A LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO.  
Caso: Área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz”**

ASESORES:

---

**Ing. Edgar Rodríguez**  
Asesor Académico

---

**Ing. Gerardo Sotillo**  
Asesor Industrial

BARCELONA, ABRIL 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS  
EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
(M.C.C) A LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO.  
Caso: Área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz”**

**JURADO CALIFICADOR:**

El jurado calificador hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

**EXCELENTE**

---

**Ing. Edgar Rodríguez**  
Asesor Académico

---

**Ing. Diógenes Suárez**  
Jurado Principal

---

**Ing. Delia Villarroel**  
Jurado Principal

BARCELONA, ABRIL 2009

## RESOLUCIÓN

*De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado.*

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES, CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

## DEDICATORIA

*A la Memoria de mi Madre, Betty Josefina Carrera Espinoza “Betica”* que desde el cielo estuvo guiando mis pasos para poder cumplir mi meta de ser Ing. Mecánico, a ella dedico todo este esfuerzo y sacrificio, espero que estés muy orgullosa de mi y de todo lo que he logrado, gracias mami por estar siempre presente en mi corazón y en mi mente, Te quiero muchísimo, Te Extraño!!!

*Gualberto Elías Pérez Carrera*

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS** por darme salud, fortaleza y paciencia durante esta etapa de mi vida y en los momentos más difíciles de mis estudios, justo cuando más lo necesite siempre estuvo conmigo.

**A Mi Mama** Betty Carrera, por estar siempre guiándome desde el cielo y dándome las fuerzas necesarias para cumplir esta meta. **A Mi Papa** Elías Pérez, por haberme brindado el apoyo cuando lo necesite.

**A Mis Abuelos**, Betty de Carrera y Gualberto Carrera, por estar siempre pendientes de mí en todo momento, haberme guiado por el camino del bien y siempre confiar y creer en mí para que pudiera lograr este objetivo.

**A Mi Hermana** Elibett Pérez, por brindarme siempre su apoyo y ayudarme en los momentos que la necesite.

**A mi novia** Marylourdes Marcano, también por estar siempre conmigo y darme su ayuda en todo. Te quiero muchísimo.

**A toda mi familia y amigos**, que siempre estuvieron pendientes de mí y que me ayudaron en mi carrera universitaria.

**Gracias a la Empresa PDVSA** y a todas las personas que allí laboran, que me brindaron un gran apoyo y la oportunidad de realizar el trabajo de grado en esta empresa.

**A los Profesores** Edgar Rodríguez, Delia Villarroel, por su asesoría y recomendaciones en el trabajo de grado.

**A la Universidad de Oriente** y sus profesores de los cuales estaré muy agradecido por todas y cada una de las enseñanzas y vivencias que contribuyeron con mi formación académica y como ciudadano.

**A todos mis amigos y compañeros de la Universidad,** por brindarme su apoyo a lo largo de toda la carrera, en los buenos y los malos momentos, siempre los voy a recordar, en especial a Robinson Arreaza, Alberto López, Juan Panesso, Ira Bello, Carlos Franco, Carlos Salazar, Mariedby Villarroel, Nina García, Anderson López.

**En resumen a todos los que me ayudaron a hacer este sueño realidad muchas gracias.**

## RESUMEN

Mediante el presente trabajo se proponen acciones de mantenimiento, basadas en la metodología MCC, aplicada a los ventiladores de enfriamiento en el área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto la Cruz. Para lograr este objetivo, fue necesario describir el contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento, jerarquizar los equipos críticos aplicando la metodología DS, analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos y definir las tareas de mantenimiento mediante la elaboración del Árbol Lógico de Decisiones, que permitirá minimizar las fallas de los equipos críticos, los cuales fueron cuatro (4): el E-2003 C5, E-2006 2, E-2013 B1 y E-2015 1. Las tareas de mantenimiento que se definieron fueron: tarea a condición (83%), reacondicionamiento cíclico (11%) y ningún mantenimiento programado (6%). También se pudo apreciar que los modos de fallas fueron en un (94%) con consecuencias operacionales y un (6%) con consecuencias para la seguridad del personal. El tipo de mantenimiento aplicado es Preventivo (94%) y Correctivo (6%). Todas las fallas encontradas fueron evidentes y se asignaron 35 tareas de mantenimiento al personal técnico. Finalmente se diseñó un plan de mantenimiento a los ventiladores críticos del área 200 de Refinería Puerto la Cruz con el cual se pretende disminuir la incidencia de fallas de estos equipos y reducir el impacto en los costos, la seguridad y el medio ambiente, así como aumentar la disponibilidad de los mismos. Entre las conclusiones más importantes se pueden mencionar; que las fallas funcionales están asociadas a la falta de ejecución de tareas de mantenimiento, identificándose como causas más frecuentes; desajustes, desgaste, fuga de aceite, desalineación y suciedad.



## NOMENCLATURA

- MBD:** Mil barriles diarios.
- MBSPD:** Miles de barriles por día.
- ΣA.M.:** Sumatoria de los puntos del área de mantenimiento.
- ΣA.O.:** Sumatoria de los puntos del área de operaciones.
- K<sub>1</sub>:** Constante del área de mantenimiento.
- K<sub>2</sub>:** Constante del área operacional.
- H<sub>2</sub>S:** Sulfuro de hidrógeno.
- NH<sub>3</sub>:** Amoníaco.
- SO<sub>2</sub>:** Dióxido de Azufre.
- lb/hr:** libras por hora.
- CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono.
- H<sub>2</sub>O:** Agua.
- O<sub>2</sub>:** Oxígeno.
- HCl:** Cloruro de hidrógeno.
- Cl<sub>2</sub>:** Cloro.
- °F:** Grados Fahrenheit.
- MTFS:** Tiempo promedio fuera de servicio.
- TFS:** Tiempo fuera de servicio
- Hrs.:** Horas.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>RESOLUCIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTADO DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTADO DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO 01. EL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	1
1.1.1 Misión y Visión de la Refinería de Puerto La Cruz.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.3.1 General:.....	6
1.3.2 Específicos:.....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	7
1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	8
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	9
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	10
2.2.1 MANTENIMIENTO.....	10
2.2.1.1 Tipos de Mantenimientos.....	10
2.2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	12
2.2.3 CONTEXTO OPERACIONAL.....	13
2.2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC).....	14

2.2.5 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD .....	16
2.2.5.1 Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT).....	16
2.2.5.2 Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) .....	19
2.2.5.3 Árbol Lógico de Decisión (ALD) .....	23
2.2.6 HOJA DE DECISIÓN .....	30
2.2.7 ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	32
2.2.7.1 Metodología D.S. de Análisis de Criticidad .....	33
2.2.8 VENTILACIÓN.....	37
2.2.8.1 Tipos de Ventilación .....	37
2.2.8.1.1 Ventilación Natural .....	37
2.2.8.1.2 Ventilación Forzada .....	38
2.2.9 NORMAS VENEZOLANAS (COVENIN) VENTILACIÓN EN LUGARES DE TRABAJO .....	39
<b>CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	40
3.1.1 Según La Estrategia: .....	40
3.1.2 Según El Propósito:.....	40
3.1.3 Según el Nivel de Conocimiento: .....	40
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
3.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS.....	41
3.4 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
<b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>48</b>
4.1 DEFINICIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL ACTUAL DE LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO. ....	48
4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS DE HIDROPROCESOS .....	48
4.1.2 Plantas de Hidroprocesos .....	55
4.1.2.1 Unidad Hidrotratadora de Nafta Unidad 19.....	58
4.1.2.2 Unidad de Reformación CCR – Unidad 20.....	59

4.1.3 Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT).....	65
4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD, DE LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO AREA 200. ....	65
4.2.1 Justificación del Análisis de Criticidad.....	65
4.2.2 Identificación de los Equipos a Estudiar.....	66
4.2.3 Adaptación del Análisis de Criticidad D.S. al Ámbito Operacional de los Equipos en Estudio .....	66
4.2.3.1 Metodología utilizada para la Recolección de la Información necesaria para la Ejecución del Análisis de Criticidad. ....	69
4.2.4 Ejecución del Análisis de Criticidad.....	70
4.2.5 Resultados del Análisis de Criticidad. ....	72
4.3 ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS. ....	75
4.3.1 Definición de las Funciones principales de los Equipos Críticos .....	75
4.3.2 Definición de las Fallas Funcionales.....	75
4.3.3 Identificación de los Modos y Efectos de Fallas.....	75
4.4 APLICACIÓN DEL ÁRBOL LÓGICO DE DECISIÓN (ALD).....	78
4.4.1. Metodología para la Aplicación del ALD .....	78
4.4.2 Resultados de la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión .....	78
4.5 ESTABLECIMIENTO DE LAS RESPONSABILIDADES Y FRECUENCIAS DE ACTIVIDADES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS.....	86
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
6.1 CONCLUSIONES.....	99
6.2 RECOMENDACIONES .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTA DE CRITICIDAD Y ALD .....</b>	<b>105</b>

<b>ANEXO B: TABLAS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO C: HOJAS DE INFORMACIÓN DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS.....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO D: HOJAS DE DECISIÓN DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS.</b>	<b>151</b>

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.1</b> Ubicación Geográfica de la Refinería PLC.....	2
<b>Figura 2.1</b> Sistema de Confiabilidad Operacional.....	12
<b>Figura 2.2</b> Las Siete preguntas del MCC.....	15
<b>Figura 2.3</b> Equipo Natural de Trabajo.....	17
<b>Figura 2.4</b> Funciones de los Integrantes de un ENT.....	19
<b>Figura 2.5</b> Formato de la Hoja de Información del MCC.....	23
<b>Figura 2.6</b> Clasificación de las Consecuencias de las Fallas.....	25
<b>Figura 2.7</b> Parámetros utilizados por la metodología de análisis de criticidad D.S.....	34
<b>Figura 4.1</b> Partes del Ventilador de Enfriamiento.....	50
<b>Figura 4.2</b> Vista General de los Ventiladores de Enfriamiento.....	51
<b>Figura 4.3</b> Planta de Hidroprocesos.....	56
<b>Figura 4.4</b> Planta Hidrotratadora de Nafta.....	59
<b>Figura 4.5</b> Proceso Entrada-Salida en las Plantas de Hidroprocesos Área 200.....	64
<b>Figura 4.6</b> Identificación de Ventiladores de Enfriamiento Críticos y Semi Críticos.....	73
<b>Figura 4.7</b> Distribución Porcentual de las Fallas evidentes y ocultas en los Cuatro Equipos Críticos.....	79
<b>Figura 4.8</b> Distribución porcentual los Modos de falla Evidentes en los cuatro equipos críticos.....	80
<b>Figura 4.9</b> Distribución porcentual de las tareas propuestas en total.....	81
<b>Figura 4.10</b> Distribución porcentual del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos críticos.....	82
<b>Figura A.1</b> Árbol Lógico de Decisión.....	107

## LISTADO DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 2.1</b> Formato de Hoja de Decisión del MCC.....	31
<b>Tabla 2.2</b> Matriz de Criticidad. ....	35
<b>Tabla 2.3</b> Parámetros para definir la Criticidad de un Equipo. ....	36
<b>Tabla 4.1</b> Descripción de los Ventiladores de Enfriamiento pertenecientes al Área 200 .....	52
<b>Tabla 4.2</b> Características de los Ventiladores de Enfriamiento .....	54
<b>Tabla 4.3</b> Cuadro-Resumen de la Unidad de Hidroprocesos. Fuente, Propia.....	56
<b>Tabla 4.4</b> Matriz de Criticidad Empleada para el Análisis de los Equipos.....	68
<b>Tabla 4.5</b> Parámetros para clasificar la Criticidad de los Equipos bajo Estudio.....	69
<b>Tabla 4.6</b> Matriz de Criticidad del Equipo E-2003 C5. ....	71
<b>Tabla 4.7</b> Clasificación de los resultados obtenidos en el Análisis de Criticidad de los Ventiladores de Enfriamiento en el área 200. ....	72
<b>Tabla 4.8</b> Criterios resultantes de los cuatro equipos con mayor criticidad.....	74
<b>Tabla 4.9</b> Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2003 C5 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR .....	76
<b>Tabla 4.11</b> Funciones, fallas evidentes, fallas ocultas, y modos de Falla por cada equipo critico.....	79
<b>Tabla 4.12</b> Cantidad y tipos de Modos de Falla Evidente por cada equipo crítico...	80
<b>Tabla 4.13</b> Cantidad de tareas propuestas por cada equipo crítico. ....	81
<b>Tabla 4.14</b> Cantidad de tareas de mantenimiento asignadas al personal técnico.....	82
<b>Tabla 4.15</b> Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E- 2003 C5) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200 .....84_Toc227673623	84
<b>Tabla 4.17</b> Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2003 C5 perteneciente al área 200 .....	87
<b>Tabla 4. 18</b> Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2006 2 perteneciente al área 200.....	88

<b>Tabla 4.20</b> Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2013 B1 perteneciente al área 200. ....	90
<b>Tabla 4.22</b> Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2015 1 perteneciente al área 200. ....	92
<b>Tabla B.1</b> Matriz de criticidad del equipo E-1907 A2. ....	108
<b>Tabla B.2</b> Matriz de criticidad del equipo E-1907 B3. ....	109
<b>Tabla B.3</b> Matriz de criticidad del equipo E-1907 B4. ....	110
<b>Tabla B.4</b> Matriz de criticidad del equipo E-1909 1. ....	111
<b>Tabla B.5</b> Matriz de criticidad del equipo E-1909 2. ....	112
<b>Tabla B.6</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 A1. ....	113
<b>Tabla B.7</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 A2. ....	114
<b>Tabla B.8</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 B3. ....	115
<b>Tabla B.9</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 B4. ....	116
<b>Tabla B.10</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 C5. ....	117
<b>Tabla B.11</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 C6. ....	118
<b>Tabla B.12</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 D7. ....	119
<b>Tabla B.13</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 D8. ....	120
<b>Tabla B.14</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 E9. ....	121
<b>Tabla B.15</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 E10. ....	122
<b>Tabla B.16</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 F11. ....	123
<b>Tabla B.17</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 F12. ....	124
<b>Tabla B.18</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 G13. ....	125
<b>Tabla B.19</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 G14. ....	126
<b>Tabla B.20</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 H15. ....	127
<b>Tabla B.21</b> Matriz de criticidad del equipo E-2003 H16. ....	128
<b>Tabla B.22</b> Matriz de criticidad del equipo E-2004 1. ....	129
<b>Tabla B.23</b> Matriz de criticidad del equipo E-2004 2. ....	130
<b>Tabla B.24</b> Matriz de criticidad del equipo E-2006 1. ....	131
<b>Tabla B.25</b> Matriz de criticidad del equipo E-2006 2. ....	132



<b>Tabla B.26</b> Matriz de criticidad del equipo E-2008 1.....	133
<b>Tabla B.27</b> Matriz de criticidad del equipo E-2008 2.....	134
<b>Tabla B.28</b> Matriz de criticidad del equipo E-2010 1.....	135
<b>Tabla B.29</b> Matriz de criticidad del equipo E-2010 2.....	136
<b>Tabla B.30</b> Matriz de criticidad del equipo E-2013 A1.....	137
<b>Tabla B.31</b> Matriz de criticidad del equipo E-2013 A2.....	138
<b>Tabla B.32</b> Matriz de criticidad del equipo E-2013 B1.....	139
<b>Tabla B.33</b> Matriz de criticidad del equipo E-2013 B2.....	140
<b>Tabla B.34</b> Matriz de criticidad del equipo E-2015 1.....	141
<b>Tabla B.35</b> Matriz de criticidad del equipo E-2015 2.....	142
<b>Tabla B.36</b> Matriz de criticidad del equipo E-2020 1.....	143
<b>Tabla B.37</b> Matriz de criticidad del equipo E-2020 2.....	144
<b>Tabla C.1</b> Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2006 2 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR.....	145
<b>Tabla C.3</b> Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2013 B1 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR.....	147
<b>Tabla C.5</b> Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2015 1 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR.....	149
<b>Tabla D.1</b> Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E- 2006 2) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.....	151
<b>Tabla D.3</b> Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E- 2013 B1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.....	153
<b>Tabla D.5</b> Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E- 2015 1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.....	155

## INTRODUCCION

El propósito de cualquier gestión de mantenimiento en empresas competitivas y comprometidas con el enfoque de calidad, consiste en incrementar la disponibilidad de los equipos y sistemas bajo parámetros de confiabilidad con una satisfactoria relación costo-beneficio, donde además incorporan elementos que proporcionan mayor protección a las personas, e instalaciones y ambiente, este enfoque ha impulsado la formulación de acciones de mantenimiento sustentadas en la confiabilidad.

El mantenimiento centrado en confiabilidad MMC tiene como fin, la ejecución del mantenimiento incrementando la disponibilidad de los activos a bajo costo y permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable, dentro del contexto operacional, mejorar los procesos de producción y disminuir considerablemente los riesgos sobre la seguridad de las personas y el ambiente que se presentan como resultados de fallas en los activos.

La planificación de acciones en el marco del MCC debe iniciarse con el conocimiento del contexto operacional donde funcionen los equipos para luego proceder a ahondar en los aspectos funcionales y fallas, así como las causas de las misma, para luego aplicar herramientas de análisis que permitan definir las acciones de mantenimiento, esto significa que en el MCC se cumple una metodología bien definida, la cual se tomó en consideración para la presente investigación, realizada la planta de Hidroprocesos (área 200) de Refinería Puerto la Cruz, concretamente en los ventiladores de enfriamiento.

El objetivo de esta investigación es proponer acciones de mantenimiento basadas en el MCC a los ventiladores de enfriamiento de la ya mencionada planta,

siguiendo los parámetros metodológicos y requerimientos de esta filosofía de mantenimiento, para ello se establecieron objetivos específicos cuyo desarrollo permite lograr la elaboración de los planes de mantenimiento centrado en confiabilidad.

La investigación está estructurada en seis (6) capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

**En el Capítulo I, El Problema**, se dan a conocer los aspectos generales de la Refinería de Puerto La Cruz, reseña histórica, misión y visión; así como también el problema de investigación, objetivo general y específicos de la misma. **El Capítulo II, Marco Teórico**, contiene los antecedentes de la investigación y el desarrollo de las bases teóricas. En el **Capítulo III, Marco Metodológico**, técnicas de investigación, análisis, población, muestra y las etapas en el desarrollo de la investigación. **El capítulo IV, Desarrollo de la Investigación**, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos específicos, que posteriormente son analizados. En el **Capítulo V, Discusión de los Resultados**, finalmente en el **Capítulo VI**, se exponen las conclusiones y recomendaciones desprendidas del análisis de los resultados obtenidos y en correspondencia con los objetivos específicos del estudio.

# **CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA**

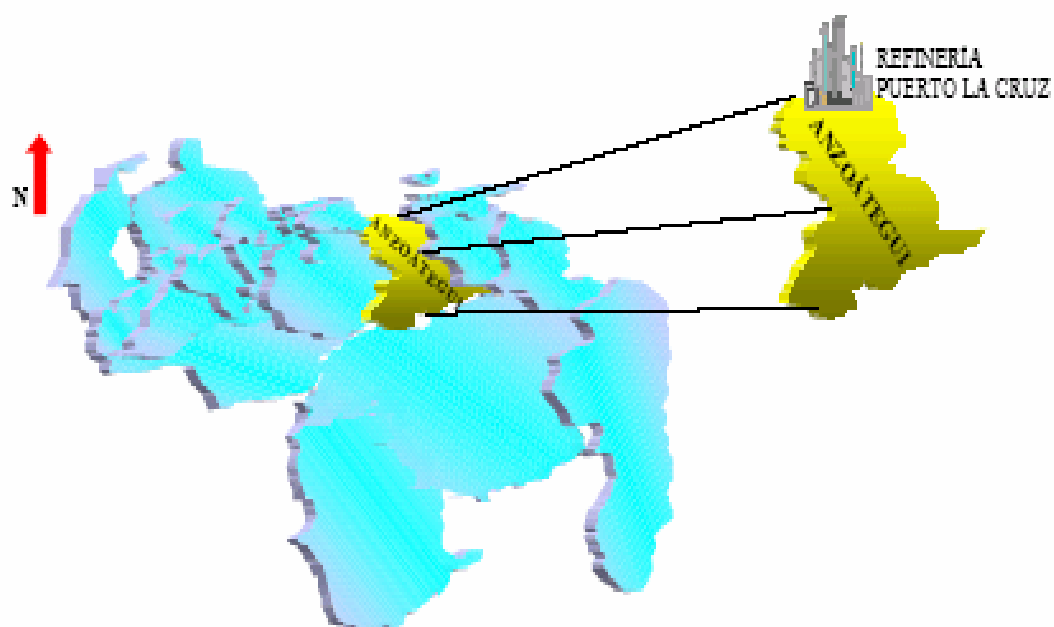
## **1.1 RESEÑA HISTORICA**

El día 14 de diciembre de 1922, se deslumbra la esperanza del Estado Venezolano hacia una mejor Economía Nacional, y de igual manera se conmocionó la fraternidad petrolera mundial, por motivo de un reventón que se produjo en un pozo petrolero explorado por la compañía SHELL, cuya altura del producto alcanzaba a elevarse aproximadamente unos 60 m durante nueve (9) días. Este pozo se encontraba ubicado en el estado Zulia, específicamente en la costa del lago de Maracaibo.

A partir de este grandioso evento, se dan inicio a las actividades petroleras en el país, con la compañía GULF, la cual trasciende desde 1923 hasta 1936 con el nombre de Venezuela Gulf Oil Company S.A. a Gulf Oil Corporation, dirigida por los norteamericanos.

El desarrollo de la industria Petrolera Venezolana empieza a tomar forma definitiva con la promulgación de la llamada Ley de Hidrocarburos de 1943, según la cual se reconocía el derecho de explorar y explotar los hidrocarburos al Estado por sí mismo, a través de órganos descentralizados y a los particulares que hubiesen obtenido las respectivas concesiones. La Ley especificaba que el concesionario solo era dueño del petróleo extraído pero no del yacimiento, cuya propiedad era conservada por el Estado con el fin de resguardar el patrimonio nacional.

En 1948, la empresa Vengref inicia la construcción de la refinería Puerto La Cruz, utilizando el Puerto de Guanta para recibir los materiales y equipos necesarios para su instalación. En la figura 1.1 se observa la ubicación geográfica de la Refinería de Puerto la Cruz



**Figura 1.1** Ubicación Geográfica de la Refinería PLC.

**Fuente:** Gerencia Planta de Hidroprocesos Refinería Puerto la Cruz

En 1950, inicia sus operaciones con la unidad de Destilación Atmosférica n° 1 (DA-1), con la capacidad de procesar 44 mil barriles diarios (MBD) de crudo, la Unidad de Polimerización de gasolina y la planta de tratamiento para productos blancos (Gasolina y Kerosén).

Durante los años 1955 – 1962, se instalan en la Refinería nuevas unidades orientadas a incrementar la capacidad de procesamiento de crudos pesados y asimismo, aumentar el volumen de gasolina de alto octanaje. Estas fueron la Unidad de Destilación Atmosférica N°2 (DA-2) en el año 1957, con la capacidad de 65 MBD, la Unidad de Desintegración Catalítica con una capacidad de 9 MBD (1957) y la unidad de Alquilarción con capacidad de 2.4 MBD (1962); con ello se modificó el patrón de refinación en un 40% de productos blancos y 60% de combustible residual.

Posteriormente se instala la Unidad de tratamiento de Amina en la Planta de Alquilación.

Actualmente, La refinería Puerto La Cruz es uno de los centros de procesamientos de crudo más importantes de **PDVSA** e integra un circuito de manufactura del petróleo extraído en los campos de los estados Monagas y Anzoátegui.

Geográficamente, esta planta abarca tres áreas operacionales: Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque, ubicadas en el norte y centro del estado de Anzoátegui, con una capacidad total de procesamiento de crudos de 200 mil barriles por día, de los cuales se obtienen 73 mil barriles de gasolina y nafta, 12 mil barriles de kerosén-jet, 43 mil barriles de gasoil y 73 mil barriles de residual, insumos y requeridos para la mezcla de combustibles comercializados en los mercados interno y de exportación.

El manejo de estos ingentes volúmenes de producción requiere de 129 tanques de almacenamiento con capacidad para 13,5 millones de barriles de crudo y productos, que son despachados a otras partes del país y al extranjero por el Terminal Marino de Guaraguao, el cual admite en sus siete muelles un promedio de 55 buques mensuales, que pueden transportar 20,2 millones de barriles mensuales.

### **1.1.1 Misión y Visión de la Refinería de Puerto La Cruz**

Su misión es ser una Refinería modelo reconocida por la seguridad, calidad, rentabilidad, eficiencia, disciplina, trabajo en equipo y búsqueda de normas cada vez más altas para vencer los retos y asegurar la supervivencia en el viaje a una Refinería Clase Mundial.

Su visión maximizar las ganancias de la corporación mediante el manejo de crudos y la elaboración de productos refinados en una forma altamente segura y confiable, en convivencia armónica con el ambiente y con el recurso humano desarrollado a plenitud para satisfacer los niveles exigidos por sus clientes.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima, PDVSA es la corporación estatal de la República Bolivariana de Venezuela que se encarga de la exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos, de manera eficiente, rentable, segura, transparente y comprometida con la protección ambiental; con el fin último de motorizar el desarrollo armónico del país, afianzar el uso soberano de los recursos, potenciar el desarrollo endógeno y propiciar una existencia digna y provechosa para el pueblo venezolano, propietario de la riqueza del subsuelo nacional y único dueño de esta empresa operadora. PDVSA cumple con todas las actividades propias del negocio petrolero, constituyéndose en una corporación verticalmente integrada, que abarca todos los procesos, desde la explotación hasta la comercialización de los hidrocarburos gaseosos y no gaseosos, y sus derivados, siendo la Refinación el proceso que se encarga de la transformación de los hidrocarburos en productos derivados, la cual se realiza en las Refinerías del país, entre estas la Refinería Puerto La Cruz.

La función operativa de la Refinería Puerto La Cruz está soportada en tres Unidades de Destilación Atmosférica (DA-1 y DA-2 en Guaraguao, DA-3 en El Chaure), una Unidad de Desintegración Catalítica (FCC), una Unidad de Alquilación, una Unidad de Tratamiento MEROX, una Planta de Servicios Industriales, una Planta de Hidroprocesos, Sistema de Almacenaje y siete Muelles de Embarque de Crudo y Producto.

En la Planta de Hidroprocesos, se encuentran ventiladores de enfriamiento, los cuales están distribuidos equitativamente en las cuatro (4) áreas que conforman la mencionada planta; el área 100, 200, 300 y 400, a su vez cada área está organizada estructuralmente en varias unidades. Para efectos de la presente investigación se seleccionó el área 200 por observarse en ésta, los equipos de mayor riesgo en virtud de las fallas que presentan actualmente y que requieren de la implementación de acciones de mantenimiento efectivas e inmediatas.

En Planta Hidrotratadora de Diesel (área 200) la función de estos ventiladores es extraer el calor de la nafta que se procesa y mantener rangos de temperatura adecuados, donde las reacciones químicas generan elevadas temperaturas asociadas a la naturaleza del proceso industrial; si ocurren fallas en el sistema de ventilación se incrementan los riesgos de explosiones e incendios generándose situaciones inseguras en equipos e instalaciones, siendo esta situación evidente a nivel de algunos ventiladores que presentan signos de deterioro y daños en su estructura y funcionamiento generando una situación de riesgo.

La problemática se identificó en el área 200 donde se encuentra la mayor cantidad de ventiladores de enfriamiento (38 unidades). Entre los principales indicadores de fallas observadas en los ventiladores están: fuga de fluidos (aceite) en las estoperas, presencia de residuos de lubricantes en el reductor de velocidad, elevados valores de vibración, apreciación de ruidos en el engranaje del reductor, desacople de los elementos mecánicos, pérdidas de piezas menores de ajuste del equipo y movimiento estructural.

Las fallas observadas podrían estar asociadas a múltiples factores que en definitiva reflejan la falta de efectividad de los planes de mantenimientos aplicados hasta ahora; sobre este particular es importante destacar, que como no se dispone de una fuente histórica sobre estos equipos, es necesario acceder a la información a



través de entrevistas al equipo de trabajo, ya que estos datos son de importancia para analizar las causas de tales fallas, cabe destacar, que al no cumplirse las tareas definidas en los planes de mantenimiento, se refleja la falta de efectividad en la recurrencia de fallas, aumento de riesgos en el campo de trabajo, mayor frecuencia de averías y pérdida de tiempo productivo lo cual tiene una repercusión en los costos operativos y en la calidad de los procesos.

Ante la problemática planteada y tomando en cuenta la necesidad de ejecutar un tipo de mantenimiento eficaz, se llevará a cabo el presente estudio que plantea como alternativa de solución proponer acciones de mantenimiento basadas en el M.C.C a los ventiladores de enfriamiento en el Área 200 de la Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General:**

Proponer acciones de mantenimiento basadas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a los ventiladores de enfriamiento en el Área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto La Cruz.

#### **1.3.2 Específicos:**

1. Describir el contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento.
2. Seleccionar los ventiladores críticos mediante un análisis de criticidad.

3. Analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos.
4. Definir las tareas de mantenimiento mediante la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD) del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
5. Establecer las responsabilidades y las frecuencias de las actividades para las tareas de mantenimiento propuestas.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

El estudio se justifica y es importante, por los beneficios que aporta a la empresa, los trabajadores, el ambiente. En cuanto a la organización (PDVSA), al estudiar en detalle el caso particular de los ventiladores de enfriamiento en el Área 200, de la Planta de Hidroprocesos, es posible ofrecer una información objetiva y confiable en torno a los ventiladores críticos, los modos y frecuencias de fallas y su impacto en el contexto operacional donde estos equipos se desempeñan, reflejando la importancia de la confiabilidad operacional de los mismos, a su vez, el análisis de la información servirá como referencia a la gerencia competente, en la toma de decisiones, a fin de establecer mejoras en la gestión de mantenimiento.

Lo antes expuesto representa beneficios para la empresa en términos de costos operativos, indicadores de calidad en procesos de producción, competitividad en el uso de planes basado en MCC, disminución de riesgos en personas e instalaciones y una mayor confianza de los clientes al recibir los productos comercializados que se procesan en la planta de hidroprocesos donde los ventiladores de enfriamiento tienen inherencia en el control de variables del proceso.

El hecho de realizar el presente estudio y lo que implica su objetivo general, es beneficioso para los trabajadores y el ambiente, así como para las instalaciones, ya

que se operarían equipos en condiciones de confiabilidad lo que significa que es posible mantener el control de la temperatura en los parámetros establecidos para los diferentes procesos a que son sometidas las sustancias químicas para obtener los productos finales, de ser así, se minimizan los riesgos en el área 200 y se genera una mayor efectividad y productividad del personal.

Además de los aspectos ya mencionados, es importante resaltar que el estudio, contribuye a profundizar los conocimientos sobre los equipos estudiados y los fundamentos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, de manera que se convierte en una herramienta didáctica para la elaboración de estudios similares donde se requiere la formulación de planes, acciones o estrategias de mantenimiento a nivel industrial.

## **1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES**

El presente estudio, plantea la Propuesta de Acciones de Mantenimiento Basadas en el de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los ventiladores de enfriamiento críticos que se encuentran en el área 200 (unidades 19 y 20), de tal forma que los resultados obtenidos sirvan como base para incentivar la planificación del mantenimiento en las demás aéreas de la refinería. Teniendo en cuenta la limitación de que dichos ventiladores no cuentan con información documentada de mantenimiento, como historiales de falla, planes de mantenimientos o diagramas de instrumentación y procesos previos a este trabajo.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

- Calderón, W. (2006), en **“Aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad a los equipos rotativos del centro de almacenamiento y transporte de crudo Jusepín, PDVSA 2006”**, trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Mecánico, [1]. La investigación permitió al autor llegar a las siguientes conclusiones: Las fallas más recurrentes en las Bombas Principales son ocasionadas por alto nivel de vibración originada por baja presión de descarga de las Bombas Booster cuando se transfiere crudo desde los TK-150.006 y TK-150.007, otras fallas de relevancia en las Bombas Booster son originadas por fuga de crudo a través de los sellos mecánicos. De las tareas propuestas por el MCC se obtuvieron trece (13) Tareas de Reacondicionamiento Cíclico, doce (12) Tareas a Condición y una (01) de Sustitución Cíclica para las Bombas Booster.
- Montaña, L y Rosas Elkin (2006), en **“Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la Planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías Paz del Río S.A.”** trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Electromecánica [2]. El presente estudio llevó a las siguientes conclusiones por los autores: La base de datos fue realizada en su totalidad por los autores y brindó a la directiva de la Planta de Coque un enfoque de la situación real de los equipos que operaban hasta la culminación del proyecto (febrero 2006) y su actualización depende únicamente del personal de la oficina de mantenimiento mecánico de la Planta,

el Análisis de Criticidad permitió, en la Planta de Coque, unificar criterios de la directiva de mantenimiento y producción para establecer un orden jerárquico que permita direccionar los esfuerzos hacia los equipos críticos.

- Ramos, R. (2006), en “**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo a la línea de productos retornables de una embotelladora de bebidas gaseosas, que garantice el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción**” trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Mecánico. [3] La investigación permitió al autor llegar a las siguientes conclusiones: Mediante la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se logró como uno de los resultados inmediatos, el incremento y unificación de la base de los conocimientos relacionados con la línea de producto retornable, permitiendo un mejor entendimiento de la misma, El análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad permitió diseñar el plan de mantenimiento preventivo aplicable durante todo el año.

## **2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1 MANTENIMIENTO**

Son el conjunto de acciones que permite mantener o restablecer un sistema productivo a un estado específico de operación, para que pueda cumplir un servicio determinado [4].

#### **2.2.1.1 Tipos de Mantenimientos**

- **Mantenimiento Preventivo**

Son actividades planificadas en cuanto a inspección, detección y prevención de fallas, cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación (estándar de funcionamiento). Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, las condiciones operacionales, y la historia de falla de los equipos [4].

- **Mantenimiento Correctivo**

Son actividades que se realizan después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en restablecer las condiciones operativas de un determinado equipo una vez ocurrida la falla, esto por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos ya sea debido al desgaste, daños o roturas de éstos [4].

- **Disponibilidad**

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado [5].

- **Planificación del Mantenimiento**

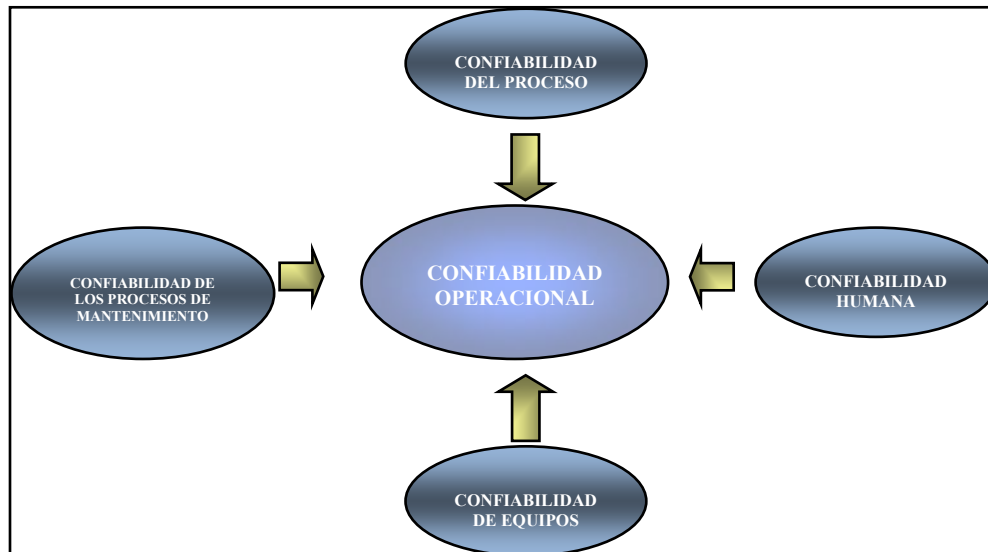
Es el diseño de programas de actividades de mantenimiento, distribuidas en el tiempo, con una frecuencia específica y dinámica que permite mantener los equipos en operación para cumplir con las metas de producción preestablecidas por la organización [6].

- **Frecuencia de Inspección**

Es el tiempo entre dos inspecciones del mismo elemento del equipo. Es diferente para cada elemento y equipo, se define en función de su trabajo y entorno. Las frecuencias más utilizadas en plantas industriales son: Diarias (D), Semanales (S), Mensuales (M), Trimestrales (3M), Semestrales (6M), Anuales (A) [6].

### 2.2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Es la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Es importante, puntualizar que en un programa de mejoras de la confiabilidad operacional de un sistema, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros operacionales: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenimiento y confiabilidad de los equipos. En la figura 2.1 se muestran los parámetros que afectan a la confiabilidad operacional [7].



**Figura 2.1** Sistema de Confiabilidad Operacional

Fuente: Suarez Diógenes 2007 [6].

La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros presentados, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema [7].

Para la ejecución de un programa de Confiabilidad Operacional es necesario establecer una estrategia que permita la creación de un terreno clave para el éxito. Para establecer esta estrategia con claridad se deben tener claro los siguientes aspectos: Evaluación de situación en cuanto a tipo de equipos, modos de fallo relevantes, ingresos y costos, entorno organizacional, síntomas percibidos, posibles causas y toma de decisiones. Diseño de ruta, para visualizar secuencia de metodologías que mejor se adapten a las situaciones. Priorización de iniciativas con el propósito de estimar el impacto potencial de cada una de ellas visualizando el valor agregado. Definición de proyectos, identificando actores, nivel de conocimientos, anclas, combinación de metodologías y pericias.

La Confiabilidad Operacional se aplica sustancialmente en los casos relacionados con: Elaboración/Revisión de los planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos y dinámicos. Establecer alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas. Solución de problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la confiabilidad de las operaciones. Determinación de tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, instalaciones, equipos y ambiente. Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro [7].

### **2.2.3 CONTEXTO OPERACIONAL**

El primer documento que se realiza para un análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, es el contexto operacional, este debe realizarse muy cuidadosamente ya que de él dependerá la ejecución del análisis, el mismo debe contener una descripción detallada de la instalación que va a ser analizada, en él se



refleja el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, dispositivos de seguridad, metas de seguridad ambiental y operacional, volumen de producción, calidad, servicio, planes a futuro, personal, turnos de trabajo, operaciones, mantenimiento, gerencia, límites del sistema y un listado de componentes de cada sistema (en caso de que haya una división del sistema en varios sub-sistemas), incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores [8].

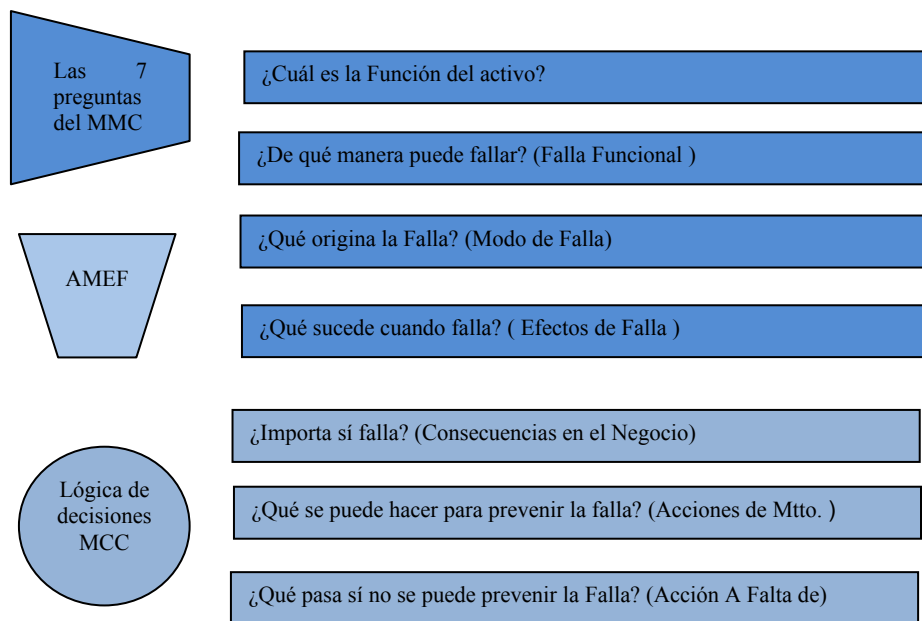
#### **2.2.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)**

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología MCC es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente (de diseño) o a su confiabilidad inherente (de diseño).

Desde este punto de vista, el MCC, no es más que una herramienta de gestión del mantenimiento, que permitirá maximizar la confiabilidad operacional de los activos en su contexto operacional, a partir de la determinación de los requerimientos reales de mantenimiento. El MCC es necesario porque: responde a las debilidades derivadas de los enfoques tradicionales de mantenimiento, permite asociar y sopesar los riesgos del negocio con el fallo de los activos, facilita de manera sistemática, la determinación del enfoque que se le debe dar a los recursos de la función mantenimiento.

Su aplicación busca definir estrategias de Mantenimiento que: mejoren la seguridad, el rendimiento operacional de los activos, la relación costo/riesgo-efectividad y que las tareas de mantenimiento minimicen la ocurrencia de fallas, o al menos sean efectivas en mitigar las consecuencias una vez ocurrida la misma.

La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas, la figura 2.2 muestra, de forma esquematizada las siete preguntas básicas de la metodología MCC [7].



**Figura 2.2** Las Siete preguntas del MCC

**Fuente:** Suarez Diógenes 2007 [6].

El éxito del proceso de implantación del MCC en la industria dependerá básicamente del trabajo del Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual se encargará de responder las siete preguntas básicas.

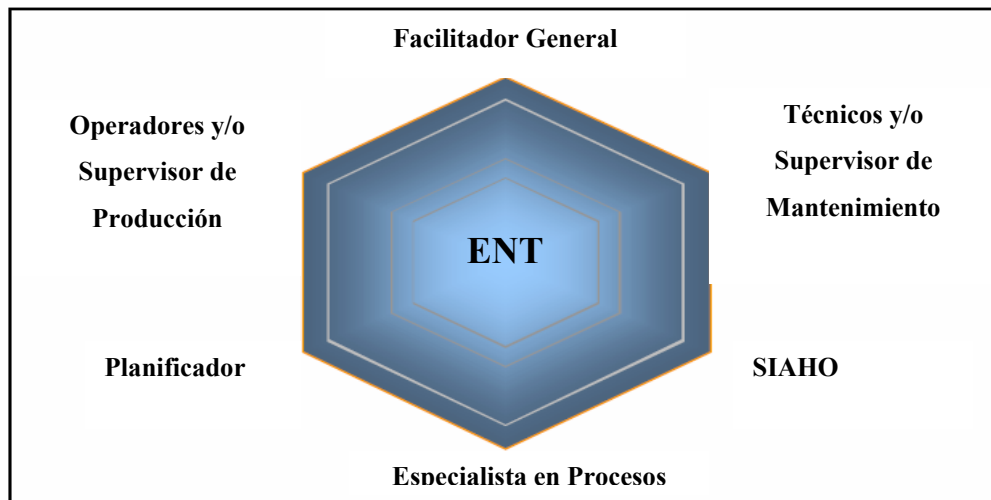
## **2.2.5 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

A continuación se detalla la forma correcta de llevar a cabo la metodología del MCC.

### **2.2.5.1 Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT)**

En la práctica, el personal de mantenimiento no puede contestar a todas las preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Lo cual se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de las mismas.

Por esta razón, una revisión de los requisitos del mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en MCC. La figura 2.3 muestra la representación de un Equipo Natural de Trabajo y seguidamente se explica que rol cumple cada integrante del equipo natural de trabajo [7].



**Figura 2.3** Equipo Natural de Trabajo

Fuente: Suarez Diógenes 2007.

- **El Facilitador General**

Los integrantes del ENT trabajan bajo el asesoramiento de un especialista bien entrenado en el MCC, que se conoce como un facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del MCC. Su rol es asegurar que se aplique el MCC correctamente (en otras palabras, que se haga las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan), que el personal del grupo (especialmente el de producción y mantenimiento) consigan un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas, que no se ignore componentes o equipos críticos, que las reuniones progresen de forma razonable, que todos los documentos del MCC se llenen debidamente [7].

El resto de las personas que conforman el ENT cumplen también un papel específico y de mucha importancia dentro del equipo de trabajo a continuación se

especifica el rol de cada uno de estos integrantes. Operadores y/o Supervisor de Producción: son los encargados de aportar conocimiento sobre el efecto y las consecuencias de las fallas. Técnicos y/o Supervisor de mantenimiento (mecánicos, electricistas e instrumentistas): se encargan de aportar el conocimiento sobre las causas de las fallas y las maneras de evitarlas.

- **Especialistas en Procesos**

Participan para resolver las controversias en las reuniones del ENT con respecto a las particularidades del proceso, que se un sistema o equipo estudiado.

- **SIAHO**

Se encargan de informar sobre el impacto en seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional, que puede llegar a ocasionar la ocurrencia de una falla.

- **Planificador**

Se encarga de incorporar las actividades de mantenimiento que minimizan la ocurrencia de las fallas en el programa de mantenimiento, con su frecuencia correspondiente [5].

Todo esto se puede resumir en la conformación de un Equipo Natural de Trabajo, el cual se define en el contexto de nuestro propósito, como un conjunto de personas de diferentes funciones en la organización que trabajan juntas por un período de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo

común. En la figura 2.4 se ejemplifica cuales son los roles de los integrantes de un ENT [6].



**Figura 2.4** Funciones de los Integrantes de un ENT

Fuente: Suarez Diógenes 2007. [6]

### 2.2.5.2 Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

El AMEF es un método sistemático que permite identificar las causas de ocurrencia de fallas, que puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por el ENT, a los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.

El objetivo del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de las fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción). Para poder cumplir con este objetivo, el ENT, debe realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

- ✓ Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de funcionamiento.
- ✓ Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.
- ✓ Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.
- ✓ Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla [9].

- **Función de un Equipo y sus Estándares de Funcionamiento**

Cada elemento de los equipos en el registro de una planta debe haberse adquirido para un propósito determinado. En otras palabras deberá tener una función o funciones específicas. Las funciones se dividen en dos tipos:

**a) Funciones Primarias:** Son aquellas razones principales por las que el equipo existe, es decir, es lo que se quiere que haga el sistema y de lo que sea capaz. Alguna pérdida de la función principal de un componente afectará el desempeño total de éste, en su contexto operacional [7].

**b) Funciones Secundarias:** Son aquellas funciones cuya pérdida afecta la operación del sistema pero solo parcialmente, se clasifica de acuerdo a: ambiente, seguridad, contenedoras, confort, apariencia, protección, economía, eficiencia y superfluos [8].

Cada elemento en una planta, debe tener una función o funciones específicas, alguna pérdida de estas funciones afectará dependiendo de: La función de los equipos en su contexto operacional y, el comportamiento funcional de los equipos en ese contexto operacional.

El AMEF comienza definiendo las funciones y estándares de comportamiento funcional de cada elemento de los equipos en su contexto operacional. Los estándares de funcionamiento se refieren a producción, calidad, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad. Cada función tiene dos criterios de funcionamiento que son:

- Confiabilidad inherente: Es lo que es capaz de realizar el elemento, de acuerdo a su diseño.
- Prestación deseada: Es lo que se quiere que consiga el elemento [9].

Dependiendo del contexto operacional, máquinas idénticas pueden tener distintas funciones primarias, por otra parte si las funciones son idénticas, y los elementos son idénticos pueden tener criterios de funcionamiento diferentes dependiendo del contexto operacional en el cual se encuentran [10].

- **Fallas Funcionales**

Es la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. La pérdida parcial de una función es razón por lo que la misma pueda tener más de una falla funcional, una función puede incorporar varios criterios de prestación y si no se cumple alguno ya es una falla funcional [11].



- **Modos de Falla**

Son la causa de las fallas funcionales. En otras palabras, el modo de falla es el que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla) [10].

Se hace una lista de modos de falla, para cada falla funcional, anotando solo aquellos que tengan más probabilidad razonable de que se produzcan, estas pueden ser tales como:

- ✓ Los que se han producido anteriormente en el mismo equipo.
- ✓ Los que son objeto de mantenimiento cíclico preventivo.
- ✓ Los que se consideren más posibles, así no hayan sucedido.

Al describir un modo de falla, se debe intentar utilizar un verbo preciso para describir el mismo, y tratar de no usar excesivamente la palabra “Falla”. Para evitar concentrarse en los “Síntomas” de las fallas, es esencial registrar las causas fundamentales de cada falla funcional, al definir los modos de las mismas. Los operarios, especialistas, encargados o fabricantes del equipo, así como los antecedentes técnicos y base de datos, son las fuentes de información más importantes para identificar los modos de falla presentes en un equipo [12].

- **Efectos de la Falla**

Forma de manifestación del modo de falla, permite definir lo que sucede al producirse cada modo de falla, con lo cual es posible determinar el nivel de mantenimiento a aplicar; con esta información de los efectos en la última columna a la derecha se termina de llenar la Hoja de Información, en la figura 2.5 se muestra la

forma como debe ser llenada dicha Hoja. Para definir un efecto de falla se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: qué evidencias hay de que ocurrió la falla, de qué manera afecta la seguridad y al ambiente, de qué manera afecta la producción o las operaciones, es necesario parar el proceso, hay impacto en la calidad, hay impacto en el servicio al cliente, se producen daños a otros sistemas, qué daños físicos ocasiona la falla [11].

		Equipo :	Realizado Por :	Fecha:	Hoja N°
		Sistema :	Revisado Por :	Fecha:	De:
Función		Falla Funcional	Modo de Falla (¿Que causa la falla?)	Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
1		A	1		

Letra correspondiente a la Falla Funcional

Número Correspondiente al Modo de Falla

Número Correspondiente a la Función

**Figura 2.5** Formato de la Hoja de Información del MCC

**Fuente, Propia.**

### 2.2.5.3 Árbol Lógico de Decisión (ALD)

Una vez realizado el AMEF, el Equipo Natural de Trabajo MCC, deberá seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla previamente identificado, a partir del Árbol Lógico de Decisión (herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar el tipo de

actividad de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos).

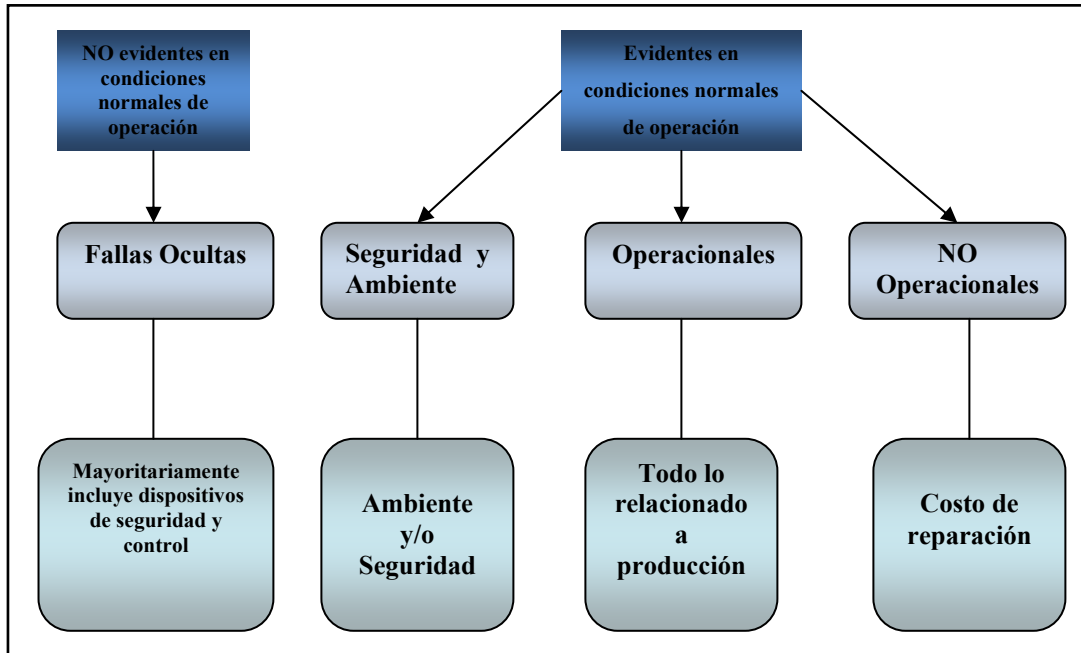
Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del Árbol Lógico de Decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas. El primer paso para seleccionar las actividades de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas [8].

Una vez, identificadas las consecuencias por cada modo de falla, el Equipo Natural de Trabajo debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento, apoyándose en el Árbol Lógico de Decisión del MCC (figura A.1 en el Anexo A). El MCC clasifica las actividades de mantenimiento a ejecutar en dos grandes grupos, las actividades preventivas y las actividades correctivas, estas últimas, se ejecutarán sólo en el caso de no encontrar una actividad efectiva de mantenimiento preventivo. Cada grupo de actividades de mantenimiento, tiene sus respectivos tipos de tareas de mantenimiento [9].

- **Consecuencias de las Fallas**

Es como y cuanto importa cada falla, son los impactos que produce cada modo de falla en el negocio. Éstas indican si se necesita prevenirlas y con qué esfuerzo, es decir proporciona una base para decidir si merece la pena realizar el mantenimiento preventivo. Merece la pena realizar una tarea preventiva si se resuelve adecuadamente las consecuencias de la falla que se pretende evitar. Las consecuencias de las fallas se clasifican en cuatro, consecuencias de fallas ocultas,

consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, consecuencias operacionales y, consecuencias no operacionales (ver figura 2.6) [11].



**Figura 2.6** Clasificación de las Consecuencias de las Fallas

Fuente: Suarez, Diógenes 2007.

- **Consecuencias de Fallas Ocultas:**

Para comenzar, una falla oculta es aquella que no es detectable por los operarios bajo circunstancias normales, estas consecuencias no ejercen ningún efecto directo, pero exponen a la planta a otras fallas con consecuencias más graves, las fallas ocultas suelen ser fallas de “dispositivos de seguridad” y son motivos para causar fallas en equipos más complejos. Toda falla oculta está relacionada con una función oculta; la cual tampoco es detectable por los operarios en circunstancia normales. [8]

- **Consecuencias para la Seguridad y el Medio Ambiente**

Si la falla funcional es evidente, cada modo de falla asociado a ella puede tener tres categorías de consecuencias: [11]

- ✓ Las que podrían afectar la seguridad y el medio ambiente.
- ✓ Las que podrían afectar a la producción y a las operaciones.
- ✓ Las que sólo afectan el costo directo de la operación.

Un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad, si causa una pérdida de función u otros daños que puedan lesionar o matar a alguien, y tiene consecuencias para el medio ambiente si origina una pérdida de función u otros daños que pudiesen conducir a la infracción de cualquier normativa o reglamento relacionado con el medio ambiente [11].

Las fuentes de información que pueden ser de ayuda para decidir si existen consecuencias para la seguridad o el medio ambiente son:

- ✓ Estudios de riesgo.
- ✓ Juicios y experiencias.
- ✓ Legislación de seguridad.
- ✓ Normativas con relación al entorno [7].

- **Consecuencias Operacionales**

Una falla trae consecuencias operacionales sí, tiene un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional, es decir afecta a la producción. Este tipo de consecuencias puede afectar a las operaciones de las siguientes formas:

- ✓ Al rendimiento total.
- ✓ A la calidad del producto.
- ✓ Al servicio al cliente [12].

Para los modos de falla con consecuencias operacionales, una tarea preventiva es eficaz sí, a través de un período de tiempo cuesta menos que el costo que generan las consecuencias operacionales, más el costo por reparar las fallas que tiene como misión evitar, sino se encuentra una tarea preventiva adecuada se debe rediseñar con el fin de:

- ✓ Reducir la frecuencia de la falla.
- ✓ Reducir o eliminar las consecuencias de la falla.
- ✓ Hacer que la tarea preventiva sea compensada económicamente [10].

- **Consecuencias no Operacionales**

Son consecuencias de una falla evidente, que no ejercen ningún efecto sobre la capacidad operacional, no afecta ni a la seguridad ni al medio ambiente, tampoco a la producción, sólo afecta el gasto de reparación. Para los modos de falla con consecuencias no operacionales, merece la pena realizar una tarea preventiva sí, a través de un período de tiempo, cuesta menos que el costo por reparar las fallas que tiene como misión evitar; para la mayoría de este tipo de fallas, no es rentable en una gran cantidad de casos el mantenimiento preventivo. [13]

- **Tareas Preventivas**

Se dividen según el MCC en tareas no asociadas con el envejecimiento (tareas a condición) y tareas asociadas con el envejecimiento (tareas de reacondicionamiento cíclico y tareas de sustitución cíclica) [11].

- **Tareas a Condición**

Las tareas “A Condición” consisten en chequear los equipos si están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar las consecuencias de las mismas, con estas tareas los elementos que se inspeccionan se dejan en funcionamiento a condición de que continúe desempeñando satisfactoriamente las prestaciones asociadas al equipo. Las tareas a condición son cíclicas y se hacen con cierta frecuencia, y ésta a su vez depende del intervalo P-F; para explicar el concepto de este intervalo hay que definir lo que es una falla potencial. [11]

Una falla potencial es un estado físico identificable que indica que esta a punto de producirse una falla funcional, o está ocurriendo ya, como ejemplo de fallas funcionales se pueden citar: [10]

- ✓ Puntos calientes que significan el deterioro de la obra refractaria de un horno.
- ✓ Vibraciones que presagian la falla inminente de un cojinete.
- ✓ Grietas que indican la fatiga de un componente.
- ✓ Partículas en el aceite de una caja de engranajes que indican la falla inminente de los mismos.

- **Tareas de Reacondicionamiento Cíclico**

En estas tareas los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Las tareas de reacondicionamiento cíclico son técnicamente factibles sí: Existe una edad a partir de la cual se incrementa la probabilidad condicional de falla, la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad, y si las fallas, afectan a la seguridad o al medio ambiente, todos los elementos deben soportar esta edad, se puede conseguir su estado original realizando la tarea.

El que las tareas de reacondicionamiento cíclico sean técnicamente factibles, no quiere decir sean necesariamente eficaces, deben reducir al máximo las fallas que tengan consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, si son consecuencias económicas; su costo a través de un período de tiempo debe ser menor que el costo de permitir que ocurra la falla [10].

- **Tareas de Sustitución Cíclica**

Estas consisten en reemplazar un equipo o sus componentes a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. La frecuencia de una tarea de sustitución cíclica está gobernada por la vida de los elementos (en otras palabras, la edad para la cual hay un rápido incremento en la probabilidad de falla) [10].

- **Acciones a “Falta De”**

Son tareas que deben realizarse si no se pueden encontrar tareas preventivas adecuadas, con este tipo de tareas se completan los siete pasos principales del MCC.



Este tipo de tareas se clasifican de la siguiente manera en: Tareas cíclicas de búsqueda de fallas, el no realizar ningún mantenimiento preventivo, y en el rediseño.

- **Tareas Cíclicas de Búsqueda de Fallas**

Estas consisten en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado, no se consideran como preventivas porque su objeto es evitar las fallas múltiples que pueden ocurrir si la falla oculta permanece inadvertida; un claro ejemplo de este tipo de tareas es el chequeo continuo de detectores de incendio [10].

- **Ningún mantenimiento preventivo**

Consiste en dejar en servicio al equipo hasta que se produzca una falla funcional. Es aplicable sólo si el mantenimiento preventivo es más costoso que el monto involucrado en las consecuencias operacionales y/o el costo de reparar la falla [14].

- **El Rediseño**

Comprende una modificación de las especificaciones de un componente, la adición de un elemento nuevo, la sustitución de una máquina entera por una de otra marca o tipo, o el cambiar una máquina de sitio [11].

## **2.2.6 HOJA DE DECISIÓN**

Esta hoja se elabora con la información procesada en los tres últimos pasos del MCC, de acuerdo a la referencia de la hoja de información; en ella se clasifican el tipo de consecuencias que tiene la falla (fallas ocultas, para la seguridad y el medio



### **Leyenda para la comprensión de la nomenclatura de la Hoja de Decisión.**

<b>F:</b> Función	<b>S:</b> Seguridad
<b>FF:</b> Falla Funcional	<b>H:</b> Evidente
<b>MF:</b> Modo de Falla.	<b>E:</b> Ambiente
	<b>O:</b> Operacional
<b>1:</b> Tarea A Condición.	<b>N:</b> No Operacional
<b>2:</b> Reacondicionamiento Cíclico.	<b>H4:</b> Búsqueda de Fallas
<b>3:</b> Sustitución Cíclica	<b>H5:</b> Ningún Mantenimiento Programado
	<b>S4:</b> Rediseño

### **2.2.7 ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un Análisis de Criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

El objetivo de un Análisis de Criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

El Análisis de Criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta, personal [15].

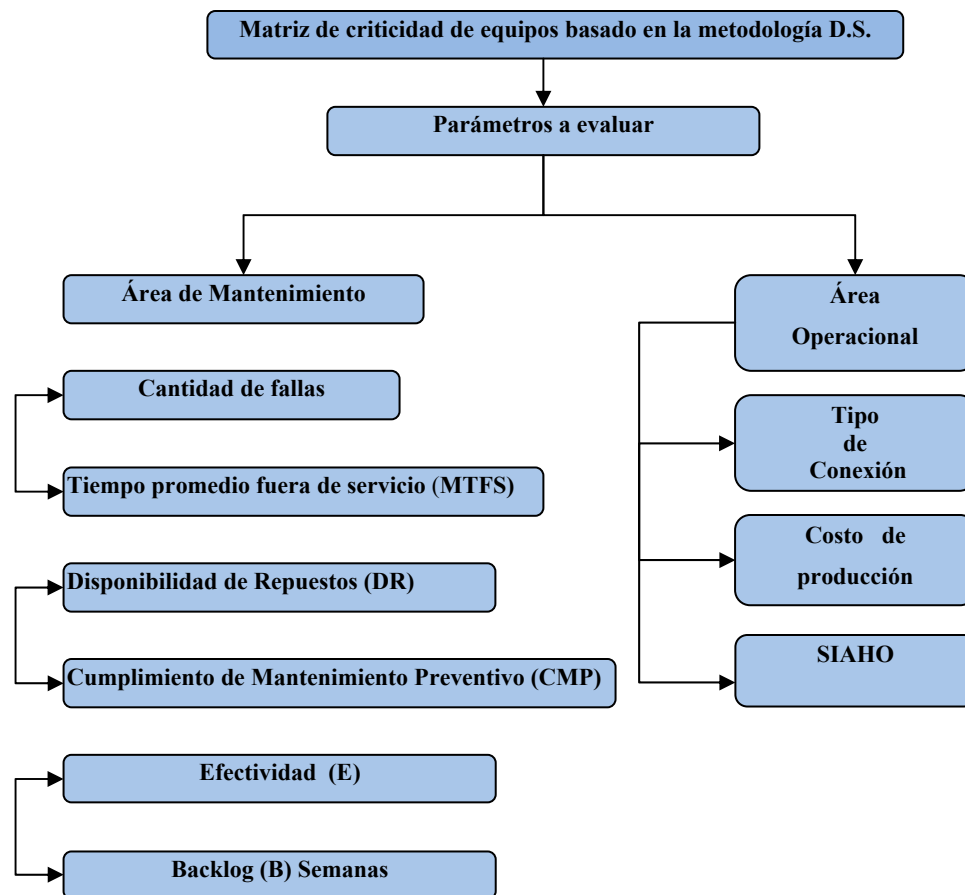
#### **2.2.7.1 Metodología D.S. de Análisis de Criticidad**

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de sistemas o equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar, basado en la realidad actual.

El objetivo de esta metodología va dirigido a ofrecer una herramienta que ayude en la determinación de la jerarquía de sistemas y equipos de una planta, que permita manejarla de manera controlada y en orden de prioridades [14]. En la figura 2.7 se muestran los parámetros tomados en cuenta en la metodología D.S. para el análisis de criticidad.

Hay que destacar que para cada parámetro están dadas una serie de factores predeterminados por el método D.S. que pueden señalar el estado actual de la empresa tanto en el área de mantenimiento como en el operacional, cada factor está ponderado de manera tal que arroja un valor que va del 1 al 3 de acuerdo al nivel de gravedad que este parámetro en específico presente, 1 para el menos grave y 3 para el más grave. Hecho el análisis a cada parámetro se suman las ponderaciones resultantes obteniendo un total por cada área y se introducen en la ecuación 2.1 que se utiliza

para calcular la criticidad del equipo. La matriz es flexible por cuanto se pueden incluir o quitar parámetros, en dependencia del contexto operacional a evaluar [14].




**Figura 2.7** Parámetros utilizados por la metodología de análisis de criticidad D.S.

Fuente: Suarez, Diógenes 2007 [6].

A continuación en la tabla 2.2 se muestran la matriz de criticidad, las ponderaciones de cada uno de los parámetros así como también la ecuación 2.1 (ecuación de criticidad).

**Tabla 2.2** Matriz de Criticidad. Fuente: Suarez, Diógenes. [6]

	Equipo:	Sistema:	Realizado:	
	Código:	Evento de control:		
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1		
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1		
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1		
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1		
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1		
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
6) Backlog ( B ) Semanas	6a) $0 \leq B \leq 2$	1		
	6b) $2 \leq \text{CMP} \leq 5$	2		
	6c) $B > 5$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
7) Tipo de conexión	7a) Sistema Paralelo	1		
	7b) Sistema Combinación	2		
	7c) Sistema Serie	3		
8) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	8a) Sin Consecuencias	1		
	8b) Efecto Temporal	2		
	8c) Efecto Permanente	3		
9) Costos de Producción	9a) Igual a la meta	1		
	9b) Menor a la meta	2		
	9c) Mayor a la meta	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				

$$\text{Críticidad del equipo} = [K_1 * (\Sigma A.M.) + K_2 * (\Sigma A.O.)] \times 100 \quad (2.1)$$

Donde:

$\Sigma A.M.$ : Sumatoria de los puntos del área de mantenimiento.

$\Sigma A.O.$ : Sumatoria de los puntos del área de operaciones.

$K_1$ : 0,0278; Constante del área de mantenimiento.

$K_2$ : 0,0555; Constante del área operacional.

La constante  $K_1$  varía si la cantidad de parámetros del área de mantenimiento aumenta o disminuye, de igual modo sucede con la constante  $K_2$  pero relacionado con los parámetros del área de operaciones. Esto dado a que dichas constantes garantizan que el resultado obtenido mediante la ecuación 2.1 no exceda el 100%. Dependiendo de dicho resultado se establece que equipo es crítico, semi crítico o no crítico dependiendo de la siguiente consideración como se observan a manera de ejemplo en la tabla 2.3 ya que los rangos mostrados en la mencionada tabla pueden también ser modificados a conveniencia de la organización, a fin de adaptarlos a sus particularidades y requerimientos.

**Tabla 2.3** Parámetros para definir la Críticidad de un Equipo.

**Fuente: Suarez Diogene, 2007.**

PARÁMETROS PARA ESTABLECER CRÍTICIDAD
No Crítico ( $33\% \leq \% \text{ Críticidad} < 50\%$ )
Semi-Crítico ( $50 \leq \% \text{ Críticidad} < 70\%$ )
Crítico ( $\% \text{ Críticidad} \geq 70\%$ )

## **2.2.8 VENTILACIÓN**

La ventilación se puede definir como una técnica que permite sustituir el aire del ambiente interior de un recinto, por otro que ofrece mejoras, debido a que el ambiente interno se considera indeseable por falta de temperatura adecuada, pureza o humedad. A las máquinas e instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad de su ambiente [15].

El uso de la ventilación es cada vez más importante en las instalaciones industriales, no sólo en las edificaciones donde los operadores llevan a cabo actividades de control, sino también directamente en determinadas áreas de las plantas o unidades procesadoras, en ese sentido, es necesario ampliar la información acerca de los tipos y métodos de ventilación.

### **2.2.8.1 Tipos de Ventilación**

#### **2.2.8.1.1 Ventilación Natural**

Es aquella en la que no intervienen elementos mecánicos automatizados. La circulación de aire se garantiza mediante la adecuada colocación de rejillas de ventilación y el establecimiento de un circuito de ventilación. Se realiza mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobrepresiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.



### **2.2.8.1.2 Ventilación Forzada**

Tipo de ventilación que consiste en un mecanismo a través del cual se logran las condiciones de temperatura adecuadas y seguras, inyectando o extrayendo aire por medios mecánicos. En este método se ejerce una presión positiva, si la inyección de aire va desde el exterior al interior de un espacio confinado, si por el contrario, se produce la extracción o succión de aire desde un espacio confinado, entonces la presión es negativa [15].

La ventilación forzada se lleva a cabo de forma mecánica (con extractores de humo y ventiladores) o hidráulica (con chorros de agua nebulizada). El principio aplicado es el de desplazar grandes cantidades de aire y humo. El hecho de que la ventilación forzada sea eficaz para extraer calor y humo cuando otros métodos no son adecuados demuestra su valor y su importancia.

Los efectos de los métodos de ventilación forzada – extractores, ventiladores de presión positiva – superan los efectos que la humedad, viento y temperatura tienen sobre la ventilación natural, reduciendo de forma significativa el tiempo que se requiere para ventilar una estructura en comparación con la ventilación natural [15].

Es difícil clasificar el equipo de ventilación forzada por tipos específicos. Los extractores de humo y los ventiladores portátiles funcionan mediante motores eléctricos o de gasolina, o mediante la presión del agua de las líneas de mangueras. En esta sección se comentan las ventajas y los inconvenientes de la ventilación forzada, los dispositivos necesarios para crearla y las técnicas utilizadas para aplicarla. Así mismo, en la explicación sobre la ventilación forzada se incluyen la ventilación por presión negativa y positiva.

Si la ventilación forzada no se aplica como es debido o se controla de forma inadecuada, puede provocar muchos daños. La ventilación forzada requiere supervisión dada la fuerza mecánica en la que se apoya. Algunos de los inconvenientes de la ventilación forzada son los siguientes:

- Introduce aire en volúmenes tan grandes que puede hacer que el fuego se intensifique y se propague.
- Depende de un abastecimiento de energía.
- Requiere equipo especial.

### **2.2.9 NORMAS VENEZOLANAS (COVENIN) VENTILACIÓN EN LUGARES DE TRABAJO**

COVENIN 2250: 2000 Esta Norma Venezolana establece los requisitos mínimos fundamentales para el diseño, operación, mantenimiento y evaluación de los sistemas de ventilación de los lugares de trabajo, de acuerdo a sus fines específicos.

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana.

- COVENIN 1056-I-91 Criterios para la selección y uso de los equipos de protección respiratoria.
- COVENIN 1056/II-91 Equipos de protección respiratoria contra partículas.
- COVENIN 1056/III-91 Equipos de protección respiratoria combinados para gas o vapor y partículas.
- COVENIN 2253:1197 Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición.
- COVENIN 3153: 1996 Trabajo en espacios confinados. Medidas de salud ocupacional.

## **CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 Según La Estrategia:**

En el desarrollo de este trabajo de grado se emplearon las estrategias de Investigación Documental y la de Investigación de Campo, la primera debido a que este proyecto estuvo sujeto a la consulta de documentos bibliográficos, manuales de los equipos, especificaciones, procedimientos así como la consulta de criterios y metodologías de mantenimiento de diversos autores. La Investigación de Campo permitió conocer la configuración y el funcionamiento real de los ventiladores de enfriamiento lo que a su vez facilitó el diagnóstico de la condición operacional de los equipos que los integran.

#### **3.1.2 Según El Propósito:**

En congruencia con los resultados obtenidos durante la investigación, la misma puede ser clasificada como Aplicada, ya que se propuso la solución de problemas prácticos basado en los conocimientos teóricos de mantenimiento ajustados a las particularidades de la empresa.

#### **3.1.3 Según el Nivel de Conocimiento:**

Según el nivel de conocimiento la investigación se clasifica como Descriptiva, ya que comprendió la descripción, registro e interpretación de la problemática actual, aunado a esto se necesitó de recolección de datos y documentación, entrevistas informales al personal experimentado y técnicas de investigación y análisis.

### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población la constituyen los 38 ventiladores de enfriamiento que pertenecen al área 200, seis (6) en la unidad 19, treinta y dos (32) en la unidad 20, así como también por todos los empleados que laboran en dicha área de la refinería de Puerto La Cruz. Debido al impacto que produce la incidencia de fallas, y con el fin de facilitar la toma de decisiones, la muestra estudiada está conformada por los equipos que resultaron ser críticos según la metodología D.S. de Análisis de Criticidad, por el personal de la empresa y del Equipo Natural de Trabajo.

### **3.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS**

En el desarrollo de este proyecto se revisaron, recolectaron y analizaron un conjunto de datos operacionales, y de diseño de los ventiladores de enfriamiento en estudio con la finalidad, de establecer con exactitud la situación operacional actual de los equipos, y realizar una propuesta de acciones de mantenimiento que incida de manera positiva en la operatividad. Entre las técnicas utilizadas para el desarrollo de este trabajo tenemos las siguientes.

#### **3.3.1 Observación Directa**

La observación directa, se utilizó como técnica para identificar y describir los equipos que conforman los sistemas en estudio, así como el proceso productivo.

#### **3.3.2 Recolección de data operacional y de diseño**

Esta técnica de recopilación de información, se utilizó para extraer de los manuales de diseño de equipos estudiados la información necesaria para el diagnóstico de la situación operacional actual soportado en la observación directa.

### **3.3.3 Entrevistas informales al Personal**

Esta técnica se utilizó para obtener y soportar gran parte de la información necesaria para la elaboración de este trabajo, siendo de gran utilidad ya que la información aportada por el personal de experiencia en el área de mantenimiento permitió conocer en detalle los trabajos realizados a los equipos, fallas más recurrentes, así como también las condiciones operacionales de éstos.

### **3.3.4 Entrevista Estructurada**

Se utilizó como método de recolección de información con el fin de aplicar el análisis de criticidad ya que no se contaba con información documentada y registrada necesaria para la elaboración de dicho tipo de análisis.

### **3.3.5 El Diagnóstico**

Como síntesis de la observación directa, recolección de datos operacionales y de diseño y las entrevistas informales al personal experimentado de mantenimiento, esta es una técnica de investigación que se utilizó para reunir los resultados de la aplicación de las técnicas anteriores que permitió identificar hechos de irregularidad en el funcionamiento de los equipos bajo estudio.

### **3.3.6 Metodología de Análisis de Criticidad**

El Análisis de Criticidad es una metodología que permitió jerarquizar a los ventiladores de enfriamiento del área 200, de acuerdo al impacto que estos producen a nivel de seguridad, ambiente y producción. Se estableció una escala (No crítico, Semi-crítico y Crítico) para definir el impacto de las fallas de estos equipos en el proceso productivo.

### **3.3.7 Metodología del MCC**

Es una metodología de análisis sistemático, útil para el desarrollo de planes de mantenimiento. Con esta herramienta se pudo manejar de forma organizada la información específica de los sistemas y equipos que fue recolectada, a la vez que se aprovechó la experiencia del personal que mantiene y opera dichos equipos. El Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) facilitó la comprensión de las fallas que los equipos pudiesen presentar; el Árbol Lógico de Decisiones, permitió determinar la tarea de mantenimiento más efectiva para prevenir la ocurrencia de dichas fallas, mientras que la Hoja de información y decisión, facilitaron el procesamiento de los datos generados a medida que avanzaba la metodología MCC.

### **3.3.8 Documentación**

Antes de empezar con la investigación, se llevó a cabo un proceso de investigación acerca de las distintas técnicas de mantenimiento que se van a llevar a cabo durante la ejecución de dicho trabajo. Por medio de este método se tomó un punto de partida para el proyecto, además sirvió para dar apoyo técnico en la elaboración del trabajo.

## **3.4 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación, se describen las etapas llevadas a cabo en la concreción de este proyecto:

### **I Etapa: Revisión Bibliográfica**

Esta etapa consistió en la búsqueda, revisión, y recopilación de bibliografía útil a los propósitos de este estudio, de ésta se obtuvo información relevante y de gran

ayuda para resolver el problema planteado en esta investigación. Se contó con diversas y variadas fuentes de investigación tales como, libros, tesis de grado, revistas científicas, manuales de operación, documentos técnicos, e Internet.

## **II Etapa: Descripción del Contexto Operacional actual de los Ventiladores de Enfriamiento**

En esta etapa de la investigación, mediante observación directa, recolección de datos operacionales y de diseño y entrevistas informales al personal de mantenimiento se pudo diagnosticar la situación operacional actual del área (200) y de las unidades (19 y 20) en estudio, identificándose cada uno de los ventiladores de enfriamiento que la conforman y su comportamiento actual según sus funciones y diseño.

## **III Etapa: Selección de los Ventiladores críticos mediante un Análisis de Criticidad**

En esta etapa el Equipo Natural de Trabajo (ENT), consideró la metodología DS (Diógenes Suárez) de Análisis de Criticidad la más conveniente para jerarquizar según su criticidad a los ventiladores que conforman el área 200 debido a su sencillez y versatilidad a la hora de adaptarse al contexto operacional de la Refinería de Puerto la Cruz. Se establecieron los parámetros que se iban a incluir en dicho análisis (se decide eliminar el backlog del área de mantenimiento y el costo de producción del área de producción), esto se hizo de forma consensuada entre los integrantes del ENT, tomando en consideración el proceso productivo y las particularidades de la planta con el objeto incluir en la matriz ponderada del Análisis de Criticidad los parámetros que mejor describieran la situación de los equipos en el periodo de estudio además de tener en cuenta que información sobre dichos parámetros esté disponible.

Ya definidos los parámetros del análisis, el ENT se enfocó en buscar información que permitiese ponderarlos y así establecer con precisión la criticidad de cada equipo con la ayuda de la ecuación 2.1. La razón de ser de las constantes  $K_1$  y  $K_2$  no es otra que garantizar que el resultado de la criticidad no supere el 100 %. Los nuevos valores de las constantes  $K_1$  y  $K_2$  se muestran en el capítulo IV.

#### **IV Etapa: Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) de los Ventiladores de Enfriamiento.**

Para llevar a cabo la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es necesario responder las siete preguntas que formula. Las primeras cinco son respondidas a medida que se avanza en el Análisis de Modos y Efectos de Fallas AMEF, mientras que las dos restantes se responden con la ayuda del Árbol Lógico de Decisión ALD, la información que éste genera es asentada en un formato de recolección de la misma denominado Hoja de Decisión. A continuación se enumeran las preguntas que deben ser respondidas por la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el orden presentado y mediante la metodología ya descrita.

- 1) ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo (equipo a mantener) en su actual contexto operacional?
- 2) ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- 3) ¿Qué causa cada falla funcional?
- 4) ¿Qué ocurre cuando sucede una falla?
- 5) ¿Cómo impacta cada falla?
- 6) ¿Qué puede hacerse para prevenir cada falla funcional?
- 7) ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea de prevención de esta falla?



En el desarrollo de esta etapa el ENT, definió el contexto operacional de cada uno de los equipos que resultaron críticos según el análisis D.S. partiendo de la Función para la cual están diseñados, se identificaron las Fallas Funcionales, las maneras o formas en las que falla un equipo para originar dichas fallas funcionales (Modo de Falla) y lo que ocurre cuando el equipo falla de esa manera (Efecto de la Falla); estos son los cuatro aspectos que forman el AMEF y para ello se dispone de un formato de recolección como se mostró en la figura 2.5.

En este formato se recolectó, información de utilidad para el desarrollo de este proyecto, de forma individual por equipo; tomando como referencia los manuales de fabricante de los equipos en estudio, la experiencia del personal que está en contacto con los equipos, el comportamiento de equipos en empresas similares y los aportes de cada miembro del ENT, para la realización de esta etapa, pero solo incluyendo la información, en la cual el Equipo Natural de Trabajo haya logrado tener uniformidad de criterios.

#### **V Etapa: Definición de las Tareas de Mantenimiento mediante la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD) de MCC.**

Ya con los formatos de la Hoja de Información llenos para cada equipo, el ENT procede a cumplir con la etapa final en cuando al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se refiere. Responder con la ayuda del ALD las dos preguntas finales de la filosofía y asentar los resultados en el formato denominado Hoja de Decisión.

La aplicación de un Árbol Lógico de Decisión (Figura A.1; Anexo A.) es un proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento que impida la causa que provoca la aparición de un determinado modo de falla correspondiente a un componente del sistema objeto de este análisis. Primeramente se analizaron cada uno de los efectos de fallas registrados en la hoja de información (ver

figura 2.5); luego se hicieron las preguntas correspondientes del ALD, seguidamente se llenaron las de Hoja Decisión (ver figura 2.8), según correspondía con la nomenclatura del ALD, después hecho esto y con la colaboración de los integrantes del Equipo Natural de Trabajo (ENT) y consultas externas, se determinaron las Tareas Propuestas, Frecuencia inicial para cada tarea y por último el personal que será el encargado de ejecutar las Tareas Propuestas. Posteriormente la información recabada fue digitalizada para llevar un mejor control de la misma.

**VI Etapa: Establecer las responsabilidades y las frecuencias de las Actividades para las Tareas de Mantenimiento propuestas.**

Después de obtenidos los resultados del Análisis de Criticidad, el Análisis de Modos y Efectos de Falla, y el Árbol Lógico de Decisión, herramientas que dieron las pautas para el estudio de equipos Críticos en la Ventiladores de Enfriamiento ubicados en el área 200, se realizó un Plan de Mantenimiento general que permite reducir las paradas imprevistas y los costos de mantenimiento, además de tener un mejor control del personal, materiales y equipos.

## **CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION**

### **4.1 DEFINICIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL ACTUAL DE LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO.**

Conocer el contexto operacional donde se encuentran los equipos a ser estudiados, es fundamental para tener una visión de los factores que pueden incidir en el funcionamiento de los equipos, especialmente cuando la naturaleza del proceso productivo y la ubicación de los ventiladores en las instalaciones exponen a procesos de corrosión, desgaste y daños estructurales en los mismos. En virtud de lo antes expuesto, el presente objetivo específico, trata sobre la descripción del contexto operacional actual donde funcionan los ventiladores, para ello, el investigador organizó la información de la siguiente manera:

- Identificación de las Plantas de Hidroprocesos
- Descripción de las Unidades 19 y 20 correspondientes al área 200 objeto de estudio
- Identificación de los ventiladores de enfriamiento y sus funciones en el área 200 del contexto operacional.

#### **4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS DE HIDROPROCESOS**

El contexto operacional donde se encuentran los ventiladores de enfriamiento objeto de investigación, es el ámbito de Hidroprocesos, el cual está conformado por las siguientes unidades operativas:

- Hidrotratamiento de Nafta (NHT).

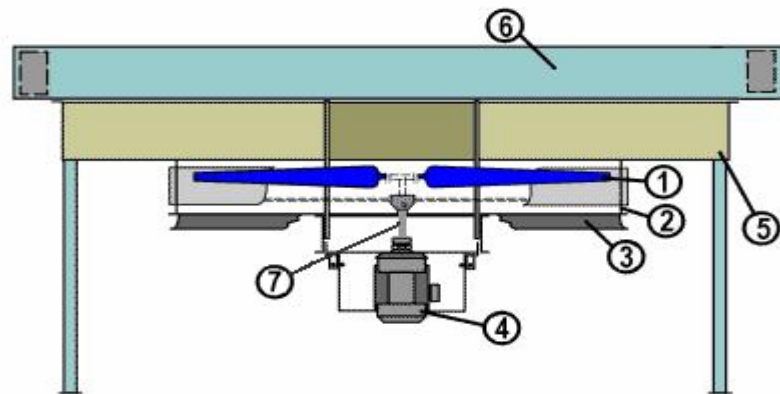
- Reformación por Regeneración Catalítica Continua (Reformación CCR).
- Hidrotratamiento de Diesel.
- Despojadora de Aguas Agrias.
- Regeneración de Aminas.
- Tratamiento de Gas de Cola – CLAUSPOL/ Incineración.

Ahora bien, internamente Refinería Puerto La Cruz, ha dividido en áreas el sector de Hidroprocesos, estas son: el área 100, 200, 300, 400 donde se encuentran distribuidos los ventiladores de enfriamiento objeto de estudio, sin embargo la investigación se realizó en el área 200.

El área 200 contiene 2 unidades operativas, la Unidad Hidrotratamiento de Nafta (unidad 19) que tiene seis (6) ventiladores y la unidad de Reformación CCR (unidad 20) que tiene 32 ventiladores. En el área 300 se encuentra la unidad de Hidrotratamiento de Diesel (unidad 45) en donde hay un total de 28 ventiladores.

El área 400 esta constituida por las siguientes unidades: Unidad de Despojamiento de Agua Agria (unidad 46) donde hay 4 ventiladores, la unidad de Regeneración de Amina (Unidad 47), que tiene 6 ventiladores y la Unidad de Tratamiento de Gas de Cola CLAUSPOL (Unidad 49) en la cual hay un solo ventilador que se encarga del enfriamiento de los gases de cola, siendo este uno de los ventiladores que realiza menor trabajo.

Es fundamental, para efectos de la presente investigación, identificar las principales partes que conforman un ventilador de enfriamiento, a fin de comprender las fallas que pueden presentar estos equipos, a nivel de una o varias partes, las cuales se muestran enumeradas en la siguiente figura 4.1

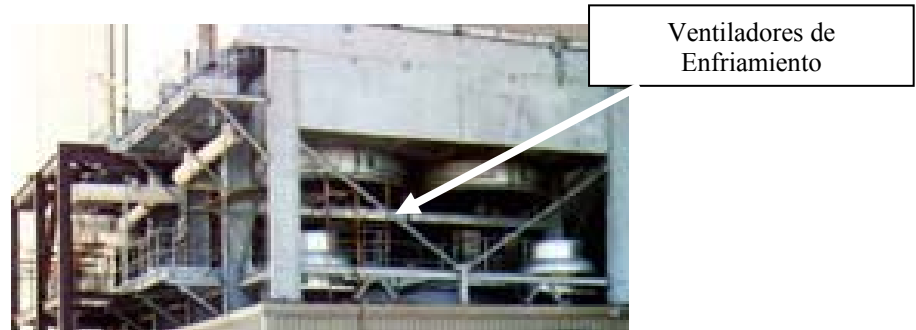


1. Aspa
2. Protector del aspa
3. Campana de entrada
4. Motor
5. Cámara de Aire.
6. Soporte de tuberías.
7. Eje

**Figura 4.1** Partes del Ventilador de Enfriamiento

**Fuente: Propia**

Así como se deben identificar las principales partes del ventilador de enfriamiento, también es necesario visualizar la ubicación del equipo en el contexto industrial, es decir, donde está instalado ejerciendo su función, este aspecto se muestra en la siguiente figura 4.2 Vista General de los Ventiladores de Enfriamiento



**Figura 4.2** Vista General de los Ventiladores de Enfriamiento

**Fuente: Propia**

Otro de los aspectos de interés para la investigación en relación al contexto operacional de los ventiladores de enfriamiento objeto de estudio, son las características de los mismos, razón por la cual se seleccionaron algunas de las más importantes, organizándolas en la Tabla 4.1 y 4.2 que se muestra a continuación.

**Tabla 4.1** Descripción de los Ventiladores de Enfriamiento pertenecientes al Área  
200

<b>Unidad</b>	<b>Código Equipo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>
19	E-1907 A1	Condensado de Producto	COFIMCO	31M/25MT
19	E-1907 A2	Condensado de Producto	COFIMCO	31M/25MT
19	E-1907 B3	Condensado de Producto	COFIMCO	31M/25MT
19	E-1907 B4	Condensado de Producto	COFIMCO	31M/25MT
19	E-1909 1	Stripper Condenser	COFIMCO	24L/22MT
19	E-1909 2	Stripper Condenser	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2003 A1	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 A2	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 B3	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 B4	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 C5	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 C6	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 D7	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003D8	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 E9	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 E10	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 F11	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 F12	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 G13	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 G14	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 H15	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2003 H16	Sistema de Reacción	MOORE	60VT 5000
20	E-2004-1	Refrigeración del Gas Neto	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2004 2	Refrigeración del Gas Neto	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2006-1	Refrigeración de la Primera	COFIMCO	24L/22MT

		Etapa de Descarga		
20	E-2006 2	Refrigeración de la Primera Etapa de Descarga	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2008 1	Refrigeración de la Segunda Etapa de Descarga	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2008 2	Refrigeración de la Segunda Etapa de Descarga	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2010 1	Refrigeración de Regeneración	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2010 2	Refrigeración de Regeneración	COFIMCO	24L/22MT
20	E-2013 A1	Fondo Debutanizadora	MOORE	33VT 5000
20	E-2013 A2	Fondo Debutanizadora	MOORE	33VT 5000
20	E-2013 B1	Fondo Debutanizadora	MOORE	33VT 5000
20	E-2013 B2	Fondo Debutanizadora	MOORE	33VT 5000
20	E-2015 1	Tope Debutanizadora	MOORE	40VT 5000
20	E-2015 2	Tope Debutanizadora	MOORE	40VT 5000
20	E-2020 1	Refrigeración de Regeneración	COFIMCO	60VT 5000
20	E-2020 2	Refrigeración de Regeneración	COFIMCO	60VT 5000



**Tabla 4.2** Características de los Ventiladores de Enfriamiento

<b>Unidad</b>	<b>Código Equipo</b>	<b>RPM</b>	<b>Potencia del Reductor (HP)</b>	<b>Factor de Reducción</b>
19	E-1907 A1	270	80	6,5:1
19	E-1907 A2	270	80	6,5:1
19	E-1907 B3	270	80	6,5:1
19	E-1907 B4	270	80	6,5:1
19	E-1909 1	321	50	5,5:1
19	E-1909 2	321	50	5,5:1
20	E-2003 A1	206	50	8,5:1
20	E-2003 A2	206	50	8,5:1
20	E-2003 B3	206	50	8,5:1
20	E-2003 B4	206	50	8,5:1
20	E-2003 C5	206	50	8,5:1
20	E-2003 C6	206	50	8,5:1
20	E-2003 D7	206	50	8,5:1
20	E-2003D8	206	50	8,5:1
20	E-2003 E9	206	50	8,5:1
20	E-2003 E10	206	50	8,5:1
20	E-2003 F11	206	50	8,5:1
20	E-2003 F12	206	50	8,5:1
20	E-2003 G13	206	50	8,5:1
20	E-2003 G14	206	50	8,5:1
20	E-2003 H15	206	50	8,5:1
20	E-2003 H16	206	50	8,5:1
20	E-2004-1	352	30	5:1

20	E-2004 2	352	30	5:1
20	E-2006-1	353	50	5:1
20	E-2006 2	353	50	5:1
20	E-2008 1	321,8	80	5,5:1
20	E-2008 2	321,8	80	5,5:1
20	E-2010 1	321,8	80	5,5:1
20	E-2010 2	321,8	80	5,5:1
20	E-2013 A1	292	18	6:1
20	E-2013 A2	292	18	6:1
20	E-2013 B1	292	18	6:1
20	E-2013 B2	292	18	6:1
20	E-2015 1	269	33	6,5:1
20	E-2015 2	269	33	6,5:1
20	E-2020 1	269	50	5:1
20	E-2020 2	269	50	5:1

#### 4.1.2 Plantas de Hidroprocesos

A continuación se describe brevemente con un cuadro resumen todas las unidades mencionadas de las unidades del área 200 (unidades 19 y 20) y se explican los procesos que se realizan en éstas ya que es el área seleccionada para el estudio por ser la que posee mayor número de ventiladores y los procesos son de mayor riesgo.

Para obtener una visión en perspectiva global del contexto operacional donde se encuentran distribuidos los ventiladores de enfriamiento así como para tener una idea de las características de las plantas, se muestra a continuación una vista aérea de la planta de Hidroprocesos en la figura 4.3, seguidamente, en la tabla 4.3 se muestra una

relación entre las Unidades que conforman la Unidad de Hidroprocesos y el proceso que se lleva a cabo en cada una de estas, de forma resumida.



**Figura 4.3** Planta de Hidroprocesos

**Fuente: Propia**

**Tabla 4.3** Cuadro-Resumen de la Unidad de Hidroprocesos. **Fuente, Propia.**

Unidades	Descripción del Proceso
Unidad Hidrotratadora de Nafta (Unidad 19)	El proceso de NHT es un proceso de refinación catalítico, el cual, con la ayuda de un catalizador y una corriente de gas rica en hidrógeno, busca descomponer los compuestos azufrados, nitrogenados, oxigenados y halogenados, satura las olefinas, y remueve los metales presentes en la corriente de hidrocarburos (nafta).
Unidad de Reformación CCR – (Unidad 20)	El proceso de Reformación tiene como propósito original el de incrementar el octanaje de las naftas por medio de la promoción catalítica de un grupo de reacciones químicas tendentes, primordialmente, a la reformación de la estructura molecular de los componentes hacia la producción de aromáticos desde naftenos y parafinas.

Unidad de Hidrotratamiento de Diesel (unidad 45)	Está diseñada para tratar cinco tipos de cargas provenientes de las Unidades de Destilación Atmosférica y al Vacío en dos secciones de reacción combinadas, con la finalidad de desulfurar y saturar los aromáticos. El principal objetivo del Hidrotratamiento de diesel es reducir significativamente el contenido de contaminantes como azufre, nitrógeno y producir una saturación de aromáticos con el fin de obtener las especificaciones requeridas en el producto.
Unidad de Despojamiento de Aguas Agrias (Unidad 46)	En el despojador de aguas agrias, son liberados $H_2S$ y $NH_3$ del agua mediante la aplicación de vapor. El vapor actúa para calentar el agua agria y para disminuir la presión parcial del $H_2S$ y del $NH_3$ . La extensión de la hidrólisis se incrementa con la alta temperatura y la baja presión. Como el $H_2S$ es menos soluble en agua que el $NH_3$ , se despoja más rápidamente.
Unidad de Regeneración de Amina (Unidad 47)	Está diseñada para remover sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) de los efluentes de hidrocarburos gaseosos. Esta unidad de procesos toma la amina rica de todos los depurados de este compuesto proveniente de la unidad 45, para luego llevar a cabo el proceso de regeneración y retornar el producto (amina regenerada) a los depuradores para continuar el proceso.

Unidad de Tratamiento de Gas de Cola – CLAUSPOL/ Incineración Unidad 49	El proceso CLAUSPOL se basa en el uso de la reacción CLAUS entre el H <sub>2</sub> S y SO <sub>2</sub> residuales aun presentes en el gas de cola CLAUS. La reacción se realiza en solvente, polietilenglicol, peso molecular 400, con la presencia de un catalizador disuelto en el reactor. El azufre líquido producido en el reactor se separa del solvente en la bota, luego es enviado por gravedad a través del sello de azufre a la fosa de azufre.
---	--

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.2.1 Unidad Hidrotratadora de Nafta Unidad 19.**

La Unidad de Hidrotratamiento de Nafta (NHT) está diseñada para procesar una carga mínima de 17.5 Miles de barriles por día (MBSPD) y una carga máxima de 35 MBSPD. La unidad NHT es la primera etapa en el Complejo de Mejoramiento de Nafta que en sí mismo abarca a la NHT y a la Unidad de Reformación CCR. El proceso de NHT es un proceso de refinación catalítico, el cual, con la ayuda de un catalizador y una corriente de gas rica en hidrógeno, busca descomponer los compuestos azufrados, nitrogenados, oxigenados y halogenados, satura las olefinas, y remueve los metales presentes en la corriente de hidrocarburos (nafta).

Su importancia estriba en la adaptación de gasolina a las nuevas leyes ambientales que a escala mundial rigen, y en la remoción de los contaminantes del catalizador del proceso de reformación catalítica. El Catalizador está compuesto por una base de Alúmina impregnada por compuestos de Cobalto y/o Níquel y Molibdeno y las deposiciones de carbón en porcentajes relativamente altos no afectan su selectividad y sensibilidad. En la siguiente figura 4.4 se muestra una vista general de la Planta Hidrotratadora de Nafta.



**Figura 4.4** Planta Hidrotradora de Nafta

**Fuente: Propia.**

#### **4.1.2.2 Unidad de Reformación CCR – Unidad 20**

- **Propósito de la Unidad**

La Unidad de Reformación por Regeneración Catalítica Continua (Reformación CCR) está diseñada para una alimentación de 35.000 Miles de barriles por día MBSPD. La sección de regeneración está diseñada sobre la base de diseño para 2.000 lb/hr de Catalizador regenerador, la alimentación a la unidad es la nafta tratada que proviene de la Unidad NHT.

La corriente de producto de la unidad es como sigue:

- El producto de reformación el cual es llevado al Tanque de reformado.
- El flujo de producto C3 GLP proveniente del Detanizador, el cual es llevado al Tanque de Almacenaje de LPG.
- El producto C4 LPG proveniente del Depropanizador, el cual es llevado al Tanque de Almacenaje de Butano / Unidad de Alquilación.

- El LPG fuera de especificación, el cual se envía al sistema de gas combustible de la refinería vía el vaporizador LPG. El Gas Neto, el cual es enviado al sistema de gas combustible de la refinería.
- El Gas Neto enviado a la descarga del Compresor de Gas de Reciclo, en la Unidad NHT.
- El Gas Neto, el cual es enviado al Tambor KO de Compensación, en la Unidad Hidrotratadora de Diesel.
- Las aguas agrias son enviadas a la Unidad de Despojamiento de Aguas Agrias.

- **Descripción del Proceso**

El proceso de Reformación tiene como propósito original el de incrementar el octanaje de las naftas por medio de la promoción catalítica de un grupo de reacciones químicas tendentes, primordialmente, a la reformación de la estructura molecular de los componentes hacia la producción de aromáticos desde naftenos y parafinas.

Al producto principal se le conoce como reformado y la unidad posee productos secundarios como lo son el hidrógeno, gases de refinería y butanos. El reformado representa hoy día, a nivel mundial, uno de los principales compuestos de las mezclas de gasolinas sin plomo (30 a 35% aprox); el hidrógeno, como producto secundario, fue encontrado útil en el proceso de preparación de la carga al reformador y para mejorar la pureza de los destilados (hidrotratamiento); los gases, producto de las reacciones de craqueo, son usados en el cabezal de gas de la refinería; y el butano, otro producto de craqueo, es empleado para ajustar la presión de vapor de las mezclas de gasolina o para ventas de GLP.

Para poder seleccionar, promover y acelerar las reacciones envueltas en los reactores, el proceso de reformación emplea un catalizador que consiste en una serie

de metales y cloro soportados en una base de Alúmina con dos funciones básicas: Metálica y Ácida. Para la función metálica una gran variedad de metales pueden ser empleados, pero el Platino es el metal líder, y actúa promoviendo las reacciones de hidrogenación y dehidrogenación, mientras que la función ácida del catalizador, aportada por el cloro, es la encargada de las reacciones de isomerización y de craqueo.

Ahora bien, debido a la severidad aplicada en los reactores para promover las reacciones envueltas en el proceso, se producen reacciones de coquificación, las que gradualmente van deteriorando la actividad del catalizador, principalmente por la deposición de coque en sus poros. Así mismo, debido a la humedad presente en el sistema, la selectividad del catalizador es deteriorada gradualmente por la aglomeración del platino y por el despojamiento del cloro presente en la base de alúmina. Esto hace que el catalizador tenga que ser regenerado para recuperar su actividad y selectividad, y por ende la calidad y rendimientos de sus productos.

La sección de regeneración continua de catalizador o CCR da la flexibilidad de operar la sección de reacción a altas condiciones de severidad, con las que el catalizador se desactiva más rápidamente debido a la mayor tasa de deposición de coque, sin la necesidad de parar el proceso para regenerar el catalizador, obteniendo por ende ciclos de corrida del reformador mucho más prolongados sin pérdidas de calidad ni rendimiento significativas en los productos. Esto es realizado regenerando el catalizador continuamente en el CCR mientras que la sección de reacción continua operando, caso contrario a los reformadores de lecho fijo que requieren de una parada para efectuar la regeneración.

La sección de CCR es un sistema integrado por equipos que están separados pero aún conectados de la sección de reformación y que realiza dos funciones básicas:

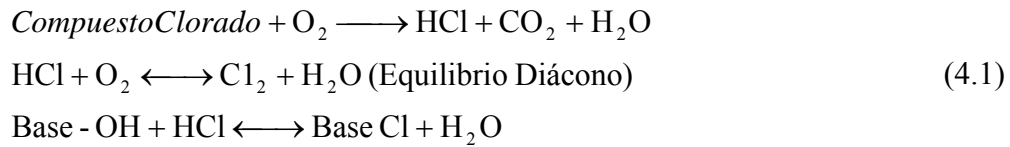


circulación del catalizador y regeneración del catalizador. Primeramente, el catalizador gastado proveniente del último reactor de reformación es circulado a la sección de regeneración, en la que seguidamente es regenerado en 4 pasos: 1) quemado de coque, 2) oxiclорinación, 3) secado y enfriamiento, y 4) reducción del catalizador. Finalmente, el catalizador regenerado es devuelto al primer reactor de reformación, para así pasar a través de los reactores y repetir nuevamente el ciclo de regeneración.

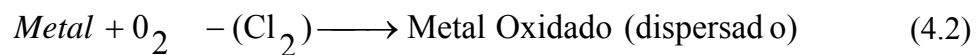
El quemado de coque es el primer paso en la regeneración del catalizador, y toma lugar en la zona de quemado de la torre regeneradora D-2020. El quemado de coque se realiza con oxígeno mediante la reacción exotérmica de combustión, la cual produce  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Esta reacción es necesaria y deseable para la remoción de coque pero, debido al incremento de temperatura, puede fácilmente dañar en forma permanente el catalizador y los internos del equipo, por lo que el quemado es controlado. Esto es hecho controlando el contenido de  $\text{O}_2$  en la zona durante el quemado. Mucho  $\text{O}_2$  produce altas temperaturas de quemado y muy poco  $\text{O}_2$  hace el quemado muy lento. Durante operaciones normales el contenido de  $\text{O}_2$  es mantenido entre 0.5 y 1.0 %mol  $\text{O}_2$ , el cual es un rango óptimo para maximizar la rata de quemado de coque mientras se minimiza la temperatura de quemado.

La oxiclорinación es el segundo paso de la regeneración del catalizador y tiene la finalidad de ajustar el contenido de cloro y oxidar el catalizador para dispersar uniformemente el platino en el mismo. Esto toma lugar bajo la acción de complejas reacciones que necesitan tanto oxígeno como cloro. Las reacciones de ajuste de cloro pueden ser resumidas como sigue:

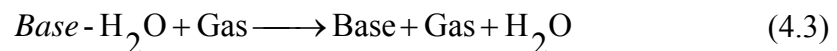


El contenido de cloro debe ser controlado para mantener una adecuada función ácida, mientras que las reacciones de oxidación y redispersión son realizadas para ajustar la función metálica del catalizador, la que va deteriorándose por la aglomeración de los metales en presencia de la humedad del sistema. Las reacciones de oxidación pueden ser resumidas de la siguiente forma:

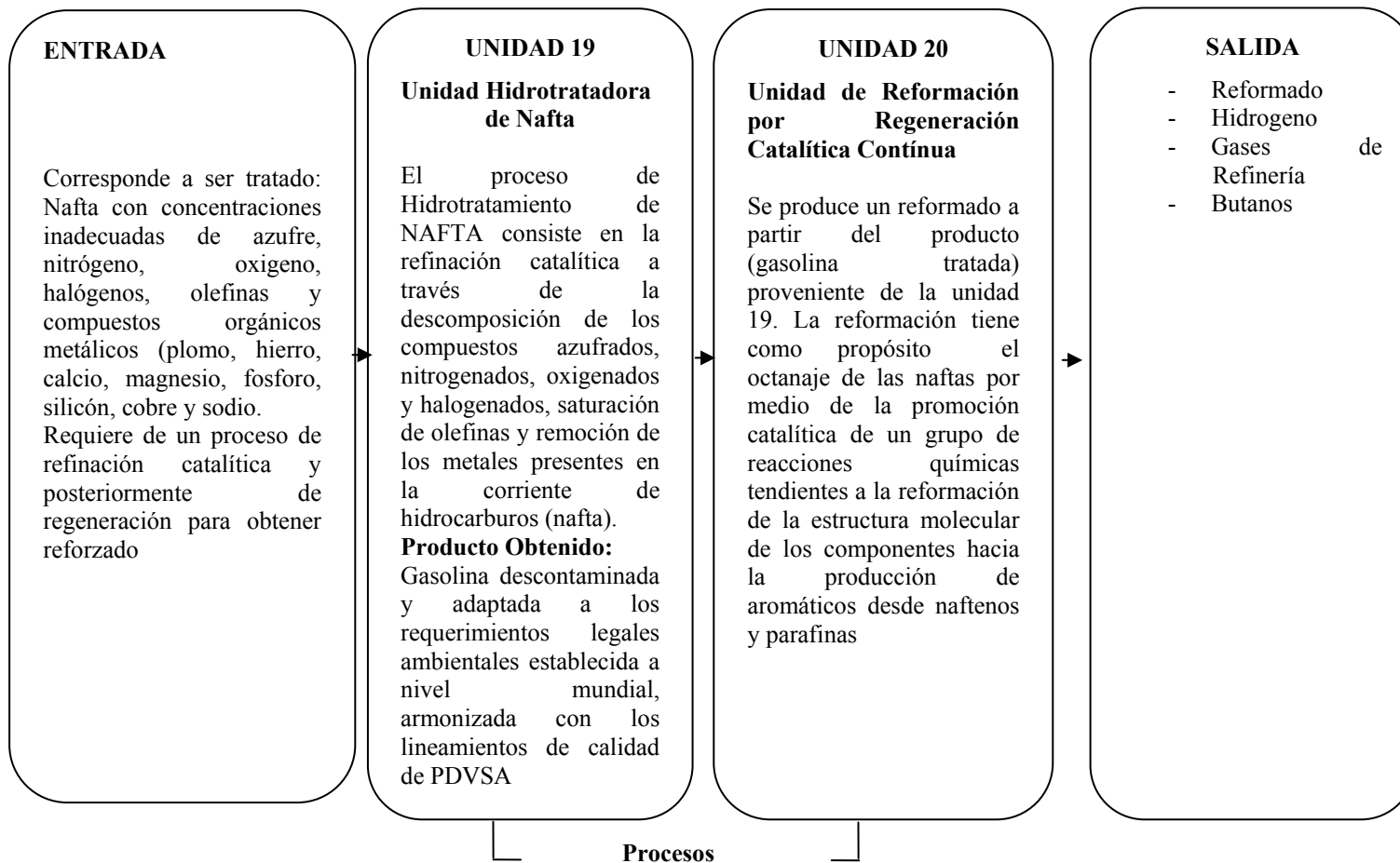


Las condiciones que promueven una adecuada oxidación y redispersión de los metales en el catalizador son: alta concentración de  $\text{O}_2$ , Tiempo de residencia adecuado, temperatura correcta, y concentración correcta de cloro. Por esto se emplea aire (21%  $\text{O}_2$ ) en la zona de oxiclорinación, por lo que es importante que el catalizador en este punto este libre de coque y así evitar una combustión severa.

El secado, como tercer paso en la regeneración del catalizador, seca el exceso de humedad del catalizador, el cual está presente desde la etapa de quemado de coque. El secado se realiza con un flujo de gas caliente y seco a través del catalizador, removiendo el agua de la base bajo la siguiente reacción:



En la siguiente Figura 4.5 se muestra de forma resumida, los elementos que forman parte del proceso Entrada-Salida en las Plantas de Hidroprocesos del Área 200.



**Figura 4.5** Proceso Entrada-Salida en las Plantas de Hidroprocesos Área 200. Fuente: Propia.

### **4.1.3 Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT).**

El personal elegido para integrar el Equipo Natural de Trabajo (ENT) estuvo formado por personas encargadas de operar la planta y de la toma de decisiones referentes a los Ventiladores de Enfriamiento. Este equipo está conformado por:

- Facilitador: Gualberto Pérez
- Gerente de Mantenimiento: José Flores.
- Supervisor de Mantenimiento: Gerardo Sotillo.
- Técnico de Mantenimiento Mecánico: Adrian García.
- Técnico de Mantenimiento Eléctrico: José Mata.
- Operador de Planta (Turno Mañana): Freddy Abache.
- Operador de Planta (Turno Tarde): Yoel Bonillo.

Una vez conformado el Equipo Natural de Trabajo (ENT), se realizaron reuniones periódicas con el objetivo de compartir información y discutir ideas que permitieron determinar la problemática que presentan los Ventiladores de Enfriamiento del Area 200.

## **4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD, DE LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO AREA 200.**

### **4.2.1 Justificación del Análisis de Criticidad**

Debido al gran número de ventiladores, que operan en el área 200 (unidad 19 y 20), es necesario establecer hacia cuales se deben dirigir todos los esfuerzos, y la gestión de mantenimiento para así atender en primer lugar a los críticos, esto se hace con el objetivo de que las estrategias de mantenimiento implementadas, tengan el

mayor impacto en el buen funcionamiento de los sistemas en donde estos equipos operan. La forma más idónea de establecer esta jerarquización de activos, es mediante un análisis de criticidad, a continuación se explica y sustenta la realización de dicho análisis.

#### **4.2.2 Identificación de los Equipos a Estudiar**

El ENT decidió, basándose en las directrices emanadas de la gerencia de la empresa, realizar el análisis de criticidad al área 200 (unidades 19 y 20) en las cuales se encuentran 38 ventiladores, 32 en la unidad 20 y 6 en la unidad 19.

#### **4.2.3 Adaptación del Análisis de Criticidad D.S. al Ámbito Operacional de los Equipos en Estudio**

En esta etapa, el ENT procede a ajustar la metodología de análisis de criticidad, a la realidad operativa de la empresa, tomando en cuenta la cantidad y la calidad de información que se dispone por equipo, y la cantidad y calidad de la información que es capaz de aportar el personal de la empresa, con el propósito de definir cuáles de los parámetros o factores incluidos dentro de la metodología D.S. que deben ser considerados o no en el caso particular del área 200.

Los factores escogidos en esta etapa, son según el criterio del Equipo Natural de Trabajo (ENT), son los que mejor definen la situación de los equipos analizados en el periodo de estudio, (año 2007-2008) debido a que son cuantificables y muy bien conocidos por el personal de la empresa. Por consiguiente se seleccionaron los siguientes parámetros:

- **Del área de mantenimiento:**


- ✓ Cantidad de Fallas ocurridas.
- ✓ Tiempo Promedio Fuera de Servicio (MTFS) en horas.
- ✓ Disponibilidad de Repuestos (DR).
- ✓ Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMP).
- ✓ Efectividad (E).

- **Del área de Operaciones:**

- ✓ Tipo de Conexión.
- ✓ Impacto sobre la seguridad industrial, ambiente y la higiene ocupacional (SIAHO).

Estos parámetros serán ponderados según lo establece la metodología D.S., del uno al tres, uno para lo menos severo y tres para lo más severo, en la tabla 4.4 se observa la matriz de criticidad resultante, la cual contiene los factores a evaluar y la ponderación de cada uno de ellos.

**Tabla 4.4** Matriz de Criticidad Empleada para el Análisis de los Equipos

	Equipo:	Sistema:	Realizado:	
	Código:	Evento de control:		
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1		
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1		
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1		
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1		
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1		
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1		
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1		
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K_1 * (\Sigma\text{A.M.}) + K_2 * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				

La criticidad de los equipos, fue calculada mediante la ecuación 2.1 mientras que las constantes del área de mantenimiento ( $K_1$ ), y del área operacional ( $K_2$ ) se muestran a continuación en las ecuaciones 4.4 y 4.5

$$K_1 = 0.0333 \quad (4.4)$$

$$K_2 = \quad (4.5)$$

Estos valores serán los introducidos en la ecuación 2.1 a modo de garantizar que el valor de criticidad nunca supere la cifra de 100%.

Para este estudio los intervalos para definir la criticidad de los equipos se tuvieron que disminuir debido a la eliminación de 2 factores que el ENT decidió no contemplar, como se ve en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5** Parámetros para clasificar la Criticidad de los Equipos bajo Estudio

<b>PARÁMETROS PARA ESTABLECER CRITICIDAD</b>
No crítico ( $16.6\% \leq \% \text{Criticidad} < 40\%$ )
Semi-crítico ( $40 \leq \% \text{Criticidad} < 65\%$ )
Crítico ( $\% \text{Criticidad} \geq 65\%$ )

#### **4.2.3.1 Metodología utilizada para la Recolección de la Información necesaria para la Ejecución del Análisis de Criticidad.**

El Equipo Natural de Trabajo (ENT) decidió realizar una encuesta (ver formato en Anexo A) para recabar los datos necesarios para la ejecución del análisis de criticidad; ya que no se cuenta con historiales de mantenimiento. Dicha encuesta fue realizada a una selección del personal que labora en la empresa (muestreo a juicio), y fórmula básicamente las mismas preguntas que se hacen en a matriz de criticidad




D.S., a excepción del tipo de conexión del equipo, ya que esta información se obtiene de los diagramas de proceso con que cuenta la empresa.

#### **4.2.4 Ejecución del Análisis de Criticidad.**

Ya con todos los criterios seleccionados, mediante la metodología previamente expuesta, se procedió a vaciarlos en la matriz de criticidad, para obtener la criticidad de cada equipo estudiado, esto se hizo con la ayuda de una hoja de cálculo programada en Excel con lo cual se acortó el tiempo empleado para obtener los resultados del análisis hecho. A continuación en la tabla 4.6 se muestra un ejemplo de matriz de criticidad correspondiente al ventilador de enfriamiento E-1907 A1.

**Tabla 4.6** Matriz de Criticidad del Equipo E-2003 C5.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 C5	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2c	3
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3c	3
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5b	2
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				12
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7c	3
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				5
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				81,625

#### 4.2.5 Resultados del Análisis de Criticidad.

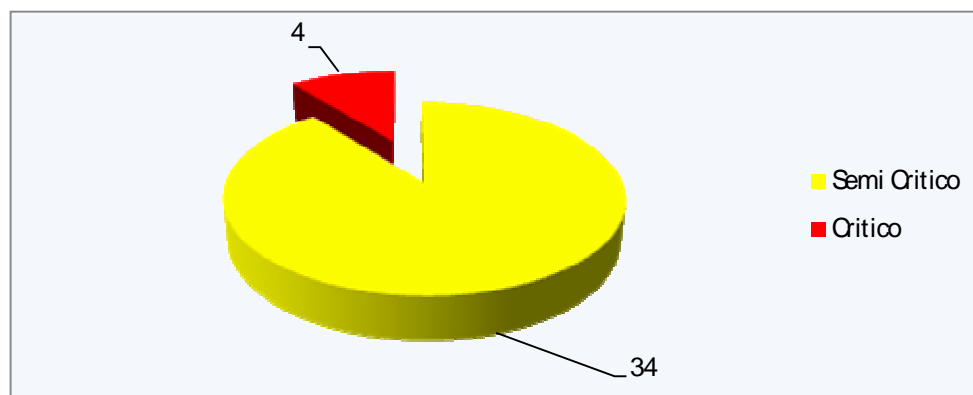
A continuación, en la tabla 4.7 se muestra los resultados arrojados por el análisis de criticidad para cada equipo y seguidamente, en la figura 4.6 se representa la identificación de los ventiladores.

**Tabla 4.7** Clasificación de los resultados obtenidos en el Análisis de Criticidad de los Ventiladores de Enfriamiento en el área 200.

Unidad	Equipo	Criticidad (%)	Clasificación
19	E-1907 A1	44,979	Semi Crítico
19	E-1907 A2	44,979	Semi Crítico
19	E-1907 B3	44,979	Semi Crítico
19	E-1907 B4	44,979	Semi Crítico
19	E-1909 1	44,979	Semi Crítico
19	E-1909 2	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 A1	59,972	Semi Crítico
20	E-2003 A2	59,972	Semi Crítico
20	E-2003 B3	59,972	Semi Crítico
20	E-2003 B4	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 C5	81,625	Crítico
20	E-2003 C6	59,972	Semi Crítico
20	E-2003 D7	44,979	Semi Crítico
20	E-2003D8	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 E9	54,969	Semi Crítico
20	E-2003 E10	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 F11	54,969	Semi Crítico
20	E-2003 F12	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 G13	54,969	Semi Crítico
20	E-2003 G14	44,979	Semi Crítico
20	E-2003 H15	44,979	Semi Crítico

20	E-2003 H16	<b>54,969</b>	Semi Crítico
20	E-2004-1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2004 2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2006-1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2006 2	<b>78,295</b>	Crítico
20	E-2008 1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2008 2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2010 1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2010 2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2013 A1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2013 A2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2013 B1	<b>81,625</b>	Crítico
20	E-2013 B2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2015 1	<b>78,295</b>	Crítico
20	E-2015 2	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2020 1	<b>44,979</b>	Semi Crítico
20	E-2020 2	<b>44,979</b>	Semi Crítico

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 4.6** Identificación de Ventiladores de Enfriamiento Críticos y Semi Críticos

Realizada la encuesta para el análisis de criticidad, se totalizaron los resultados correspondientes a cada equipo crítico, estos datos se muestran en la siguiente tabla 4.8 sobre los cuatro (4) equipos identificados como críticos.

**Tabla 4.8** Criterios resultantes de los cuatro equipos con mayor criticidad

Criterios resultantes para los cuatro equipos Críticos		Equipos Críticos			
		E-2003 C5	E-2006 2	E-2013 B1	E-2015 1
Parámetros Ponderados	Área de Mantenimiento				
	1)Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1b	1b	1b	1b
	2)Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2c	2c	2c	2c
	3)Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado(DR)	3c	3b	3c	3b
	4)Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4b	4b	4b	4b
	5)Efectividad ( E )	5b	5b	5b	5b
	Área de Operaciones				
	6)Tipo de conexión	6b	6b	6b	6b
	7)Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7c	7c	7c	7c

**Fuente: Propia.**

### **4.3 ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS.**

Este análisis se realizó solo para los equipos que resultaron Críticos según la metodología D.S.; Como primer paso el ENT fijó el nivel de detalle a utilizar, decidiéndose por un nivel de equipo. Luego, de los equipos críticos se establecieron sus funciones y estándares de funcionamiento, sus fallas funcionales, los modos de falla de cada falla funcional y los efectos que produce cada modo de falla, posteriormente se vaciaron estos datos en la hoja de información de MCC. En las tablas 4.9 y 4.10 se observa la Hoja de Información resultante para el Ventilador de Enfriamiento E-2003 C5. Las Hojas de información para los otros Ventiladores críticos se encuentran en el Anexo C.

#### **4.3.1 Definición de las Funciones principales de los Equipos Críticos**

Primeramente se revisaron los manuales del fabricante, luego se hicieron consultas a los operadores y al personal que trabaja con los equipos, de esta manera se conocieron las funciones en sitio y se obtuvieron ideas claras sobre la finalidad que cumplen cada Ventilador de Enfriamiento.

#### **4.3.2 Definición de las Fallas Funcionales**


Para definir una falla funcional se requiere escribir la función en sentido negativo, es decir, negar la función, de forma parcial o total.

#### **4.3.3 Identificación de los Modos y Efectos de Fallas**

Para identificar los modos y efectos de las fallas, se revisaron manuales de funcionamiento de los equipos en estudio, y se aplicó una entrevista al personal perteneciente al Equipo Natural de Trabajo del área 200.




**Tabla 4.9** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2003 C5 perteneciente a la Unidad 20  
Reformación CCR

		Sistema: Reformación CCR		Realizado Por : Gualberto Pérez		Fecha:	Hoja N°
		Equipo : E-2003 C5		Revisado Por : Gerardo Sotillo		Fecha:	De:
Función		Falla Funcional		Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
1	Mantener la temperatura recomendada 107 - 220 °F en la zona de quemado durante los procesos de regeneración del catalizador para la producción del reformado.	A	El equipo es incapaz de generar ventilación	1	Conexión eléctrica floja / suelta	Al pasar el swich en el centro de control y mando (CCM) el equipo no arranca (no se enciende la luz indicadora de funcionamiento).	
				2	Motor eléctrico recalentado.	Luego de cierto tiempo de funcionamiento se apaga la luz de indicadora de funcionamiento del equipo en el centro de mando y control, se detiene el equipo y todo el flujo de producto en la línea.	
				3	Desgaste en los rodamientos del motor eléctrico.	Aumenta el consumo de corriente del motor eléctrico acompañado de un ruido excesivo lo que obliga a detener al equipo y a todo el flujo de producto en la línea.	
				4	Caja reductora trancada, eje de salida no gira.	Aumenta el consumo de corriente del motor al punto tal que se activa el sistema de protección del mismo cortando el flujo de energía desactivando la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el centro de control y mando, deteniendo al equipo y todo el flujo de producto en la línea.	



**Tabla 4.10** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2003 C5 perteneciente a la Unidad 20  
Reformación CCR

		Sistema: Reformación CCR		Realizado Por : Gualberto Pérez	Fecha:	Hoja N°
		Equipo : E-2003 C5		Revisado Por : Gerardo Sotillo	Fecha:	De:
					25-04-08	2
					25-06-08	2
Función		Falla Funcional	Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
		B El equipo no genera la potencia necesaria para llegar a 107 °F	1	Fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad.	El ventilador no es capaz de realizar el movimiento de aspas en el número de revoluciones para cumplir su función	
			2	Desalineación de las aspas	Las aspas no poseen el ángulo correcto y esto genera una vibración en el equipo que no permite que este funcione correctamente.	
			3	Acumulación de polvo en las aspas del ventilador.	El polvo en las aspas genera un freno en éstas y no permite que giren a la velocidad necesaria.	
			4	Eje del Ventilador doblado después de una mala instalación	La instalación del eje doblado genera alto nivel de vibración por desbalance del eje. Produciendo daños a los rodamientos, sellos mecánicos y demás componentes internos, se produce fugas y atascamiento de rodamientos.	



#### **4.4 APLICACIÓN DEL ÁRBOL LÓGICO DE DECISIÓN (ALD).**

El último paso de la metodología del MCC comprende el análisis y la aplicación del Árbol Lógico de Decisión ALD (Figura A.1; Anexo A), tomando como insumo el Análisis de Modos y Efectos de Fallas.

##### **4.4.1. Metodología para la Aplicación del ALD**

Primeramente se analizaron cada uno de los modos de fallas registrados en la Hoja de Información de cada equipo, luego se hicieron las preguntas correspondientes del ALD, seguidamente se llenaron las Hojas de Decisión, con los resultados de la evaluación de consecuencias de cada modo de falla analizado, según corresponde con la nomenclatura del ALD, después de hecho esto y con la colaboración de los integrantes del Equipo Natural de Trabajo (ENT), se determinaron las tareas propuestas, el personal que será el encargado de ejecutar dichas tareas, y la frecuencia inicial para cada tarea propuesta, esto último implicó tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante de los equipos y la experiencia acumulada por el personal que labora en la empresa.

Finalmente se vaciaron los resultados de la evaluación de las consecuencias, las tareas propuestas, sus frecuencias y los responsables de su ejecución en la Hoja de Decisión correspondiente a cada equipo.

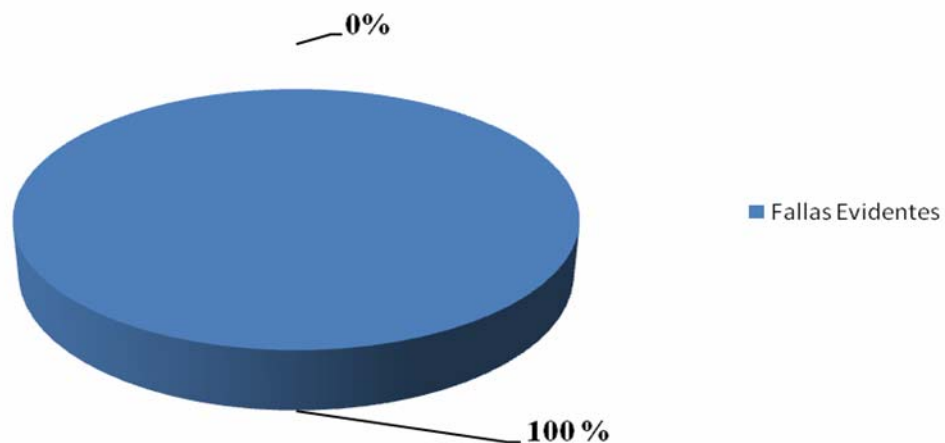
##### **4.4.2 Resultados de la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión**

Luego de ser completada la aplicación del ALD, y los resultados vaciados en la Hoja de Decisión correspondiente a cada equipo, estos se presentaron ante el ENT para su revisión y evaluación. Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados

obtenidos, luego de culminado la metodología del MCC. En la Tabla 4.11 se identifica cada equipo crítico con sus respectivas funciones, fallas evidentes, fallas ocultas, y modos de Falla, seguidamente se hace la representación grafica de la distribución porcentual correspondiente a los datos de la tabla ya mencionada, en la figura 4.7.

**Tabla 4.11** Funciones, fallas evidentes, fallas ocultas, y modos de Falla por cada Equipo Crítico

Equipo	Funciones	Tipo de Falla		Modos de Falla
		Evidentes	Ocultas	
E – 2003 C5	1	8	0	8
E – 2006 2	1	9	0	9
E – 2013 B1	1	8	0	8
E – 2015 1	1	9	0	9
<b>Total</b>	4	34 (100%)	0 (0%)	34



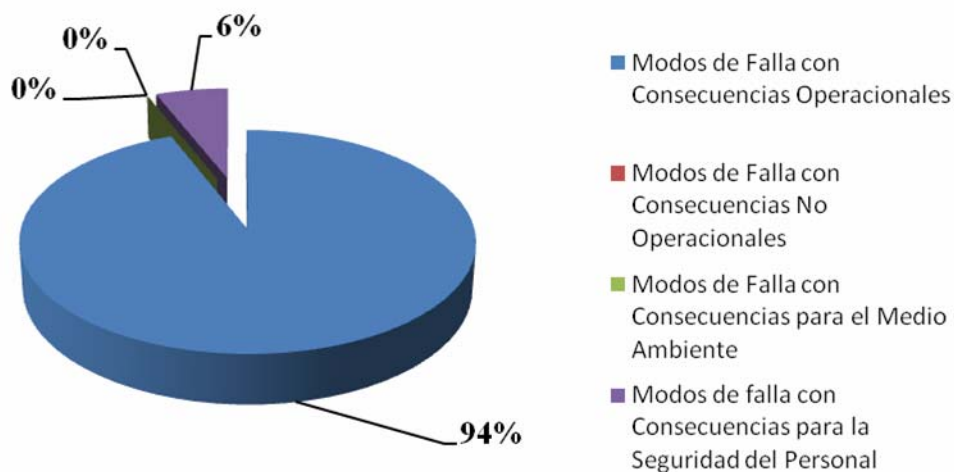
**Figura 4.7** Distribución Porcentual de las Fallas evidentes y ocultas en los Cuatro Equipos Críticos.

Fuente, Propia

En la siguiente Tabla 4.12 se muestra la cantidad y tipos de Modos de Falla Evidente por cada equipo crítico, seguida de su representación grafica, en la figura 4.8

**Tabla 4.12** Cantidad y tipos de Modos de Falla Evidente por cada equipo crítico

Equipo	Modos de Falla con Consecuencias Operacionales	Modos de Falla con Consecuencias No Operacionales	Modos de Falla con Consecuencias para el Medio Ambiente	Modos de falla con Consecuencias para la Seguridad del Personal
E - 2003 C5	8	0	0	0
E - 2006 2	9	0	0	0
E - 2013 B1	7	0	0	1
E - 2015 1	8	0	0	1
<b>Total</b>	32 (94%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6%)



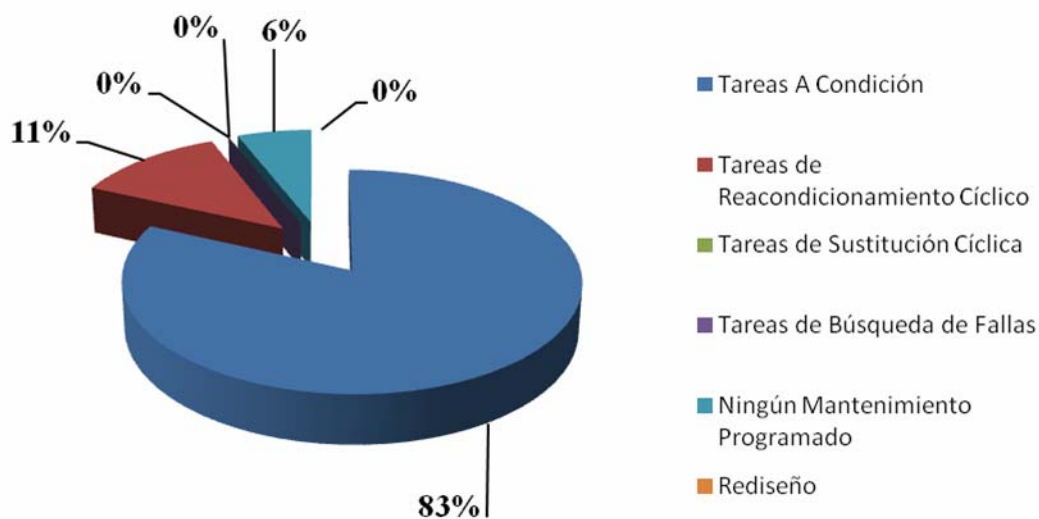
**Figura 4.8** Distribución porcentual los Modos de falla Evidentes en los cuatro equipos críticos.

Fuente, Propia

En la siguiente Tabla 4.13 se muestra la cantidad de tareas propuestas por cada equipo crítico seguida de su representación gráfica, en la figura 4.9

**Tabla 4.13** Cantidad de tareas propuestas por cada equipo crítico.

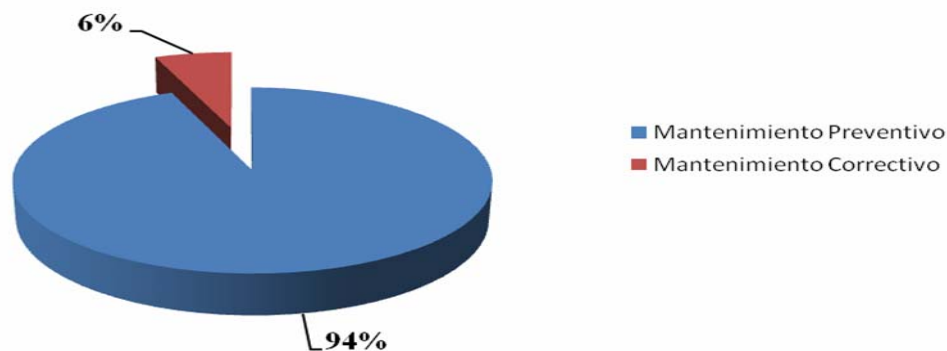
Equipo	Tareas A Condición	Tareas de Reacondicionamiento Cíclico	Tareas de Sustitución Cíclica	Tareas de Búsqueda de Fallas	Ningún Mantenimiento Programado	Rediseño
E - 2003 C5	6	1	0	0	1	0
E - 2006 2	7	1	0	0	1	0
E - 2013 B1	7	1	0	0	0	0
E - 2015 1	8	1	0	0	0	0
<b>Total</b>	28 (83%)	4 (11%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6%)	0 (0%)



**Figura 4.9** Distribución porcentual de las tareas propuestas en total.

Fuente, Propia

En la figura 4.10 se muestra la distribución porcentual del tipo de mantenimiento aplicado a los equipos críticos.



**Figura 4.10** Distribución porcentual del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos críticos.

Fuente, Propia


En la siguiente Tabla 4.14 se muestra la cantidad de tareas de mantenimiento asignadas al personal técnico.

**Tabla 4.14** Cantidad de tareas de mantenimiento asignadas al personal técnico


Personal Técnico	Cantidad de Tareas Asignadas
Mecánico	8
Ayudante Mecánico	18
Electricista	5
Ayudante Electricista	4

En las tablas 4.15 y 4.16 se muestran las Hojas de Decisión resultantes para el ventilador de enfriamiento E-2003 C5; Las Hojas de Decisión de los demás equipos críticos se encuentran en el Anexo D.

**Tabla 4.15** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2003 C5) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200

			Sistema: Condensado de Producto						Realizado Por: Gualberto Pérez						Fecha:	Hoja N°
			Unidad 20												30-06-08	1
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de				Frecuencia Inicial	A Realizar Por:	
							S1	S2	S3							O1
F	FF	MF	H	S	E	O	E1	E2	E3	H4	H5	S4	Tareas Propuestas			
1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar las conexiones de alimentación al sistema de comando y de esta para el motor, limpiar o cambiar los conectores.	Anual	Electricista, ayudante	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Tarea de "Reacondicionamiento Cíclico". Limpiar bien el motor y asegurarse que no haya ninguna obstrucción en la zona de enfriamiento o nada suelto en los conectores.	Quincenal	Electricista	
1	A	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de ruido en los cojinetes del motor eléctrico, de ser así sustituirlos, engrasar de ser necesario.	Anual	Mecánico, Ayudante	
1	A	4	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el nivel del lubricante en la caja reductora, si es necesario completarlo, o sustituirlo.	Semestral	Mecánico	

**Tabla 4.16** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2003 C5) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto						Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°		
			Unidad 20									30-06-08	2		
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento						Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:		
			E-2003 C5									30-08-08	2		
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							E1	E2	E3						
1	B	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de aceite en los alrededores del eje, de ser así limpiar, revisar por donde fuga.	Semestral	Mecánico, Ayudante
1	B	2	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el ángulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el ángulo necesario.	Semestral	Mecánico, Ayudante
1	B	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser así limpiarlas.	Quincenal	Mecánico, Ayudante
1	B	4	S	N	N	S	N	N	N	N	S		<b>Ningún Mantenimiento Programado.</b> Sustituir el eje del ventilador.	—	Mecánico, Ayudante



#### **4.5 ESTABLECIMIENTO DE LAS RESPONSABILIDADES Y FRECUENCIAS DE ACTIVIDADES PARA LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS**

Tomando en consideración las Hojas de Decisión obtenidas para cada Ventilador de Enfriamiento crítico, se procedió a elaborar un plan de mantenimiento. Dicho plan, muestra la tarea a realizar, el personal necesario para ejecutar la tarea, las horas hombre estimadas, y la semana en la que se programa la intervención del equipo. Se dividió en 52 semanas y se emplearon frecuencias de ejecución de las tareas, Quincenal, Mensual, Semestral y Anual; debido a que los equipos estudiados operan todos los días del año.

A continuación se muestra el plan de mantenimiento mencionado, a partir de la tabla 4.17 hasta la tabla 4.23

**Tabla 4.17** Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2003 C5 perteneciente al área 200



			Plan de Mantenimiento													Sistema: Reformacion CCR	Mantenimiento Planificado	Hoja N°																																				
			Año: 2009													Equipo: E-2003 C5	Mantenimiento Ejecutado	De:																																				
Actividad	A Realizar por:	H-H estim	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Verificar las conexiones de alimentación al sistema de comando y de esta para el motor, limpiar o cambiar los conectores, cambiar los fusibles de ser necesario	Electricista, ayudante	1																																																				
Limpiar bien el motor y asegurarse que no haya ninguna obstruccion en la zona de enfriamiento o nada suelto en los conetores.	Electricista	4	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Verificar la existencia de ruido en los cojinetes del motor eléctrico, de ser así sustituirlos, engrasar de ser necesario.	Mecánico, Ayudante	2																																																				
Verificar el nivel del lubricante en la caja reductora, si es necesario completarlo, o sustituirlo.	Mecánico	3																																																				
Verificar la existencia de aceite en los alrededores del eje, de ser asi limpiar, revisar por donde fuga.	Mecánico, Ayudante	5																																																				
Verificar el angulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el angulo necesario.	Mecánico, Ayudante	4																																																				
Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser asi limpiarlas.	Mecánico, Ayudante	4	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█



Tabla 4.19 Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2006 2 perteneciente al área 200.


			Plan de Mantenimiento												Sistema: Refomacion CCR												Mantenimiento Planificado			Hoja N°																						
															Año: 2009												Equipo: E-2006 2												Mantenimiento Ejecutado			De:										
			Actividad			Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre		
A Realizar por:			H-H estim			1 2 3 4 5				6 7 8 9				10 11 12 13				14 15 16 17 18				19 20 21 22 23				24 25 26 27 28 29 30 31				32 33 34 35				36 37 38 39				40 41 42 43 44				45 46 47 48 49				50 51 52						
Verificar el angulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el angulo necesario.			Mecánico, Ayudante																																																	
Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser asi limpiarlas.			Mecánico, Ayudante																																																	
Verificar que los pernos estén ajustados.			Mecánico																																																	







**Tabla 4.23 Plan de Mantenimiento para el Ventilador de Enfriamiento E- 2015 1 perteneciente al área 200.**

			Plan de Mantenimiento				Sistema: Reformacion CCR				Mantenimiento Planificado				Hoja N°																																													
							Año: 2009				Equipo: E-2015 1				Mantenimiento Ejecutado				De:																																									
Actividad	A Realizar por:	H-H estim	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre																								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52						
Verificar el angulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el angulo necesario.	Mecánico, Ayudante	4																																																										
Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser asi limpiarlas.	Mecánico, Ayudante	4																																																										
Verificar lel juego entre el eje del motor y el ventilador si se exceden las tolerancias permitidas, reparar.	Mecánico, Ayudante	4																																																										
Verificar la existencia de aceite en los alrededores del eje, de ser asi limpiar, revisar por donde fuga.	Mecánico, Ayudante	5																																																										



## **CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Una de las actividades necesarias para complementar una investigación donde ya se han desarrollado todos los objetivos y por ende alcanzando su objetivo general, es realizar un análisis descriptivo y preciso sobre la información más relevante obtenida en la totalidad del estudio, en ese sentido se presenta en esta sección del trabajo investigativo, la denominada discusión de los resultados, como un aporte para la amplitud de conocimientos y logros de la presente investigación, tal análisis se realiza en orden lógico siguiendo la secuencia de los resultados de cada objetivo específico contenido en el capítulo IV.

La metodología de MMC implica el conocimiento del contexto operacional donde funcionan los equipos, es por ello que en el primer objetivo específico se describe desde una perspectiva global el contexto operacional, mencionando la estructura de los sistemas de la planta de Hidroprocesos, siguiendo con la descripción de las unidades 19 y 20 y finalmente se explica lo concerniente al área 200, destacando la ubicación, tipos, cantidad, función e importancia de los ventiladores de enfriamiento, procedimiento metodológico en el desarrollo de este objetivo de investigación en particular, permitió una perspectiva amplia del desempeño de los equipo a estudiar en un marco operativo industrial concreto, ya que estos no se deben evaluar de forma aislada sino dentro de su sistema, más aún cuando se pretende establecer acciones de mantenimiento basados en el MCC.

Una vez visualizando el contexto operativo, se hizo un énfasis en los componentes estructurales y funcionales de los ventiladores, representando las partes principales del equipo en la figura 4.1 y ofreciendo una vista general de los mismos en su ambiente natural, es decir en el área 200, en la figura 4.2, así mismo otros

detalles descriptivos de los ventiladores se organizaron en las tablas 4.1 y 4.2 especificando en cada columna respectivamente la unidad a la cual pertenece el equipo, el código la descripción, fabricante, el modelo, la potencia. Se considera relevante esta información porque orientan el procedimiento en la formulación de planes de actividades de mantenimiento.

Con el apoyo de la figura 4.3 que se muestra la planta de Hidroprocesos desde una toma de área, la tabla 4.3 que señala de forma resumida cada uno de los procesos modulares que llevan a cabo en Hidroprocesos y la figura 4.5 que indica el proceso de entrada y salida del área 200, es posible comprender el contexto operacional donde se encuentran los ventiladores de enfriamiento y con el cual se pretende comprender el contexto operacional donde se encuentran los ventiladores de enfriamiento y cuál es su función dentro de un proceso cuya entrada se caracteriza por la recepción de Nafta en concentraciones inadecuadas de ciertos elementos químicos para entrar en el proceso de refinación catalítica y posteriormente de regeneración para obtener en la salida del proceso; reformado, hidrogeno, gases de refinería y butanos (figura 4.5).

Teniendo claro el contexto operacional y las características de los ventiladores de enfriamiento, se procedió a seleccionar los ventiladores críticos, haciendo uso de los lineamientos para el análisis de criticidad. Se realizó la adaptación del análisis de criticidad D.S al ámbito operacional de los equipos en estudio tomando en cuenta el criterio del Equipo Natural de Trabajo ENT donde los parámetros se enfocaron a los indicadores del área de mantenimiento y del área de operaciones.

Los datos fueron ponderados según la metodología D.S los cuales se reflejan en la tabla 4.4 (análisis de criticidad de los equipos). Para obtener la criticidad de los equipos, se utilizaron dos ecuaciones (4.4 y 4.5) dando como resultado con el consenso del ENT que los parámetros para establecer la criticidad son: No critico

( $16.6\% \leq \% \text{ Criticidad} < 40\%$ ), Semi critico ( $40 \leq \% \text{ criticidad} \leq 65\%$ ) y critico ( $\% \text{ criticidad} \geq 65\%$ ) estos parámetros se representaron en la tabla 4.5.

Ahora bien, para recabar la información necesaria a fin de elaborar el análisis de criticidad se realizó una encuesta al Equipo Natural de Trabajo, cuyas preguntas se elaboran en concordancia con las definidas en la Matriz de Criticidad D.S. Una vez obtenidos los datos, se organizaron en una matriz de criticidad correspondiente a cada equipo.

Los resultados del análisis de criticidad reflejaron cuatro (4) equipos críticos, todos ubicados en la unidad 20 y treinta y cuatro (34) ventiladores semi-críticos, para un total de treinta y ocho (38) equipos analizados. La tabla 4.7 muestra los resultados del análisis de criticidad de cada equipo, la figura 4.17 la identificación de los ventiladores de enfriamiento críticos, semi-críticos y en la tabla 4.8, refleja los criterios resaltantes de los equipos críticos.

En cuanto al análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos, establecido como objetivo específico del presente estudio; este se realizó solo a los equipos que resultaron críticos según la metodología DS y de acuerdo con el nivel de detalle a utilizar (nivel de equipo) seleccionado por el ENT.

A fin de elaborar la hoja de información de MMC para cada ventilador crítico, se procedió a identificar las principales funciones de los mismos consultando fuentes primarias y secundarias en el área 200; luego se definieron las fallas funcionales haciendo mención sólo a la función en sentido negativo, es decir negando la función de forma parcial o total, identificando los modos y efectos de recolección de datos (revisión de manuales y entrevista al personal del ENT). En la tabla 4.9 se muestra la

hoja de información del MCC del ventilador de enfriamiento E-2003 C5, perteneciente a la unidad 20.

De acuerdo con los datos de la tabla 4.9, la función que desempeñan el ventilador de enfriamiento (critico) no se cumple efectivamente por cuanto presenta como falla funcional, la incapacidad del equipo para generar ventilación y falta de potencia necesaria para alcanzar a 107 °F. Estas fallas son causadas por múltiples factores; entre estos se destacan: la conexión eléctrica floja o suelta, recalentamiento del motor eléctrico, caja reductora trancada, fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad, desalineación de las aspas, acumulación de polvo en las aspas del ventilador y eje del ventilador doblado después de una mala instalación.

En líneas generales, los efectos de estas fallas ocasionan que el equipo no arranque, se detiene el equipo en pleno proceso productivo de forma espontánea e imprevista, incrementado el flujo de corriente en el motor generando ruidos lo que hace que el equipo se detenga, se limita el movimiento de las aspas y se presentan vibraciones y los daños consiguientes al rodamiento; todas estas limitaciones afectan el proceso productivo e influyen en las metas de producción.

A este nivel de la investigación cuando se han cumplido secuencialmente todas las actividades implicadas en los objetivos específicos, se procede entonces a la aplicación del Árbol Lógico de Decisión ALD, recurso metodológico que se basa, en este caso en los resultados del Análisis de Modos y Efecto de Fallas; el ALD está representado en la figura (A.1 del anexo A). De los aspectos contenidos en el ALD se adoptó una nueva metodología explícita en el capítulo IV de la presente investigación para la elaboración de la Hoja de Decisión correspondiente a cada equipo.

Finalmente, luego de elaborar las Hojas de Decisión de cada equipo crítico, se procedió a diseñar los Planes de Mantenimiento para los equipos críticos, estableciendo las responsabilidades y frecuencia de actividades para las tareas de mantenimiento propuestas, el plan está compuesto por las tareas a realizar la identificación de la persona que va a ejecutar la actividad y el tiempo en h/h proyectado para ser ejecutado en un lapso de 52 semanas, donde aparecen sombreadas las casillas de las filas que indican el mantenimiento planificado, dejando la opción de identificar el mantenimiento planificado (tabla 4.17 a 4.23)

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados de la investigación y en virtud de los objetivos específicos establecidos, se presentan las siguientes conclusiones:

- El contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento en la planta de Hidroprocesos (área 200), se caracterizan por una elevada incidencia de fallas funcionales asociadas a la falta de ejecución oportuna de tareas de mantenimiento lo que ocasiona bajo rendimiento de estos equipos y por ende impacto en el proceso productivo.
- Se determinó mediante el presente estudio que actualmente los ventiladores del sistema estudiado, no poseen Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Los ventiladores críticos seleccionados mediante este análisis de criticidad fueron cuatro (4) todos pertenecientes a la unidad 20, estos son: E-2003 C5, E-2006 2, E-2013 B1 y E-2015 1.
- El análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos arrojó como principal falla funcional la incapacidad del equipo para generar ventilación, así mismo se identificaron como causas más comunes a tales fallas, la falta de ajuste de partes rotativas, fuga de aceite, desalineación de las aspas y el eje del ventilador, suciedad.
- Las tareas de mantenimiento definidas mediante la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD), fueron: tareas a condicion (83%) reacondicionamiento ciclico (11%), y ningun mantenimiento programado (6%), todas las fallas fueron evidentes la cantidad de tareas de mantenimiento asignadas al personal técnico fue de treinta y cinco (35).

- Se determinó que para garantizar una mayor disponibilidad de los equipos se debe aplicar al sistema en estudio 94 % de Mantenimiento Preventivo y 6% Mantenimiento Correctivo de acuerdo al plan propuesto.
- Las responsabilidades y las frecuencias de las actividades establecidas para las tareas de mantenimiento propuestas se estructuró en planes, cuyo criterio fue el siguiente: se dividió en 52 semanas, se establecieron frecuencias de ejecución de las tareas en periodos (quincenal, mensual, semestral y anual) tomando en cuenta que los equipos estudiados operan diariamente todo el año.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

De acuerdo con las conclusiones ya mencionadas y tomando en cuenta el objetivo del MCC, se formulan las siguientes recomendaciones a la gerencia competente en el área 200 de la planta de Hidroprocesos en Refinería Puerto la Cruz:

- Tomar en cuenta los resultados del presente estudio como referencia para el análisis del funcionamiento de los equipos en un contexto operacional que funciona de manera integrada.
- Evaluar la gestión de mantenimiento una vez puesto en marcha el plan propuesto, a fin de identificar aspectos mejorables.
- Considerar la elaboración de planes de mantenimiento basados en el enfoque de la MCC, aplicando cada uno de los componentes y requerimientos de su metodología para garantizar los resultados que proporciona esta filosofía de mantenimiento.
- Cumplir a cabalidad con lo establecido en el plan de mantenimiento.

- Organizar y coordinar equipos de trabajo competitivos en materia de mantenimiento preventivo con la finalidad de afianzar los principios de calidad y mejora continua que garanticen los objetivos del MCC con implicaciones positivas en la seguridad de las personas, ambiente e instalaciones.
- Designar comités de trabajo para la elaboración del historial de los ventiladores y demás características para disponer de la información requerida a través de documentos confiables emanados por el personal involucrado con estos y conocedores de la materia.
- Valorar y aplicar las recomendaciones del fabricante
- Establecer responsabilidades y sanciones de acuerdo con la normativa y políticas de la empresa cuando se determine el no cumplimiento de lo establecido en los planes de mantenimiento de estos equipos.



## BIBLIOGRAFÍA

[1] Calderón, W. **“Aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad a los equipos rotativos del centro de almacenamiento y transporte de crudo Jusepín, PDVSA 2006”**, trabajo de grado, Departamento Mecánica, UDO Puerto la Cruz. (2006)

[2] Montaña, L y Rosas Elkin. **“Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la Planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías paz del Río S.A.”** trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Electromecánica. (2006).

[3] Ramos, R. en **“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo a la línea de productos retornables de una embotelladora de bebidas gaseosas, que garantice el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción”** trabajo de grado, Departamento Mecánica, UDO (2006)

[4] Suárez Diógenes. **“Guía-Teórico Práctico de Mantenimiento Mecánico”**, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz. (2001).

[5] Amendola, Luís Ph.D. **“Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento”** Universidad Politécnica Valencia España Dpto. Proyectos de Ingeniería. (2005).

[6] Suárez Diógenes. **“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) Programa de actualización profesional”**. Confima & Consultores. Puerto La Cruz. (2007).

- [7] Amendola, Luís Ph.D. **“Modelos Mixtos de Confiabilidad”**, Universidad Politécnica Valencia España Dpto. Proyectos de Ingeniería. (2003).
- [8] PDVSA CIED. **“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”**, 1<sup>era</sup> Edición, Septiembre. (1.999).
- [9] Parra Carlos. **“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”**, Puerto la Cruz, Venezuela. (2002).
- [10] Strategic Technologies, INC. **“Reability Centred Maintenance”**, Version N° 2. Editado por Aladon Ltd, U.S.A. (1.998).
- [11] Moubray, J. **“RCM Reability Centred Maintenance”**, Editorial Butterworth Heinemann, 2<sup>da</sup> Edición, Oxford. (1.997).
- [12] Granela, H., **“Experiencias en la Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”**, Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales, Universidad Central de las Villas, Cuba. (2000).
- [13] Corpoven, S.A **“Taller de Mantenimiento Preventivo”**, Gerencia de Recursos Humanos. (2000).
- [14] **Taller: “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”**, Comité de optimización de infraestructura. Subcomité de confiabilidad. PDVSA INTEVEP. Abril. (2006).
- [15] Juan Charlín. **“Ingeniería Termotecnia. Ventilación Industrial”**. Editado por Mac Graw Hill. México. (2000).

# ***ANEXOS***

**ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTA DE CRITICIDAD Y ALD**  
**FORMATO DE ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Equipo (Código): \_\_\_\_\_

Encuestado: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

A continuación se le formulan una serie de preguntas de selección simple, marque con una equis (x) la respuesta que considere correcta si no comprende algún ítem de esta encuesta, se le prestara la colaboración necesaria, la total comprensión y la realización de esta encuesta es de suma importancia para la empresa

**1) Cantidad de fallas ocurridas en el año 2007-2008**

Equipo Rotativo	Selección
1a) Fallas = 1	
2b) $1 < \text{Fallas} < 12$	
3c) $\text{Fallas} \geq 12$	

**2) Tiempo promedio fuera de servicio (MTFS) en el año 2007-2008 expresado en horas.**

$$MTFS = \frac{\sum TFS}{\sum \text{Fallas Ocurridas}}$$

Opciones	Selección
2a) $MTFS \leq 4$	
2b) $4 < MTFS < 8$	
2c) $MTFS \geq 8$	

**3) Disponibilidad de repuestos en el año (DR) en el año 2007-2008**

$$DR = \frac{\text{Cantidad Satisfecha}}{\text{Cantidad Demandada}} \times 100$$

Opciones	Selección
3a) $DR \geq 80\%$	
3b) $50 \leq DR < 80\%$	
3c) $DR < 50\%$	

## 4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP) en el año 2007-2008

$$\text{CMP} = \frac{\text{Ordens Ejecutadas}}{\text{Ordens Programadas}} \times 100$$

Opciones	Selección
4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	
4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	
4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	

## 5) Efectividad (E) del equipo en el año 2007-2008

$$E = \frac{\text{Hrs. Efectivas}}{\text{Hrs. Calendario}} \times 100$$

Opciones	Selección
5a) $E \geq 80\%$	
5b) $50 \leq E < 80\%$	
5c) $E < 50\%$	

## 6) Efecto sobre la seguridad del personal y/o el ambiente (SIAHO) en el año 2007-2008

Opciones	Selección
7a) Sin Consecuencias	
7b) Efecto Temporal	
7c) Efecto Permanente	

**Leyenda:**

**MTFS:** Tiempo promedio fuera de servicio.

**TFS:** Tiempo fuera de servicio

**Hrs.:** Horas.

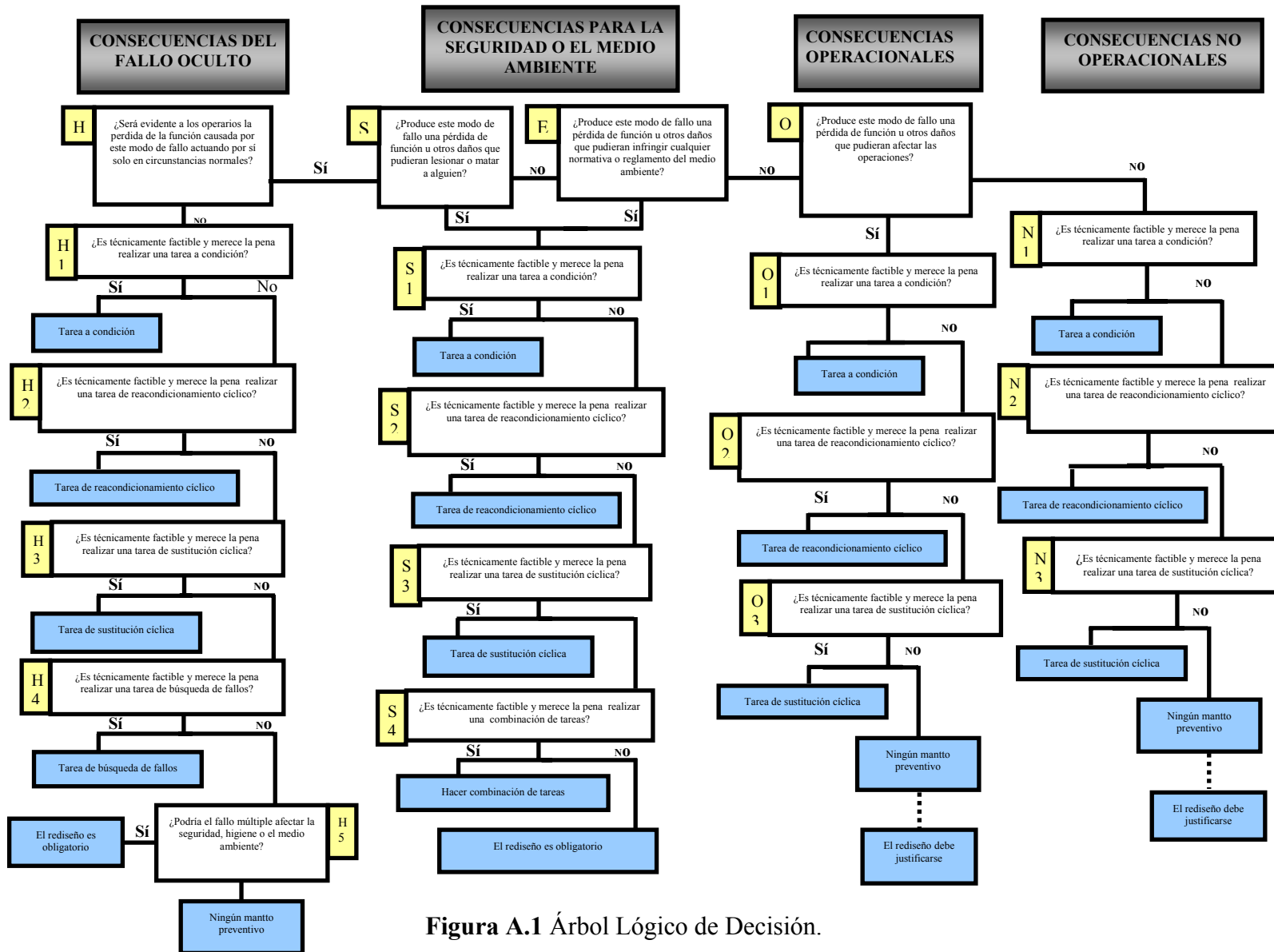




Figura A.1 Árbol Lógico de Decisión.

## ANEXO B: TABLAS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

**Tabla B.1** Matriz de criticidad del equipo E-1907 A2.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1907 A2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.2** Matriz de criticidad del equipo E-1907 B3.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1907 B3	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				44,979




**Tabla B.3** Matriz de criticidad del equipo E-1907 B4.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1907 B4	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				44,979


**Tabla B.4** Matriz de criticidad del equipo E-1909 1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1909 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.5** Matriz de criticidad del equipo E-1909 2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1909 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.6** Matriz de criticidad del equipo E-2003 A1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformatión CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 A1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				8
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7b	2
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				4
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				59,972


**Tabla B.7** Matriz de criticidad del equipo E-2003 A2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformatión CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 A2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				8
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7b	2
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				4
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				59,972


**Tabla B.8** Matriz de criticidad del equipo E-2003 B3.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 B3	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>8</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7b	2
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>4</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>59,972</b>

**Tabla B.9** Matriz de criticidad del equipo E-2003 B4.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 B4	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.10** Matriz de criticidad del equipo E-1907 A1.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Hidrotratamiento Nafta	Realizado:	
	Código: E-1907 A1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 < \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>




**Tabla B.11** Matriz de criticidad del equipo E-2003 C6.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 C6	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>8</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7b	2
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>4</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>59,972</b>


**Tabla B.12** Matriz de criticidad del equipo E-2003 D7.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformatión CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 D7	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				44,979


**Tabla B.13** Matriz de criticidad del equipo E-2003 D8.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformatión CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 D8	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				44,979


**Tabla B.14** Matriz de criticidad del equipo E-2003 E9.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 E9	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				9
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				54,969


**Tabla B.15** Matriz de criticidad del equipo E-2003 E10.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 E10	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				44,979


**Tabla B.16** Matriz de criticidad del equipo E-2003 F11.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 F11	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				9
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				54,969

**Tabla B.17** Matriz de criticidad del equipo E-2003 F12.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 F12	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.18** Matriz de criticidad del equipo E-2003 G13.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 G13	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>9</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>54,969</b>




**Tabla B.19** Matriz de criticidad del equipo E-2003 G14.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 G14	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.20** Matriz de criticidad del equipo E-2003 H15.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003H15	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.21** Matriz de criticidad del equipo E-2003 H16.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2003 H16	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2b	2
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				9
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				54,969


**Tabla B.22** Matriz de criticidad del equipo E-2004 1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2004 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.23** Matriz de criticidad del equipo E-2004 2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2004 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.24** Matriz de criticidad del equipo E-2006 1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2006 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				44,979

**Tabla B.25** Matriz de criticidad del equipo E-2006 2.




	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2006 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2c	3
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5b	2
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				11
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7c	3
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				5
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				78,295

Tabla B.26 Matriz de criticidad del equipo E-2008 1.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformatión CCR	Realizado:	
	Código: E-2008 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma\text{A.M.}</math>)</b>				6
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma\text{A.O.}</math>)</b>				3
<b>% Criticidad del equipo = <math>[\text{K1} * (\Sigma\text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma\text{A.O.})] \times 100</math></b>				44,979




**Tabla B.27** Matriz de criticidad del equipo E-2008 2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2008 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.28** Matriz de criticidad del equipo E-2010 1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2010 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.29** Matriz de criticidad del equipo E-2010 2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2010 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.30** Matriz de criticidad del equipo E-2013 A1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2013 A1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.31** Matriz de criticidad del equipo E-2013 A2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2013 A2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>


**Tabla B.32** Matriz de criticidad del equipo E-2013 B1.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2013 B1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2c	3
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3c	3
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5b	2
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>12</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7c	3
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>5</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>81,625</b>

**Tabla B.33** Matriz de criticidad del equipo E-2013 B2.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2013 B2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.34** Matriz de criticidad del equipo E-2015 1.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2015 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1b	2
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2c	3
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3b	2
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5b	2
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				11
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7c	3
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				5
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				78,295




**Tabla B.35** Matriz de criticidad del equipo E-2015 2.

	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2015 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.36** Matriz de criticidad del equipo E-2020 1.


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2020 1	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

**Tabla B.37** Matriz de criticidad del equipo E-2020 2


	Equipo: Ventilador de Enfriamiento	Sistema: Reformación CCR	Realizado:	
	Código: E-2020 2	Evento de control: Años 2007-2008	10/03/2008	
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de Fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1	1a	1
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1	2a	1
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el periodo evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1	3a	1
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1	4b	2
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad ( E )	5a) $E \geq 80\%$	1	5a	1
	5b) $50 \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento (<math>\Sigma A.M.</math>)</b>				<b>6</b>
<b>ÁREA OPERACIONAL</b>				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de conexión	6a) Sistema Paralelo	1	6b	2
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema Serie	3		
7) Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencias	1	7a	1
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
<b>Total puntos obtenidos en el área operacional (<math>\Sigma A.O.</math>)</b>				<b>3</b>
<b>% Criticidad del equipo = <math>[K1 * (\Sigma A.M.) + K2 * (\Sigma A.O.)] \times 100</math></b>				<b>44,979</b>

## ANEXO C: HOJAS DE INFORMACIÓN DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS.


**Tabla C.1** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2006 2 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR

		<b>Sistema:</b> Reformación CCR		<b>Realizado Por :</b> Gualberto Pérez		<b>Fecha:</b> 25-04-08		<b>Hoja N°</b> 1	
		<b>Equipo :</b> E-2006 2		<b>Revisado Por :</b> Gerardo Sotillo		<b>Fecha:</b> 25-06-08		<b>De:</b> 2	
Función		Falla Funcional		Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)			
<b>1</b>	Mantener la temperatura recomendada en la zona de Refrigeración de la Primera Etapa de Descarga	<b>A</b>	El equipo es incapaz de generar ventilación	1	Conexión eléctrica floja / suelta.	Al pasar el swich en el centro de control y mando (CCM) el equipo no arranca (no se enciende la luz indicadora de funcionamiento).			
				2	Motor eléctrico recalentado.	Luego de cierto tiempo de funcionamiento se apaga la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el CCM, lo que obliga al operador a detener el flujo de material en toda la línea			
				3	Desgaste en los rodamientos del motor eléctrico.	Aumenta el consumo de corriente del motor eléctrico acompañado de un ruido excesivo lo que obliga a detener a el equipo y a todo el flujo de producto en la línea			
				4	Caja reductora trancada, eje de salida no gira	Aumenta el consumo de corriente del motor se activa el sistema de protección del mismo cortando la energía desactivando la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el CCM, deteniendo al equipo y todo el flujo de producto en la línea			


**Tabla C.2** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2006 2 perteneciente a la Unidad 20  
Reformación CCR

		Sistema: Reformación CCR		Realizado Por : Gualberto Pérez	Fecha:	Hoja N°
					25-04-08	2
		Equipo : E-2006 2		Revisado Por : Gerardo Sotillo	Fecha:	De:
					25-06-08	2
Función		Falla Funcional	Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
		<b>B</b> El equipo no genera la potencia necesaria para llegar a 113 °F	1	Desalineación en el eje Motor - Ventilador	Esto ocasiona vibraciones en el equipo afectando la caja reductora de velocidad y la intensidad del movimiento giratorio del ventilador.	
			2	Desalineación de las aspas	Las aspas no poseen el ángulo correcto y esto genera una vibración en el equipo que no permite que este funcione correctamente.	
			3	Acumulación de polvo en las aspas del ventilador.	El polvo en las aspas genera un freno en estas y no permite que giren a la velocidad necesaria.	
			4	Acople del motor y caja reductora dañado.	Esto produce que el acople se parta y el ventilador deja de girar.	
			5	Pernos de sujeción del motor sueltos.	Produce alta vibración que a su vez causa daños en los rodamientos del motor.	


**Tabla C.3** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2013 B1 perteneciente a la Unidad 20  
Reformación CCR

		Sistema: Reformación CCR		Realizado Por : Gualberto Pérez	Fecha:	Hoja N°
		Equipo : E-2013 B1		Revisado Por : Gerardo Sotillo	Fecha:	De:
					25-04-08	1
					25-06-08	2
Función		Falla Funcional	Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
1	Mantener la temperatura recomendada en la zona de Refrigeración del Residuo Inferior.	A El equipo es incapaz de generar ventilación	1	Conexión eléctrica floja / suelta.	Al pasar el swich en el centro de control y mando (CCM) el equipo no arranca (no se enciende la luz indicadora de funcionamiento).	
			2	Motor eléctrico recalentado.	Luego de cierto tiempo de funcionamiento se apaga la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el CCM, lo que obliga al operador a detener el flujo de material en toda la línea.	
			3	Desgaste en los rodamientos del motor eléctrico.	Aumenta el consumo de corriente del motor eléctrico acompañado de un ruido excesivo lo que obliga a detener al equipo y a todo el flujo de producto en la línea.	
			4	Caja reductora trancada, eje de salida no gira.	Aumenta el consumo de corriente del motor se activa el sistema de protección del mismo cortando la energía desactivando la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el CCM, deteniendo al equipo y todo el flujo de producto en la línea.	

**Tabla C.4** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2013 B1 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR


		<b>Sistema:</b> Reformación CCR		<b>Realizado Por :</b> Gualberto Pérez		<b>Fecha:</b> 25-04-08		<b>Hoja N°</b> 2	
		<b>Equipo :</b> E-2013 B1		<b>Revisado Por :</b> Gerardo Sotillo		<b>Fecha:</b> 25-06-08		<b>De:</b> 2	
Función		Falla Funcional		Modo de Falla (¿Que causa la falla?)		Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)			
		<b>B</b>	El equipo no genera la potencia necesaria para llegar a 104 °F	1	Desalineación de las aspas	Las aspas no poseen el ángulo correcto y esto genera una vibración en el equipo que no permite que este funcione correctamente.			
				2	Acumulación de polvo en las aspas del ventilador.	El polvo en las aspas genera un freno en estas y no permite que giren a la velocidad necesaria.			
				3	Fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad.	Fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad.			
				4	Desajuste o rotura por corrosión del soporte del Ventilador	Debido al desajuste del soporte el ventilador se sale y desajusta el eje, lo que produce que las aspas se partan, desbalancea el motor generando altos niveles de vibración que afectan a los componentes internos.			

**Tabla C.5** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2015 1 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR

		<b>Sistema:</b> Reformación CCR		<b>Realizado Por :</b> Gualberto Pérez		<b>Fecha:</b> 25-04-08		<b>Hoja N°</b> 1	
		<b>Equipo :</b> E-2015 1		<b>Revisado Por :</b> Gerardo Sotillo		<b>Fecha:</b> 25-06-08		<b>De:</b> 2	
<b>Función</b>		<b>Falla Funcional</b>		<b>Modo de Falla</b> (¿Que causa la falla?)		<b>Efecto de falla</b> (¿Que ocurre cuando falla?)			
1	Mantener la temperatura recomendada en la zona de refrigeración del residuo.	A	El equipo es incapaz de generar ventilación	1	Conexión eléctrica floja / suelta	Al pasar el swich en el centro de control y mando (CCM) el equipo no arranca (no se enciende la luz indicadora de funcionamiento).			
				2	Motor eléctrico recalentado.	Luego de cierto tiempo de funcionamiento se apaga la luz de indicadora de funcionamiento del equipo en el centro de mando y control, se detiene el equipo y todo el flujo de producto en la línea.			
				3	Desgaste en los rodamientos del motor eléctrico.	Aumenta el consumo de corriente del motor eléctrico acompañado de un ruido excesivo lo que obliga a detener al equipo y a todo el flujo de producto en la línea.			
				4	Caja reductora trancada, eje de salida no gira.	Aumenta el consumo de corriente del motor al punto tal que se activa el sistema de protección del mismo cortando el flujo de energía desactivando la luz indicadora de funcionamiento del equipo en el centro de control y mando, deteniendo al equipo y todo el flujo de producto en la línea.			
				5	Aspas del ventilador destruidas por corrosión	Se produce un excesivo ruido en el ventilador debido a que las aspas están altamente corroídas, se desbalancea el ventilador produciendo alta vibración lo cual obliga al operador a detener su función.			




**Tabla C. 6** Hoja de Información del MCC del Ventilador de Enfriamiento E-2015 1 perteneciente a la Unidad 20 Reformación CCR


		<b>Sistema:</b> Reformación CCR		<b>Realizado Por :</b> Gualberto Pérez		<b>Fecha:</b>		<b>Hoja N°</b>	
						25-04-08		2	
		<b>Equipo :</b> E-2015 1		<b>Revisado Por :</b> Gerardo Sotillo		<b>Fecha:</b>		<b>De:</b>	
						25-06-08		2	
<b>Función</b>		<b>Falla Funcional</b>		<b>Modo de Falla (¿Que causa la falla?)</b>		<b>Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)</b>			
		<b>B</b>	El equipo no genera la potencia necesaria para llegar a 103 °F	<b>1</b>	Desalineación de las aspas	Las aspas no poseen el ángulo correcto y esto genera una vibración en el equipo que no permite que este funcione correctamente.			
				<b>2</b>	Acumulación de polvo en las aspas del ventilador.	El polvo en las aspas genera un freno en estas y no permite que giren a la velocidad necesaria.			
				<b>3</b>	Desalineación en el eje Motor - Ventilador	Esto ocasiona vibraciones en el equipo afectando la caja reductora de velocidad y la intensidad del movimiento giratorio del ventilador.			
				<b>4</b>	Fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad.	Fuga de aceite a través de la estopera del eje de alta velocidad.			

## ANEXO D: HOJAS DE DECISIÓN DE LOS VENTILADORES CRÍTICOS.


**Tabla D.1** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2006 2) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto							Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°	
			Unidad 20										30-06-08	1	
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento							Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:	
			E-2006 2										30-08-08	2	
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							E1	E2	E3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar las conexiones de alimentación al sistema de comando y de esta para el motor, limpiar o cambiar los conectores, cambiar los fusibles de ser necesario	Anual	Electricista , Ayudante
1	A	2	S	N	N	S	S	S					Tarea de "Reacondicionamiento Cíclico". Limpiar bien el motor y asegurarse que no allá ninguna obstrucción en la zona de enfriamiento o nada suelto en los conectores.	Quincenal	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de ruido en los cojinetes del motor eléctrico, de ser así reemplazarlos, engrasar de ser necesario.	Anual	Mecánico, Ayudante
1	A	4	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el nivel del lubricante, si es necesario completarlo, o sustituirlo	Semestral	Mecánico


**Tabla D.2** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2006 2) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto						Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°		
			Unidad 20									30-06-08	2		
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento						Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:		
			E-2006 2									30-08-08	2		
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							E1	E2	E3						
1	B	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el juego entre el eje motor y el ventilador si se exceden las tolerancias permitidas, Reparar	Mensual	Mecánico, Ayudante
1	B	2	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el ángulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el ángulo necesario.	Semestral	Mecánico, Ayudante
1	B	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser así limpiarlas.	Quincenal	Mecánico, Ayudante
1	B	4	S	S	N	S	N	N	N	N	S		<b>Ningún Mantenimiento Programado:</b> Sustituir el acople.	—	Mecánico
1	B	5	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición", Verificar que los pernos estén ajustados.	Semestral	Mecánico


**Tabla D.3** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2013 B1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto				Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°							
			Unidad 20							30-06-08	1							
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento				Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:							
			E-2013 B1							30-08-08	2							
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:			
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4						
							O1	O2	O3							E1	E2	E3
1	A	1	S	N	N	S	S									Tarea "A Condición". Verificar las conexiones de alimentación al sistema de comando y de esta para el motor, limpiar o cambiar los conectores, cambiar los fusibles de ser necesario	Anual	Electricista, Ayudante
1	A	2	S	N	N	S	S	S								Tarea de "Reacondicionamiento Cíclico". Limpiar bien el motor y asegurarse que no allá ninguna obstrucción en la zona de enfriamiento o nada suelto en los conectores.	Quincenal	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S									Tarea "A Condición". Verificar la existencia de ruido en los cojinetes del motor eléctrico, de ser así reemplazarlos, engrasar de ser necesario.	Anual	Mecánico, Ayudante
1	A	4	S	N	N	S	S									Tarea "A Condición". Verificar el nivel del lubricante, si es necesario completarlo, o sustituirlo	Semestral	Mecánico


**Tabla D.4** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2013 B1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto				Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:		Hoja N°				
			Unidad 20							30-06-08		2				
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento				Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:		De:				
			E-2013 B1							30-08-08		2				
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							E1	E2	E3							
1	B	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el ángulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el ángulo necesario.	Semestral	Mecánico, Ayudante	
1	B	2	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser así limpiarlas.	Quincenal	Mecánico, Ayudante	
1	B	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de aceite en los alrededores del eje, de ser así limpiar, revisar por donde fuga.	Semestral	Mecánico, Ayudante	
1	B	4	S	S	N	N	S						Tarea "A Condición". Inspeccionar ajuste y corrosión de tornillos de sujeción del soporte del ventilador.	Semestral	Mecánico	

**Tabla D.5** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2015 1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto							Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°	
			Unidad 20										30-06-08	1	
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento							Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:	
			E-2015 1										30-08-08	2	
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							E1	E2	E3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar las conexiones de alimentación al sistema de comando y de esta para el motor, limpiar o cambiar los conectores, cambiar los fusibles de ser necesario	Anual	Electricista, Ayudante
1	A	2	S	N	N	S	S	S					Tarea de "Reacondicionamiento Cíclico". Limpiar bien el motor y asegurarse que no allá ninguna obstrucción en la zona de enfriamiento o nada suelto en los conectores.	Quincenal	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar la existencia de ruido en los cojinetes del motor eléctrico, de ser así reemplazarlos, engrasar de ser necesario.	Anual	Mecánico, Ayudante
1	A	4	S	N	N	S	S						Tarea "A Condición". Verificar el nivel del lubricante, si es necesario completarlo, o sustituirlo	Semestral	Mecánico
1	A	5	S	S	N	N	S						Tarea "A Condición". Inspeccionar las aspas del ventilador, si están excesivamente corroidas se deben sustituir.	Semestral	Mecánico

**Tabla D.6** Hoja de Decisión del MCC para el Ventilador de Enfriamiento (E-2015 1) perteneciente a la Unidad 20 del Área 200.

			Sistema: Condensado de Producto							Realizado Por: Gualberto Pérez			Fecha:	Hoja N°		
			Unidad 20										30-06-08	2		
			Equipo: Ventilador de Enfriamiento							Revisado Por: Gerardo Sotillo			Fecha:	De:		
			E-2015 1										30-08-08	2		
Información Referencia			Consecuencia Evaluación				H1	H2	H3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A Realizar Por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
1	B	1	S	N	N	S	S							Tarea "A Condición". Verificar el ángulo de las aspas, de estar desalineadas, colocarlas nuevamente en el ángulo necesario.	Semestral	Mecánico, Ayudante
1	B	2	S	N	N	S	S							Tarea "A Condición". Verificar la existencia de polvo en las aspas, de ser así limpiarlas.	Quincenal	Mecánico, Ayudante
1	B	3	S	N	N	S	S							Tarea "A Condición". Verificar el juego entre el eje motor y el ventilador si se exceden las tolerancias permitidas, Reparar	Mensual	Mecánico, Ayudante
1	B	4	S	N	N	S	S							Tarea "A Condición". Verificar la existencia de aceite en los alrededores del eje, de ser así limpiar, revisar por donde fuga.	Semestral	Mecánico, Ayudante

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (M.C.C) A LOS VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO. CASO: ÁREA 200, PLANTA DE HIDROPROCESOS, REFINERÍA PUERTO LA CRUZ</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>PÉREZ. C, GUALBERTO E.</b>	<b>CVLAC: 17.447.312 E MAIL: gualbertoperez@hotmail.com</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

**Acciones de Mantenimiento**

---

**Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C)**

---

**Ventiladores de Enfriamiento**

---

**Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto la Cruz**

---



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Mecánica

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En el presente trabajo se proponen acciones de mantenimiento, basadas en la metodología MCC, aplicada a los ventiladores de enfriamiento en el área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto la Cruz. Para lograr este objetivo, se describió el contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento, jerarquizar los equipos críticos aplicando la metodología DS, analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos y definir las tareas de mantenimiento mediante la elaboración del Árbol Lógico de Decisiones, que permitirá minimizar las fallas de los equipos críticos, los cuales fueron: el E-2003 C5, E-2006 2, E-2013 B1 y E-2015 1. Las tareas de mantenimiento que se definieron fueron: tarea a condición (83%), reacondicionamiento cíclico (11%) y ningún mantenimiento programado (6%). También se pudo apreciar que los modos de fallas fueron en un (94%) con consecuencias operacionales y un (6%) con consecuencias en la seguridad del personal. El tipo de mantenimiento aplicado es Preventivo (94%) y Correctivo (6%). Las fallas encontradas fueron evidentes y se asignaron 35 tareas de mantenimiento al personal técnico. Finalmente se diseño un plan de mantenimiento a los ventiladores críticos con el cual se pretende disminuir la incidencia de fallas de estos equipos y reducir el impacto en los costos, la seguridad y el medio ambiente, así como aumentar la disponibilidad de los mismos. Entre las conclusiones se pueden mencionar; las fallas funcionales están asociadas a la falta de ejecución de tareas de mantenimiento, y como causas más frecuentes; desajustes, desgaste, fuga de aceite, desalineación y suciedad.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Sotillo, Gerardo.	CVLAC:	12.274.223			
	E_MAIL	sotillog@pdvsa.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Rodríguez, Edgar.	CVLAC:	4.012.952			
	E_MAIL	rmedgar5@gmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2009	04	15
AÑO	MES	DÍA

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Mccventiladoreshidroprocesos.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
 I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
 v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: PDVSA Refinería P.L.C (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Mecánico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecánica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente / Núcleo Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participara al Consejo Universitario”

Pérez Carrera, Gualberto E.

**AUTOR**

Prof. Edgar Rodríguez

**TUTOR**

Prof. Delia Villarroel

**JURADO**

Prof. Diógenes Suárez

**JURADO**

Prof. Delia Villarroel

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**