

**RCM MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD” EN LA  
ESTACIÓN 3A DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA  
INFANTAS DE LA GERENCIA REGIONAL DEL MAGDALENA MEDIO  
PERTENECIENTE A ECOPEPETROL S.A**

**LUIS LIBARDO ALCIDES MÁRQUEZ VEGA**

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

**2011**

**RCM MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD” EN LA  
ESTACIÓN 3A DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA  
INFANTAS DE LA GERENCIA REGIONAL DEL MAGDALENA MEDIO  
PERTENECIENTE A ECOPETROL S.A**

**LUIS LIBARDO ALCIDES MÁRQUEZ VEGA**

**Monografía para optar al título de Especialista en Gerencia de  
Mantenimiento**

**Director:  
Ing. Rodrigo Alonso Manzano  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

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

**2011**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el dador de vida, a Carolina mi esposa con todo mi amor y dedicación; a mi hija María valentina quienes me permitieron sacrificar el tiempo que debía darles para lograr culminar un peldaño más en la vida y mis padres Gladys y Libardo porque son la inspiración de mi existencia.

*Luis Libardo Alcides Márquez Vega*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Rodrigo Manzano Manzano, especialista en gerencia en mantenimiento y coordinador de mantenimiento en ECOPETROL S.A. quien me brindó su apoyo incondicional y me permitió desarrollar la propuesta desarrollada en la monografía a través de la empresa, al ingeniero Jairo Gonzalez Barajas por estar apoyando y colaborando en llevar a cabo la propuesta. A la Universidad Industrial de Santander – UIS – por construir en nosotros personas profesionalmente integras e idóneas para el ejercicio de esta especialización.

A Dr. Isnardo Gonzales por su colaboración dentro del desarrollo de este trabajo, quien siempre estuvo atento a las dudas y dispuesto a brindar su apoyo. A nuestros profesores porque sin ellos no hubiéramos logrado los conocimientos que hoy en día se ven reflejados en este trabajo y a futuro en mi vida profesional.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
MARCO REFERENCIAL .....	16
1. ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE CRUDO 3A.....	16
1.1 RESEÑA HISTÓRICA .....	16
1.2 ECOPETROL S.A. LA TRANSFORMACIÓN .....	19
1.3 UBICACIÓN.....	20
1,4 ORGANIGRAMA ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE CRUDO 3A.....	21
1.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE CRUDO .....	22
2. MARCO TEORICO .....	23
2.1 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO.....	23
2.2 SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO .....	31
3. ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN ESTACION 3A ....	33
3.1 DESCRIPCIÓN DEL NEGOCIO .....	33
3.2 ORGANIGRAMA MANTENIMIENTO .....	34
3.3 COMO OPERA MANENIMIENTO EN LA ESTACION 3ª .....	35
3.3.1 Evolución de Mantenimiento. ....	35
3.3.2 Situación actual de mantenimiento. ....	36
3.3.3 Gestión de rutina. ....	38
3.3.4 Mantenimiento Predictivo. ....	38
3.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	38
3.4.1 Modulo de Seguridad .....	38
3.4.2 Modulo de Utilitarios .....	38

3.4.3 Modulo de Equipos. ....	39
3.4.4 Modulo de Herramientas. ....	39
3.4.5. Modulo de catálogos y planos repuestos. ....	39
3.4.6. Modulo de Repuestos. ....	39
3.4.7 Modulo de actividad estándar. ....	40
3.4.8 Modulo Plan de Mantenimiento. ....	40
3.4.9 Modulo de Solicitudes. ....	40
3.4.10 Modulo de planeación órdenes de trabajo. : .....	41
3.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....	42
3.6 ANÁLISIS DOFA PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO .....	43
3.6.1 Debilidades .....	43
3.6.2 Fortalezas .....	44
3.6.3 Oportunidades .....	44
3.6.4 Amenazas.....	44
3.6.5 Estrategias FO (CRECIMIENTO).....	45
3.6.6 Estrategias DO (Sostenimiento).....	45
3.6.7 Estrategias FA (Sostenimiento) .....	45
3.6.8 Estrategias DA (de Fuga).....	46
3.6.9 Conclusión sobre la DOFA.....	46
4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) .....	49
4.1. ORIGEN DE RCM .....	50
4.2 ¿QUÉ ES RCM?.....	51
4.2.1. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.....	53
4.2.2 Siete preguntas que responde RCM.....	54
4.3 APLICACIÓN RCM.....	55
4.3.1. Pasos para la Aplicación de RCM.....	55

4.3.2 Formación equipo RCM. ....	56
4.3.3. Selección y definición de las áreas y equipos donde se implementará RCM.....	58
4.3.4. Descripción funciones de los equipos.....	60
4.3.5 Análisis e identificación de los modos de Fallas. ....	62
4.3.6 Evaluación consecuencias de falla. ...	67
4.3.7. Selección Actividades de mantenimiento. ....	70
4.3.8. Actividades Preventivas.....	75
5. PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN DE RCM EN LA ESTACION DE RECOLECCION 3 A .....	78
5.1SELECCION DE LOS EQUIPOS DONDE SE PROPONE APLICAR LA TACTCA DE RCM.....	78
5.1.1 Estudio de criticidad.....	78
5.2. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR RCM EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA ESTRACION DE RECOLECCION DE CRUDO 3A.....	84
6. PLAN DE MEJORA PROGRAMA CMMS.....	85
6.1 CAPACITACIÓN EN LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.....	85
6.2. IMPLEMENTACIÓN MEJORAS .....	86
6.3. INDICADORES DE PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO .....	86
7. CONCLUSIONES .....	88
BIBLIOGRAFIA .....	90

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Evolución del mantenimiento.....	23
Tabla 2 DOFA Mantenimiento de la estación 3 A.....	47
Tabla 3. Características mantenimiento centrado en confiabilidad.....	53
Tabla 4. De evaluación criticidad.....	58
Tabla 5. Desarrollo contexto operacional.....	59
Tabla 6. Hoja de identificación funciones, modo de falla y efectos de falla.....	66
Tabla 7. Modos de falla.....	71
Tabla 8. Hoja de trabajo de decisión RCM ii .....	74
Tabla 9. Hoja de trabajo RCM .....	75
Tabla 10 Análisis de criticidad.....	79

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Ubicación Estación de Recolección de Crudo 3A.....	<b>21</b>
Figura 2. Organigrama de la Estación “Operación”.....	<b>21</b>
Figura 3. Proceso de recolección de crudo.....	<b>22</b>
Figura 4. Plan de mantenimiento con enfoque sistémico Kantiano.....	<b>29</b>
Figura 5. Unidad de mantenimiento.....	<b>30</b>
Figura 6. Sistema integral de mantenimiento y operación.....	<b>31</b>
Figura 7. Sistema Integrado del Mantenimiento y Producción.....	<b>32</b>
Figura 8. Descripción proceso de mantenimiento.....	<b>33</b>
Figura 9. Organigrama de mantenimiento.....	<b>34</b>
Figura 10. Evolución del Mantenimiento en estación de recolección de crudo 3 A.....	<b>36</b>
Figura 11 Procedimientos de implementación del RCM.....	<b>55</b>
Figura 12. Diagrama de flujo – Pasos Implementación Proceso RCM...	<b>56</b>
Figura 13. Límites de un Sistema de Bombeo.....	<b>61</b>
Figura 14. Ejemplo descripción funciones de los equipos.....	<b>62</b>
Figura 15. Fallas Esporádicas y Crónicas.....	<b>63</b>
Figura 16. Consecuencias del fallo oculto y consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.....	<b>72</b>
Figura 17. Consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales.....	<b>73</b>
Figura 18. Fallo potencial.....	<b>76</b>

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A ARBOL DE EQUIPOS DE LA RECOLECCIÓN DE CRUDO 3 A.....	91
ANEXO B MODULO 700 ELLIPSE CREACION Y CONSULTA RUTINAS DE MANTENIMIENTO.....	97
ANEXO C MODULO 168 ELLIPSE CONSULTA DE REPUESTOS.....	98
ANEXO D MODULO MCQ 620 ELLIPCE CREACION Y CONSULTA DE ORDENES DE TRABAJO.....	99

## RESUMEN

**TITULO:** RCM MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD” EN LA ESTACIÓN 3A DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES LA CIRA INFANTAS DE LA GERENCIA REGIONAL DEL MAGDALENA MEDIO PERTENECIENTE A ECOPETROL S.A\*

**AUTOR:** LUIS LIBARDO ALCIDES MARQUEZ VEGA. \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento centrado en confiabilidad – RCM –, Matriz DOFA, ciclo PHVA, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD, INDICADORES.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** Esta monografía describe el modelo de gestión de mantenimiento en marcada en la metodología RCM mantenimiento centrado en confiabilidad con una planeación estructurada que involucra el manejo de un mantenimiento con estándares, normas, procedimientos y rutinas que garanticen la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos.

La propuesta de aplicación de RCM en la estación de recolección de crudo 3a inicia con la evaluación de la criticidad siguiendo una matriz de criticidad de Ecopetrol factores ponderados que realizado a aproximadamente cien equipos. La evaluación fue desarrollada por los facilitadores de mantenimiento instrumentación, eléctrico y mecánico, adicionalmente con la confiabilidad de los equipos nuevos y en la estadística de fallas de mantenimiento se determinó los equipos más críticos de la estación y se estableció un modelo de aplicación de RCM a los equipos analizados.

Los resultados de RCM permitirá modificar el plan de mantenimiento que se administra con el sistema CMMS de mantenimiento, cada que ocurra una falla, la pregunta será ¿La falla es conocida? Si la respuesta es afirmativa se revisará el RCM de este equipo, y si no es conocida se realizará el Análisis de falla, para establecer el modo de falla y retroalimentar el RCM del equipo.

En las conclusiones de la monografía se destaca la relación de la estrategia de la mejora del sistema de información con la implementación de RCM, y a su vez la mejora del costo de mantenimiento al realizar un plan de mantenimiento adecuado.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento, Director: Ing. Rodrigo Alonso Manzano Manzano

## SUMMARY

**TITLE:** Reliability Centered Maintenance RCM "3A STATION IN THE SUPERINTENDENT OF THE CIRA INFANTAS OPERATIONS MANAGEMENT REGIONAL MIDDLE MAGDALENA OWNED ECOPETROL S.A.\*

**AUTHOR:** VEGA LUIS MARQUEZ LIBARDO ALCIDES. \*\*

**CLUE WORDS:** Reliability Centered Maintenance - RCM - SWOT Matrix, PDCA, RELIABILITY, MAINTAINABILITY, AVAILABILITY, INDICATORS.

**DESCRIPTION OR CONTENT:** This paper describes the model of maintenance management in the methodology highlighted in reliability centered maintenance RCM with a structured planning involves the management of maintenance standards, rules, procedures and routines to ensure the reliability, availability and maintainability equipment.

The proposed application of RCM in the crude oil gathering station on the 3rd begins with an assessment of the criticality following a criticality matrix of weighted factors Ecopetrol made about a hundred teams. The evaluation was conducted by the facilitators of instrumentation maintenance, electrical and mechanical, in addition to the reliability of new equipment and the statistical maintenance failures identified the most critical equipment of the station and established a model for the application of RCM the computers.

The results of RCM can modify the maintenance plan that is administered CMMS maintenance system, each failure occurs, the question will be "The flaw is known? If the answer is affirmative review the RCM of this team, and if not known will be held on analysis fails to set the mode of failure and feedback the RCM team.

The conclusions of the paper highlights the relationship of the strategy of improving the information system with the implementation of RCM, and in turn improve the cost of maintenance to perform a proper maintenance plan.

---

\* Monograph

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Specializing in maintenance management, Director: Mr. Rodrigo Alonso Manzano Manzano

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de una planta Industrial es un pilar fundamental para garantizar la competitividad de las empresas, la globalización de las empresas requiere que la gestión de mantenimiento garantice la disponibilidad de los equipos a un costo razonable con seguridad y cuidado del medio ambiente.

El área de mantenimiento de la estación de recolección de crudo en la actualidad presenta indicadores de desempeño del mantenimiento como tiempo perdido por fallas en los equipos, costo de mantenimiento que afecta el resultado final de la estación en sus indicadores de costo de transformación y la productividad.

Teniendo en cuenta lo anterior en esta monografía se quiere proponer una solución orientada a mejorar los indicadores de mantenimiento mediante la utilización de metodologías conocidas durante la especialización y las que utiliza Ecopetrol S.A. Las metodologías que se consideraron aplicar fueron las siguientes:

- Matriz DOFA aplicada al área de mantenimiento.
- Enfoque “KANTIANO” de la organización de Mantenimiento.
- Aplicación de la metodología RCM para mantenimiento.
- Sistemas de información para mantenimiento.
- Aplicación de la filosofía de 5s y Smed en mantenimiento.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE CRUDO 3A**

Es una planta de recolección de crudo con capacidad de 120000 barriles por día en proceso y el subproceso de gas rico con una capacidad de 900 de gas MPCPD y de agua 71000 BPD y sedimentos, la planta utiliza una mano de obra directa de 12 personas y mano de obra contratada de 30 personas, esta planta pertenece a Ecopetrol s.a. su producto final es crudo con especificaciones de BSW “agua y lodos” y ubicadas en kilometro 16 vía al corregimiento centro de Ecopetrol, los proveedores de repuestos e insumos están ubicados en Bogotá, Barrancabermeja y algunos en el exterior Brasil, Estados Unidos e Italia.

#### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

En Colombia, la historia del petróleo se presenta en la época de la colonia, cuando los conquistadores detectaron en el Magdalena Medio un aceite negro, especie de betún, que manaba de la tierra y al que los indígenas daban diferentes usos artesanales. Varios siglos después, el coronel José Joaquín Bohórquez, veterano de la guerra de los mil días, conociendo la importancia del petróleo promovió su utilización con fines comerciales. En 1905 se concretaron las primeras acciones orientadas a la búsqueda fija del petróleo, cuando el gobierno del general Rafael Reyes otorgó a particulares las concesiones para explorarlo y explotarlo.

La concesión De Mares, adjudicada al ciudadano Roberto De Mares, comprendía una extensa área al sur de lo que hoy es la población de Barrancabermeja, en el Departamento de Santander, donde se encontraban los manaderos de los cuales dieron cuenta los conquistadores. De Mares cedió luego sus derechos a la Tropical Oil Company (TROCO), empresa extranjera que descubrió en esa región uno de los más importantes campos productores

hallados en Colombia (La Cira-Infantas), con reservas superiores a mil millones de barriles de petróleo.

Este campo fue explotado por la compañía extranjera hasta el 25 de agosto de 1951, fecha en la que se protocolizó la reversión a la Nación de la Concesión de Mares, al vencer la vigencia del contrato. Previendo ese acontecimiento, el Gobierno y el Parlamento habían dispuesto varios años antes la creación de una empresa nacional para recibir y manejar ese campo petrolero. Ese día nació la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL.

El nombre de INFANTAS, se remota a 1536 cuando Gonzalo Jiménez de Quesada descubre los manaderos naturales de petróleo, que los indígenas utilizaban para mitigar el cansancio ungiéndolo en sus cuerpos. El conquistador llamó estas tierras así, en honor a las princesas herederas de la Casa Real de España.

A finales de 1904, el coronel José Joaquín Bohórquez, llega a esta región y encuentra un manadero natural de petróleo, en el cual reconoce que por su olor, y que al untar trapos y prenderlos emitían luz y humo, natural de dicho producto. Después de confirmar verbalmente las bases de la explotación del campo, comprometiéndose este último, a conseguir la concepción ante el gobierno y el capital para financiar la obra.

De mares, obtiene la concepción que lleva su nombre en Noviembre de 1905, declarando el gobierno su caducidad en octubre de 1909 ante la no iniciación de las obras. Sin embargo, Roberto de Mares presentando pruebas de fuerza mayor, consigue nuevamente que se le adjudique la concepción en Mayo 17 de 1915, posteriormente viaja a Estados Unidos y logra interesar a la TROPICAL OIL COMPANY, quien inicia la explotación del campo en junio 24 de 1916.

Después de superar numerosos inconvenientes mecánicos, se termino de perforar el pozo INFANTAS II (pozo descubridor del campo) en Abril 29 de 1918 con producción inicial de 42 BAPD. En noviembre 11 del mismo año se

termino el pozo INFANTAS I el cual produjo inicialmente 2000 BAPD, fluyendo naturalmente.

En 1926 se descubre el campo LA CIRA, motivo por el cual se decide trasladar el campamento a un sitio equidistante a los dos campos, sitio al que se denomina "EL CENTRO" convirtiéndole después de la reversión del campo en 1951, en el DISTRITO DE PRODUCCIÓN EL CENTRO". Posteriormente se descubrieron el campo San Luís, colorado, aguas blancas y Tenerife en 1927, 1953, 1962 y 1968 respectivamente.

Geológicamente, en el campo LA CIRA-INFANTAS se perforan las formaciones productoras Colorado y Mugrosa, produciendo la mayoría de los pozos alternadamente de la zona A (450-1350 pies) en la formación Colorado, y de las zonas B ( 1350-2500 pies) y (2500-3900 pies) en la formación Mugrosa.

Una vez iniciada la producción de cada campo, y de acuerdo con las necesidades de manejo del crudo, se construyeron setenta y seis (76) estaciones de recolección, distribuidas setenta y dos (72) en el área de la influencia LA CIRA INFANTAS y una (1) para cada uno de los campos aledaños (Colorado, San Luís, Aguas Blancas y Tenerife).

Cada estación estaba dotada por dos (2) separadores verticales, drenaje automático o manual de crudo y salida de gas conectada a línea de vacío con destino a las plantas compresoras. El crudo pasaba a una serie de tres (3) tanques de almacenamiento, donde se drenaba el agua por gravedad, y pasaba posteriormente a un separador API. Allí se recuperaba el aceite, y el agua finalmente caía a las piscinas de retención y oxidación.

Debido a las variaciones en las condiciones de flujo de los pozos, fallas en los sistemas automáticos de control y al gran número de estaciones de recolección, redundando todo esto en problemas ambientales y operativos, se crearon inquietudes por diseñar y establecer un sistema moderno, equipado con los adelantos tecnológicos propicios para la recolección y trasiego del crudo, y ala vez establecer un mejor aprovechamiento del gas y colaborar con preservar un equilibrio con el medio ambiente.

Ante las necesidades de ofrecer un mejor control ambiental, técnico y operativo de la recolección del crudo en el área de influencia en LA CIRA-INFANTAS (LCI), se construyeron siete (7) modernas estaciones de recolección, distribuidas estratégicamente en todo el campo que reemplaza las setenta y dos (72) existentes en esta zona y recibieron la producción de los cuatro (4) campos aledaños. El proyecto denominado 76 x 7, se llevó a cabo justificándolo técnica, ambiental y económicamente.

En lo técnico se diseño y equipo cada estación de recolección con los avances tecnológicos adecuados, lo cual permite un control eficaz del proceso en condiciones normales y anormales. Ambientalmente se ejerce un mayor control sobre las aguas residuales, perdida de gas a la atmósfera y sobre los derrames de crudo, estableciendo un equilibrio en el medio ambiente. La parte económica esta representada en el aprovechamiento del gas producido, en los controles adecuados operacionales y ambientales y en la optimización del personal necesario para manejar y operar satisfactoriamente el sistema.

Desde el 2005 Ecopetrol S.A. hace una alianza estratégica con una multinacional oxy andina para realizar una recuperación secundaria de las reservas de petróleo proyectadas en el campo con base a esto se determinaron la construcción de 2 mega estaciones de recolección de crudo 3A, 6A Y 2 plantas de inyección de agua PIA5A y PIA6.

## **1.2 ECOPETROL S.A. LA TRANSFORMACIÓN <sup>1</sup>**

Después de 61 años de existencia como una empresa industrial y comercial del estado, el gobierno nacional trasformo a ECOPETROL S.A. y la convirtió en una sociedad pública por acciones, vinculada al ministerio de minas y energía, según el decreto 1760 del año 2003.

De todas maneras, ECOPETROL S.A. sigue siendo una empresa pública, donde el mayor accionista es la nación a través del ministerio de hacienda, con más del 99% de las acciones. Los otros accionistas minoritarios son cinco

---

<sup>1</sup> ECOPETROL S.A. Prospecto de información de acciones, Bogotá. 2007 p. 83

organismos del estado. El papel que jugaba ECOPETROL S.A. como administrador de las reservas de petróleo y gas del país pasó a la agencia nacional de hidrocarburos (ANH), otro ente que se creó con el decreto 1760 y que dejó en manos de la ANH y el ministerio de minas y energía el manejo de la política petrolera de Colombia. Ahora será la ANH la que se encargue de administrar los recursos petroleros de propiedad de la nación y contratar con terceros la exploración y explotación de los recursos.

ECOPETROL S.A., por su parte, tendrá que acudir ante la ANH, como cualquier compañía petrolera, para solicitar bloques para exploración y explotación y deberá competir con los socios privados en igualdad de condiciones. De igual manera esta empresa cuenta:

### **MISIÓN**

Maximizar el valor a los accionistas en forma sostenible mediante la gestión eficiente, rentable y segura de la cadena productiva del petróleo, gas, sus derivados y combustibles alternativos, en Colombia al cliente y a sus socios, brindando oportunidades atractivas de desarrollo a nuestro personal, y actuando con responsabilidad social y ambiental.

### **VISIÓN**

ECOPETROL S.A. será reconocida como la empresa líder en Colombia y Latinoamérica en el negocio integrado del petróleo, gas, sus derivados y combustibles alternativos, apoyada principalmente en la capacidad y compromiso de su equipo humano.

### **1.3 UBICACIÓN**

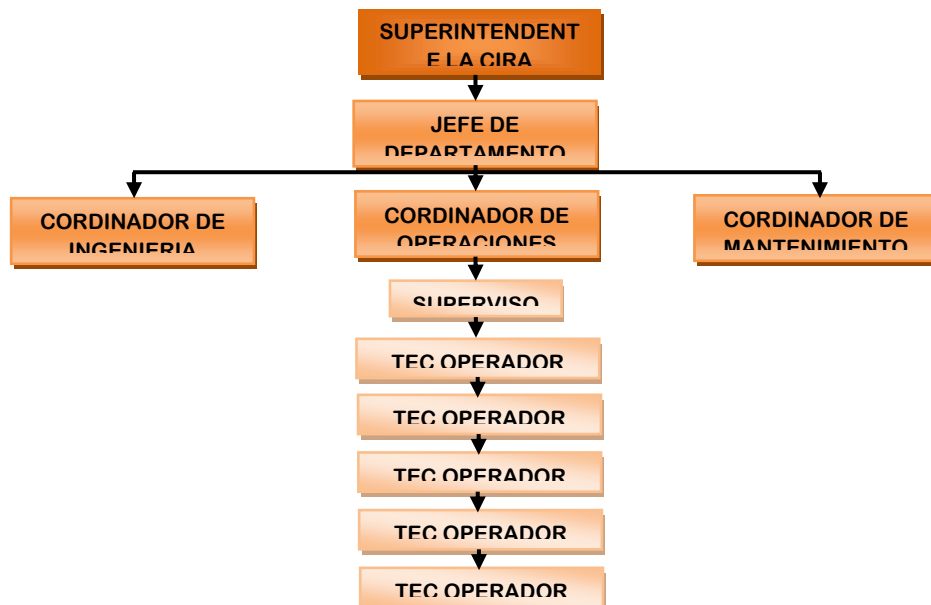
La estación de recolección de crudo está ubicada en el Km 16 vía al corregimiento el centro oficinas principales de Ecopetrol s.a. ubicadas en la entre las calles 37 y 38 con carrera 7ª en el centro de Bogotá.

**Figura 1.** Ubicación Estación de Recolección de Crudo 3A.



Fuente: Ecopetrol S.A

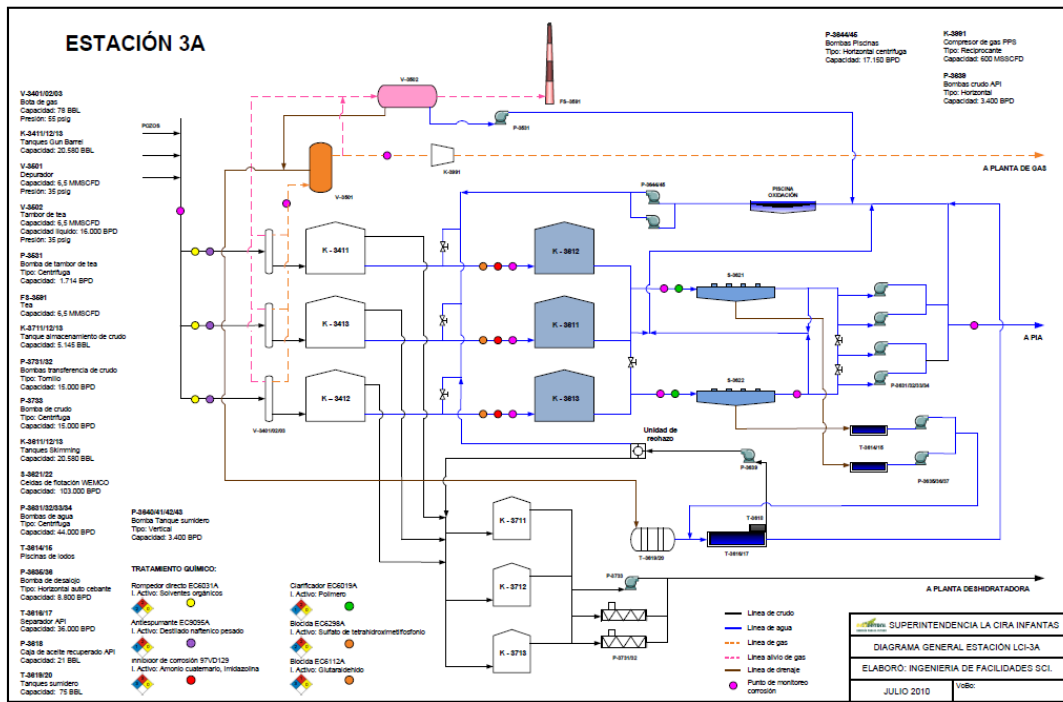
**1.4 ORGANIGRAMA ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE CRUDO 3A**  
**Figura 2.** Organigrama de la Estación “Operación”



Fuente: Estación de Recolección de Crudo 3A

## 1.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE CRUDO

Figura 3. Proceso de recolección de crudo.



Fuente: Estación de Recolección de Crudo 3<sup>a</sup>

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

**Tabla 1.** Evolución del Mantenimiento

<b>Etapa</b>	<b>sucede aproximadamente</b>	<b>Evolución Producción – Manufactura</b>		<b>Evolución Mantenimiento</b>	
		<b>Orientación hacia ....</b>	<b>Necesidad específica</b>	<b>Orientación hacia ....</b>	<b>Objetivo que pretende</b>
<b>I</b>	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
<b>II</b>	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
<b>III</b>	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
<b>IV</b>	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
<b>V</b>	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
<b>VI</b>	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias. Gestión de activos			

Fuente: MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 268

Como parte *estructural* de las empresas, el Mantenimiento data desde la aparición de las maquinas o equipos para producir bienes y servicios. De este modo, algunos autores consideran que “que el mantenimiento como estructura data inclusive desde que el hombre era parte motriz (energía) de dichos equipos”<sup>2</sup>.

“Se reconoce el Mantenimiento moderno como *Organización*. A partir de los comienzos del siglo XX en los Estados unidos donde al aparecer las primeras fallas y paradas imprevistas se solucionan vía correctiva”<sup>3</sup>. Este análisis se hará en algunas etapas evolutivas como se pudo observar en la tabla 4 que se pueden distinguir en el Mantenimiento en función a objetivos que enmarcaban el momento y que obligatoriamente iban ligados en función a las metas de Producción, por lo tanto el análisis involucra estas dos Etapas las cuales están enfocadas hacia las Acciones de Mantenimiento:

### **Etapas I**

- Aparecen entonces en la Etapa I los instrumentos de mantenimiento, de contrata o entrena personal capacitado en Mecánica, electricidad; estos llevan a cabo las primeras acciones de mantenimiento que son Correctivas.
- Se corrige falla o parada imprevista en forma prioritaria.
- Aparecen en esta etapa elementos esenciales para el arte de mantener los equipos como: ordenes de trabajo, herramientas, repuestos y su almacenamiento, insumos de mantenimiento (grasas, etc.).
- Aparece la información que posteriormente se convertirían en bases de datos y que después es el Sistema de Información.
- Se desarrollan técnicas y tecnologías propias (de la empresa en particular).

En esta etapa se dan las bases para que el mantenimiento funcione. Pero el objetivo es la producción de bienes y servicios por lo tanto las fallas imprevistas son el mayor problema del desarrollo normal de estas actividades y es cuando se inicia la siguiente etapa.

---

<sup>2</sup> MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 269

<sup>3</sup> *Ibíd.*, p. 269

## **Etapa II. Solucionando paradas repentinas de los equipos**

Para tratar de solucionar las paradas repentinas de los equipos mantenimiento se comienza a desarrollar algunas acciones adicionales de *prevención o predicción de fallas* y se denota lo siguiente:

- Se empieza a utilizar técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas de mantenimiento.
- Se adquiere el conocimiento y la destreza de las acciones pre y post falla.
- Se empieza a utilizar algunas técnicas y tecnologías para la predicción.
- Entre algunas acciones tenemos rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones especializadas, valoración de condición de estado de los equipos, ensayos destructivos y no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos y control de vida útil de elementos.
- Nace el control operativo de equipos y sus elementos.

Esta etapa permite la distinción entre acciones correctivas, preventivas, modificativas y predictivas siendo las *dos primeras post-falla* y las *dos últimas pre-falla*. También empiezan las recomendaciones de seguridad, se delimitan y generan las OTs, mecanismos sencillos de recolección de datos, se empieza a establecer la relaciones repuestos – equipo y algunos parámetros para subcontratación y administración de proveedores.

## **Etapa III. Organización táctica de mantenimiento**

En este punto se podría dar cuenta que en la primera etapa las acciones eran *reales* en el mantenimiento sobre los equipos mientras que en la segunda etapa las acciones son más *conceptuales* como es el hecho de poder diferenciar una acción correctiva de una preventiva.

En esta etapa cuando las empresas han alcanzado un nivel de madurez en este manejo real y conceptual de las acciones que se posibilitan en mantenimiento, es entonces cuando se empieza a estructurar un desarrollo secuencial, lógico y bien organizado de todo el conjunto de acciones de la etapa I y II enfocadas en gestar y articular el mantenimiento bajo un sistema organizado que de aquí en adelante será una táctica o un conjunto de reglas

para utilizar los recursos en el campo y de esta forma conseguir los objetivos de una forma ordenada.

Dentro de estas tácticas se nombran algunas de las más destacadas como:

- TPM especialmente enfocada en mejorar la productividad.
- RCM que tiene como objetivo principal la confiabilidad de los equipos y sus consecuencias cuando fallen.
- COMBINADO (TPM – RCM) usar simultáneamente las mejores practicas de estas dos metodologías.
- PROACTIVO enfocado en las fallas recurrentes en los equipos.
- REACTIVO llevar hasta la falla o solo actuar después de la falla.
- WCM (World Class Maintenance) recomendada a las organizaciones que exportan una parte muy significativa de sus bienes o servicios.
- RBM o basado en riesgo que orienta acciones a evitar el riesgo comercial o integral.
- SBM o basado en resultados que apunta a evaluaciones de indicadores de objetivos propuestos.
- RCM – SCORECARD este construye un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad a través de las tarjetas de control Balanced ScoreCard de Kaplan y Norton, basado en los trabajos de Nowlan y Heap, de RCM SAE JA 1011 y 1012 y de los trabajos de Mac Smith para finalmente medir los resultados de esta táctica.

Es importante aclarar que no todas las organizaciones evolucionan históricamente al pasar por cada una de estas metodologías en forma secuencial simplemente arman la propia con las mejores prácticas de cada una de ellas.

“También es importante aclarar que en esta etapa mientras que para producción lo importante es la maximización de los factores productivos para mantenimiento se constituye como el comienzo de ser una unidad de producción independiente a la de explotación de los activos, pues en las dos

anteriores el mantenimiento aun depende del área operativa al menos en algunos casos en el nivel jerárquico”<sup>4</sup>.

#### **Etapa IV. Creación de una estrategia de mantenimiento**

Cuando una organización ha alcanzado un desarrollo con bastantes ciclos de mejoramiento los niveles I, II, y III entonces se interesan por medir resultados y pretenden saber que también hacen las cosas, es por ello que empiezan a:

- Establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento como el LLC o Costo del Ciclo de Vida.
- Implementar registro histórico de fallas y reparaciones.
- Establecer sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales como CMD.
- Empiezan a interpretar las diferentes curvas de modo de falla empezando por ejemplo la de Davies o de la Bañera.
- Se realizan evaluaciones y comparaciones con otras organizaciones (BenchMarking) y se procura controlar todas las acciones realizadas.

En este nivel el área pretende mejorar su competitividad por lo cual se establece las estrategias por medio de las cuales puede llegar a controlar y articular en forma integral y específica todas las actividades, los elementos, las acciones y la táctica consolidando de esta manera la función de Mantener. En la etapa IV se involucran los directivos y todas las demás áreas en un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima reducción de costos.

#### **Etapa V. Enfoque a las habilidades y competencias de mantenimiento**

Se caracteriza por:

- Procurar el desarrollo de Habilidades y Competencias (Cord competences) de el personal en mantenimiento.
- Se profundiza en algunos tópicos de etapas anteriores.

---

<sup>4</sup> Ibíd., p. 270

- Se consolidan las realizaciones de FMECA, RCA y RPN al desarrollarse más las destrezas en estos tópicos.
- Se logra la consolidación del CMMS y producción.
- Es posible que se implemente una estrategia de Mantenimiento Integral basada en Procesos donde se analiza el Macro-proceso de mantenimiento con todas sus actividades.
- La implantación de índices e indicadores de calidad, costos y tiempo de cada una de las acciones.
- Identificación de cliente y demandante de cada actividad.
- Medición de todos los parámetros de proceso ya sea por Vital Signs – Performance o también con Balanced Score card.
- También se procede a la utilización de TOC (teoría de Restricciones).
- ABC costos basados en actividad.

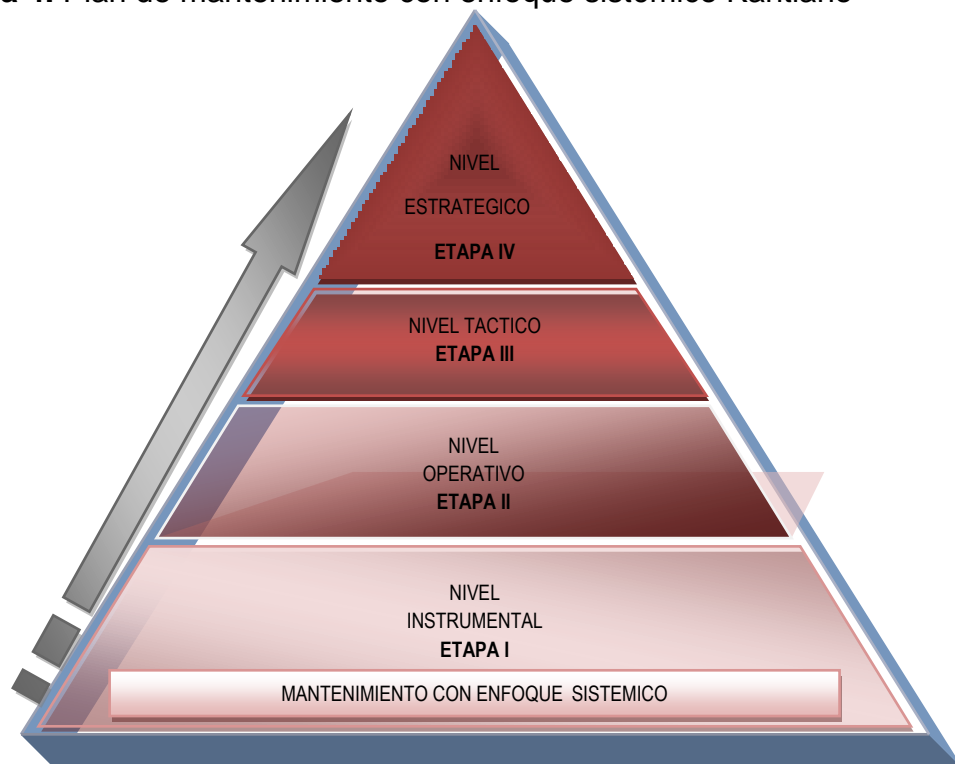
En esta etapa Producción y Mantenimiento trabajan en forma conjunta y alineada por encima de cualquier obstáculo propio y por lo tanto mantenimiento deja de ser un pasivo generando riqueza a la organización como un activo.

#### **Etapas VI. Hacia la gestión de activos**

Cuando la Organización alcanza la integración a través de una metodología que abarca todos los anteriores niveles entonces alcanza la Gestión de Activos, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas, con el fin de manejar con flexibilidad y éxito sus activos.

Esta etapa requiere que todas las acciones de Mantenimiento y Producción generen aumento de la capacidad de producir y de su demanda, tratando de conquistar cada día más mercado potencial, pues si no es así se estaría todavía en una actitud pasiva incurriendo en gastos en el manejo de sus equipos (Véase figura 4).

**Figura 4.** Plan de mantenimiento con enfoque sistémico Kantiano



Fuente: Los Autores MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 271

De acuerdo con Mora “el Mantenimiento cumple con todas las condiciones para ser una *ciencia* permitiendo un tratamiento profundo, serio, coherente y estructurado, que puede ser tratado desde enfoque sistémico integral para una fácil comprensión en forma global y ser llevado a aplicaciones realizables”<sup>5</sup>.

Desde el enfoque sistémico Kantiano, el mantenimiento tiene la posibilidad de ser sintetizado y categorizado en diferentes niveles con sus elementos de relación estructural, unificando los conceptos, pensamientos y diferentes tópicos de este, hasta el momento tratados bajo esquemas diferentes.

“El enfoque sistémico Kantiano plantea el estudiar y entender cualquier fenómeno dado definiendo que un sistema está compuesto básicamente por tres elementos: *Personas, Artefactos y Entorno o Contexto*. El entendimiento mental es exclusivo de los seres humanos por lo tanto la participación de las

---

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. 272

*personas* en el mantenimiento lo hacen un sistema *mental* construido intelectualmente por estas (personas), y se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento industrial en el tiempo”<sup>6</sup>.

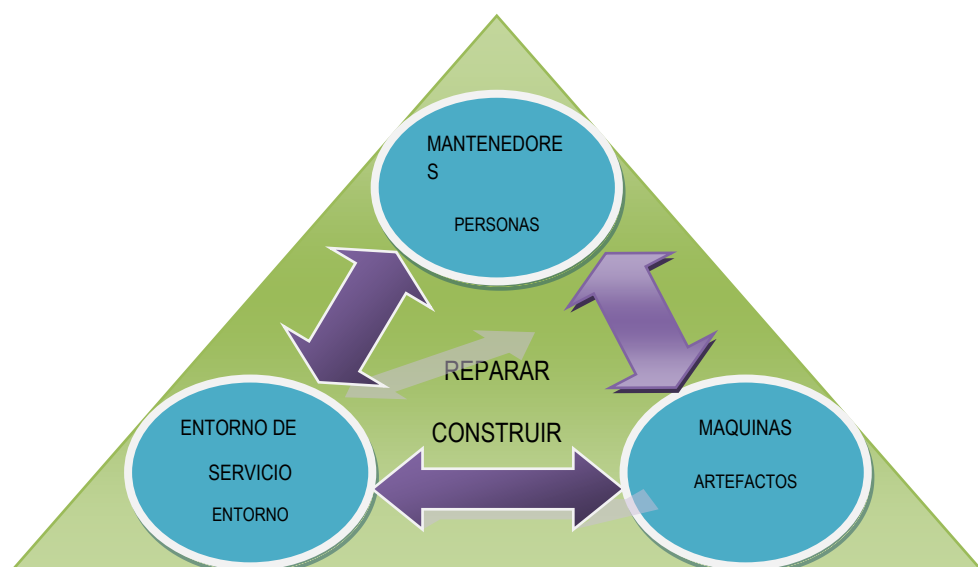
El segundo elemento en el sistema Kantiano; los *Artefactos* del latín *hecho con arte* y que en mantenimiento son el conjunto de maquinas, componentes, herramientas, documentos, sistemas de información, etc., los cuales son *reales* y necesarios para el mantener las máquinas.

Es el *entorno* el tercer componente y es de carácter *mental* o intelectual y son todos los sitios donde se desenvuelve el sistema, en mantenimiento donde se encuentran las máquinas el piso de la fábrica.

Por lo tanto el enfoque Kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental.

El enfoque sistémico en la unidad de mantenimiento reconoce los tres elementos necesarios: mantenedores (personas), maquinas o equipos industrial o de operación (artefactos) y sitios físicos donde se presta el servicio (entorno) (Véase figura 5).

**Figura 5.** Unidad de mantenimiento.



<sup>6</sup> Ibíd., p. 272

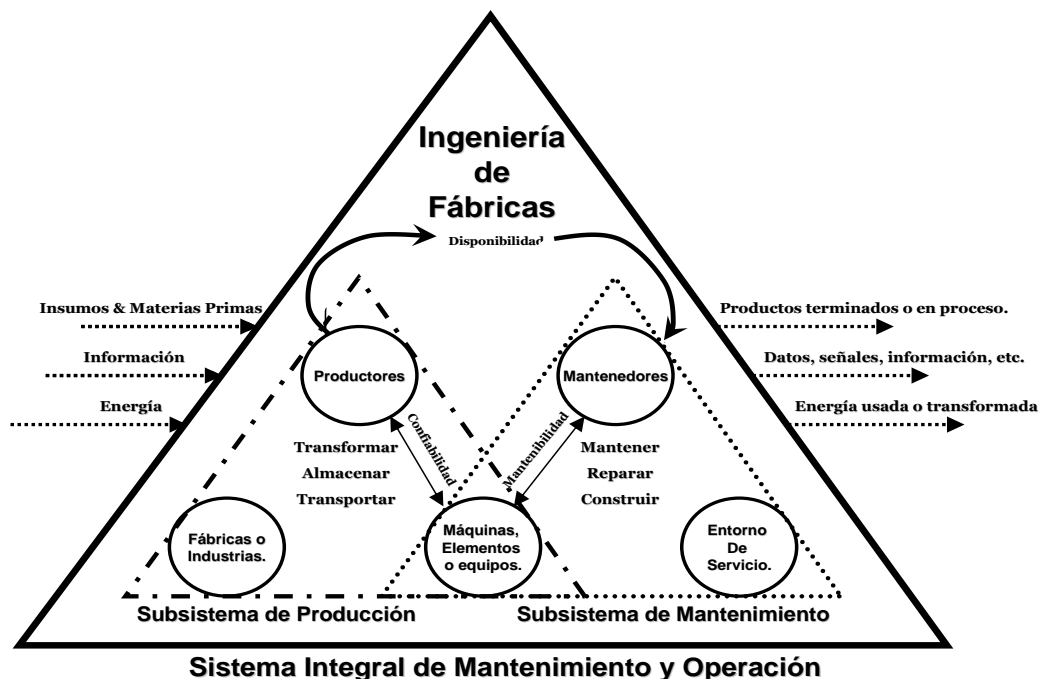
Fuente: MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 273

Para esta función se utilizo la definición de ingeniería que utiliza la CIUO-88 de la OIT (CIUO-88-OIT, 1991,59) donde enuncia algunas funciones de los ingenieros y afines

## 2.2 SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO

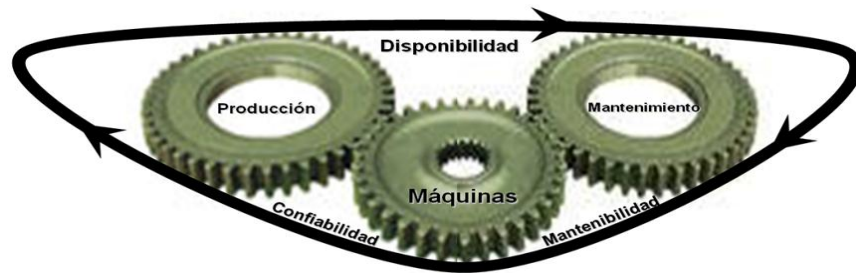
El Sistema Integrado permite visualizar los tres elementos principales en una Organización Industrial y son: los Mantenedores, los Productores y las Maquinas. Por lo tanto, el Sistema Kantiano permite establecer que la Relación Directa entre producción y máquinas está gobernada por la Confiabilidad, la Relación entre Mantenimiento y Máquinas es la Mantenibilidad. Pero la Relación más relevante de todo el sistema donde se marca todo el efecto integrado de la ingeniería en las plantas esta dado por la Relación Mantenimiento – Maquina - Producción y su parámetro que es la Disponibilidad (Véase figura 6,7).

**Figura 6.** Sistema integral de mantenimiento y operación



Fuente: Los Autores (Tomado de) MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 273

**Figura 7.** Sistema Integrado del Mantenimiento y Producción.



$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

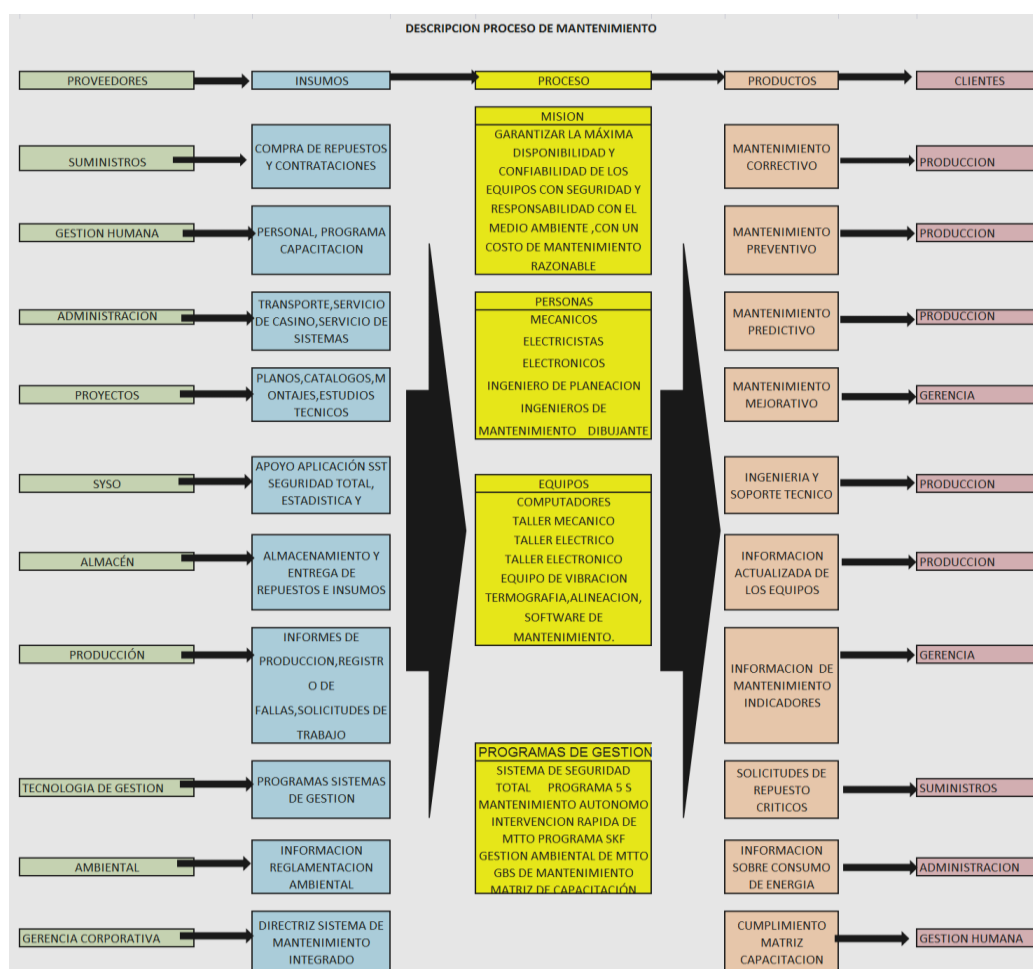
Fuente: MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AM

### 3. ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN ESTACION 3A

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL NEGOCIO

La misión de mantenimiento es la de garantizar la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos de recolección de crudo con seguridad para las personas y responsabilidad con el medio ambiente, con un costo de mantenimiento razonable (Véase figura 8).

**Figura 8.** Descripción proceso de mantenimiento

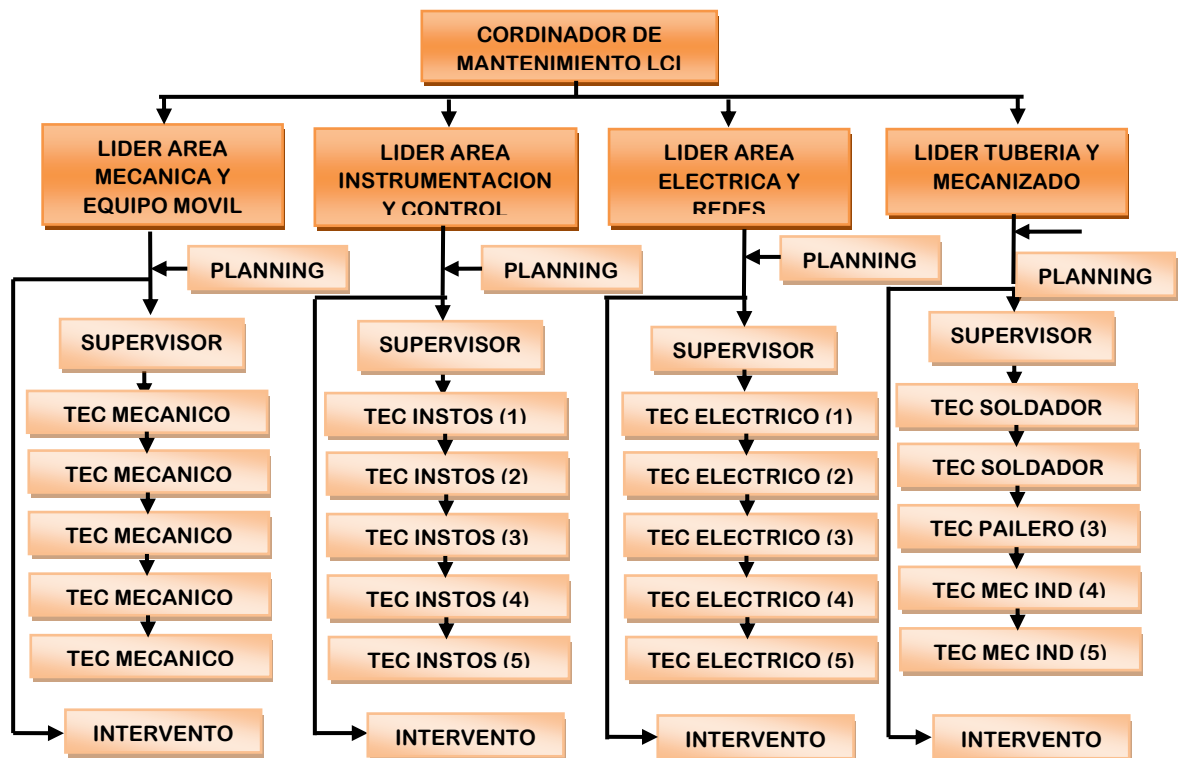


Fuente: Planta DIACO MUÑA

### 3.2 ORGANIGRAMA MANTENIMIENTO

El organigrama de Mantenimiento para la superintendencia la cira infantas lo integra 6 personas directas de Ecopetrol S.A. de donde lo integra un coordinador de mantenimiento día a día, un coordinador de mantenimiento y confiabilidad, un líder del área mecánica, un líder del área de instrumentación y control, un líder de electricidad, redes y un líder de integridad mecánica “soldadura, tubería, facilidades”, el personal restante son contratadas por suministro y servicios de donde se tienen 12 ingenieros contemplados para confiabilidad, programación planeación, supervisión, materiales y repuestos entre otras. Personal técnico se contempla 25 parejas “técnico y ayudante”.

**Figura 9.** Organigrama de mantenimiento



Fuente: ECOPEPETROL S.A

### **3.3 COMO OPERA MANENIMIENTO EN LA ESTACION 3ª**

Oxy Andina construyo durante un año y medio la estación de recolección de crudo 3 A que luego entrego a Ecopetrol S.A en septiembre del 2009 la cual la distribuyo a las diferentes coordinaciones para su operación y mantenimiento.

**3.3.1 Evolución de Mantenimiento.** La estrategia de mantenimiento ha evolucionado durante estos seis meses, antes del año 2010 se ejecuta un mantenimiento correctivo, con una relación 80/20; el programa predictivo y preventivo se empezó con el análisis de vibraciones y lubricación en el momento que entregaron los equipos de la estación y se administra con el CMMS “MINCOM ELLIPSE Versión 5.3” y se registran todos los trabajo predictivos, preventivos, correctivos y mejorativos.

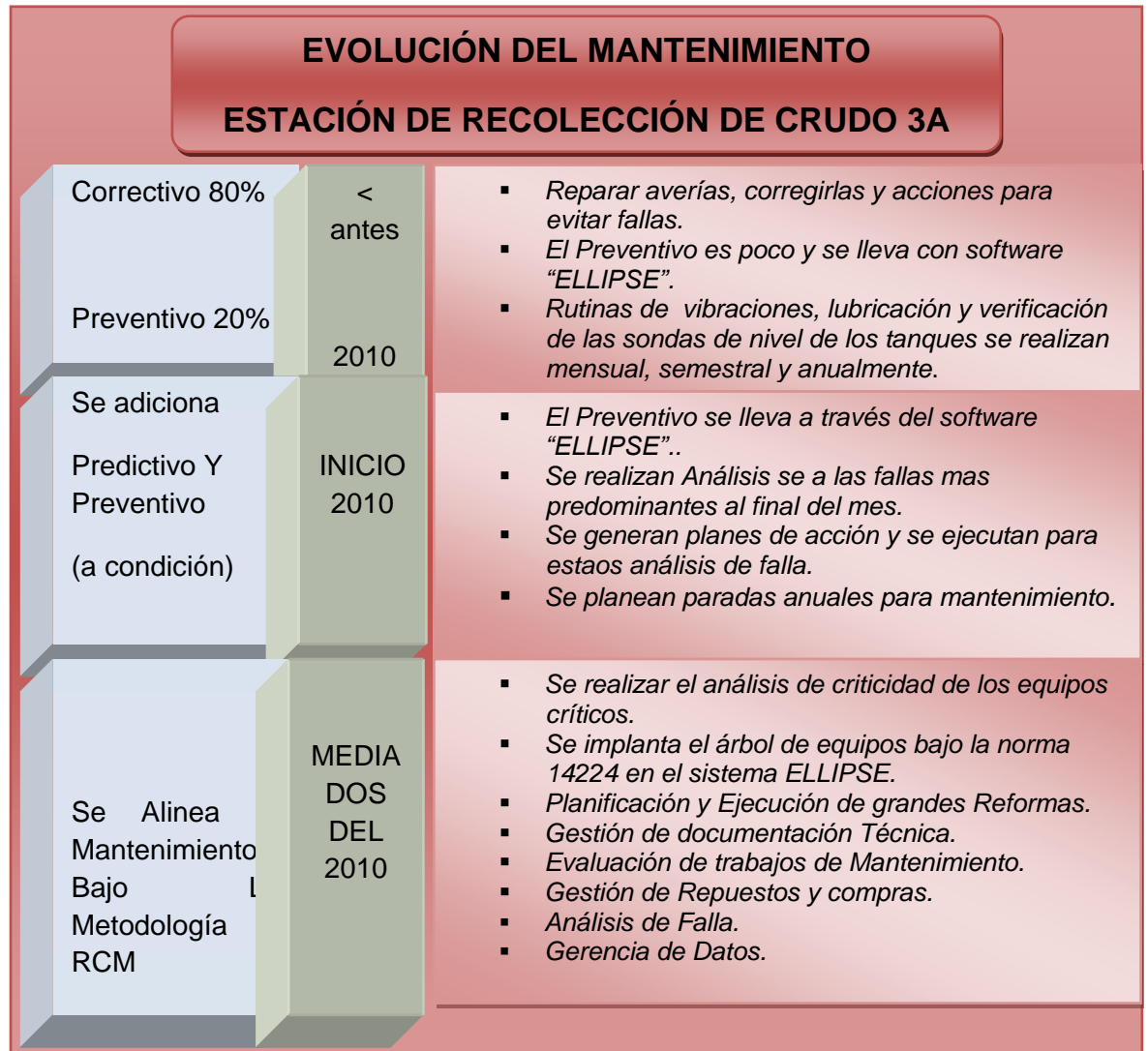
En el año 2009 y el presente año 2010 cuando la estación presento niveles altos de mantenimiento correctivo bajo nivel de trabajos programados y la indisponibilidad de algunos equipos de la estación se presentaron planes de acción originados por las principales fallas de mantenimiento evaluadas a final del mes, esta práctica se implementa desde finales del 2009 y principios del 2010 dando como resultados las rutinas de medición de tanques y verificación de los patines de medida de salida y entrada de la estación “metrología”, la ampliación de la rutinas de vibración a otros equipos de la estación, la verificación y calibración de los equipos de control de las bombas de transferencia de crudo y agua, la verificación de la instrumentación de equipo de tratamiento del agua residual “separador de placas” de la estación .

En marzo del presente año se presenta a Ecopetrol s.a. una propuesta para alinear el mantenimiento bajo la metodología RCM “mantenimiento centrado en confiabilidad” enfocada en la norma 14224.

En abril del presente año se celebra un contrato de asesoría en mantenimiento llamado caracterización de los equipos nuevos de la superintendencia la cira infantas con la firma RMS. A finales de septiembre del presente año se

contrata a la empresa I&S para registrar y documentar los números de partes de los repuestos de los equipos de la estación 3A.

**Figura 10.** Evolución del Mantenimiento en estación de recolección de crudo 3A.



Fuente: Estación de recolección de crudo 3A.

**3.3.2 Situación actual de mantenimiento.** Las funciones de mantenimiento actualmente se realizan en base al plan de mantenimiento implementado en software de mantenimiento CMMS "ELLIPSE", las actividades de mantenimiento se implementaron en el módulo de mantenimiento; en base a la experiencia del personal de supervisión, en este plan están controladas las rutinas de mantenimiento preventivo mecánico y instrumentación para algunos

equipos, las rutinas de inspección, rutinas de lubricación y la verificación de las medidas de los tanques. Las actividades de mantenimiento están estructuradas para cumplir el ciclo PHVA.

En la fase de Planear, se elabora un plan de mantenimiento con la participación de los ingenieros y facilitadores de mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico y apoyados por el coordinador de mantenimiento a actualizar el programa de mantenimiento en el Software ELLIPSE, los estándares de algunas actividades de mantenimiento están incluidos en el programa de mantenimiento, actualmente estos estándares se están desarrollando entre el ingeniero planeador de mantenimiento y los técnicos. En el HACER del ciclo PHVA está la ejecución de todas las actividades de mantenimiento, correctivo, preventivo y predictivo, en esta fase se realiza la preparación de los procedimientos para incluirlos en el CMMS ELLIPSE para diligenciar, documentar y cerrar las ordenes de trabajo.

En el Hacer se realizan Análisis de falla o análisis causa raíz de los modos de falla para las paradas de mantenimiento que se establecen bajo los talleres de RCM, esta gestión se realiza en una aplicación en Excel donde se consigna el plan de acción con los responsables de las acciones y se realiza la verificación del cumplimiento del Plan de acción.

En el VERIFICAR del ciclo PHVA se realiza el seguimiento a los resultados y objetivos en la reunión de resultados que se realiza semanalmente, donde se presentan los resultados de los indicadores, este seguimiento se lleva en un software de gestión de mantenimiento ELLIPSE donde mediante la técnica del semáforo o programa semanal de mantenimiento se verifica los resultados de los indicadores de mantenimiento con respecto al objetivo propuesto, y se generan los planes de acción para la desviación presentada.

En el ACTUAR del ciclo PHVA, se ejecutan los planes de acción generados por las desviaciones presentadas en los indicadores de mantenimiento, y el seguimiento al cumplimiento de estos planes, se establece las acciones para los problemas frecuentes cuyos planes de acción no han bloqueado el

problema, lo que hace necesario crear un grupo multidisciplinario para tratar el problema con la metodología de análisis y solución de problemas.

Es la parte de la alta dirección cuyo objetivo principal es la de dar la directriz corporativa de mantenimiento, con el fin de cumplir con objetivos básicos de maximizar la disponibilidad y el desempeño de los equipos y garantizar la conservación de las instalaciones con un costo razonable. Establecer un sistema de gestión de buenas prácticas de mantenimiento que se aplican durante todo el ciclo de vida.

**3.3.3 Gestión de rutina.** Mantenimiento realiza la gestión de rutina para mantener la disponibilidad de los equipos.

**3.3.4 Mantenimiento Predictivo.** En junio de 2009 se inicia el contrato marco de mantenimiento donde se contemplan las actividades en las áreas mecánica, instrumentación, equipo móvil y un frente de CBM mantenimiento basado por condición “análisis de aceites y vibraciones de los equipos rotativos y reciprocantes de las plantas”.

Revisión de la estrategia de mantenimiento actual mediante la utilización de Técnicas de Mantenimiento centrado en confiabilidad SRCM y Análisis de modo de falla (FMEA).

### **3.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO**

El sistema de información de mantenimiento fue instalado en el año 1999 suministrado por la empresa MINCOM llamado ELLIPSE está integrado por los siguientes módulos:

**3.4.1 Modulo de Seguridad** En el modulo de seguridad se definen los niveles de autorización que va a manejar cada usuario del software de mantenimiento.

**3.4.2 Modulo de Utilitarios** En este modulo se utiliza cuando se necesita, actualizar, modificar ó eliminar parámetros de todos los módulos del programa. Cambios de códigos, se puede modificar ó eliminar información de tipo

administrativo, cambio de datos técnicos a equipos, herramientas, eliminar información que ya no aplica en el programa.

**3.4.3 Modulo de Equipos.** En este modulo se ingresa la información de los equipos ó elementos a los cuales se les debe realizar el mantenimiento.

La Información técnica acerca de sus características funcionales de fabricación, instalación y montaje, tipo y cantidad de repuestos necesarios para el mantenimiento, tipo y cantidad de elementos y subconjuntos por cada equipo, hoja de vida con el registro cronológico de las actividades realizadas, en el mantenimiento preventivo, modificaciones realizadas durante su ciclo de vida, clase y frecuencia de las actividades sistemáticas de mantenimiento preventivo, codificación de los equipos asociados a los sistemas establecidos en la estación, relación de planos y catálogos delos equipos, actualización de variables de control importantes para cada equipo.

**3.4.4 Modulo de Herramientas.** En este modulo se ingresa la información técnica y administrativa correspondiente a las herramientas que se utilizan en el proceso de mantenimiento.

**3.4.5. Modulo de catálogos y planos repuestos.** En este modulo se puede ingresar toda la información de los catálogos y planos que se emplean en mantenimiento, para llevar un control sobre el manejo de esta documentación, se realiza la asociación de esta información con todas las actividades que se realizan con estos documentos, y con los equipos a los cuales pertenecen, se lleva un control sobre el préstamo de planos y catálogos.

**3.4.6. Modulo de Repuestos.** En este modulo se puede ingresar toda la información técnica y administrativa de los repuestos utilizados en mantenimiento.

Manejo de centros de costo establecidos para manejo del costo de mantenimiento. Ubicación de los repuestos en almacén, información de los proveedores de los repuestos, valor de los repuestos considerando todos los impuestos de la compra, control existencia de repuestos, estadística de consumo de repuestos.

**3.4.7 Modulo de actividad estándar.** En este modulo se puede ingresar la información referente a todas las actividades que generan actividades de mantenimiento. Permite documentarla de forma completa asociando tareas, repuestos, materiales, herramientas, actividades. Define las actividades por tipo ruta, tipo orden de trabajo y condicional, genera planes de trabajo para las actividades de mantenimiento, valoriza las actividades considerando todos los recursos asociados, mano de obra, repuestos, contrataciones externas.

**3.4.8 Modulo Plan de Mantenimiento.** En este modulo se ingresa el plan de mantenimiento de las actividades genéricas y específicas que se realizan para prevenir las fallas de los equipos. Planes de mantenimiento sistemático teniendo en cuenta las frecuencias, el tiempo de duración de las mismas, tipos de actividad, recursos, fechas de generación del plan, presupuesto para la elaboración del plan de mantenimiento, asociación del plan de mantenimiento con los sistemas, equipos y sub equipos, genera cronograma para realizar seguimiento al cumplimiento del plan de mantenimiento. Actualización del plan de mantenimiento.

**3.4.9 Modulo de Solicitudes.** En este modulo se ingresan las solicitudes de trabajo elaboradas por el personal de mantenimiento u otra área las cuales deben ser aprobadas para que pasen a ser una orden de trabajo y luego son planeadas. Cuando se recibe la solicitud de trabajo el sistema permite realizar una estimación, para saber si se cuenta o no con recursos de personal, repuestos, materiales y herramientas para la ejecución.

Asocio de tareas necesarias para realizar la actividad, digitando tipo de tarea, zona, catalogo/plano, centro de costo, tipo de trabajo, plan de trabajo, síntoma/efecto, número de veces, tiempo de ejecución. Asocio de oficios para realizar las actividades de mantenimiento, asocio de repuestos y materiales, detallando cantidades de materiales existencia en almacenes y hacer solicitudes de compra correspondientes.

Asocio de herramientas necesarias para realizar la actividad, distribución de los centros de costo afectados con la actividad a realizar, asociación de documentos anexos, asocio de observaciones sobre actividades necesarias adicionales para realizar la actividad. Aprobación de la solicitud por parte de un funcionario aprobador, consulta sobre el estado de la solicitud de trabajo

**3.4.10 Modulo de planeación órdenes de trabajo.** En este modulo se realiza en gran porcentaje la planeación de mantenimiento, comprende los siguientes aspectos:

- Tablas Básicas donde se ingresan datos básicos necesarios para procesar las órdenes de trabajo estos datos comprenden. Factores de recargo para el costo de las horas extras de la orden.
- Causas de la falla que generó la orden de trabajo.
- Estados de la orden de trabajo si esta en aprobación, ejecución, ejecutada, pendiente por falta de repuestos, pendiente por falta de mano de obra.
- Proyectos que se le están realizando a los equipos, relacionados con ordenes de trabajo.
- Conceptos sobre el costeo de tareas, conceptos a partir de los cuales se aplica un recargo al valor de la tarea.
- Códigos de servicio a tareas que tienen un contrato con un valor establecido.
- Operaciones donde se relación los movimientos a realizar para el traslado de un equipo, por ejemplo cuando hay transporte de equipos.
- Comodines de los datos definidos para la elaboración de ordenes de trabajo.
- Variables de desgaste, creación de puntos de medida asociados a cada uno de los equipos, actualización de las variables de desgaste de acuerdo a la medida que se realice en cada equipo y los valores mínimos y máximos establecidos, si se presenta un valor fuera de estos valores se puede generar una solicitud de trabajo.
- Contratos, datos de los contratos nombre del contratista, fechas de vigencia, alcance, actividades, tarifas de las tareas que realiza cada contratista.

- Cierre de Rutas de Mantenimiento, cierre de actividades estándar tipo ruta, que son generadas previamente por el módulo del plan de mantenimiento
- Aprobación solicitudes de trabajo, una vez aprobada la solicitud de trabajo, se realiza la planeación del trabajo a, ejecutar, se busca el número de la solicitud aprobada, se ingresa al formato de planeación de la orden de trabajo, se asocian todos los recursos tal como se realizo en la solicitud de trabajo.
- Planeación Orden de Trabajo, en esta opción se planean las solicitudes que fueron aprobadas, se pueden ingresar las actividades que pueden formar parte del Plan de mantenimiento para generar ordenes sistemáticas, estas órdenes no necesitan aprobación y quedan pendientes para el proceso de cierre. Opción de Global Sistemática que permite la generación consecutiva de órdenes de trabajo que pertenecen al plan en un periodo de tiempo definido.
- Asignación de las órdenes de trabajo, en forma individual ó a un grupo, cambio de tipo de orden urgente ó programada, se puede ingresar a la planeación de las órdenes de trabajo sistemáticas, programación de la fecha de ejecución de la orden de trabajo.
- Análisis de seguridad bajo la matriz RAM, con base a la matriz se clasifica el grado de riesgo que tiene la actividad que se va a ejecutar.

### 3.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento tiene definido cuatro indicadores principales con los cuales se evalúan mes a mes los indicadores de mantenimiento, estos indicadores son seguidos en una tabla semaforizada donde se llevan los siguientes indicadores:

- **% tiempo perdido por mantenimiento.** Es la relación entre el tiempo de interrupciones de mantenimiento y el tiempo total programado para producir, este indicador se despliega en tiempo perdido por mantenimiento mecánico y tiempo perdido por mantenimiento eléctrico.

- **Indicador del costo de mantenimiento en \$US/tonelada.** Está definido como el costo total de mantenimiento sobre las toneladas producidas, este indicador se despliega en el indicador del costo por mantenimiento mecánico y costo por mantenimiento eléctrico.
- **Tiempo medio entre falla.** Está definido como la diferencia entre el tiempo total programado menos el total de tiempo perdido por mantenimiento sobre el número de fallas, igualmente se despliega en Tiempo medio entre fallas por mantenimiento mecánico y tiempo medio entre fallas por mantenimiento eléctrico
- **Tiempo medio para reparación.** Está definido como el tiempo perdido total por fallas de mantenimiento sobre el número total de fallas, igualmente se despliega en Tiempo medio para reparación de mantenimiento mecánico y Tiempo medio de reparación de mantenimiento mecánico.
- **% de cumplimiento ordenes de trabajo.** Es la relación entre el total de órdenes de trabajo ejecutadas y cerradas por mantenimiento sobre el total de órdenes de trabajo programadas por planeación de mantenimiento, este indicador se despliega en % de cumplimiento de órdenes de trabajo ejecutadas por mantenimiento mecánico y el % de cumplimiento de ordenes de trabajo ejecutadas por mantenimiento eléctrico.
- **Resultado indicadores.** Para la estación de recolección de crudo 3a no se están llevando los indicadores claves de desempeño, se realiza análisis de causa raíz a partir de los reportes de fallas

El cumplimiento de la ejecución de OT varía durante el año, lo que demuestra que este proceso de planeación de mantenimiento no es estable.

### 3.6 ANÁLISIS DOFA PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

#### 3.6.1 Debilidades

- Los indicadores de mantenimiento no se llevan de manera específica para la estación 3a porque es una estación nueva.
- La aplicación del sistema CMMS ELLIPSE es utilizado muy poco con base a su capacidad real.

- La frecuencia en las paradas por fallas de mantenimiento no se lleva pero en el diagnostico que realice tiene un promedio de 9,5 horas y a veces en semanas ha estado más bajo.
- Las fallas en los equipos ocasionan pérdidas de 40 barriles de crudo semanal, cabe mencionar que algunos equipos todavía tienen garantía.
- El plan de mantenimiento está en su realización por ser el primer año.
- No hay repuestos en el almacén.

### **3.6.2 Fortalezas**

- Todos los procesos de mantenimiento cumplen con el ciclo PHVA.
- El sistema de gestión de indicadores de mantenimiento.
- El Recurso humano y técnico que integra el área de mantenimiento.
- la organización de la empresa su misión, visión, valores.
- Programa 5s en mantenimiento.
- En el sistema de gestión se tienen practicas como análisis de falla, análisis de causa raíz.

### **3.6.3 Oportunidades**

- El sistema integrado de mantenimiento.
- El contrato marco de mantenimiento por un contratista..
- Tácticas de mantenimiento cuya finalidad es revisar el programa de mantenimiento RCM.
- Proveedor sistema de información mantenimiento tiene un soporte a nivel nacional.
- Desarrollo de nuevas estrategias de mantenimiento.

### **3.6.4 Amenazas**

- El porcentaje del costo de mantenimiento con respecto al costo de recolección de crudo se vas ir incrementando a medida que lo equipos empiecen a fallar y no tengan repuestos.
- Competencia con superintendencias similares.
- La nueva tecnología de la estación.

- Incumplimiento en las entregas de producto terminado.

### **3.6.5 Estrategias FO (CRECIMIENTO)**

- Mantener los pilares del SMI durante la fase de sostenimiento del ciclo de vida de los equipos. (Mantenimiento planeado, entrenamiento del personal, Gerenciamiento de datos).
- Implementar el uso de la metodología RCM, para revisar y actualizar el programa de mantenimiento.
- Desarrollar nuevas estrategias de mantenimiento en la superintendencia.
- Realizar seguimiento a los planes de acción generados por los RCA.
- Mantener y mejorar constantemente el programa 5S de mantenimiento.

### **3.6.6 Estrategias DO (Sostenimiento)**

- Realizar seguimiento a las variaciones presentadas en los indicadores de mantenimiento para tomar acciones y estabilizarlos.
- Realizar actualización en el uso de todos los módulos del software de mantenimiento.
- Implementar el uso de la metodología RCM para revisar y actualizar el programa de mantenimiento.
- Realizar gestión para aumentar los códigos de repuestos nuevos que se requieren para los equipos de la estación 3a.
- Realizar plan de actualización y control de los planos e información técnica de los equipos.
- Realizar una gestión de repuestos determinando la cantidad adecuada, esto se puede realizar aplicando RCM y utilizando el sistema de información de los equipos y sus repuestos.

### **3.6.7 Estrategias FA (Sostenimiento)**

- El personal técnico se debe capacitar en los nuevos equipos y su procedimiento para intervenirlos.
- Realizar seguimiento a los planes de acción de los RCA.
- Realizar seguimiento constante a los planes de acción de mantenimiento.

### **3.6.8 Estrategias DA (de Fuga)**

- Revisar indicadores de mantenimiento semanal y mensualmente
- Realizar seguimiento semanal a los planes de acción generados en los análisis de falla.
- El sistema de información de mantenimiento debe llevar al día la información técnica de los equipos y su hoja de vida actualizada.

### **3.6.9 Conclusión sobre la DOFA**

- Las estrategias que se establecieron con la DOFA, se dividen en dos grupos, el primer grupo que se puede desarrollar con herramientas de gestión que tenemos en mantenimiento y el segundo grupo forma parte del objetivo del presente trabajo de monografía que busca:
- Implementar el uso de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para revisar y actualizar el programa de mantenimiento
- Realizar actualización en el uso de todos los módulos del software de mantenimiento

Tabla 2 DOFA Mantenimiento de la estación 3 A

		DIAGNOSTICO INTERNO	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES
		F1- TODOS LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO CUMPLEN CON EL CICLO PHVA	D1- LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO NO SE LLEVAN DE MANERA ESPECÍFICA PARA LA ESTACIÓN 3A PORQUE ES UNA ESTACIÓN NUEVA
		F2- EL SISTEMA DE GESTIÓN DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO	D2- LA APLICACIÓN DEL SISTEMA CMMS ELLIPSE ES UTILIZADO MUY POCO CON BASE A SU CAPACIDAD REAL
		F3- EL RECURSO HUMANO Y TÉCNICO QUE INTEGRA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO	D3- LA FRECUENCIA EN LAS PARADAS POR FALLAS DE MANTENIMIENTO NO SE LLEVA PERO EN EL DIAGNOSTICO QUE REALICE TIENE UN PROMEDIO DE 9,5 HORAS Y A VECES EN SEMANAS HA ESTADO MÁS BAJO
		F4- LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA SU MISIÓN, VISIÓN, VALORES	D4- LAS FALLAS EN LOS EQUIPOS OCASIONAN PÉRDIDAS DE 40 BARRILES DE CRUDO SEMANAL, CABE MENCIONAR QUE ALGUNOS EQUIPOS TODAVÍA TIENEN GARANTÍA
		F5- PROGRAMA 5S EN MANTENIMIENTO	D5- EL PLAN DE MANTENIMIENTO ESTÁ EN SU REALIZACIÓN POR SER EL PRIMER AÑO
		F6- EN EL SISTEMA DE GESTIÓN SE TIENEN PRACTICAS COMO ANÁLISIS DE FALLA, ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	D6- NO HAY REPUESTOS EN EL ALMACÉN.
DIAGNOSTICO INTERNO	OPORTUNIDADES	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
	O1- EL SISTEMA INTEGRADO DE MANTENIMIENTO	F1+F2+F4 X O1 + O2.MANTENER LOS PILARES DEL SMI DURANTE LA FASE DE SOSTENIMIENTO DEL CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS. (MANTENIMIENTO PLANEADO, ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL, GERENCIAMIENTO DE DATOS).	D1+D2 X O1+O2.REALIZAR SEGUIMIENTO A LAS VARIACIONES PRESENTADAS EN LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO PARA TOMAR ACCIONES Y ESTABILIZARLOS
	O2- EL CONTRATO MARCO DE MANTENIMIENTO POR UN CONTRATISTA	IMPLEMENTAR EL USO DE LA METODOLOGÍA RCM, PARA REVISAR Y ACTUALIZAR EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	D1+D2 X O2+O3.REALIZAR ACTUALIZACIÓN EN EL USO DE TODOS LOS MÓDULOS DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO
	O3- TÁCTICAS DE MANTENIMIENTO CUYA FINALIDAD ES REVISAR EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RCM	F3+F4 X O2+O3+O4. DESARROLLAR NUEVAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO EN LA SUPERINTENDENCIA	D1+D2+D5 X O3+O5. IMPLEMENTAR EL USO DE LA METODOLOGIA RCM PARA REVISAR Y ACTUALIZAR EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
	O4- PROVEEDOR SISTEMA DE INFORMACIÓN MANTENIMIENTO TIENE UN SOPORTE A NIVEL NACIONAL	F6+F3+F2 X O1+O2+O5.REALIZAR SEGUIMIENTO A LOS PLANES DE ACCIÓN GENERADOS POR LOS RCA.	D2 X O2+O3+O4+O5.REALIZAR GESTIÓN PARA AUMENTAR LOS CÓDIGOS DE REPUESTOS NUEVOS QUE SE REQUIEREN PARA LOS EQUIPOS DE LA ESTACIÓN 3A.
	O5- DESARROLLO DE NUEVAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	F5 X O1+O5. MANTENER Y MEJORAR CONSTANTEMENTE EL PROGRAMA 5S DE MANTENIMIENTO	D2 X O2+O3+O4+O5. REALIZAR PLAN DE ACTUALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS PLANOS E INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS

		D1+D2+D3 X O3+O5 REALIZAR UNA GESTIÓN DE REPUESTOS DETERMINANDO LA CANTIDAD ADECUADA, ESTO SE PUEDE REALIZAR APLICANDO RCM Y UTILIZANDO EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SUS REPUESTOS
AMENAZAS	ESTRATEGIA FA	ESTRATEGIA DA
A1- EL PORCENTAJE DEL COSTO DE MANTENIMIENTO CON RESPECTO AL COSTO DE RECOLECCIÓN DE CRUDO SE VAS IR INCREMENTANDO A MEDIDA QUE LO EQUIPOS EMPIECEN A FALLAR Y NO TENGAN REPUESTOS	F1+F2+F6 X A1+A2 EL PERSONAL TÉCNICO SE DEBE CAPACITAR EN LOS NUEVOS EQUIPOS Y SU PROCEDIMIENTO PARA INTERVENIRLOS	D1+D2 X A1+A2. REVISAR INDICADORES DE MANTENIMIENTO SEMANAL Y MENSUALMENTE
A2- COMPETENCIA CON SUPERINTENDENCIAS SIMILARES	F6+F3 X A1. REALIZAR SEGUIMIENTO A LOS PLANES DE ACCIÓN DE LOS RCA	D1+D2 X A1+A2. REALIZAR SEGUIMIENTO SEMANAL A LOS PLANES DE ACCIÓN GENERADOS EN LOS ANÁLISIS DE FALLA
A3- LA NUEVA TECNOLOGÍA DE LA ESTACIÓN QUE EL PERSONAL TECNICO NO CONOSCA	F1+F2 X A1+A2. REALIZAR SEGUIMIENTO CONSTANTE A LOS PLANES DE ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	D1+D2 X A1+A2+A3. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DEBE LLEVAR AL DÍA LA INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y SU HOJA DE VIDA ACTUALIZADA
A4- INCUMPLIMIENTO EN LAS ENTREGAS DE CRUDO O GAS		

Fuente el autor

#### **4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

El mundo del mantenimiento es un mundo cambiante como resultado de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas. Además explica cómo estos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función de mantenimiento.

Una buena revisión de las estrategias de mantenimiento debe partir de cero e incluir la revisión de los requerimientos de mantenimiento de cada una de las partes o componentes de los equipos en funcionamiento. Esto, debido a que los requerimientos de mantenimiento han cambiado dramáticamente en los últimos tiempos y la evolución de políticas así como la selección de las tareas de mantenimiento que se deben llevar a cabo, son aspectos que realizan constantemente la mayoría de los ingenieros, pero nuevas técnicas y nuevas opciones aparecen a un ritmo tan acelerado, que estas evaluaciones y selecciones no se pueden llevar a cabo de forma aleatoria e informal.

La aplicación de RCM resuelve el problema anterior con una estructura estratégica que le permite llevar a cabo la evaluación y selección de procesos que se puedan implementar en forma rápida y segura. Esta técnica es única en su género y conduce a obtener resultados extraordinarios en cuanto a mejoras y rendimiento del equipo de mantenimiento donde quiera que sea aplicado.

El RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas y lo hace de esta manera:

Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento

Mantiene la atención en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el desempeño o funcionamiento de las instalaciones. Esto garantiza

que cada peso gastado en mantenimiento se gasta donde más beneficios va a generar.

El RCM reconoce que todo tipo de mantenimiento es válido y da pautas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación. Al hacer esto, ayuda a asegurarse de que el tipo de mantenimiento escogido para cada equipo sea el más adecuado y evite dolores de cabeza y problema que siguen a la adopción de una política general de mantenimiento para toda una empresa.

Si RCM se aplica a un sistema de mantenimiento existente reduce la cantidad de mantenimiento rutinario que se ha hecho general a un 40% a 70%. De otro lado si RCM se aplica para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

#### **4.1. ORIGEN DE RCM**

El RCM encuentra sus raíces a principio de los años sesenta, inicialmente es desarrollado por la industria de la aviación civil norteamericana; el primer esfuerzo serio lo promulga la ATA (Air transport Association) en Washington (USA) en 1968, conocido como informe MSG1; posteriormente actúa el departamento de defensa de USA y, por comisión, F. Stanley Nowlan y Howard Heap escriben por primera vez su trabajo bajo el nombre de Reliability Centered Maintenance en 1978 (publicación de United Airlines por el ministerio de Defensa de los Estados Unidos), que procura optimizar los factores humanos y productivos alrededor del mantenimiento. Estudio MSG2 primero, y el MSG3, promulgado en 1980 han permitido la divulgación de la metodología.

Quizás el desarrollo reciente más importante en el campo de RCM sea la publicación en Agosto de 1999 la norma SAEJA 1011: "Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance Processes".

El RCM fue elaborado con el fin de ayudar a líneas Aéreas a establecer un sistema de mantenimiento para nuevos tipos de aviones, antes de que estos entraran en funcionamiento. Como resultado, el RCM es una forma ideal para

desarrollar planes de mantenimiento en equipos complejos y para los que no exista mucha documentación al respecto, lo anterior ahorra errores y pruebas, costosos y dispendiosos tan comunes al desarrollar planos de mantenimiento.

Otra de las fortalezas del RCM es que su lenguaje técnico es sencillo y fácil de entender a todos los que tengan que ver con él, esto le permite al personal involucrado saber que pueden y que pueden esperar de esta aplicación y que se debe hacer para conseguirla. Además, le da confianza al trabajador y mejora su efectividad y su moral.

Una revisión RCM de los requerimientos de mantenimiento para cada uno de los equipos existentes y que aparece en las instalaciones, como permite tener una base firme para establecer políticas de trabajo, y decidir que respuestas se deben tener en inventario.

RCM ha sido aplicado en una cantidad de empresas alrededor del mundo con gran éxito. No obstante, es reciente en la industria, lo que quiere decir que las compañías que lo están aplicando tienen una ventaja comparativa, debido a que el mantenimiento afecta la competitividad.

A pesar de ser nuevo en la industria en general RCM ha venido siendo aplicado hace aproximadamente 40 años en la que es la probablemente el área más exigente de mantenimiento, la aviación civil se deduce que ha sido puesto a prueba y refinado en este campo, más que ninguna otra técnica existente

## **4.2 ¿QUÉ ES RCM?**

RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión de mantenimiento para desarrollar programas organizados, que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y la construcción de los mismos. RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga. Es un proceso ubicado para decidir lo que debe hacerse y asegurarse de que cualquier activo, proceso o sistema continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga.

Lo que los usuarios esperan de sus activos, es definido en términos de parámetros principales de ejecución, tales como producción, información, velocidad, alcance y capacidad de transporte. Cuando es pertinente, el proceso RCM también define lo que los usuario quieren en términos de riesgo (Seguridad, integridad ambiental) calidad (Exactitud, precisión, consistencia y estabilidad) control, comodidad, contención, economía, servicio al cliente entre otros.

El próximo paso de RCM es identificar las formas en las cuales el sistema puede fallar en el cumplimiento de esas expectativas (estados de falla), seguidos de por un FMEA (Failure Modes and Effects Análisis), (Análisis de los modos de falla y de los efectos), para identificar todos los eventos que son razonablemente las probables causas de cada estado de falla. Finalmente, el proceso RCM busca identificar una apropiada política del manejo de fallas para tratar cada modo de falla a la luz de sus consecuencias y características técnicas. Las opciones de la política del manejo de fallas incluyen:

- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Búsqueda de fallas
- Cambio del diseño o configuración del sistema
- Cambio de la forma en que es operado el sistema
- Operarlo para que falle.

El proceso RCM suministra normas poderosas para decidir si cualquier política de manejo de fallas es técnicamente apropiada. También suministra criterios precisos para decidir que tan a menudo se deben realizar las tareas rutinarias. El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión de mantenimiento para desarrollar programas organizados, que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y la construcción de los mismos. RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga.

El fuerte énfasis sobre las expectativas del usuario es una de las muchas características del RCM, que lo distinguen de las interpretaciones de otros menos rigurosos de la filosofía RCM. Otra fortaleza es los usos de los grupos de análisis RCM de funcionalidad cruzada de usuarios y personal de mantenimiento para aplicar el proceso. Con una cuidadosa capacitación, tales grupos son capaces de usar RCM para producir extraordinarios programas de mantenimiento con costos efectivos, aún en situaciones donde ellos tienen poco o ningún acceso a la información histórica.

La rigurosa aplicación del RCM transforma completamente la opinión que cualquier organización tiene de sus activos físicos. No solo revoluciona opiniones acerca del mantenimiento sino también conduce a un más amplio y más profundo conocimiento acerca de la forma cómo funcionan las cosas. Desde el punto de vista de los negocios para los cuales el activo sirve, estos cambios son profundos y muy importantes. Ello significa que los activos se hacen más confiables porque son mantenidos en mejor forma, y los operarios probablemente harán menos cosas que ocasionen fallas en los activos.

Una mejor comprensión de cómo funcionan los sistemas significa que los operarios están en capacidad de reaccionar rápida y confiada, correctamente, cuando las cosas funcionan mal, capacidad muy valiosa, especialmente en instalaciones montadas de forma compleja, peligrosa y riesgosa. En todos los casos las personas que viven con la operación de los equipos diariamente son una valiosa fuente de información, ello lleva a la conclusión de que ambos puntos de vista- validez técnica y desarrollo de capacidad – es un error no involucrar a las personas con los activos directamente en la aplicación del proceso RCM.

#### **4.2.1. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad**

**Tabla 3.** Características mantenimiento centrado en confiabilidad

<b>CALIDAD</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>COSTOS</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>RIESGO</b>
Aumenta la disponibilidad en	Proporciona un mejor clima	Reduce los niveles de	Mejora los tiempos medios	Brinda seguridad e integridad en

al menos un 8%, por solo implementar.	organizacional para el trabajo en equipo	mantenimiento al menos en un 40 %	de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.	todo el desarrollo del proceso a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementarlo.
Elimina las fallas crónicas y las causas raíces	Ayuda entender mejor las necesidades y los requerimientos del cliente	Optimiza los programas de mantenimiento	Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.	Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente a la seguridad son las que más se atacan y eliminan.
Aumenta la flexibilidad operacional	Disminuye las paradas imprevistas	Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%	Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.	Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas. su razón de calificación al riesgo la hace con una de las tácticas mas seguras
La programación de mantenimiento se basa en hechos reales y actuales	Genera un ambiente de investigación y desarrollo alrededor de los análisis de falla	Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales	Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo	
proporciona el completo conocimiento de fallas reales y potenciales de las maquinas y sus causas		Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo / beneficio		

Fuente: El autor

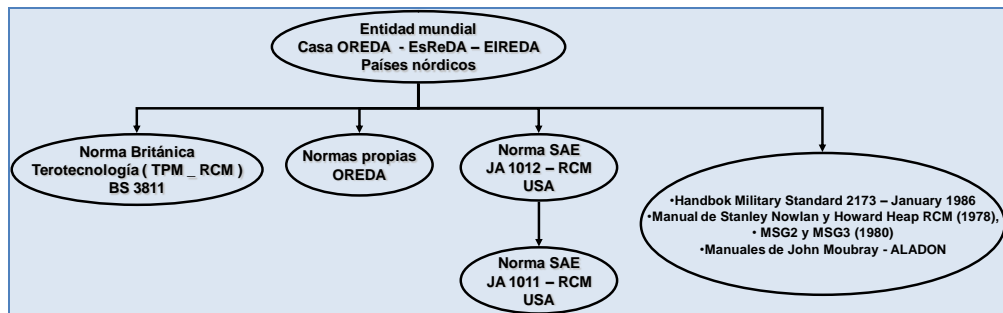
**4.2.2 Siete preguntas que responde RCM.** El proceso formula siete preguntas acerca de la actividad o sistema que se intenta revisar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir ó predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

### 4.3 APLICACIÓN RCM

Existen varios procedimientos de orden universal que plantean las normas y las reglas que rigen la implementación del RCM, en si son procedimientos parecidos, algunos con mayor validez o no, pero en el fondo apuntan a propósitos generales comunes.

**Figura 11** Procedimientos de implementación del RCM



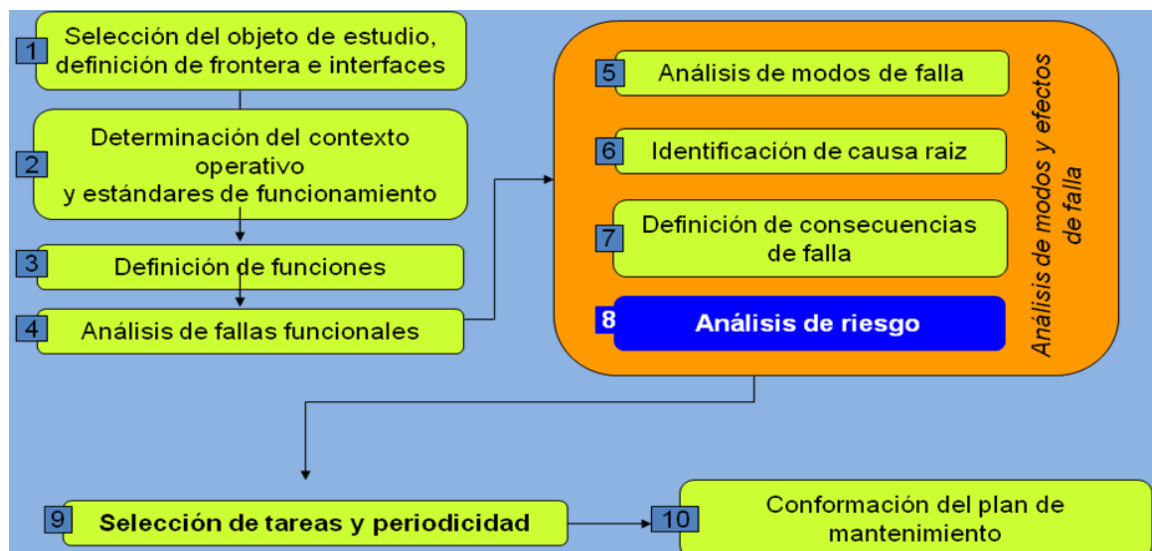
Fuente: el autor

#### 4.3.1. Pasos para la Aplicación de RCM

- Formación del equipo natural de trabajo
- Selección y definición de las áreas y equipos donde se implementará el RCM, realizando un estudio de criticidad de equipos.

- Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus funciones primarias, secundarias, auxiliares y de apoyo logístico.
- Análisis de fallas funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones.
- Realización de los análisis de los modos y efectos de fallas, para determinar los modos de fallas a que se tiene lugar en cada falla funcional (FMECA)
- Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión).
- Implantación y evaluación del CMD en cada caso

**Figura 12.** Diagrama de flujo – Pasos Implementación Proceso RCM



Fuente: ORTIZ P. Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. Bucaramanga: Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2008. p. 125

**4.3.2 Formación equipo RCM.** El equipo RCM debe ser un equipo multidisciplinario, mantenimiento y producción, el grupo será coordinado por un Facilitador entrenado en RCM. Un facilitador de mantenimiento mecánico, facilitador de mantenimiento eléctrico, operador de producción, técnico de mantenimiento mecánico, técnico de mantenimiento eléctrico, opcional si se necesita un asesor externo. El facilitador del grupo RCM tiene el siguiente Rol

- Asegura la consistencia de los análisis
- Verifica que todos los componentes son considerados
- Controla el tiempo de las actividades de los análisis
- Asegura que el análisis quede documentado

Para realizar RCM debe haber un buen ambiente laboral, las personas que van a integrar el grupo de RCM deben estar dispuestas a escuchar y respetar las ideas de sus compañeros, una condición importante es que no se tenga en cuenta la jerarquía de los cargos, todas las personas son iguales.

El grupo RCM debe ser un grupo cuya gestión debe ser permanente, al igual que los grupos que realizan análisis de falla, a continuación se exponen las características de los equipos naturales:

- **Alineación:** cada miembro está comprometido con los acuerdos del equipo. Esto demanda que la misión y la visión sean compartidos por todos. En este sentido la tendencia es sacarle provecho a los desacuerdos y conflictos para integrar los aportes de los miembros, a fin de lograr soluciones efectivas.
- **Coordinación:** esta característica, implica que cada miembro del equipo tiene roles y responsabilidades claras se apropia de los compromisos del equipo como si fueran individuales. De esta forma el trabajo individual se orienta al desempeño común del equipo. En este sentido, el liderazgo, la gerencia, y el coaching, son habilidades de todos los miembros.
- **Comprensión:** la comprensión es un compromiso compartido. Esto requiere habilidad para distinguir entre “puntos de vista”, “interpretaciones”, y los “hechos”, para así coordinar y divulgar el propio punto de vista y ayudar a los otros a considerarlo y considerar el punto de vista del otro. Cualquier miembro del equipo, conoce los clientes, los suplidores, los procesos de trabajo y los resultados del equipo. Esto significa que los objetivos, metas, e hitos son claros y compartidos.
- **Respeto:** apreciar y sentir verdadero aprecio por el otro. Desarrollar y mejorar continuamente la habilidad de ver las cosas, como lo ve la otra persona “ponerse continuamente los zapatos del otro”, pero sin perder la perspectiva de la objetividad de la realidad operacional. Preguntarse

siempre: ¿Quién necesita participar en esta reunión y/o decisión? y luego preguntar ¿A quién es necesario informar respecto a los resultados?

- **Confianza:** tener confianza que los demás van a desempeñar sus responsabilidades de manera optima. Confiar en cada miembro del equipo buscará insumos requeridos para tomar decisiones, consolidando la proactividad individual para modelar este clima.

#### 4.3.3. Selección y definición de las áreas y equipos donde se implementará RCM.

- Analizar el proceso de la planta, concepto operacional
- Identificar las áreas críticas y sus equipos
- Sistemas con alta cantidad de correctivos
- Sistemas con mucho mantenimiento y costoso
- Sistemas con alto potencial de costos por pérdidas de producción
- Sistemas altamente relacionados con seguridad
- Sistemas críticos para producción
- Priorización de los equipos a los cuales se les realizará RCM

Para este proceso se realiza un estudio de criticidad de los equipos del proceso (Véase tabla 3,4).

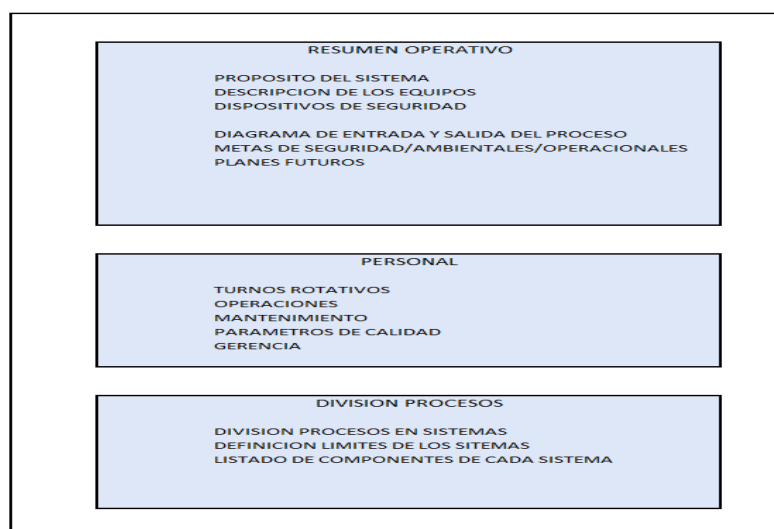
**Tabla 4.** De evaluación criticidad

<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>			VALOR
PERDIDA DE TODO EL DESPACHO			10
PARADA DEL SISTEMA O SUBSISTEMA CON REPERCUCION A OTROS SISTEMAS			7
IMPACTA EN NIVELES DE INVENTARIO O CALIDAD			4
NO GENERA NINGUN EFECTO SIGNIFICATIVO SOBRE OPERACIONES Y PRODUCCION			1
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>			VALOR
NO EXISTE OPCION DE PRODUCCION Y NO HAY FUNCION DE REPUESTO			4
HAY OPCION DE REPUESTO COMPARTIDO/ALMACEN			2
FUNCION DE REPUESTO DISPONIBLE			1
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>			VALOR
	MAYOR O IGUAL A:	\$20.000	2
	INFERIOR A:	\$20.000	1
<b>IMPACTO EN SEGURIDAD - AMBIENTE - HIGIENE "SAH"</b>			VALOR

AFECTA LA SEGURIDAD HUMANA TANTO EXTERNA COMO INTERNA Y REQUIERE LA NOTIFICACION A ENTES EXTERNOS DE LA ORGANIZACIÓN				8
AFECTA EL AMBIENTE/INSTALACIONES				7
AFECTA LAS INSTALACIONES CAUSANDO DAÑOS SEVEROS				5
PROVOCA DAÑOS MENORES (AMBIENTE - SEGURIDAD)				3
NO PROVOCA NINGUN TIPO DE DAÑOS A PERSONAS, INSTALACIONES O AL AMBIENTE.				1
<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>				VALOR
POBRE	MAYOR A:	2	FALLAS/AÑO	4
PROMEDIO	ENTRE:	1 Y 2	FALLAS/AÑO	3
BUENA	ENTRE:	.5 Y 1	FALLAS/AÑO	2
EXCELENTE	MENOS QUE:	0,5	FALLAS/AÑO	1
<b>EVALUACION DE CRITICIDAD</b>				VALOR
CRITICIDAD TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS x CONCECUENCIAS	2	FALLAS/AÑO	4
PROMEDIO	ENTRE:	1 Y 2	FALLAS/AÑO	3
BUENA	ENTRE:	.5 Y 1	FALLAS/AÑO	2
EXCELENTE	MENOS QUE:	0,5	FALLAS/AÑO	1
<b>EVALUACION DE CRITICIDAD</b>				
CRITICIDAD TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS x CONCECUENCIAS			
CONCECUENCIAS	(IMPACTO OPERACIONAL x FLEXIBILIDAD) + COSTO DE MTTT + IMPACTO "SAH"			

Fuente: MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 277

**Tabla 5.** Desarrollo contexto operacional



Fuente: MORA G. Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005. p. 277

**4.3.4. Descripción funciones de los equipos.** Teniendo definido y claro el contexto operacional del proceso RCM exige definir las funciones del equipo al cual se le va a realizar RCM. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

- **Funciones Primarias:** Es en resumen el porque se compró el equipo, es la razón de ser del activo. La función primaria del activo está usualmente definida en su propio nombre. En la descripción de la función primaria del activo contendrá claramente los estándares a los cuales será operado y mantenido. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad del producto, y servicio al cliente.

Se identifican con Verbo+ sujeto eje comprimir aire, cerrar flujo  
Bombear agua, lubricar equipo.

- **Funciones Secundarias:** Son aquellas otras funciones que el activo está en capacidad en adición a los outputs principales descritos por las funciones primarias. Típicas funciones secundarias incluyen: Auxiliares, aislamiento, contención, protección, integridad ambiental, higiene, seguridad/integridad estructural, control, información, monitoreo de condición, calibración, alarmas, aspecto, economía y eficiencia.
- **Análisis Funcional:**
  - Identifica las funciones importantes.
  - Provee una clara documentación básica para el análisis.
  - Reduce la confusión y facilita la identificación del objeto.
  - Puede documentar el objeto y no considerarlo importante.
  - Identifica cuales son los estándares asociados al objeto en su contexto operacional.

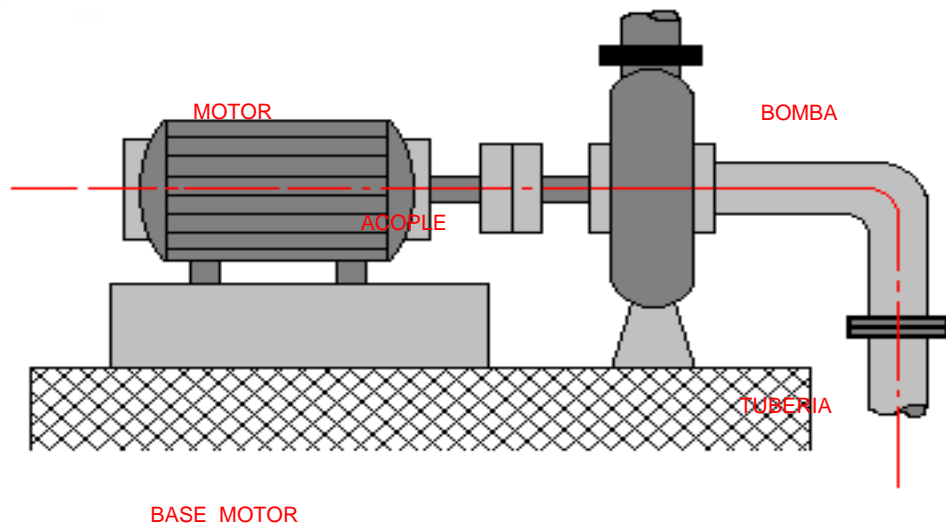
- **Límites del Sistema:** Es necesario establecer los límites, para no traslapar los sistemas consecutivos, parte de la definición de las fronteras es definir las entradas y salidas del sistema. Según el nivel de detalle se tendrán fronteras para el sistema y para el subsistema
  - Es necesario establecer los límites mecánicos y eléctricos
  - Las fuentes de aire son limitadas por la solenoide
  - El breaker es usualmente incluido en el sistema pero no el bus eléctrico.
  - El loop de instrumentación es usualmente incluido.
  - Todos los componentes mecánicos son incluidos en el sistema.
  
- **Entradas y salidas típicas:**
  - Señales de alarma
  - Aire de instrumentos
  - Agua del sistema de enfriamiento
  - Líneas de conexión hidráulica
  - Señales de monitoreo
  - Señales de entrada y salida
  - Sistema eléctrico a 120 VA.C
  -

**Figura 13.** Límites de un Sistema de Bombeo



Fuente: ECOPEPETROL S.A estacion 3 A

**Figura 14.** Ejemplo descripción funciones de los equipos



Fuente: el autor

El sistema de bombeo es un subsistema de una planta, se identifica como equipo crítico a una de sus partes y se le va a realizar RCM

- **Contexto operacional:** El sistema de bombeo de agua de retorno envía el agua desde una piscina de captación de aguas hasta una torre de enfriamiento a una rata de 10 litros/segundo, la piscina tiene una capacidad de 8 metros cúbicos, la piscina tiene un sistema de control de nivel que mantiene el nivel mínimo de 3 metros cúbicos y un nivel máximo de 7 metros cúbicos, la disponibilidad de el sistema es de 24 horas al día.
- **Función primaria:** Bombear agua a una rata de 10 litros/segundo, con una bomba centrífuga de presión positiva accionada por un motor eléctrico de 15 hp 1750 rpm 440 voltios y acoplada con un sistema tipo araña.
- **Función secundaria:** La bomba está instalada de acuerdo a normas, posee una guarda de protección en el acople, el motor es tipo sellado para trabajo intemperie protección IP65.

**4.3.5 Análisis e identificación de los modos de Fallas.** Para conseguir el objetivo principal de RCM como es asignar tareas de mantenimiento se



- FMECA Análisis de la causa de falla, criticidad de los modos de fallo
- FMEA Análisis de los modos y efectos de falla
- AMFE Análisis modal de fallas y efecto de falla

La diferencia de un análisis FMECA con el AMFE es la calificación de la criticidad al modo de falla que se realiza en FMECA.

- **Modo de Falla:** Un modo de falla se refiere al efecto que produce la falla observada. Es cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico (o sistema o proceso), la descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo. La descripción debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo apropiada.
- **¿Por qué analizar los modos de falla?:** Una máquina puede fallar por diversos motivos. Un grupo de máquinas o un sistema como una línea de producción puede fallar por cientos de razones. Para una planta entera, los números ascienden a miles, inclusive hasta decenas de miles.

La mayoría de los gerentes no se sienten muy cómodos el pensar en el tiempo y el esfuerzo involucrado en la identificación de todos estos modos de falla. Muchos deciden que este tipo de análisis es demasiado trabajoso, y abandonan la idea por completo. Pero cuando hacen esto, pasan por lo alto el hecho de que en el día a día el mantenimiento es realmente manejado al nivel de modo de falla. Por ejemplo:

- Las ordenes de trabajo ó pedidos de trabajo surgen para cubrir modos de falla específicos.
- El planteamiento del mantenimiento diario se realiza para tratar modos de falla específicos.
- En la mayoría de las empresas industriales el personal de mantenimiento y operaciones tiene reuniones cada día. Las reuniones casi siempre consisten en discusiones acerca de lo que ha fallado, qué las causó, quien es el responsable, que se está haciendo para reparar el problema y a veces, qué puede hacerse para prevenir que vuelva a

sucedier. Entonces casi toda la reuni3n se destina para hablar acerca de los modos de falla.

- Generalmente, los sistemas de registro de historia t3cnica registran modos de falla individuales (3 al menos qu3 fue hecho para rectificarlos).

Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial
- Cuando desde el comienzo el activo f3sico no es capaz de hacer lo que se quiere.

Las cinco causas principales cuando la capacidad es decreciente:

- Deterioro
  - Fallas de Lubricaci3n
  - Polvo o suciedad
  - Desarme
  - Errores humanos que reducen la capacidad
  - Funcionamiento por encima de la capacidad inicial. Esto ocurre principalmente debido a cuatro razones:
    - Sobrecarga deliberada constante
    - Sobrecarga no intencional constante
    - Sobrecarga no intencional repentina
    - Procesamiento o material de empaque incorrecto.
- **Efectos de falla:** Los efectos de falla describen que pasa cuando ocurre una falla. La descripci3n de los efectos de falla debe incluir toda la informaci3n necesaria para ayudar en la evaluaci3n de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente
- Las maneras (si las hubiera) en que afecta la producción o las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.
- Fuentes de información acerca de Modos y efectos de falla.
- El fabricante o proveedor del equipo
- Listas genéricas de modos de falla
- Registros de antecedentes técnicos

**Tabla 6.** Hoja de identificación funciones, modo de falla y efectos de falla

HOJA DE INFORMACION RCM II © 1999 ALADON LLC		ELEMENTO <i>Sistema de Almacenaje de Benceno</i>	Nº <i>RCM 04S</i>	Realizado por	Fecha	Hoja 5
		COMPONENTE	Ref <i>3ª Edición</i>	Revisado por	Fecha	de 8
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)			
7	A Ser capaz de detener la planta de recuperación de benceno y hacer sonar una alarma si el nivel del tanque sobrepasa 42.000 litros	1 Incapaz de detener el sistema de recuperación de benceno y hacer sonar una alarma cuando el nivel del tanque sobrepasa 42.000 litros	1	Interruptor de último alto nivel falla en posición cerrada	Este interruptor sólo es necesario si el interruptor de alto nivel falla. El sistema de recuperación de solvente continúa suministrando benceno. Esto hace que se llene completamente el tanque, causando que rebalse a través del venteo al sistema de balance de vapor. Un interruptor flotante en el sistema de balance de vapor (analizado aparte) detecta el benceno líquido y detiene la planta recuperadora de solvente. Tiempo de parada para cambiar el interruptor de último alto nivel 2 horas	
	B	Capaz de detener la recuperación de solvente pero no de hacer sonar una alarma cuando el tanque sobrepasa 42.000 litros	1	Falla del circuito de alarma de último alto nivel	Este circuito de alarma sólo es necesario si falla el interruptor de alto nivel. Si el circuito de alarma falla pero funciona el interruptor de último alto nivel, la planta recuperadora de solvente es detenida pero no es evidente inmediatamente por qué ocurrió esto. Esto significa que puede tomar más de cinco horas diagnosticar y reparar la falla de interruptor de alto nivel en lugar de tres horas. Toma tres horas reparar el circuito de alarma de último alto nivel	
8	A Detener la bomba si para el flujo de benceno a través de los bujes del impulsor	1 Incapaz de detener la bomba cuando para el flujo de benceno a través de los bujes del impulsor	1	Falla unidad de protección de funcionamiento en vacío	Si el flujo de benceno para y la protección de funcionamiento en vacío no funciona, la bomba comienza a recalentarse y la protección térmica apaga la bomba antes de que se vuelva peligrosamente caliente. Sin embargo, es factible que se dañen los bujes antes de que la unidad de alta temperatura tenga la oportunidad de apagar una bomba en vacío. Tiempo para reparar solamente la unidad de funcionamiento en vacío: alrededor de tres horas	
9	A Detener la bomba si la temperatura de los bujes del impulsor sobrepasan los 70°C	1 No detiene la bomba cuando los bujes del impulsor sobrepasan los 70°C	1	Falla la unidad de protección de alta temperatura	La unidad de protección de alta temperatura se necesita cuando el flujo de benceno disminuye tanto que puede calentarse hasta el punto de ebullición al atravesar los bujes. En este caso, el benceno se vaporizará y la unidad de funcionamiento en vacío apagará el sistema. Si la unidad de funcionamiento en vacío falla también en estas circunstancias, los bujes del impulsor se agarrotan y la sobrecarga del motor apaga al motor. Tiempo para reparar la unidad de alta temperatura: cuatro horas	
10	A Mantener una presión en el tanque entre -10 hPa y 12 hPa	1 La presión sobrepasa 12 hPa	1	Válvula de alivio de presión del sistema de recuperación de vapor falla cerrada	En un día caluroso, el sistema puede sobrepresurizarse a tal punto que podría fisurarse algún punto débil, liberando benceno o vapor de benceno al medio ambiente. (El sistema de manejo del vapor se analiza aparte)	
	B	La presión baja a menos de -10 hPa	1	La válvula de control de presión del sistema de recuperación de vapor falla cerrada	Cuando la bomba de suministro es activada comienza a formarse vacío en el tanque, haciendo disminuir el caudal y finalmente deteniendo todo. La bomba comienza a cavitarse y la unidad de funcionamiento en vacío la apaga. (El tanque mismo puede soportar la presión negativa que sería generada si esto sucede.) Se analiza aparte el sistema de manejo de vapor	
11	A Permitir que el tanque sea drenado	1 No se puede drenar el tanque completamente	1	Falta de grasa protectora en el vástago, permite que el vástago se corte por corrosión	La tubería de salida normal puede usarse para desagotar todo menos los últimos 200 litros de benceno (a través de la bomba, o si la bomba falló, por medio de un sifón). El drenaje es necesario para desagotar los últimos 200 litros, y esto sólo tiene que hacerse para llevar a cabo mantenimiento al tanque. Si la válvula de drenaje falla cerrada, el residuo debe ser bombeado afuera a través de la tapa de acceso y el tanque debe ser purgado. Este proceso completo lleva seis horas	

Fuente: ORTIZ P. Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. Bucaramanga: Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2008. p. 126

**4.3.6 Evaluación consecuencias de falla.** La naturaleza y la gravedad de los efectos de la falla definen las consecuencias de la misma. En otras palabras, definen la manera en la que los dueños y los usuarios de los activos creerán que cada falla es importante. Los efectos de la falla describen que sucede cuando ocurre la falla, mientras las consecuencias describen cómo (y cuánto) importa. Entonces podemos decir, que si podemos reducir los efectos de una falla en términos de frecuencia ó severidad, estaremos reduciendo sus consecuencias. Si las consecuencias son serias, entonces se harán esfuerzos considerables para evitar, eliminar o minimizar sus consecuencias. Sobre todo si la falla puede afectar la integridad del ser humano, o si tiene efectos serios sobre el medio ambiente. Esto también es válido si las fallas interfieren con la producción o las operaciones, o si pueden causar daños secundarios significativos.

Por otro lado, si la falla solo tiene consecuencias menores, es posible que no se tome ninguna acción proactiva, y que la falla sea simplemente sea reparada una vez ocurra.

- **Funciones ocultas y evidentes:** Una función evidente es aquella cuya falla eventualmente e inevitablemente se hará evidente por si sola a los operadores en circunstancias normales. No obstante, algunas fallas ocurren de tal forma que nadie sabe que el elemento se ha averiado a menos que produzca otra falla. Una función oculta es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por si sola.

El primer paso en el proceso RCM es separar las funciones ocultas de las evidentes porque las ocultas necesitan de un manejo especial.

- **Categoría fallas evidentes:** Las fallas evidentes se clasifican en tres categorías de importancia decreciente:
  - Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente
  - Consecuencias operacionales
  - Consecuencias no operacionales

- **Consecuencias de fallas ocultas:** fallas ocultas y dispositivos de seguridad.

La aparición de fallas ocultas por sí solo no resultan evidentes, dentro del proceso normal de desarrollo operacional, por lo que para poder identificar o reconocer las fallas ocultas, el grupo de trabajo deberá responder la siguiente cuestión:

- ¿Será la pérdida de función causada por este modo de fallo, por si mismo, ser evidente dentro de las operaciones bajo circunstancias normales? Si la respuesta a esta cuestión es no, el modo de fallo será oculto (no evidente), y si la respuesta es sí, el modo de fallo será evidente.
- Los dispositivos de seguridad que cumplen funciones de protección (ocultas) trabajan básicamente de la siguiente forma:
  - a. Alertan a los operadores ante condiciones anormales
  - b. Detienen el equipo en caso de falla
  - c. Eliminan o alivian las condiciones anormales que siguen a una falla y que de otra manera podrían causar daños más serios
  - d. Asumen el control de una función que ha fallado
  - e. Previenen que surjan situaciones peligrosas

En esencia, la función principal de los equipos de protección es asegurar que las consecuencias de fallos de función protegida sean mucho menos serias, dado el caso de que esta no tuviera protección. Los equipos de protección, son en la mayoría de los casos, parte de un sistema, con al menos dos componentes:

- Equipo de protección
- La función protegida

De forma general, típicas funciones ocultas incluyen: Equipos de emergencia médica, la mayoría de los equipos de detección, combate y protección contra el fuego, los equipos de protección de sobrecarga, y sobre velocidad, los

componentes de estructuras redundantes, los sistemas de emergencia de paradas y la mayoría de los equipos de generación de potencia de emergencia. Rutinas de mantenimiento relacionadas con la prevención de fallas múltiples causados por fallas ocultas.

Uno de los caminos que puede minimizar los efectos de un fallo múltiple es tratar de disminuir la probabilidad de ocurrencia de las fallas ocultas, chequeando periódicamente si la función oculta está trabajando correctamente. La aplicación de estas tareas está orientada básicamente a equipos de protección y componentes de activos tales como circuitos eléctricos o instrumentos de control. El chequeo se debe realizar en condiciones de operación reales o bajo condiciones simuladas.

Pueden existir situaciones donde es imposible aplicar una tarea de búsqueda de fallos ocultos:

- Cuando la función oculta de un equipo de protección no puede ser chequeada sin destruir dicho equipo (como en el caso de fusibles de protección o discos de ruptura).
- Cuando es imposible acceder al equipo con funciones ocultas (problema relacionado con el diseño).
- Donde resulte sumamente peligroso simular las condiciones reales de operación del activo con funciones ocultas.

Finalmente cuando una tarea de búsqueda de fallos ocultos resulta ser no técnicamente factible, existen dos posibles acciones a ejecutar:

- Si el modo de fallo oculto puede generar fallo múltiple que afecte a la seguridad o al ambiente, el rediseño es obligatorio.
- Si el modo de fallo oculto genera un fallo múltiple que no afecta la seguridad y el medio ambiente es recomendable no realizar ninguna actividad de mantenimiento programada, y es posible pensar en un rediseño, si las consecuencias son económicamente muy costosas

**4.3.7. Selección Actividades de mantenimiento.** Principalmente se conocen dos metodologías con RCM y RCM2.

- **Selección de actividades con RCM.**

- Análisis de Riesgo

**Riesgo: Es producto de la Severidad por la Ocurrencia**  
**Riesgo = (S) × (O).**

- **Ocurrencia:** valor asociado a la probabilidad que el modo de falla ocurre

VALORACIÓN DE LA OCURRENCIA	
4. Frecuente:	1 falla en un mes
3. Ocasional:	1 falla en el año
2. Remota:	1 falla en 5 años
1. Poco probable:	1 falla en 20 años

- **Severidad:** Es un indicador de que tan grave es la consecuencia. Se diseña para cada consecuencia probable

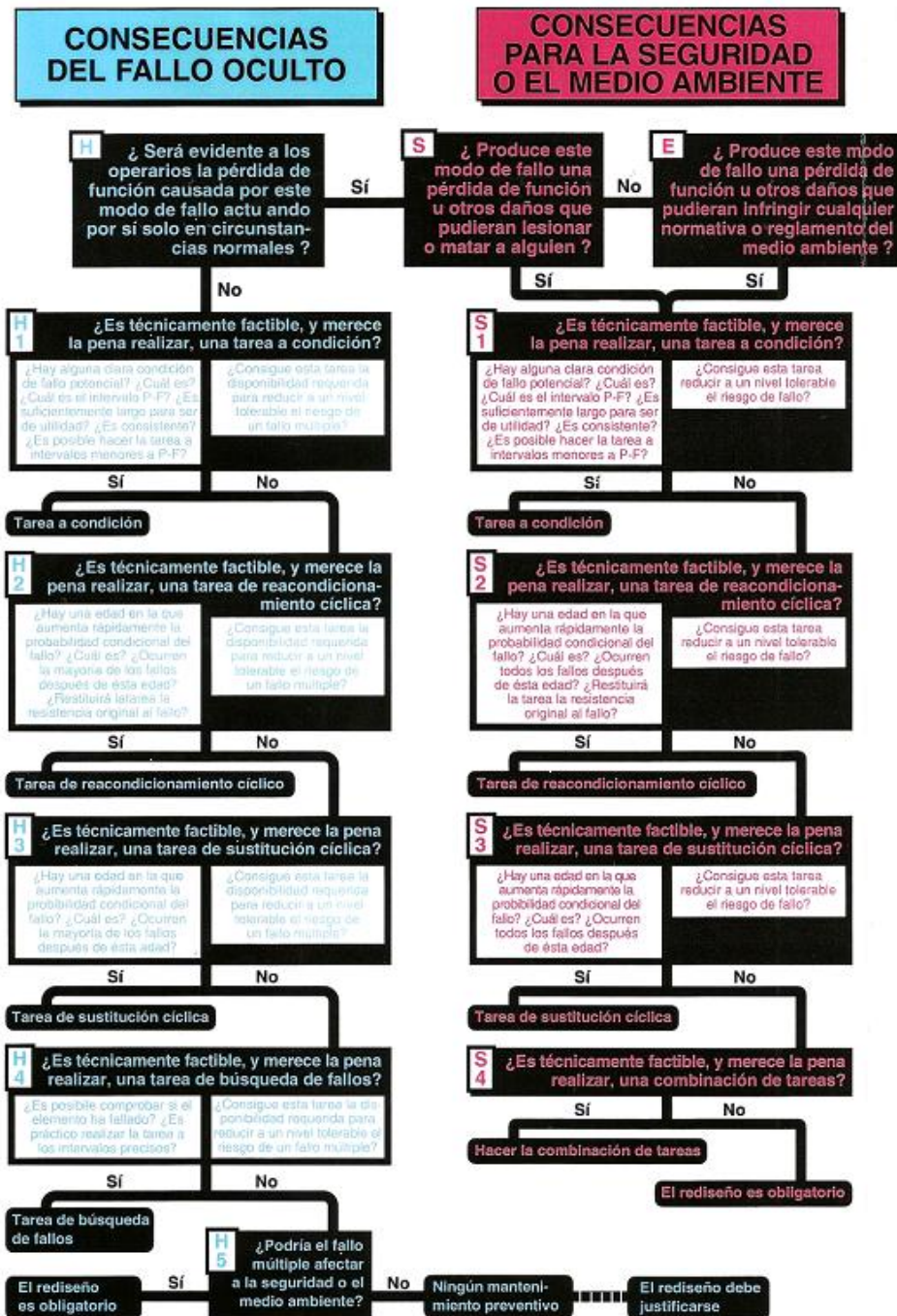
$$S = FOxK_{FO} + SFxK_{SF} + MAxK_{MA} + ICxK_{IC} + ORxK_{OR} + OCxK_{OC}$$

Los valores  $K_i$  son dados por la empresa de acuerdo a las políticas de la empresa (Véase tabla 6):

- FO Consecuencias asociadas a Fallas ocultas
- SF Consecuencias asociadas a Seguridad Física
- MA Consecuencias asociadas a Medio ambiente
- IC Consecuencias asociadas a imagen Corporativa



**Figura 16.** Consecuencias del fallo oculto y consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.



Fuente: ORTIZ P. Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. Bucaramanga: Posgrado gerencia de

Figura 17. Consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales



Fuente: ORTIZ P. Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. Bucaramanga: Posgrado gerencia de



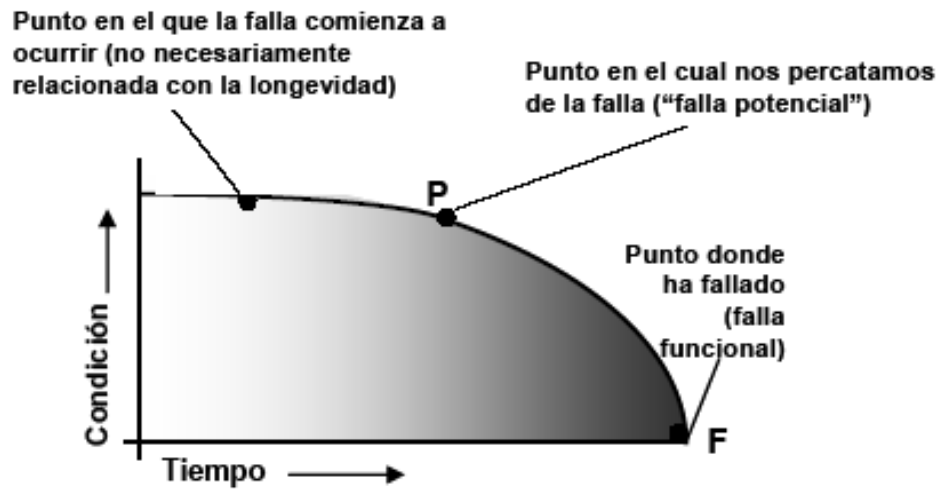
**Tabla 9. Hoja de trabajo RCM**

HOJA DE TRABAJO RCM																
Equipo														Equipo de trabajo:	Fecha de realización	
Componente														Abroado por	Fecha de aprobación	
Ref. Información	Evaluación Consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frec. Inicial	A realizar por...		
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4				H5	S4
1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
1	A	2	Y	N	N	N	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
1	A	3	Y	N	N	Y	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
1	A	4	Y	N	N	Y	Y							Comprobar el nivel de ruido del rodamiento del tornillo sin fin	Semanal	AAA
1	A	5	Y	N	N	N	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
1	A	6	Y	N	N	N	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
1	A	7	Y	N	N	Y	Y							Comprobar el nivel de ruido del rodamiento de la caja de engranajes	Semanal	AAA
1	A	8	Y	N	N	Y	Y							Comprobar el nivel de aceite de la caja de engranajes y reellenarla con XX90 si fuera necesario	Semanal	AAA
1	A	9												Analizar el sistema de suministro de energía separadamente		
1	A	10												Analizar el motor por separado		
1	B	1	Y	N	N	Y	Y							Use las células de carga del silo para probar la máxima capacidad del transportador, e informe si no puede conseguir 42 Ton/hr durante 15 min.	Cada 6 meses	OOO
1	B	2	Y	N	N	Y	Y							Compruebe escuchando si las correas en cuña del tornillo sin fin están golpeando a los lados de la defensa	Diaria	AAA
2	A	1	Y	N	N	N	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
2	A	2	Y	N	N	N	N	N	N					No realizar mantenimiento preventivo		
3	A	1	Y	Y			Y							Chequee la cubierta de la tolva del tornillo sin fin por si tiene indicios de corrosión	Cada 6 meses	EEE
3	A	2	Y	Y			N	Y						Reemplace las placas de la tolva del tornillo sin fin	Cada 2 años	EEE
4	A	1	Y	Y			Y							Com para 3A2 más arriba		
4	A	2	Y	Y			Y							Chequee si la cubierta del tornillo sin fin tiene agujero pequeños	Semanal	AAA

**4.3.8. Actividades Preventivas**

- Tareas programadas a condición:** Las actividades programadas en base a condición (predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallo no ocurren instantáneamente, si no que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo. Si la evidencia de este tipo de modo de fallos puede ser detectada bajo condiciones normales de operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas en base a la condición del activo que ayuden a prevenir este modo de fallo y/o eliminar sus consecuencias. Este tipo de fallo se denomina fallo Potencial se define como una condición física identificable la cual indica que una falla funcional está a punto de suceder ó que ya está ocurriendo dentro del proceso (Véase figura 18).

Figura 18. Fallo potencial



Fuente: **SAE JA-1012**

- **Tarea de Reacondicionamiento:** Son aquellas actividades de prevención realizadas a los activos (en la mayoría de los casos activos mayores) a un intervalo de frecuencia menor al límite operativo de la vida del activo, en función del análisis de sus funciones en el tiempo. Las tareas de restauración programadas son conocidas como “overhauls”.
- **Tarea de sustitución:** Este tipo de actividad preventiva está orientada específicamente hacia el remplazo de componentes o partes usadas de un activo, por nuevos, a un intervalo de tiempo menor al de la vida útil antes de que fallen.
- **Tareas de búsqueda de fallos ocultos:** Consisten en acciones de chequeo a los fallos ocultos de los activos con funciones ocultas, a intervalos regulares de tiempo, con el fin de detectar si las funciones ocultas funcionan correctamente, ó están en estado de fallo.
- **Tareas correctivas:** Las actividades que se ejecutan en caso que las actividades de prevención no son efectivas:
  - Rediseño en caso que las actividades de prevención no ayudan a reducir los modos de fallo que afecten la seguridad, el medio ambiente, la operación, es necesario hacer un rediseño que minimice ó elimine las consecuencias de los modos de fallo.

- Actividades de mantenimiento no programado en el caso que no se consigan actividades de prevención económicamente más baratas que los posibles efectos de los modos de fallo, se podrá tomar la decisión de esperar que ocurra el fallo.

## 5. PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN DE RCM EN LA ESTACION DE RECOLECCION 3 A

Estrategia que se plantea como resultado del análisis DOFA

### 5.1 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DONDE SE PROPONE APLICAR LA TÁTICA DE RCM

Resultado análisis de la criticidad de los equipos de la estación de recolección de crudo 3ª y la estadística de fallas por equipo.

**5.1.1 Estudio de criticidad.** Los equipos más críticos de la estación de recolección de crudo 3a de acuerdo a los factores considerados impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, seguridad, ambiente e higiene, frecuencia de fallas son (Véase tabla 9):

**TABLA 10** Análisis de criticidad

IMPORTANCIA DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA
1. PUEDE CAUSAR RIESGOS, PROBLEMAS AMBIENTALES O LEGALES. 2. PUEDE CAUSAR PERDIDAS SIGNIFICATIVAS. 3. PUEDE REDUCIR LA PRODUCCION, O LA CALIDAD DE LA PRODUCCION CON ALGUNA PERDIDA. 4. PUEDE AUMENTAR LA DEMANDA O AUMENTAR EL PERSONAL, NO PRODUCE RIESGO, NO AFECTA LA ECONOMIA NI EL MEDIO AMBIENTE. 5. NO ES IMPORTANTE CON RESPECTO A LA SEGURIDAD, AL MEDIO AMBIENTE O LA ECONOMIA Y NO PRODUCE EFECTO SOBRE LA DEMANDA O EL PERSONAL.
CONFIABILIDAD DEL EQUIPO
1. ALTA CONFIABILIDAD. NORMALMENTE NO TIENE PARTES EN MOVIMIENTO Y TRABAJO LIVIANO. 2. MUY CONFIABLE. POCAS PARTES EN MOVIMIENTO Y TRABAJO NORMAL. 3. NORMALMENTE CONFIABLE. PARTES EN MOVIMIENTO QUE SE PUEDEN FATIGAR Y CONDICIONES DE TRABAJO SEVERAS. 4. ALGO CONFIABLE. SISTEMA COMPLEJO, CONDICIONES DE TRABAJO MUY SEVERAS Y SOBRECARGADO. 5. NO OFRECE NINGUNA CONFIABILIDAD.
IMPACTO DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA
1. CAUSA PARADA DEL SISTEMA. 2. PRODUCE GRAN DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. NO TIENE EQUIPO DE STAND BY Y EL TIEMPO DE REPARACION O CAMBIO ES SIGNIFICATIVO. 3. PRODUCE MEDIANA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. TIENE EQUIPO DE STAND BY Y EL TIEMPO DE REPARACION ES CORTO. 4. PUEDE OPERARSE EN MANUAL O SALIR DE LINEA Y PRODUCE UNA PEQUEÑA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. NO SE REQUIERE TODO EL TIEMPO. 5. NO PRODUCE EFECTO SOBRE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.

<b>ELABORÓ:</b> BIBIANA RAMIREZ, JORGE LUIS NARANJO, JAIRO GONZALEZ, DANIEL GUZMAN, JHOJAN ALFONSO TORRES FUENTES	<b>REVISÓ:</b> RODRIGO MANZANO, JAIME VLADIMIR, HENRY PEREZ, WILSON MARTINEZ	<b>APROBÓ:</b> JAIME CASTRO
---	--	-----------------------------

AREA	EQUIPO	FUNCION	DESCRIPCION EQUIPO/COMPONENTE	A	B	C	CE	CRTICIDAD	COMENTARIOS
Estación 3A	ELCIE3TK3411	SEPARACION	TANQUE GUN BARREL TK3411 EST 3A LCI	3	2	2	4.50	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3412	SEPARACION	TANQUE GUN BARREL TK3412 EST 3A LCI	3	2	2	4.50	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3413	SEPARACION	TANQUE GUN BARREL TK3413 EST 3A LCI	3	2	2	4.50	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3711	ALMACENAMIENTO	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3711 EST 3A LCI	3	2	3	4.00	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3712	ALMACENAMIENTO	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3712 EST 3A LCI	3	2	3	4.00	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3713	ALMACENAMIENTO	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3713 EST 3A LCI	3	2	3	4.00	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3731	TRANSF CRUDO	BOMBAMOTOR 3731 DE CRUDO EST 3ALCI	4	3	3	2.34	P.GENERAL	

Estación 3A	ELCIE3AP3732	TRANSF CRUDO	BOMBAMOTOR 3732 DE CRUDO EST 3ALCI	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3733	TRANSF CRUDO	BOMBAMOTOR 3733 DE CRUDO EST 3A LCI	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3AP3631A	TRANSF AGUA	MOTOBOMBA P-3631-A TRANSFERENCIA PTA5A	4	4	3	2.54	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3AP3632A	TRANSF AGUA	MOTOBOMBA P-3632-B TRANSFERENCIA PTA5A	4	4	3	2.54	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3AP3633A	TRANSF AGUA	MOTOBOMBA P-3633-C TRANSFERENCIA PTA5A	3	4	2	5.19	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCI3AP3634A	TRANSF AGUA	MOTOBOMBA P-3634-D TRANSFERENCIA PTA5A	3	4	3	4.77	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3611	ALMAC. AGUA	TANQUE SKIMMING TANK TK3611 EST 3A LCI	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3612	ALMAC. AGUA	TANQUE SKIMMING TANK TK3612 EST 3A LCI	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3613	ALMAC. AGUA	TANQUE SKIMMING TANK TK3613 EST 3A LCI	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3ADE3621	TRATAM. AGUA	S3621 CELDAS DE FLOTACION 100KBWPD EST3A	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3ADE3622	TRATAM. AGUA	S3622 CELDAS DE FLOTACION 100KBWPD EST3A	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3614	SEDIMENTACIÓN LODOS	CAJA DE LODOS T3614 EST 3A LCI	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3615	SEDIMENTACIÓN LODOS	CAJA DE LODOS T3615 EST 3A LCI	4	3	3	2.34	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3AP3635	TRASCIEGO AGUA	BOMBA CENTRIFUGA DURCO P3635 EST3A	4	3	2	2.58	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCI3AP3636	TRASCIEGO AGUA	BOMBA CENTRIFUGA DURCO P3636 EST 3A	4	3	2	2.58	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AART	SEPARACION	PISCINA API AGUAS RESIDUALES EST3A	3	2	2	4.50	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3639	TRASCIEGO CRUDO	BOMBA-MOTOR API P3639 CRUDO A TKS	3	3	2	4.85	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3619	ALMACENAMIENTO	TANQUE SUMIDERO TK3619 EST 3A LCI	4	4	3	2.54	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3TK3620	ALMACENAMIENTO	TANQUE SUMIDERO TK3620 EST 3A LCI	4	4	3	2.54	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3640	TRASCIEGO	BOMBA-MOTOR P3640 TRANSF A SKIMMING TANK	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3641	TRASCIEGO	BOMBA-MOTOR P3641 TRANSF A SKIMMING TANK	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3642	TRASCIEGO	BOMBA-MOTOR P3642 TRANSF A SKIMMING TANK	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3643	TRASCIEGO	BOMBA-MOTOR P3643 TRANSF A SKIMMING TANK	4	2	3	2.13		

								P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AC6381	INSTRUMENTOS	UNIDAD COMPRESORA IR1 AIRE A INS C6381	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AC6382	INSTRUMENTOS	UNIDAD COMPRESORA IR1 AIRE A INS C6382	4	2	3	2.13	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3ASCASE	INSTRUMENTOS	SECADOR IR SIST COMPRESION DE AIRE A INS	4	1	3	1.92	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AACU	INSTRUMENTOS	ACUMULADOR DE AIRE A INSTRUMENTOS EST3A	4	1	3	1.92	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3ARC	TUBERIA	SISTEMA REDES Y TRONCALES ESTACION 3 CAMPO LA CIRA	1	4	2	8.81	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AMEDCR	MEDICIÓN	PATIN 1 MEDICION CRUDO SALIDA EST 3A LCI	1	1	3	6.11	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AMECR2	MEDICIÓN	PATIN 2 MEDICION CRUDO SALIDA EST3A LCI	1	1	3	6.11	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AB3831	CONTRAINCENDIO	BOMBAMOTOR P3831 CONTRAINCENDIO DIESEL	1	3	3	7.47	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AB3832	CONTRAINCENDIO	BOMBAMOTOR P3832 CONTRAINCENDIO ELECTRIC	1	2	3	6.80	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AB3833	CONTRAINCENDIO	BOMBAMOTOR P3833 CONTRAINCENDIO JOCKEY	1	2	3	6.80	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AB3834	CONTRAINCENDIO	BOMBAMOTOR P3834 CONTRAINCENDIO JOCKEY	1	2	3	6.80	CRITICO	
Estación 3A		CONTRAINCENDIO	TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA TK3811 EST-3A LCI	1	1	2	7.03	CRITICO	
Estación 3A		CONTRAINCENDIO	TANQUE ACPM CONTRAINCENDIO EST-3A LCI	1	1	2	7.03	CRITICO	
Estación 3A		SISTEMA ESPUMA	SISTEMA ESPUMA CONTRAINCENDIO EST-3A LCI	1	2	2	7.64	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3ATEA	QUEMA	TEA ESTACION 3A LA CIRA-INFANTAS	1	2	2	7.64	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AL2412	QUEMA	UNIDAD ATRAPA LLAMA DFA-2412 3A LCI	1	1	2	7.03	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AV3502	DEPURACIÓN	TAMBOR DE TEA V-3502 ESTACION 3A LCI	1	1	2	7.03	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AP3531	TRASCIEGO	BOMBA P3531 TRANS TB TEA A TKS SUMIDERO	4	2	2	2.397347	P.GENERAL	
Estación 3A	ELCIE3AV3501	DEPURACIÓN	DEPURADOR V-3501 ESTACION 3A LCI	2	2	2	6.271738	CRITICO	
Estación 3A	ELCIE3AV3402	SEPARACION	BOTA SEPARADOR V-3402 ESTACION 3A LCI	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AV3401	SEPARACION	BOTA SEPARADOR V-3401 ESTACION 3A LCI	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AV3403	SEPARACION	BOTA SEPARADOR V-3403 ESTACION 3A LCI	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3979	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3979 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3970	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3970 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3971	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3971 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3972	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3972 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3973	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3973 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3974	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3974 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3975	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3975 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3976	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3976 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3977	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3977 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	

Estación 3A	ELCIE3AP3978	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3978 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3980	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3980 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3981	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3981 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3982	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3982 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3983	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3983 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3984	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3984 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3985	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3985 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3990	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3990 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3991	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3991 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3993	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3993 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3994	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3994 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3996	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3996 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A	ELCIE3AP3997	QUIMICO	BOMBA-MOTOR P3997 INYECCION QUIMICO E3A	3	3	2	4.849279	ESENCIAL	
Estación 3A		ELÉCTRICO	SISTEMA ELECTRICO ESTACION 3A LCI	1	2	1	8.434703	CRITICO	UPS, BATERIAS, CCM, CELDAS

Fuente Ecopetrol S.A. Equipo multidisciplinario

El análisis de criticidad se realizo teniendo en cuenta las siguientes convenciones:

	VALOR COLUMNA A	VALOR COLUMNA B	VALOR COLUMNA C
	IMPORTANCIA DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA	CONFIABILIDAD DEL EQUIPO	IMPACTO DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA
1	PUEDA CAUSAR RIESGOS, PROBLEMAS AMBIENTALES O LEGALES.	ALTA CONFIABILIDAD. NORMALMENTE NO TIENE PARTES EN MOVIMIENTO Y TRABAJO LIVIANO.	CAUSA PARADA DEL SISTEMA.

2	PUEDA CAUSAR PERDIDAS SIGNIFICATIVAS.	MUY CONFIABLE. POCAS PARTES EN MOVIMIENTO Y TRABAJO NORMAL.	PRODUCE GRAN DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. NO TIENE EQUIPO DE STAND BY Y EL TIEMPO DE REPARACION O CAMBIO ES SIGNIFICATIVO.
3	PUEDA REDUCIR LA PRODUCCION, O LA CALIDAD DE LA PRODUCCION CON ALGUNA PERDIDA.	NORMALMENTE CONFIABLE. PARTES EN MOVIMIENTO QUE SE PUEDEN FATIGAR Y CONDICIONES DE TRABAJO SEVERAS.	PRODUCE MEDIANA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. TIENE EQUIPO DE STAND BY Y EL TIEMPO DE REPARACION ES CORTO.
4	PUEDA AUMENTAR LA DEMANDA O AUMENTAR EL PERSONAL, NO PRODUCE RIESGO, NO AFECTA LA ECONOMIA NI EL MEDIO AMBIENTE.	ALGO CONFIABLE. SISTEMA COMPLEJO, CONDICIONES DE TRABAJO MUY SEVERAS Y SOBRECARGADO.	PUEDA OPERARSE EN MANUAL O SALIR DE LINEA Y PRODUCE UNA PEQUEÑA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DEL SISTEMA. NO SE REQUIERE TODO EL TIEMPO.
5	NO ES IMPORTANTE CON RESPECTO A LA SEGURIDAD, AL MEDIO AMBIENTE O LA ECONOMIA Y NO PRODUCE EFECTO SOBRE LA DEMANDA O EL PERSONAL.	NO OFRECE NINGUNA CONFIABILIDAD.	NO PRODUCE EFECTO SOBRE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA.

CATEGORIA DE CRITICALIDAD	CATEGORIA DEL EQUIPO	PRIORIDAD	TIEMPO PARA ACTUAR
CRITICO	6 - 10	1	INMEDIATAMENTE
ESENCIAL	4 - 5.9	2	0 - 48 HORAS
PROPOSITO GENERAL	0 - 3.9	3	MAXIMO 4 SEMANAS

## **5.2. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR RCM EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA ESTRACION DE RECOLECCION DE CRUDO 3A.**

Para la implementación de esta práctica en los equipos críticos de la estación se requiere cumplir con los siguientes aspectos:

- Apoyo de la Gerencia, jefe de departamento y la coordinación de mantenimiento.
- Mantener activo un grupo multidisciplinario integrado por personal de producción y mantenimiento para realizar un trabajo semanal sobre RCM.
- Entrenar más personas para el uso de esta metodología.
- Para realimentar el software de mantenimiento ELLIPSE con los resultados de RCM se requiere una persona de planeación dedicada a realizar esta actividad.
- Establecer un cronograma para el cumplimiento de las actividades planteadas con RCM.
- Establecer un programa de auditorías a los procesos de RCM, con una entidad externa a la planta.
- Realizar seguimiento a los indicadores de mantenimiento después de aplicar RCM en los equipos con el fin de medir la efectividad de esta metodología.

## **6. PLAN DE MEJORA PROGRAMA CMMS**

La segunda estrategia derivada del análisis DOFA de Mantenimiento es realizar un plan de mejora de la aplicación del INFOMANTE

### **6.1 CAPACITACIÓN EN LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO**

En el segundo semestre de año 2008 se llevó a cabo una capacitación sobre la aplicación de CMMS de mantenimiento, el software INFOMANTE, esta capacitación se realizó con la empresa SOPORTE quien suministró este programa. La capacitación estuvo dirigida a todo el personal de mantenimiento de acuerdo a los módulos que debía conocer y manejar, con la finalidad que todo el personal tenga la competencia para utilizar esta herramienta que es de vital importancia para la gestión de mantenimiento. La capacitación abarcó los siguientes temas:

- Instalación de software
- Seguridades
- Utilitarios
- Documentación técnica
- Herramientas
- Equipos
- Mantenimiento sistemático
- Solicitudes de trabajo
- Orden de trabajo
- Costo de equipos
- Tiempos perdidos
- Indicadores de gestión

## **6.2. IMPLEMENTACIÓN MEJORAS**

Como resultado de la capacitación y teniendo en cuenta que el CMMS de mantenimiento debe tener las siguientes características:

- Registro de todos los equipos, partes y componentes, al menos hasta tres niveles. (ver Anexo A)
- Generación y control de todas las ordenes de trabajo (ver anexo B)
- Planes de mantenimiento de corto, mediano y largo plazo (ver Anexo C)
- Inventarios y gestión de repuestos e insumos (ver anexo D)
- Solicitudes automáticas de compra cuando se rompa el inventario mínimo de cualquier repuesto ó insumo.
- Salarios e historia de todos los empleados
- Costos de todos los recursos de mantenimiento.
- Costos fijos, variables, financieros, y de no confiabilidad de todas las ordenes de trabajo y equipos
- Registros históricos minuto a minuto de operación y mantenimiento de equipos, de tiempos de fallas y reparaciones, de tiempos administrativos, de demora, tiempos de suministros.
- Índices rendimientos e indicadores propios e/internacionales de mantenimiento.

## **6.3. INDICADORES DE PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO**

Para mantener el proceso de planeación se propone establecer los siguientes indicadores para Planeación mantenimiento:

- Back log de mantenimiento
- Mantenimiento Planeado/mantenimiento total
- Mantenimiento preventivo/mantenimiento total
- Mantenimiento Predictivo/mantenimiento total

- Mantenimiento Correctivo/mantenimiento total
- Costos por orden de trabajo
- Ordenes de trabajo diligenciadas/colaborador
- Mano de obra utilizada para el total de ordenes de trabajo
- Porcentaje de cumplimiento tiempo programado para mtto

Indicadores de mano de obra:

- Horas de paro por hora realizadas: este indicador muestra la relación entre las horas empleadas para producción y las de paro del equipo por averías.

**HORAS DE PARO POR MTTO**

$$\text{HPHP} = \frac{\text{HORAS DE PARO POR MTTO}}{\text{HORAS DE PRODUCCIÓN REALIZADAS}}$$

**HORAS DE PRODUCCIÓN REALIZADAS**

- Trabajos de mantenimiento preventivo: relación entre las horas hombre programadas para mantenimiento preventivo y las horas hombre disponibles para mantenimiento.

**TOTALIDAD HH PARA MANTE PREVEN**

$$\text{TBMP} = \frac{\text{TOTALIDAD HH PARA MANTE PREVEN}}{\text{HH EMPLEADAS PARA MATTO}}$$

**HH EMPLEADAS PARA MATTO**

- Trabajos de mantenimiento correctivo: relación entre las horas hombre empleadas en mantenimiento correctivo y las horas hombre totales empleadas para mantenimiento.

**TOTAL HORAS HOMBRE PARA MTTO CORRECTIVO**

$$\text{TBCM} = \frac{\text{TOTAL HORAS HOMBRE PARA MTTO CORRECTIVO}}{\text{HH EMPLEADAS PARA MTTO}}$$

**HH EMPLEADAS PARA MTTO**

## 7. CONCLUSIONES

Las estrategias planteadas para mejorar el desempeño de mantenimiento RCM, mejora de la aplicación del CMMS INFOMANTE, el control del costo de mantenimiento están relacionadas. RCM requiere una información que se encuentre sistematizada y actualizada en el CMMS, RCM produce como resultado documentación que alimenta el CMMS para que en los planes de mantenimiento establecidos en RCM se realicen; el control del costo de mantenimiento empezará desde la elaboración de estos planes de mantenimiento, cada orden de trabajo emitida por INFOMANTE (CMMS de mantenimiento Planta Muña) debe tener asignados todos los recursos necesarios que han sido establecidos para realizar la tarea necesaria para que determinado MODO DE FALLA sea prevenido.

Todo el sistema de Gestión de la Planta facilita la práctica de RCM. El sistema de mantenimiento integrado tendrá con RCM una táctica que se complementa con todos los pilares del sistema de mantenimiento integrado, así:

El mantenimiento planeado establece las mejores técnicas de mantenimiento, aplicando RCM se establecerá la aplicación efectiva de estas técnicas, porque a todos los equipos no se le aplican las mismas técnicas de mantenimiento, esto dependerá de los modos de falla conocidos en los equipos y las actividades asignadas para prevenirlos.

La educación y entrenamiento de los operadores de mantenimiento y producción. RCM identifica necesidades de entrenamiento y adicionalmente los modos de falla de los equipos deben ser conocidos por los operadores de mantenimiento y producción, esto se puede tener en la base de datos del CMMS.

Gerenciamiento de datos, para determinar lo efectivo de RCM se llevan los indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y costo de mantenimiento.

En cuanto a los Análisis de Falla, el resultado de los análisis genera el establecer los modos de falla ó si es una falla conocida revisar los modos de falla y la efectividad de las actividades establecidas en el mantenimiento planeado.

Para el análisis de criticidad se creó un grupo interdisciplinario de producción y mantenimiento a inicios de.

En el mes de NIVIEBRE se conformará el primer grupo de RCM que trabajará en el Boque Veloz, uno de los equipos más críticos de la planta.

La actualización en el CMMS de mantenimiento ELLIPSE el arbol de equipos y las rutinas de mantenimiento.

Con esta estrategia de mantenimiento los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad se mejoran.

Si se conoce la tasa de falla de un equipo no reparable, es posible utilizar esta información para determinar el inventario requerido.

Una de las principales importancias del RCM es tener una buena confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en los equipos para reducir el costo de ciclo de vida económico del activo.

La vida útil de un equipo tiene generalmente una tasa de falla constante y es causada errores humanos, por un mantenimiento inadecuado, cargas aleatorias, eventos fortuitos, y puede ser controlada con redundancia o con un buen RCM enfocado por un excelente mantenimiento..

## BIBLIOGRAFIA

AIRON & STEEL. Technology Maintenance at Minimills effective but also efficient. Indianapolis :Aistech 2007.

GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander 2006,44p

GONZÁLES BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Edición en Español. Gran Bretaña: Aladon. 2004.

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. Bucaramanga. 2008 CD. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander.

PINILLA. Pablo. Sistemas de información. Bucaramanga. 2008 CD. Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

SILVA ROBLES. Wilson. Modelo de gestión de mantenimiento para la planta de cementos Andino, basado en la filosofía RCM2. Bucaramanga: 2006. Proyecto de grado (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica

## ANEXO A ARBOL DE EQUIPOS LA RECOLECCIÓN DE CRUDO 3 A

ELCIE3A

ELCIE3ABO

	MOTOBOMBAS ESTACION 3A LA CIRA
ELCIE3AP3531	BOMBA P3531 TRANS TB TEA A TKS SUMIDERO
ELCIE3AP3970	BOMBA-MOTOR P3970 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3971	BOMBA-MOTOR P3971 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3972	BOMBA-MOTOR P3972 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3973	BOMBA-MOTOR P3973 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3974	BOMBA-MOTOR P3974 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3975	BOMBA-MOTOR P3975 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3976	BOMBA-MOTOR P3976 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3977	BOMBA-MOTOR P3977 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3978	BOMBA-MOTOR P3978 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3979	BOMBA-MOTOR P3979 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3980	BOMBA-MOTOR P3980 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3981	BOMBA-MOTOR P3981 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3982	BOMBA-MOTOR P3982 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3983	BOMBA-MOTOR P3983 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3984	BOMBA-MOTOR P3984 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3985	BOMBA-MOTOR P3985 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3990	BOMBA-MOTOR P3990 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3991	BOMBA-MOTOR P3991 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3993	BOMBA-MOTOR P3993 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3994	BOMBA-MOTOR P3994 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3996	BOMBA-MOTOR P3996 INYECCION QUIMICO E3A
ELCIE3AP3997	BOMBA-MOTOR P3997 INYECCION QUIMICO E3A

ELCIE3AMECR2		PATIN 2 MEDICION CRUDO SALIDA EST3A LCI
	ELCIE3AITRP2	TRANSMISOR PRESION PATIN 1 MEDICION 3A
	ELCIE3ALFQD2	CONTADOR DE FLUJO PATIN 1 EST 3A LA CIRA
	ELCIE3AMFLC2	MEDIDOR DE FLUJO PATIN No2
	ELCIE3ATMTT2	TRANSMISOR DE TEMPERATURA PATIN 2 EST3A
ELCIE3AMEDCR		PATIN 1 MEDICION CRUDO SALIDA EST 3A LCI
	ELCIE3AITRP	TRANSMISOR PRESION PATIN 1 MEDICION 3A
	ELCIE3ALFQD	CONTADOR DE FLUJO PATIN 1 EST 3A LA CIRA
	ELCIE3AMEFLC	MEDIDOR DE FLUJO MARCA BROOKS INSTRUMENT
	ELCIE3ATMTT	TRANSMISOR DE TEMPERATURA PATIN 1 EST3A
ELCIE3ARCAA		ACONDICIONADOR DE AIRE EST. RECOLECC 3A
ELCIE3ARC		SISTEMA REDES ESTACION 3 CAMPO LA CIRA
ELCIE3ASC		CONJUNTO SEPARADORES ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AV3401	BOTA SEPARADOR V-3401 ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AV3402	BOTA SEPARADOR V-3402 ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AV3403	BOTA SEPARADOR V-3403 ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AV3501	DEPURADOR V-3501 ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AV3502	TAMBOR DE TEA V-3502 ESTACION 3A LCI
ELCIE3ASCI		SISTEMA CONTRAINCENDIO ESTACION 3A LCI
	ELCIE3AB3831	BOMBAMOTOR P3831 CONTRAINCENDIO DIESEL
		ELCIE3A3831B BOMBA DIESEL P3831 ESTACION 3A LA CIRA
		ELCIE3A3831M MOTOR DIESEL P3831 ESTACION 3A LA CIRA
	ELCIE3AB3832	BOMBAMOTOR P3832 CONTRAINCENDIO ELECTRIC
		ELCIE3A3832B BOMBA P3832 ESTACION 3A LA CIRA
		ELCIE3A3832M MOTOR P3832 ESTACION 3A LA CIRA
	ELCIE3AP3833	MOTOR-BOMBA P3833 JOCKEY CONTRAINCENDIO
		ELCIE3A3833B BOMBA DE LA MOTOR-BOMBA P3833 JOCKEY

	ELCIE3A3833M	MOTOR DE LA MOTOR-BOMBA P3833 JOCKEY
ELCIE3AP3834		MOTOR-BOMBA P3834 JOCKEY CONTRAINCENDIO
	ELCIE3A3834B	BOMBA DE LA MOTOR-BOMBA P3834 JOCKEY
	ELCIE3A3834M	MOTOR DE LA MOTOR-BOMBA P3834 JOCKEY
ELCIE3TK3811		TANQUE CONTRAINCENDIO TK3811 EST 3A LCI
ELCIE3ASIBOM		SISTEMA DE BOMBEO ESTACION 3A LA CIRA
	ELCIE3AP3731	BOMBAMOTOR 3731 DE CRUDO EST 3ALCI
	ELCIE3A3731B	BOMBA P-3731 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3A3731M	MOTOR P-3731 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3AP3732	BOMBAMOTOR 3732 DE CRUDO EST 3ALCI
	ELCIE3A3732B	BOMBA P-3732 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3A3732M	MOTOR P-3732 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3AP3733	BOMBAMOTOR 3733 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3A3733B	BOMBA P-3733 DE CRUDO EST 3A LCI
	ELCIE3A3733M	MOTOR P-3733 DE CRUDO EST 3A LCI
ELCIE3ATK		TANQUES ALMACENAMIENTO ESTACION 3ALCI
	ELCIE3TK3411	TANQUE GUN BARREL TK3411 EST 3A LCI
	ELCIE3TK3412	TANQUE GUN BARREL TK3412 EST 3A LCI
	ELCIE3TK3413	TANQUE GUN BARREL TK3413 EST 3A LCI
	ELCIE3TK3711	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3711 EST 3A LCI
	ELCIE3TK3712	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3712 EST 3A LCI
	ELCIE3TK3713	TANQUE ALMACENAMIENTO TK3713 EST 3A LCI
ELCIE3ASTA		SISTEMA DE TRANSFERENCIA AGUA A PTA 5A
	ELCIE3AWBO	BOMBAS DE TRANSFERENCIA AGUA A PTS
	ELCI3AP3631A	MOTOBOMBA P-3631-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3631B	BOMBA P-3631-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3631M	MOTOR P-3631-A TRANSFERENCIA PTA5A

ELCIE3ATAR	ELCI3AP3632A	P-3632-BMOTOBOMBA TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3632B	BOMBA P-3632-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3632M	MOTOR P-3632-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3633A	MOTOBOMBA P-3633-C TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3633B	BOMBA P-3633-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3633M	MOTOR P-3633-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3634A	MOTOBOMBA P-3634-D TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3634B	BOMBA P-3634-A TRANSFERENCIA PTA5A
	ELCI3AP3634M	MOTOR P-3634-A TRANSFERENCIA PTA5A
		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	ELCI3ADE3621	S3621 CELDAS DE FLOTACION 100KBWPD EST3A
	ELCI3DE3621A	AGITADORES CELDA FLOTACION 3621 100KBWPD
	DE36216AG1	AGITADOR1 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36216AG2	AGITADOR2 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36216AG3	AGITADOR3 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36216AG4	AGITADOR4 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
ELCI3ADE3622	S3622 CELDAS DE FLOTACION 100KBWPD EST3A	
ELCI3DE3622A	AGITADORES CELDA FLOTACION 3622 100KBWPD	
	DE36226AG1	AGITADOR1 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36226AG2	AGITADOR2 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36226AG3	AGITADOR3 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
	DE36226AG4	AGITADOR4 WEMCO 100KBWPD EST 3A LCI
ELCIE3AART	TRAMPAS API AGUAS RESIDUALES EST3A	
ELCIE3AP3639	BOMBA-MOTOR API P3639 CRUDO A TKS	
	ELCIE3A3639B	BOMBA API P3639 CRUDO A TKS
	ELCIE3A3639M	MOTOR API P3639 CRUDO A TKS
ELCIE3TK3611	TANQUE SKIMMING TANK TK3611 EST 3A LCI	

ELCIE3TK3612	TANQUE SKIMMING TANK TK3612 EST 3A LCI	
ELCIE3TK3613	TANQUE SKIMMING TANK TK3613 EST 3A LCI	
ELCIE3TK3614	TANQUE SKIMMING TANK TK3614 EST 3A LCI	
ELCIE3TK3615	ELCI3AP3635	BOMBA CENTRIFUGA TURCO P3635 EST3A
	ELCIE3A3635B	BOMBA P3635 ESTACION 3A LA CIRA
	ELCIE3A3635M	MOTOR P3635 ESTACION 3A LA CIRA
ELCIE3TK3615	TANQUE SKIMMING TANK TK3615 EST 3A LCI	
ELCIE3TK3619	ELCI3AP3636	BOMBA CENTRIFUGA TURCO P3636 EST 3A
	ELCIE3A3636B	BOMBA P3636 ESTACION 3A LA CIRA
	ELCIE3A3636M	MOTOR P3636 ESTACION 3A LA CIRA
ELCIE3TK3619	TANQUE SUMIDERO TK3619 EST 3A LCI	
ELCIE3TK3620	ELCIE3AP3640	BOMBA-MOTOR P3640 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3640B	BOMBA P3640 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3640M	MOTOR P3640 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3AP3641	BOMBA-MOTOR P3641 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3641B	BOMBA P3641 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3641M	MOTOR P3641 TRANSF A SKIMMING TANK
ELCIE3TK3620	TANQUE SUMIDERO TK3620 EST 3A LCI	
ELCIE3ATEA	ELCIE3AP3642	BOMBA-MOTOR P3642 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3642B	BOMBA P3642 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3642M	MOTOR P3642 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3AP3643	BOMBA-MOTOR P3643 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3643B	BOMBA P3643 TRANSF A SKIMMING TANK
	ELCIE3A3643M	MOTOR P3643 TRANSF A SKIMMING TANK
ELCIE3AL2412	UNIDAD ATRAPA LLAMA DFA-2412 3A LCI	
ELCIE3AUF	FACILIDADES ESTACION 3A LCI	

ELCIE3AALUM	ALUMBRADO ESTACION 3A
ELCIE3ASCA	SISTEMA COMPRESION AIRE A INSTRUMENTOS
ELCIE3AACU	ACUMULADOR DE AIRE A INSTRUMENTOS EST3A
ELCIE3AC6381	UNIDAD COMPRESORA IR1 AIRE A INS C6381
ELCIE3AC6382	UNIDAD COMPRESORA IR1 AIRE A INS C6382
ELCIE3ASCASE	SECADOR IR SIST COMPRESION DE AIRE A INS

ANEXO B MODULO MCQ 620 ELLIPCE CREACION Y CONSULTA DE ORDENES DE TRABAJO

**Work Order (LCI - LA CIRA INFANTAS \*\*PROD)**

WorkOrder Edit View Tools Help

Save [Icons]

Work Order No: 00029327 or Prefix: Task No: 001 District Code: LCI  WO  Task

Work Order Desc: RUTINA SEMESTRAL DE DESINFECCION DE TKS [New Description]

**Autorizado**

Definition Planning **Tasks** Scheduling Costs Cost Allocation Address Completion Job Codes History Reference Codes

No of Tasks: 6 Tasks Complete: 0 Highest Task No: 6

	WDTa...	WO Tsk Desc	Work Group	Crew	Assign To	TaskStatusD	Start Date	Finish Date	Offset Days	Linked	Task Dur H
▶	1 001	RETIRO DE LODOS	MDDITK		C3751025	Autorizado	09/11/2010	10/11/2010	0		15.
	2 002	DESINFECCION	MDDITK		C3751025	Autorizado	10/11/2010	10/11/2010	1		10.
	3 003	LAVADO DEL TANQUE	MDDITK		C3751025	Autorizado	11/11/2010	15/11/2010	2		24.
	4 004	RETIRAR INSTRUMENTACION	MDDIIN			Autorizado	09/11/2010	09/11/2010	0		1.
	5 005	INSTALAR INSTRUMENTACION	MDDIIN			Autorizado	11/11/2010	11/11/2010	2		1.
	6 006	COLOCAR PLATINA	MDDISR			Autorizado	09/11/2010	09/11/2010	0		2.

Start MSProject Load Tasks to Project Update Tasks from Project Show

## ANEXO C MODULO 700 ELLIPSE CREACION Y CONSULTA RUTINAS DE MANTENIMIENTO

**Search for Maintenance Schedule Task**

MST Edit View Tools Help

Search

Equipment: ELCIYP5TB1  
 EGI:  
 Productive Unit  
 Component Code:  
 Modifier Code:  
 Task Number:  
 Work Group:  
 District Code: LCI  
 Excl Inactive Tasks

Search  
New Search

	Equipment Number	Comp Code	Mod Code	Task	Sched Ind	Freq	Work Grp	Std Job	Task Description	Job Desc	Last Perfor...	Last Schedu...	Next Sch Date	Work O
1	ELCIYP5TB1	EMEL		1140	1	49	MDDICBM	CBML02	CBM:TOMA DE VIBRACIONES DE EQ ROTATIVOS.	MONITOREAR	16/09/2010	29/10/2010	17/12/2010	
2	ELCIYP5TB1	MBCE		1110	1	126	MDDIIN	EI3048	RUTINA 126 DIAS INSTRUMENTOS TURBINA SOLAR	REVISAR		30/11/2010	05/04/2011	
3	ELCIYP5TB1	MBCE		9110	1	378	MDDIEE	EM0099	RUTINA 126 DIAS BOMBAS CENTRIF BYRON JACKSON	REVISAR	23/07/2010	17/11/2009	30/11/2010	
4	ELCIYP5TB1	MBCE		9120	1	126	MDDIEE	EM0097	RUTINA 63 DIAS BOMBAS CENTRIF BYRON JACKSON	REVISAR	14/09/2010	30/11/2010	05/04/2011	
5	ELCIYP5TB1	MBCE		9130	1	63	MDDIEE	EM0096	RUTINA 63 DIAS BOMBAS CENTRIF BYRON JACKSON	REVISAR	14/09/2010	30/11/2010	01/02/2011	

5 matches

ANEXO D MODULO 168 ELLIPSE CONSULTA DE REPUESTOS

**CONSULTAR EXISTENCIAS ( LCI - LA CIRA INFANTAS \*\*PROD )**

File Edit Tools Help

OK  Revert      Revisar Inventario en Almacén Busqued Cod Ref

Cód. de Stock:

o Nro Parte:

o Coloquial:

o Equip Ref/EGI:

o Mnemonico de Fabricante:

Grupo-Clase:

INC:

Descripcion del Item | General | **Existencias** | Provisión | Consumo

INC:

Descripción:

Acción:

MSM178A ~