

OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAS VÁLVULAS MOV 8670C DE
HIDROCARBUROS EN ECOPETROL

EDWIN ARGEMIRO ROMERO CORTÉS

CÓDIGO ESTUDIANTE 201619014114
CÉDULA 91442196

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA
MEDELLÍN - COLOMBIA
2017

OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAS VALVULAS MOV 8670C DE
HIDROCARBUROS EN ECOPETROL

EDWIN ARGEMIRO ROMERO CORTÉS
CÓDIGO ESTUDIANTE 201619014114
CÉDULA 91442196

TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO DE MAGISTER EN
INGENIERIA

DIRECTOR
PH.D LUIS ALBERTO MORA GUTIERREZ

UNIVERSIAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA
MEDELLIN-COLOMBIA
2017

CONTENIDO

	CONTENIDO	4
	ILUSTRACIONES	7
	ECUACIONES	8
0	PRÓLOGO	9
0.1	INTRODUCCION	9
0.2	JUSTIFICACION	9
0.3	ANTECEDENTES	11
0.4	OBJETIVOS	11
0.4.1	General.....	13
0.4.2	Específicos	13
0.4.2.1	Uno – Fundamentos.....	13
0.4.2.2	Dos – MOV	13
0.4.2.3	Tres – DATOS.....	13
0.4.2.4	Cuatro - PLANES DE RCM, IRCMS.....	13
0.4.2.5	Cinco – CONCLUSIONES.....	13
0.5	DESCRIPCION DE LOS OBJETIVOS.-CAPITULOS	14
0.6	CONCLUSIONES DE CAPITULO 0.....	14
1	FUNDAMENTOS DE MANTENIMIENTO.....	15
1.1	OBJETIVO.....	15
1.2	INTRODUCCION AL CAPÍTULO 1	15
1.3	DESARROLLO.....	15
1.3.1	Mantenimiento.....	15
1.3.2	Niveles de mantenimiento	16
1.3.3	Nivel instrumental.....	16
1.3.4	Nivel operacional	17
1.3.4.1	Mantenimiento Correctivo.....	17
1.3.4.2	Mantenimiento preventivo	18
1.3.4.3	Mantenimiento modificativo.....	18
1.3.4.4	Mantenimiento predictivo.....	19
1.3.5	Nivel táctico de mantenimiento.....	20

1.3.6	Nivel estratégico de mantenimiento.....	21
1.3.7	TPM mantenimiento productivo total.....	21
1.3.7.1	Pilares del TPM.....	22
1.3.8	Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).....	24
1.3.8.1	Historia del RCM.....	24
1.3.8.2	Normas SAE JA 1011 Y 1012.....	25
1.3.8.3	RCM: Las siete preguntas básicas.....	28
1.3.8.4	Funciones.....	29
1.3.8.5	Fallas Funcionales.....	29
1.3.8.6	Análisis de Modos de Fallas.....	30
1.3.8.7	Efectos de Fallas.....	30
1.3.8.8	Consecuencias de las Fallas.....	30
1.3.9	Análisis de la metodología FMECA.....	31
1.3.9.1	RPN. Numero Prioritario de riesgo.....	31
1.3.9.2	Severidad RPN1.....	33
1.3.9.3	Probabilidad del evento RPN2 - Ocurrencia.....	34
1.3.9.4	Facilidad de detección RPN3.....	34
1.3.10	Software de IRCMS.....	34
1.3.11	CMD Confiabilidad Disponibilidad Mantenibilidad.....	53
1.3.12	Confiabilidad.....	54
1.3.13	Mantenibilidad.....	54
1.3.14	Disponibilidad.....	54
1.3.15	Mantenimientos de Clase Mundial, World Class Maintenance- WCM).....	55
1.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO UNO.....	59
2	ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	60
2.1	OBJETIVO.....	60
2.2	INTRODUCCION AL CAPITULO DOS.....	60
2.3	DESARROLLO.....	60
2.3.1	COMPONENTES REPRESENTATIVOS.....	61
2.3.2	VISTA INTERNA DE LOS COMPONENTES DEL ACTUADOR.....	61
2.3.3	DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES.....	62
2.3.3.1	Motor Eléctrico.....	62
2.3.3.2	Columna Central.....	63

2.3.3.3	Caja de engranajes.	64
2.3.3.4	Acople o Drive Bushing.	65
2.3.3.5	Componentes Electrónicos.....	67
2.3.3.6	Tarjeta Principal.	69
2.3.3.7	Tarjeta de procesamiento.....	70
2.3.3.8	Tarjeta de potencia.....	70
2.3.3.9	Sensor de posición.....	71
2.3.3.10	Características del actuador.....	73
2.6.1	Válvulas de compuerta.	74
2.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO DOS	75
3	DATOS RCM IRCMS	76
3.1	OBJETIVO.....	76
3.2	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO TRES.....	76
3.3	DESARROLLO.....	76
3.3.1	INFORMES DEL SOFTWARE.	76
3.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO TRES	89
4	PLANES DE RCM IRCMS.....	90
4.1	Objetivo 4	90
4.2	INTRODUCCION AL CAPITULO CUATRO	90
4.3	Desarrollo.....	90
4.4	ANALYSIS DETAIL REPORT	90
4.5	CONCLUSIONES DEL CAPITULO CUATRO.....	147
5	CONCLUSIONES.....	148
5.1	OBJETIVO.....	148
5.2	DESARROLLO.....	148
	BIBLIOGRAFIA	149

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Secuencias lógicas de objetivos.	12
Ilustración 2 - Aplicación de acciones y tácticas.....	21
Ilustración 3 - Ocho pilares del TPM.	22
Ilustración 4 - Perspectiva tradicional de las fallas de los equipos.....	25
Ilustración 5 - Conceptos de fallas en equipos según Moubray.	27
Ilustración 6 - Componentes de un programa de RCM.	28
Ilustración 7 - Diagrama de flujo de proceso de RCM.....	29
Ilustración 8 - NPR - Número de Riesgo Prioritario- RPN Risk Priority Number .	32
Ilustración 9 - Calificación de Riesgo = Severidad por Ocurrencia en el iRCM }	35
Ilustración 10 - Tabla jerárquica de Riesgo en el software iRCMS.....	41
Ilustración 11 - Hoja Decisional de ALADON	42
Ilustración 12 - Secuencia RCM.....	45
Ilustración 13 - Tareas Factibles de Mantenimiento en iRCM	45
Ilustración 14 - Curva de Davies – Bañera.....	56
Ilustración 15 - Actuador eléctrico con su válvula en planta.....	60
Ilustración 16 - Componentes del Actuador Eléctrico.....	61
Ilustración 17 - Ubicación de cada componente en el actuador.	62
Ilustración 18 - Motor eléctrico.	63
Ilustración 19 - Columna central.....	64
Ilustración 20 - Caja de Engranajes.	65
Ilustración 21 - Acople o Drive Bushing.....	66
Ilustración 22 - Acople o Drive Bushing con su Brida y alojamiento.....	66
Ilustración 23 - Acople o Drive Bushing como va en el vástago de la válvula.	67
Ilustración 24 - Tarjeta principal o Board con su displayer.	69
Ilustración 25 - Tarjeta de procesamiento o firmware.....	70
Ilustración 26 - Tarjeta de potencia.	71
Ilustración 27 - Como está instalada la tarjeta del sensor de posición.	72
Ilustración 28 - Tarjeta del sensor de posición.	72
Ilustración 29 - Datos de placa del actuador.	73
Ilustración 30 - Válvulas de compuertas.....	74
Ilustración 31 - Función principal de la MOV 8670C	76
Ilustración 32 - Tarea de mantenimiento de la función principal	77
Ilustración 33 - Función principal de la MOV	78
Ilustración 34 - Tareas de mantenimiento de la función principal.....	78
Ilustración 35 - <i>Reporte FMECA página 1 a 8</i>	81
Ilustración 36 - Diferentes informes del iRCMs	90
Ilustración 37 - Informes de mejoras a realizar en el mantenimiento MOV	91
Ilustración 38 - Informes Típicos Gerenciales iRCMs.....	91

ECUACIONES

Ecuación 1 - Relación de disponibilidad.....	55
----------------------------------------------	----

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCION

Una adecuada gestión del mantenimiento, va orientada a determinar, organizar y administrar los recursos de mantenimiento, con el objeto de lograr la más alta disponibilidad de los equipos con un eficiente desempeño económico de las compañías.

Por eso la idea es mantener confiables las MOV¹ de hidrocarburos en Ecopetrol.

En las plantas, tanques, para la estabilidad, de la operación y el cumplimiento de los compromisos con los clientes.

En los últimos años en Ecopetrol se ha retado el aumento de la disponibilidad de los equipos basados en una política de mantenibilidad proactiva, preventiva, y predictiva del 80% y 20% correctiva esperando que las MOV sean más confiables actualmente las metas de disponibilidad de equipos no han logrado los resultados esperados puesto que se han presentado fallas repetitivas así llevando las plantas a disminuir su confiabilidad operativa, afectando el suministro de productos, incrementando los costos de mantenimiento de la operación y unidades.

0.2 JUSTIFICACION

En los últimos 2 años el precio del petróleo ha disminuido su precio hasta un 50% y las proyecciones de los precios internacionales no muestran, mejorar a corto plazo una recuperación, significativa ara aumentar sus ingresos, Ecopetrol espera mantener una mayor disponibilidad y confiabilidad a el precio más bajo posible, para seguir existiendo en el mercado.

Ante esta situación se propone implementar rigurosas estrategias de mantenimiento como RCM IRCMS lo importante en la metodología es de predecir las fallas para implementar mantenimientos preventivos predictivos a un bajo porcentaje de correctivo.

Estableciendo los niveles de los equipos y aplicando las teorías de RCM IRCMS a las MOV se lograra optimizar los planes de mantenimiento con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad aplicándose una política de mantenibilidad, adecuada, lo cual se ve reflejado en la disminución de los costos de mantenimiento para la optimización de los tiempos de reparación y aumento de tiempo entre fallas teniendo como base la aplicación de la norma ISO 14224.

¹ MOV - Válvulas Motorizadas

0.3 ANTECEDENTES

La evolución del mantenimiento como objeto de estudio es paralela al avance en los desarrollos tecnológicos que se encuentran al servicio del hombre a lo largo de la historia.

Desde que aparecen las primeras herramientas y utensilios para satisfacer las necesidades básicas del hombre, aparecen las actividades correctivas inherentes a los fallos que se presentan por diferentes motivos.

Las actividades son cada vez más complejas al igual que las maquinas, pero la medición de indicadores no es una prioridad ya que el mantenimiento no es una área estratégica para los negocios en esa época.

El enfoque de mantenimiento cambia con los años desde las acciones correctivas preventivas hacia la implementación de tácticas y estrategias con las que se organizan las actividades y los recursos con base en indicadores de costos y desempeño (Mora, 2009).

Solo hasta la década de 1980, la competitividad lleva a las industrias a hacer mediciones del desempeño de sus equipos para compararse con otras de su tipo y definir estrategias para avanzar tanto en el área de mantenimiento como en producción.

Ahora las compañías miden el desempeño de todas sus áreas y en todos sus niveles.

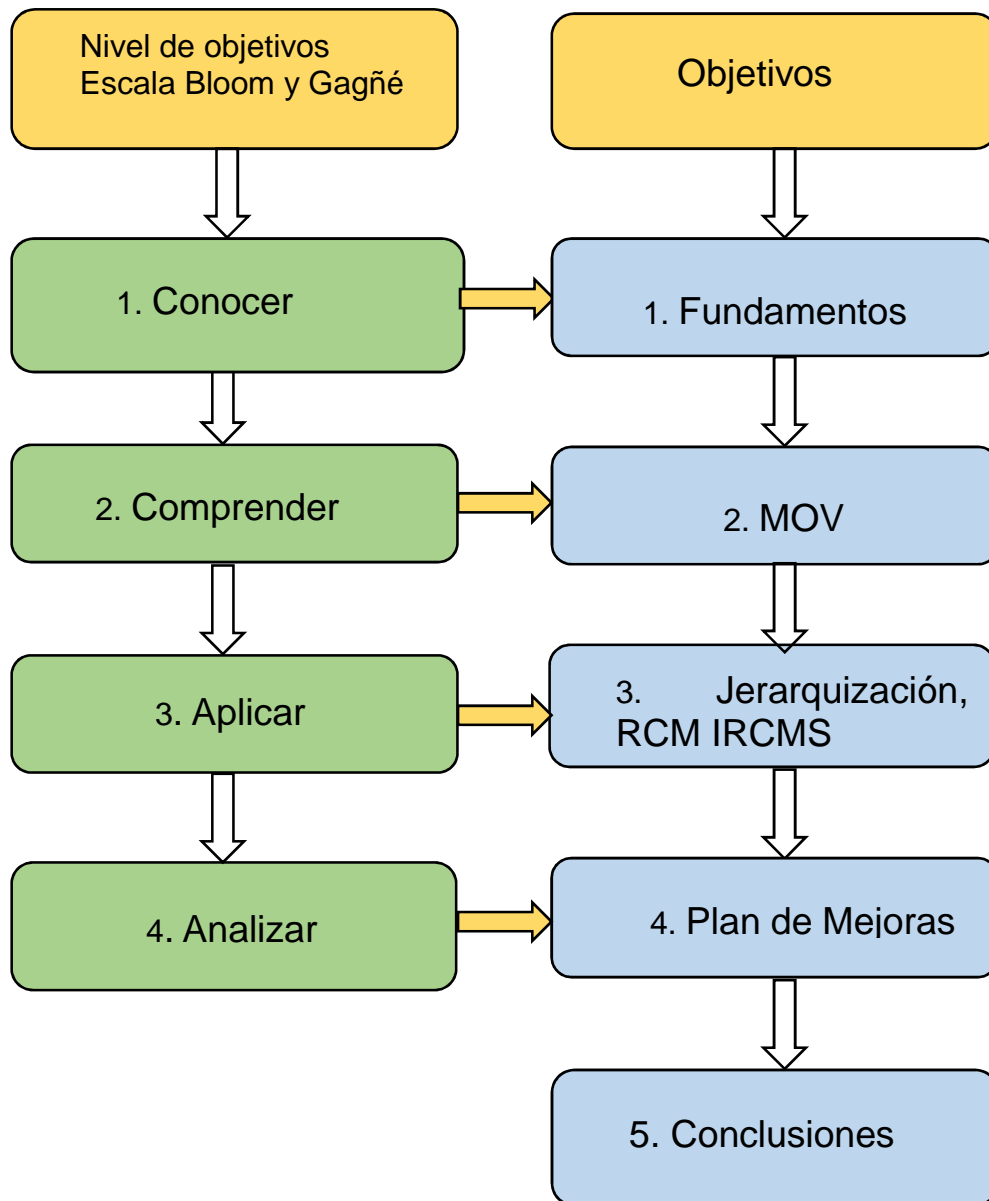
Para la implementación de un plan de mantenimiento, en RCM, IRCMS es una necesidad ante la demanda de sistemas productivos y eficientes y aunque es una metodología que se utiliza hace varias décadas a nivel mundial.

Es una propuesta que en Colombia se presenta como alternativa a los métodos tradicionales y que toma fuerza a la par con el crecimiento tecnológico del país.

0.4 OBJETIVOS

El esquema de los objetivos como base la teoría de Bloom y Gagné de la taxonomía de los objetivos de la educación, donde, el nivel de avance en el aprendizaje es paralelo a la acción propuesta en cada objetivo (Bloom, y otros, 2016).

Ilustración 1 - Secuencias lógicas de objetivos.



Benjamín Bloom, Robert Gagné, psicólogos norteamericanos destacados por sus publicaciones en el área de aprendizaje

(Bloom, y otros, 2016).

0.4.1 General

Relatar los pasos fundamentales de mantenimiento de válvulas motorizadas o actuadores eléctrico a través de la metodología RCM IRCMS, de Ecopetrol que manejan, hidrocarburos a partir de la jerarquización de los modos de fallas.

Los específicos contemplan el tratamiento explícito y detallado, de toda la cobertura del objetivo general.

0.4.2 Específicos

Se describen a continuación los objetivos que componen y conllevan al objetivo general

0.4.2.1 Uno – Fundamentos

Fundamentar los conceptos básicos de mantenimiento, RCM, mantenimiento centrado en la confiabilidad, IRCMS de riesgo y metodologías de mantenimiento con el fin de analizar el comportamiento y modos de fallas de las MOV en Ecopetrol para manejar hidrocarburos. Nivel 1 - Conocer.

0.4.2.2 Dos – MOV

Describir los factores de operación, y técnicas mecánicas de las válvulas motorizadas y sus componentes con las funciones que realiza, en el manejo de los hidrocarburos en Ecopetrol con el fin de analizar la información y optimizar los procesos de mantenimiento. En las MOV. Nivel 2 - Comprender.

0.4.2.3 Tres – DATOS

Validar la información para adaptarla a los sistemas de RCM, IRCMS, y poder hallar los modos de fallas y jerarquizarlos y así implementar metodologías de mantenimiento a la MOV. Nivel3 - Aplicar.

0.4.2.4 Cuatro - PLANES DE RCM, IRCMS

Proponer estrategias, tácticas para la optimización de mantenimiento correctivo, preventivo, a partir de la implementación de RCM, IRCMS, para generar una confiabilidad de los equipos Nivel 4 – Analizar.

0.4.2.5 Cinco – CONCLUSIONES

Concluir los principales resultados obtenidos de haber optimizado el mantenimiento de las MOV, en Ecopetrol.

0.5 DESCRIPCION DE LOS OBJETIVOS.-CAPITULOS

El proceso se inicia con un primer capítulo donde se entregan los fundamentos básicos de mantenimiento, de RCM, IRCMS, para comprender el resto del trabajo y poder alcanzar el objetivo general.

El segundo tema o capítulo aborda las principales características esenciales de las MOV, para poder comprender los tópicos y temas donde se aplica la optimización de mantenimiento en base de RCM, IRCMS.

El tercer objetivo aborda la organización de los datos fuente y su disposición para poder realizar el estudio, de RCM, IRCMS.

El último capítulo de desarrollo, el cuarto presenta las estrategias de mantenimiento aplicado para la optimización de los resultados, generando la estrategia, las acciones y las principales recomendaciones.

Las conclusiones del quinto capítulo, presentan los principales logros del proyecto, en relación a mantenimiento influyente en la operación de las MOV.

0.6 CONCLUSIONES DE CAPITULO 0

La estructura y las promesas descritas en esta sección inicial, estructuran el desarrollo del trabajo sobre RCM, IRCMS, de los actuadores eléctricos.

1 FUNDAMENTOS DE MANTENIMIENTO

1.1 OBJETIVO

Fundamentar los conceptos básicos de mantenimiento, RCM, mantenimiento centrado en la confiabilidad, IRCMS de riesgo y metodologías de mantenimiento con el fin de analizar el comportamiento y modos de fallas de las MOV en Ecopetrol para manejar hidrocarburos. Nivel 1 - Conocer.

1.2 INTRODUCCION AL CAPÍTULO 1

Este capítulo pretende desarrollar los conceptos de mantenimiento y su aplicación en la búsqueda de estrategias de mantenimiento, para aplicarlo al proyecto.

1.3 DESARROLLO

La descripción de los conceptos que enseña este capítulo es una fundamentación básica para comprender la optimización del mantenimiento en las MOV, que se desarrollan en capítulos posteriores.

1.3.1 Mantenimiento.

Para mantener la disponibilidad de los equipos en las industrias del petróleo, alimenticia y textil se debe realizar diferentes estrategias de mantenimiento que existen como TPM, RCM, IRCMS, y combinados RCM, IRCM Y TPM, CMD (Pronósticos de demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos, 2007c).

Se puede lanzar sin mucho riesgo la tesis de que mantenimiento, es un área de apoyo logístico a las áreas de operación, manufactura, aprovisionamiento o distribución, de cualquier empresa, que es netamente un área logística de servicio, que le sirve de apoyo a todos aquellos departamentos o áreas de la empresa que usan o tienen equipos para realizar su función principal (Dounce, 1998) (Kelly, y otros, 1998).

De acá se deduce que la función de mantenimiento se puede sintetizar, en brindar el soporte logístico para que los equipos mantengan su funcionalidad, con los máximos valores de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, utilización, con la máxima productividad, con la mayor competitividad y al menor costo posible (Sourís, 1992) (Duffuaa, y otros, 1995) (Mora, 2011).

Estos paradigmas, básicamente son los que enmarcan la ciencia mantenimiento y en especial en su definición magna como lo es la Terotecología (Yamashina, 1995) (Tsuchiya, 1995) (Rey, 2003) .

Por eso la función principal de mantenimiento es maximizar la disponibilidad que se requiere para mantener la producción de bienes y servicios al preservar el valor de las instalaciones para minimizar el deterioro de los equipos, logrando con el menor costo posible (Mora, 2011) (Mora, 2014).

1.3.2 Niveles de mantenimiento

En los cuatro niveles de mantenimiento comprende datos y elementos necesarios para que exista una gestión de mantenimiento, que incluye la información, de las maquinas, herramientas, y repuestos, de cada una de las técnicas, que se realiza en todo lo que ocurre en los equipos registros de las fallas, y reparaciones, las inversiones, y modificaciones que se le hagan a los equipos (Mora, 2014).

Por eso la implementación de mantenimiento implica la existencia de normas leyes, y procedimientos que gobiernan la forma de actuar en la empresas, y existen diferentes alternativas en la industrias, de pequeños, medianas, y grandes empresas.

Las diferentes estrategias de mantenimiento: como RCM, IRCM, TPM, TPM Y RCM combinadas, y RPN, CMD, son muy buenas implementándolas con la metodología, adecuada, y el momento, que viva la empresa, y condiciones de los equipos, las personas (Mora, 2014).

1.3.3 Nivel instrumental

El nivel instrumental de mantenimiento, está compuesto, por los elementos reales, requeridos en las empresas, para que exista un sistema de gestión, y operación.

Los elementos del nivel instrumental de mantenimiento son:

- Sistemas de información: la información es el epicentro de mantenimiento, es necesario determinar todos los signos vitales que ocurren para poder consolidar una estrategia adecuada de mantenimiento.
- Recurso Humano: Es el capital más valioso de la gestión de mantenimiento, está asociado con todas las personas de alto, medio y bajo nivel que laboran en el área incluye su nivel salarial, su motivación su entrenamiento, su capacitación, sus conocimientos, sus habilidades y competencias, su actuación en equipo, demás.
- Variables relacionadas con todos los funcionarios pensantes y laborales de mantenimiento. (Mora 2012 otros).
- Herramientas repuestos e insumos: son los elementos básicos para llevar a cabo las tareas correctivas o proactivas de mantenimiento, debe acomodarse a la estrategia y táctica general y manejo de inventarios repuestos e insumos de mantenimiento, de la empresa.

- Capital de trabajo: se refiere a todos los recursos económicos necesarios para adquirir insumos, equipos herramientas, tecnologías, documentos, etcétera y pagar los costos variables de todos los factores, sufragar los costos fijos de la organización.
- Espacio Físico.: Es la dimensión física de las instalaciones donde interactúa el mantenimiento con los equipos y servicios que desarrolla, para sus clientes internos o externos.
- Poder de Negociación: es el nivel o grado que alcanza la empresa para llevar a cabo negocios con sus clientes internos, externos, con sus proveedores intrínsecos o exógenos, es síntesis la capacidad para relacionarse como organización con su medio interno y externo.
- Tecnología: Es el conjunto de conocimientos técnicos, habilidades y competencias desarrolladas por el mantenimiento y la empresa, incluye también los adquiridos por compra o por franquicia, denota la capacitación y el grado de evolución intelectual de la organización, sus competencias y productos esenciales y todo lo relativo a la actividad científica de mantenimiento con las demás divisiones de la empresa.
- Recursos Naturales: son los recursos que él tiene a la mano en las cercanías físicas y geográficas de la empresa. Este ítem genera muchas oportunidades competitivas cuando se dispone de ellos en forma natural o cuando hay que conducirlos hasta la empresa. Incluye leyes de contaminación, conservación ecológica, manejo de agua, luz, energía.
- Planeación: es la capacidad que tiene el mantenimiento y la organización para diseñar su futuro y alcanzarlo, está referido a las metas, a los deseos que anhelan lograr en el presente y en el futuro (Mora, 2014).

1.3.4 Nivel operacional

El mantenimiento en el nivel operacional es de orden mental, es decir son las posibles acciones mentales, que puede desarrollar el hombre sobre las máquinas, su ejecución organizada lógicamente, y coherente, se puede implantar, los diferentes tipos de mantenimiento, correctivo, preventivo, predictivo, modificativo (Mora, 2011).

1.3.4.1 Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento es que el usuario detecta la falla cuando el equipo está en servicio o recién pierde su funcionalidad, ya sea al ponerlo en marcha o durante su utilización, y exige para su eficacia una buena y rápida reacción.

Existen dos tipos de tareas de orden correctivo.

El desvare, que consiste en aplicar una recuperación inmediata al equipo, para llevarlo a la condición de trabajo u operación, pero no necesariamente a sus condiciones estándares.

La reparación correcta y definitiva. Donde se tienen experiencias previas y similares y se conoce la causa raíz de la falla; esta reparación devuelve la maquina a sus condiciones estándares de producción y mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento correctivo son las que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o el sistema, tras la pedida para realizar su función se requiere una tarea de mantenimiento correctivo (Knezevic, 1996).

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

1.3.4.2 Mantenimiento preventivo

Es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos que puede en ocasionar paros a la producción o deterioro grave a la máquina.

El mantenimiento preventivo; se puede clasificar en dos versiones, una de ella cuando se basa en el tiempo ósea en la frecuencia de inspección y la segunda se basa en la condición de desgaste, (o denominada condición de estado) ambas metodologías permiten fijar con antelación la próxima inspección, a el elemento o la máquina.

Entre las formas que pueden aparecer en el uso de las acciones preventivas sobresalen, en donde el operario vela constantemente por todas las funciones sencillas de mantenimiento pudiendo anticiparse a graves averías, se basa en revisiones constantes de operación y del equipo (Mora, 2011).

1.3.4.3 Mantenimiento modificativo.

Este tipo de mantenimiento se aplica cuando no surge efecto ningún tipo de efecto en la funcionalidad del equipo, o se desea ampliar la capacidad del equipo y es cuando se da lugar a la aplicación de algunos instrumentos básicos o avanzados

de mantenimiento, para determinar la razón primaria la condición fuera del estándar.

Cuando la modificación no se hace como consecuencia de un estado de falla, si no con el fin de mejorar la productividad o elevar la confiabilidad de equipo, se puede hacer por envejecimiento del equipo, o por obsolescencia tecnológica.

1.3.4.4 Mantenimiento predictivo.

Estudia la evolución de ciertos parámetros, para asociarlos a la concurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué periodo de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de estándares, para así poder planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente para que esa avería nunca tenga consecuencias graves ni genere paradas imprevistas en los equipos.

La predicción del comportamiento de los parámetros se hace a través de las ciencias, matemáticas, estadísticas, proyectivas, prospectivas, correlacionales, aleatorias, univariantes, o multivariantes, una de las características más importantes de este tipo de acción de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal del equipo mientras se esté aplicando

La inspección de los parámetros se puede realizar en forma periódica o en forma continua, dependiendo de diversos factores son, los tipos de planta, los tipos de fallas diagnósticas y la inversión que se quiera realizar (Duffuaa, y otros, 1995).

Algunas ventajas del mantenimiento predictivo son.

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un efecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Realiza la verificación de la condición de estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual.
- Maneja y analiza un registro de información histórica vital, a la hora de la toma de decisiones técnicas en los equipos.
- Define los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándares.

- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilita la confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Provee el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Aplica el análisis estadístico del sistema.

El principal inconveniente del mantenimiento predictivo es de tipo económico. Para cada máquina es necesaria la instalación de equipos de medición de parámetros que puedan ser: presión, pérdidas de cargas, caudales, consumos energéticos, caída de temperatura, ruidos, vibraciones, agrietamientos. (Mora-2012).

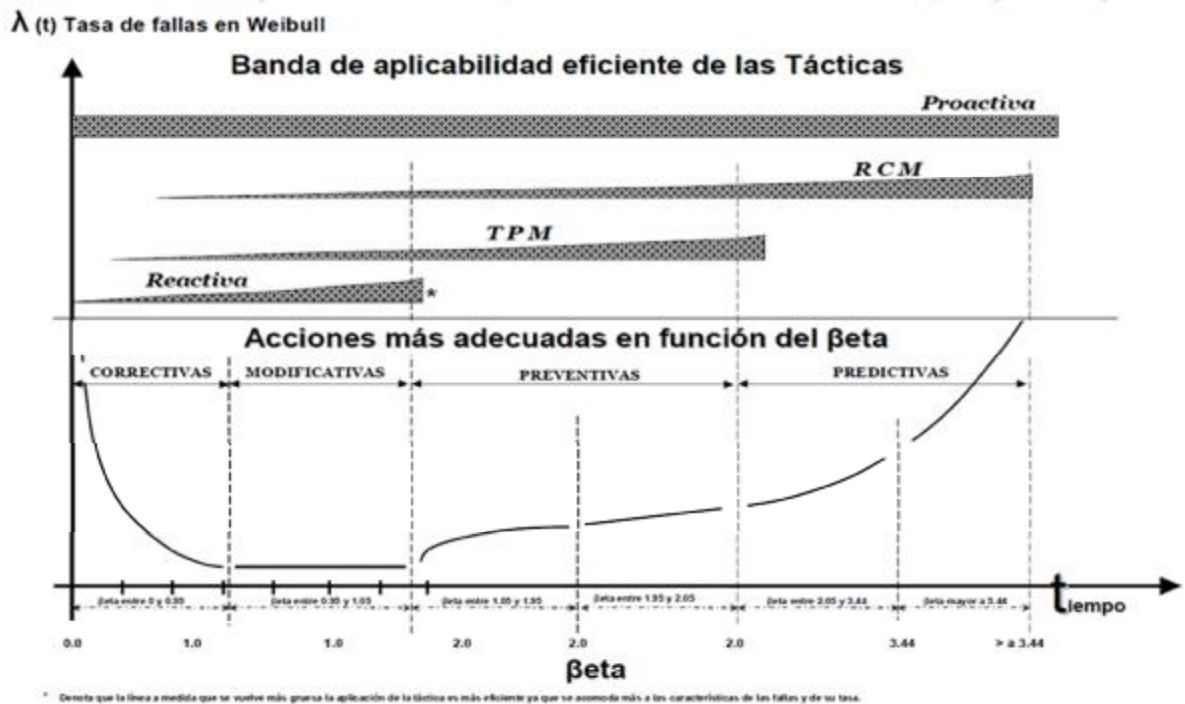
1.3.5 Nivel táctico de mantenimiento.

El nivel táctico según el enfoque Kantiano de mantenimiento, permite tener un mayor control sobre la ejecución, y la gestión del departamento de mantenimiento, para que una empresa alcance el nivel tres (táctico), se debe manejar la mayoría de instrumentos básicos, avanzados, genéricos y específicos de mantenimiento y debe comprender las diferentes acciones factibles a realizar.

En el evento que se desee implementar cualquiera de las tácticas y tenga falencias en el nivel instrumental, le toca devolverse hasta superar la implementación de las herramientas requeridas para su implementación.

La selección de una táctica se hace con base a las necesidades específicas de cada empresa, lo importante es que la táctica sea a fin de los primeros niveles de mantenimiento, y que siga un lineamiento de cuarto nivel, y debe ser al comportamiento de las fallas, y de la tasa de fallas y reparaciones descritas, por eso Davies, plantea diferentes alternativas, como CMD (Duffuaa, y otros, 1995).

Ilustración 2 - Aplicación de acciones y tácticas.



(Mora, 2014)

1.3.6 Nivel estratégico de mantenimiento.

El nivel estratégico permite medir los logros alcanzados de mantenimiento, de todo lo que se realiza en los tres primeros niveles, a través de aceptación, a nivel global y con el uso de metodologías soportadas en normas internacionales. (Mora-2012).

1.3.7 TPM mantenimiento productivo total.

Las industrias japonesas, después de la segunda guerra mundial, determinan que para competir eficazmente en el mercado internacional deben mejorar la calidad de sus productos; de esa forma del continente americano técnicas de manufactura y de administración las cuales rápidamente a sus sistemas industriales. (Mora-2008).

La introducción del TPM, en la industria debe, contar con el apoyo de la alta dirección, y la debe incorporar dentro de las políticas básicas de la compañía, y concretar metas tales, como el periodo del uso del equipo a más del 80% y reducir las fallas un 50% menos.

Una vez se establezcan las metas, cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupo en el lugar de trabajo, se debe

asegurar el cumplimiento de los objetivos en la empresa en TPM, los grupos pequeños establecen sus propios alcances basados en las metas de toda la empresa.

La implementación de un programa de TPM se puede lograr de un año hasta 3 años con un mejoramiento continuo, para lo cual requiere de un plan marco, que sirve para el desarrollo de las actividades de tal forma que se pueda dividir en etapas, y los grupos pueden realizar sus tareas, en la empresa.

El TPM, básicamente usa las acciones correctivas, preventivas, modificativas, y esporádicamente las predictivas, es el RCM, quien enfatiza más en estas. Es una táctica netamente de perfil humanista, sirve para empresas con situaciones difíciles en el recurso humano, en la producción y mantenimiento, es el programa ideal para empresas de proceso de crecimiento rápido y con deficiencia en clima laboral (Nakajima, y otros, 1991) (Rey, 2003).

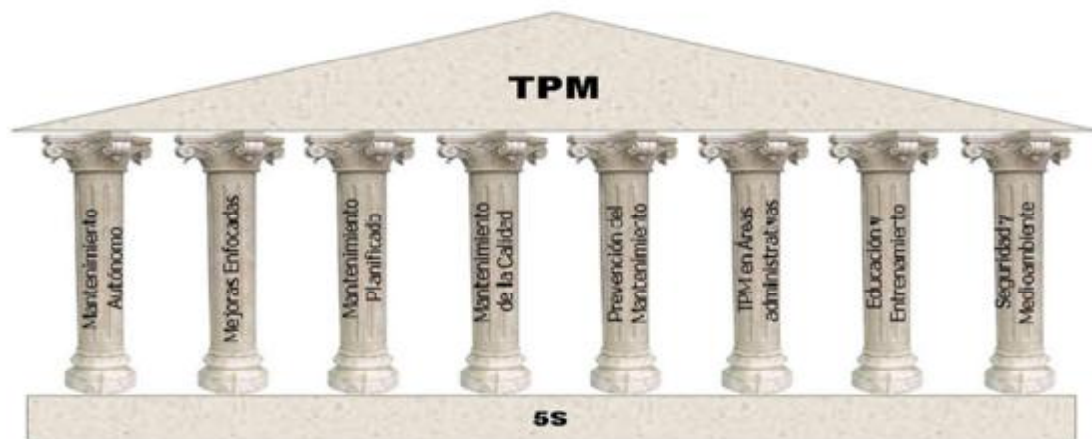
El TPM, tiene cuatro objetivos fundamentales que son: satisfacción del cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción, implicar a las personas a través del mantenimiento autónomo, el aprendizaje y la mejora continua (Smith, 1983).

La calidad es un aspecto fundamental y muy ligado al *TPM* (Wakefield, 1985) (Tsuchiya, 1995)(Yamashina, 1995) (Rey, 2003).

1.3.7.1 Pilares del TPM.

Los ocho pilares del TPM, permiten que la buena implementación en una empresa sea todo un éxito (Nakajima, y otros, 1991).

Ilustración 3 - Ocho pilares del TPM.



(Nakajima, y otros, 1991)

Los pilares son:

- Mejoras enfocadas – Kobetsu Kaizen; es el conjunto de diferentes tareas a realizar en grupos de personas, que permiten optimizar la efectividad de los equipos, plantas y proceso, su esfuerzo radica en cualquier pérdida existente en la empresa.
- Mantenimiento Autónomo – Jishu Hozen: Se basa en la activa participación de los operarios y de la persona de producción en mantenimiento, consiste en que estos realizan algunas actividades menores de mantenimiento (de baja o mediana tecnología), a la vez conservan el sitio de trabajo impecable.
- Mantenimiento planificado: el personal realiza acciones predictivas, preventivas y de mejoramiento continuo, que permiten evitar fallas en los equipos o sistemas de producción.
- Mantenimiento de la calidad – Hinshitsu Hozen: se trata de mantener las condiciones óptimas de la funcionalidad de los equipos, con el fin de no desmejorar la calidad de los productos en esos momentos en que se inicia y se mantiene la no funcionalidad adecuada de las máquinas o equipos.
- Mantenimiento Temprano – Prevención del Mantenimiento: son todas las tareas de la fase de diseño, construcción, montaje, operación de los equipos, que permiten garantizar la calidad de la operación y de los productos o bienes que generan las máquinas, pretende elevar y mantener al máximo posible la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Mantenimiento de las Áreas Administrativas: se trata de que las áreas de apoyo logístico a la operación, producción y mantenimiento, sean las más adecuadas para evitar pérdidas, con el fin de mejorar los procesos administrativos y de operación indirecta.
- Entrenamiento, educación, capacitación y crecimiento: se trata de establecer políticas que permitan todo el personal de producción y de otras áreas de la compañía que inciden en la ingeniería de las fábricas, se mantenga entrenado, educado y motivado, con las mejores prácticas internacionales y que permanentemente este creciendo en lo personal e institucional, de tal forma que puedan evitar y solucionar problemas, en la empresa.
- Seguridad, Higiene y Medio Ambiente: por medio de la aplicación de los instrumentos de mejoramiento continuo y 5 S, se garantiza la inexistencia o minimización de accidentes laborales o industriales, procura que todo el personal tenga la capacidad de evitar y prevenir riesgos, mantener unas condiciones adecuadas de higiene y seguridad con el puesto de trabajo y en las áreas productivas y pretende conservar el medio ambiente (Nakajima, y otros, 1991).

1.3.8 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

El RCM, (Reliability Centred Maintenance), es un proceso usado para determinar sistemática y científicamente que se debe hacer asegurar que los activos físicos continúen haciendo los que sus usuarios desean que hagan. Ampliamente reconocido por los profesionales de mantenimiento como la forma más “costo eficaz” de desarrollar estrategias de mantenimiento de clase mundial, RCM lleva a mejoras rápidas, sostenidas y sustanciales en la disponibilidad y con fiabilidad de planta, calidad de producto, seguridad e integridad ambiental (Moubray, 2004). El RCM se puede definir como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual (Moubray@, 2001).

EL RCM pone énfasis tanto en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

Integración: de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto 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.

Atención: en las tareas del mantenimiento que mayor incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

1.3.8.1 Historia del RCM.

En la actualidad es muy aceptada que la aviación comercial resulta ser la forma más segura para viajar. Al presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues.

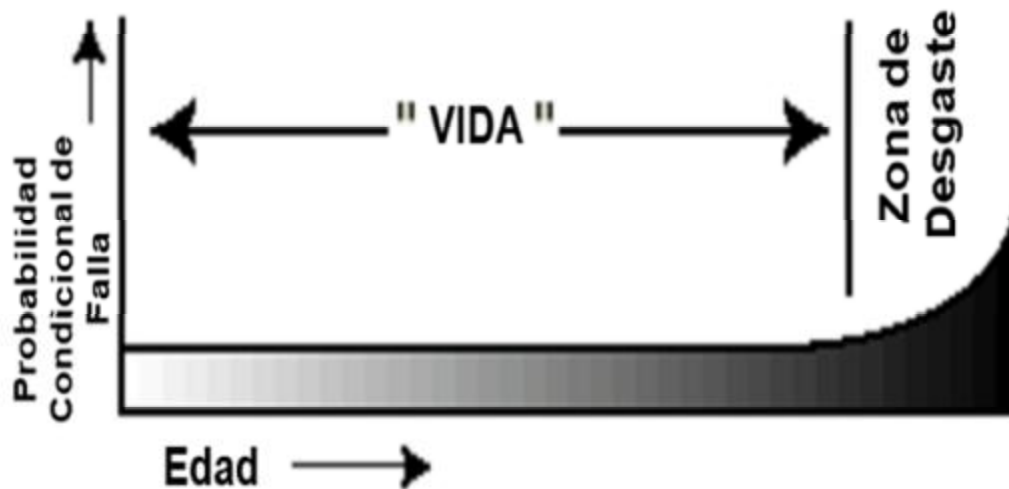
Sin embargo al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si en la actualidad se estuviera presentando la misma tasa de accidente, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. (Moubray, 2000).

La historia de la optimización del mantenimiento en la aviación comercial desde un cumulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “la forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

El RCM es uno de los procesos de mantenimiento desarrollado durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. estos procesos, el RCM es el más directo.

El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Satanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Realiability Centred Maintenance” /”Mantenimiento centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso.

Ilustración 4 - Perspectiva tradicional de las fallas de los equipos.



1.3.8.2 Normas SAE JA 1011 Y 1012.

En lo referente a la Norma SAE JA 1011, se dice que esta no presenta un proceso RCM estándar. Su título es: Criterios de Evaluación para procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Este estándar muestra criterios con los cuales se puede comparar un proceso. Si el proceso satisface dichos criterios, se lo considera un proceso RCM, caso contrario no lo es. (Esto no significa necesariamente que los procesos que no cumplan con el estándar SAE RCM no

resulten válidos para la formulación de estrategias de mantenimiento. Solo quiere decir que no se le debe aplicar el termino RCM a los mismos.).

Por su parte, en la norma SAE JA 1012, se establece que es una guía para la norma del RCM, pero no intenta ser un manual ni una guía de procedimientos para realizar el RCM. Aquellos que desean aplicar RCM están seriamente invitados a estudiar la materia en mayor detalle, y a desarrollar sus competencias bajo la guía de Profesionales RCM experimentados (Moubray@, 2001).

El principal objetivo del mantenimiento centrado en la confiabilidad es reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias (Sainz, 2008).

El RCM se define como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual (Wakefield, 1985) (Mora, 2014).

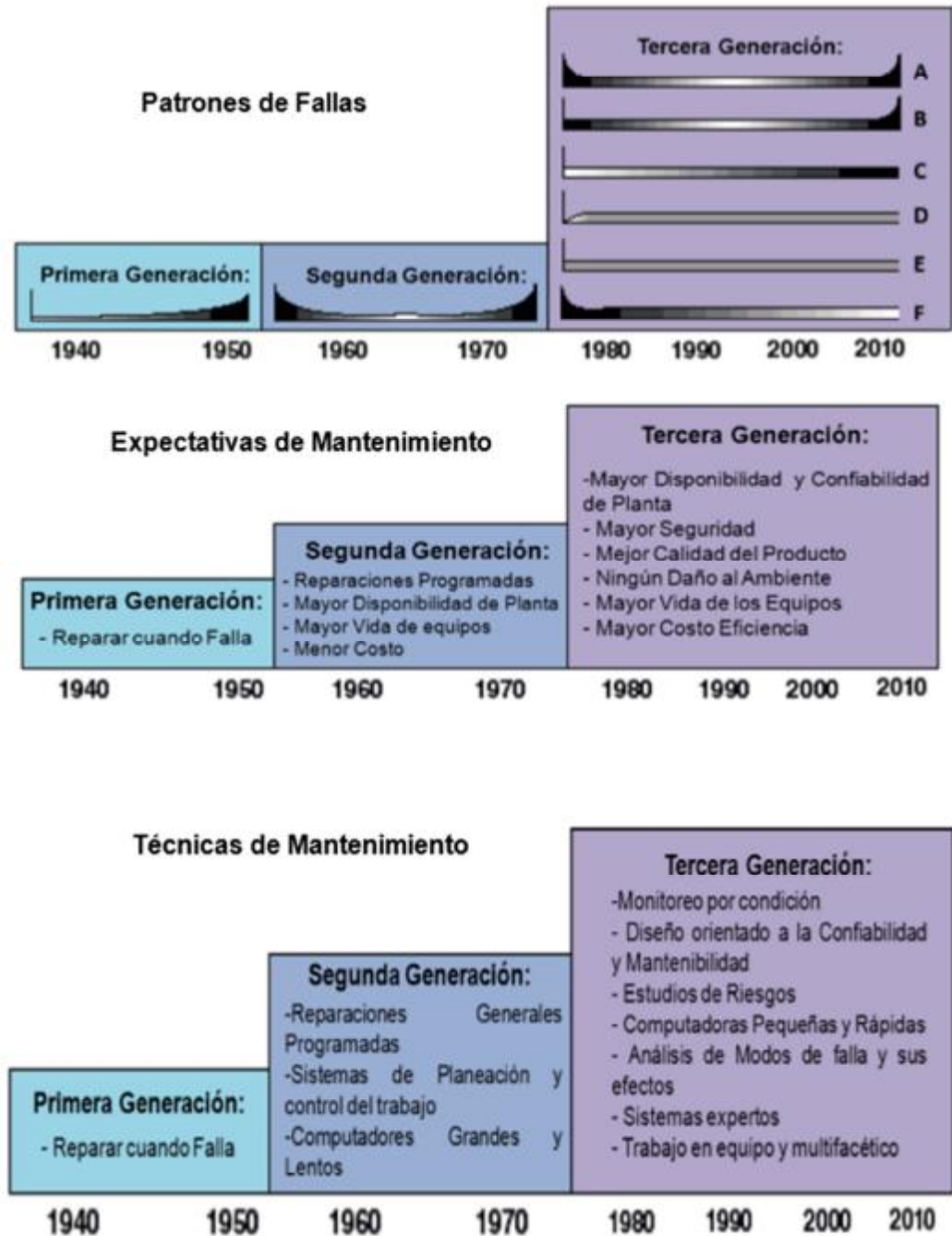
La norma SAE JA 1011 define mantenimiento centrado en la confiabilidad de la siguiente manera. RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional.

En el libro de RM II de Jhon Moubray el autor plantea la siguiente definición: RCM es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

EL RCM es el proceso usado para determinar el enfoque más efectivo del mantenimiento esto implica identificar acciones que cuando se toman reducen la probabilidad de falla de la forma más costo-efectiva buscando una mezcla óptima de acciones basadas por condición, acciones basadas en ciclos o en tiempos o el enfoque de operar hasta que falle.

En conclusión el RCM es un proceso que permite determinar las tareas mínimas de mantenimiento (Correctivo, Preventivo y Predictivo) necesarias para que los activos cumplan con su función en su contexto operacional. Los principales componentes del RCM están relacionados.

Ilustración 5 - Conceptos de fallas en equipos según Moubray.



(Moubray@, 2001)

Ilustración 6 - Componentes de un programa de RCM.



Fuente: NASA Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment.

1.3.8.3 RCM: Las siete preguntas básicas.

El RCM plantea siete preguntas básicas acerca del activo o sistema que se quiere revisar (Moubray@, 2001):

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociado 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 o predecir la falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Ilustración 7 - Diagrama de flujo de proceso de RCM.



Fuente: diapositivas de la especialización universidad Eafit.

1.3.8.4 Funciones.

Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional, el primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, o sea determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo, las funciones se dividen en dos categorías:

Funciones primaria, estas son la razón de ser del activo o para que se adquirió el activo.

Funciones Secundarias, son las funciones adicionales que cumple el activo, estas están relacionadas con confort, seguridad, apariencia, protección, regulaciones ambientales, etc.

1.3.8.5 Fallas Funcionales.

Estas se presentan cuando el activo no cumple una función primaria o secundaria de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable, se responde a la pregunta ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

1.3.8.6 Análisis de Modos de Fallas

Después de identificar las fallas funcionales hay que identificar los hechos posibles que puedan haber causado cada estado de falla se responde la pregunta ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?, dentro de estos modos de fallas se incluyen las causas por deterioro o desgaste, por errores humanos (operadores y personal de mantenimiento) y por errores de diseño. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado, las cinco causas de la pérdida de la capacidad son, deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme y errores humanos.

Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial, esto se presenta cuando hay sobrecarga deliberada sobre el activo de forma constante y sobrecarga no intencional constante o repentina.

Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

1.3.8.7 Efectos de Fallas.

En este paso se describe que pasa cuando ocurre un modo de falla, un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene?, al describir un efecto de falla debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- La forma en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el ambiente.
- La forma en que afecta producción o la operación.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

1.3.8.8 Consecuencias de las Fallas

En este paso se responde a la pregunta ¿En qué sentido es importante cada falla? Par determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuales no debido a las consecuencias de las fallas, se pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente, las consecuencias se dividen en cuatro grupos, las consecuencias por falla ocultas,

consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y no operacionales.

1.3.9 Análisis de la metodología FMECA.

Presenta dos opciones cuando se desconoce la causa de la falla y cuando se sabe de todas (o la mayoría), las fallas reales o potenciales con sus correspondientes causas. En el primero de los casos se utiliza el análisis de causas de fallas y en la segunda se aplica el procedimiento FMECA es posible confundir esta última metodología con la que se usa en RCM, en los parámetros de riesgo el RCM, utiliza severidad y ocurrencia FMECA, severidad ocurrencia y probabilidad de detección.

El procedimiento FMECA, tiene como función principal todas las tareas correctivas, modificativas o proactivas, a realizar de mantenimiento, después de haber realizado exhaustivamente el análisis de fallas el RCFA, el método FMECA, parte que ya se conocen todas las fallas reales y potenciales, y tiene un perfecto dominio de todas las funciones y auxiliares de la maquina o elementos a evaluar.

Por su parte el RPN, es jerarquizar cada una de las tareas a realizar en los diferentes elementos o equipos, con el fin de priorizar los esfuerzos de los equipos que más lo requieran acorde a su grado de criticidad.

El procedimiento FMECA, se puede aplicar en forma independiente, más sin embargo el RPN, es parte fundamental del FMECA.

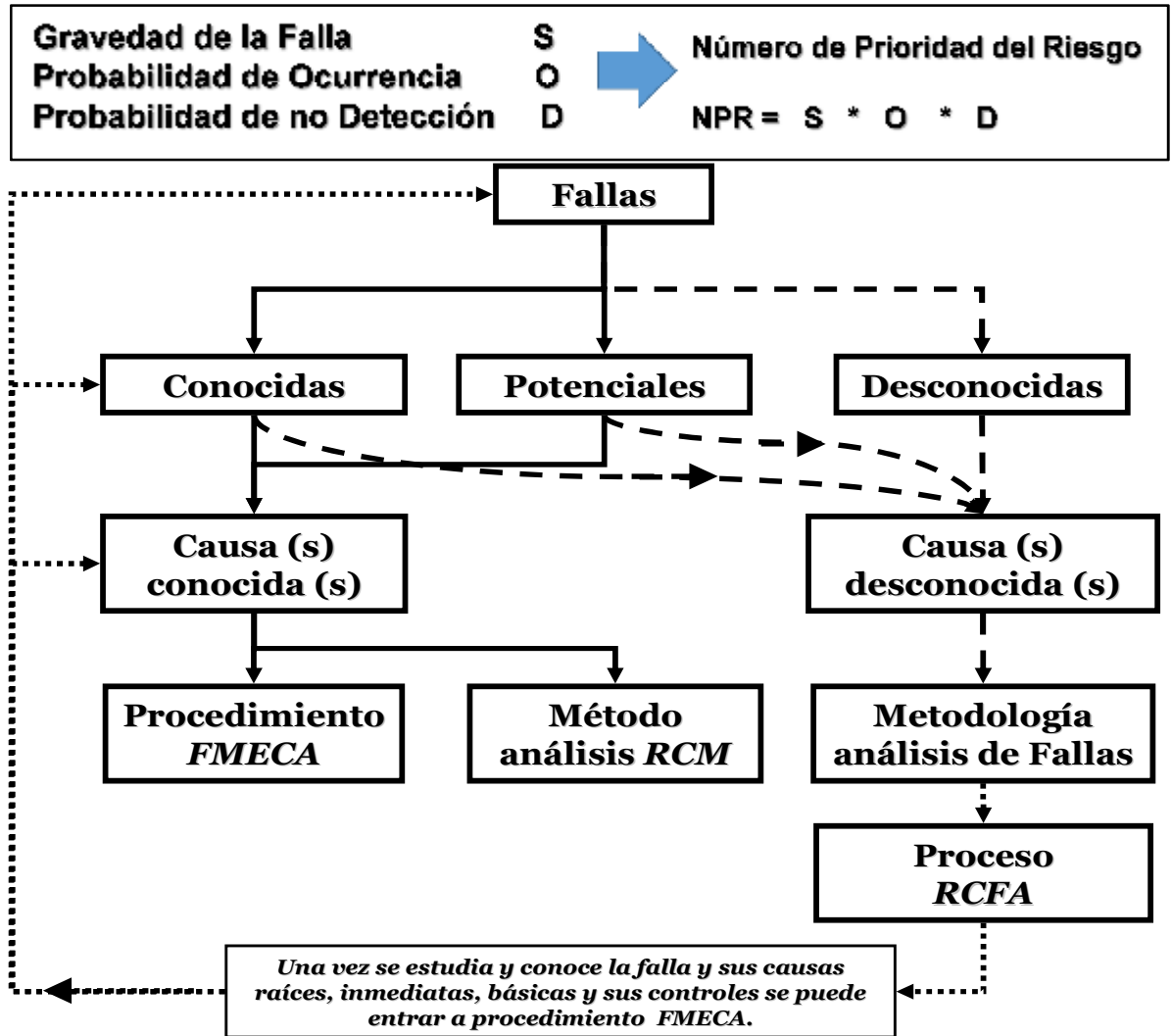
Etapas de desarrollo del FMECA, son:

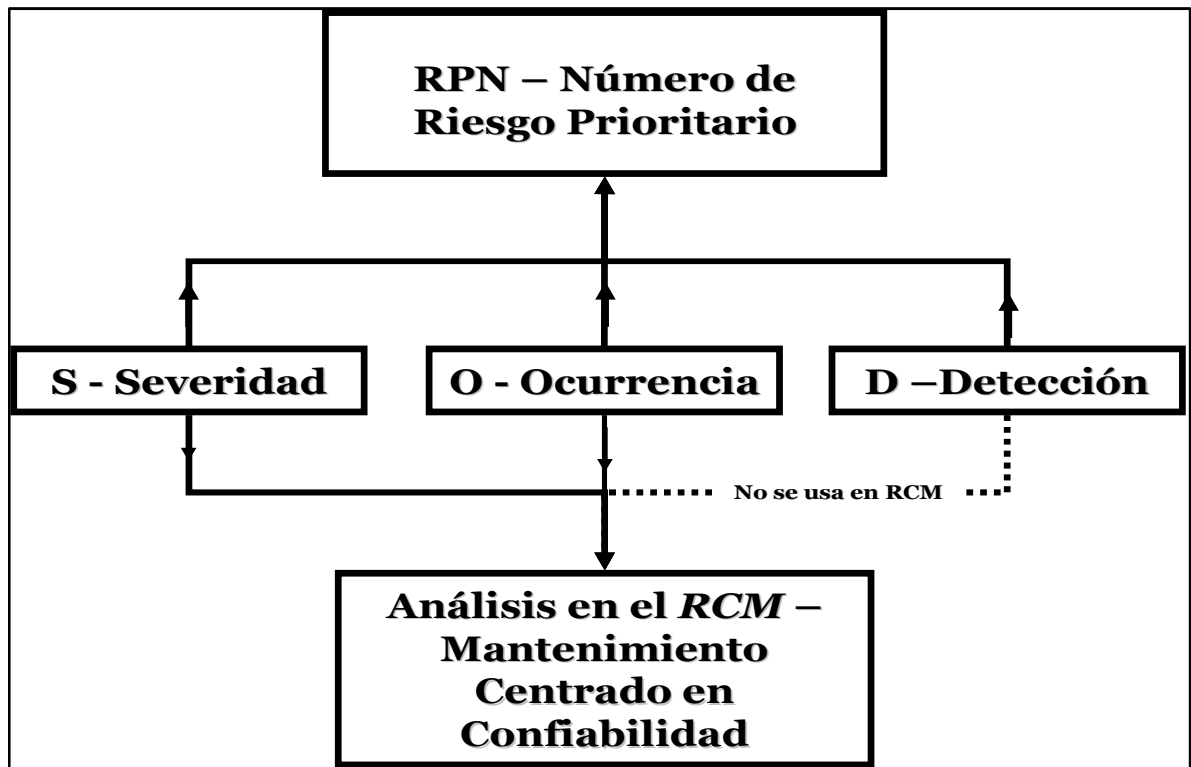
- Describir las funciones primarias y secundarias de los equipos.
- Establecer todas las fallas funcionales reales y potenciales conocidas.
- Los modos de fallas.
- Evaluar las consecuencias y los efectos de cada modo de falla, con su falla y su función.
- Medir el RPN, mediante la evaluación de la severidad, la probabilidad de ocurrencia y la posibilidad de detección.
- Establecer las acciones correctivas o planeadas, proactivas.
- Realizar las tareas.
- Medir nuevamente el RPN, y replantear las acciones.

1.3.9.1 RPN. Numero Prioritario de riesgo.

El RPN, lo que hace es jerarquizar cada una de las tareas a realizar en los diferentes elementos o equipo, con el fin de priorizar los esfuerzos en los equipos que más lo requieran acorde a su grado de criticidad.

Ilustración 8 - NPR - Número de Riesgo Prioritario- RPN *Risk Priority Number*





(Mora, 2011)

1.3.9.2 Severidad RPN1.

Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de severidad valora el nivel de las consecuencias sentidas por la falla en la unidad. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de:

- Los costos operativos asociados a la falla.
- Costos por mantenimiento “mano de obra, repuestos”.
- Costos por Reproceso por productos fuera de especificaciones que se tienen que degradar.
- Costos por aumento de mano de obra operativa para restablecer la operación a su condición normal.
- Lucro cesante producto de lo que se deja de producir en esos momentos por la falla presentada.
- Por el grado de afectación o de riesgo potencial que le pueda generar al personal que opera o que tiene algún tipo de contacto con este sistema o equipo.

- Por el grado de afectación o de riesgo potencial que le pueda generar al medio ambiente con altas contaminaciones o emisiones producto de una parada intempestiva de toda la unidad asociada a la falla de un sistema.

El índice de Gravedad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetívese la asignación de valores de S. se muestra un ejemplo en que se relacionan los efectos del fallo con el índice de severidad.

1.3.9.3 Probabilidad del evento RPN2 - Ocurrencia.

Ocurrencia del evento se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. El índice de la ocurrencia representa más bien un valor intuitivo más que un dato estadístico matemático, a previstos este. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica.

Tal y como se acaba de decir, este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 5.

1.3.9.4 Facilidad de detección RPN3

Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a concretarse. Se está definiendo la facilidad de detención, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles.

De detección actuales y la causa. Es necesario no confundir control y detección, pues una operación de control puede ser eficaz al 100% pero la detección puede resultar nula si las piezas no conformes son finalmente enviadas por error al cliente.

Para mejorar este índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de coste, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad.

1.3.10 Software de IRCMS.

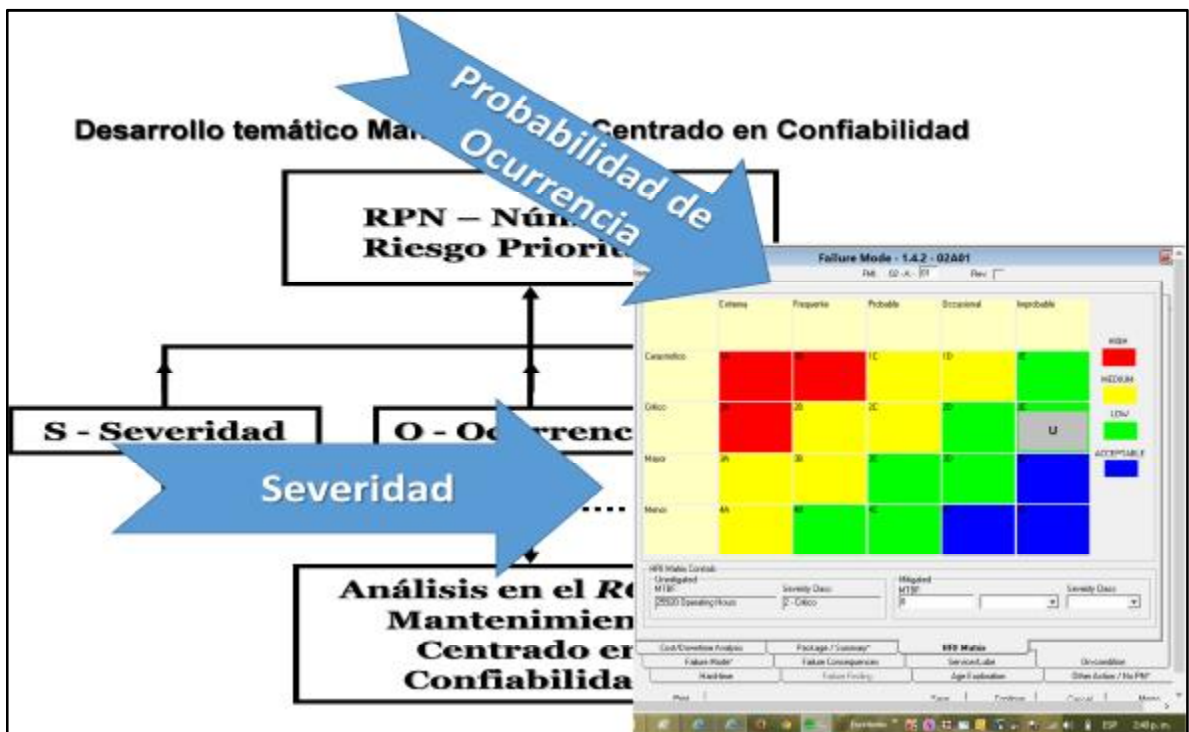
Es un nuevo modelo de estrategia de mantenimiento en conceptos bien conocidos, y aprobados de RCM, la experiencia y conocimiento disponible

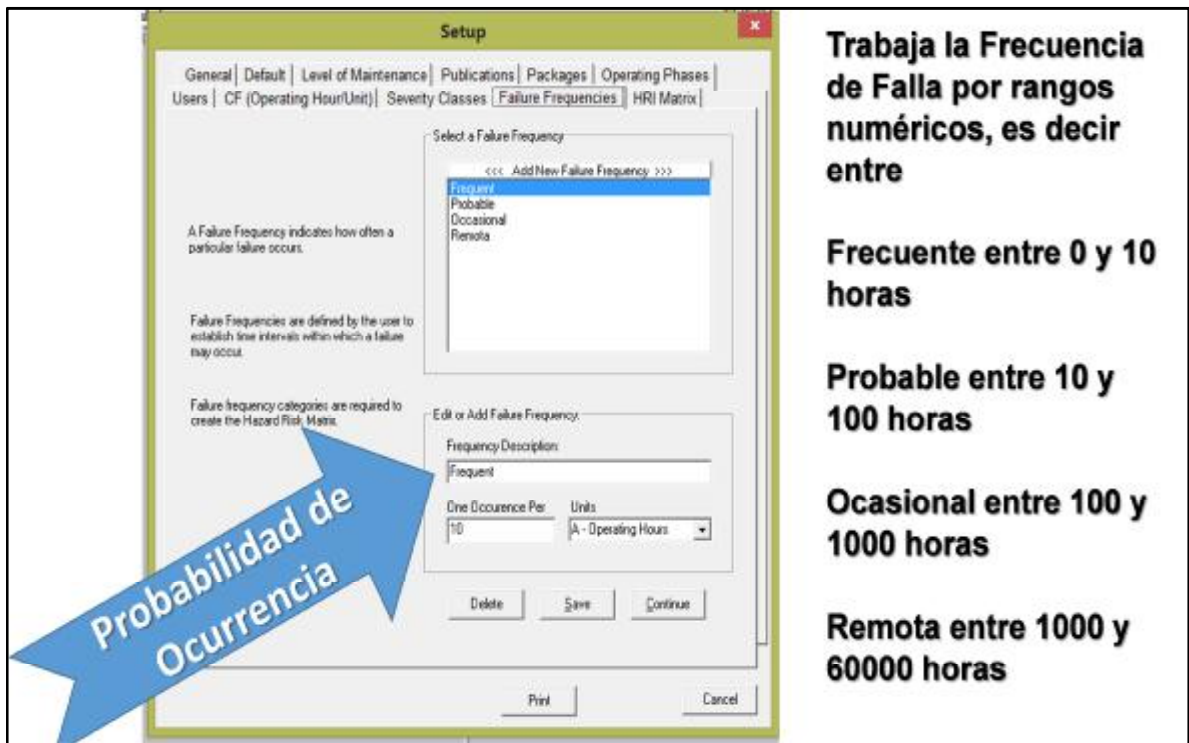
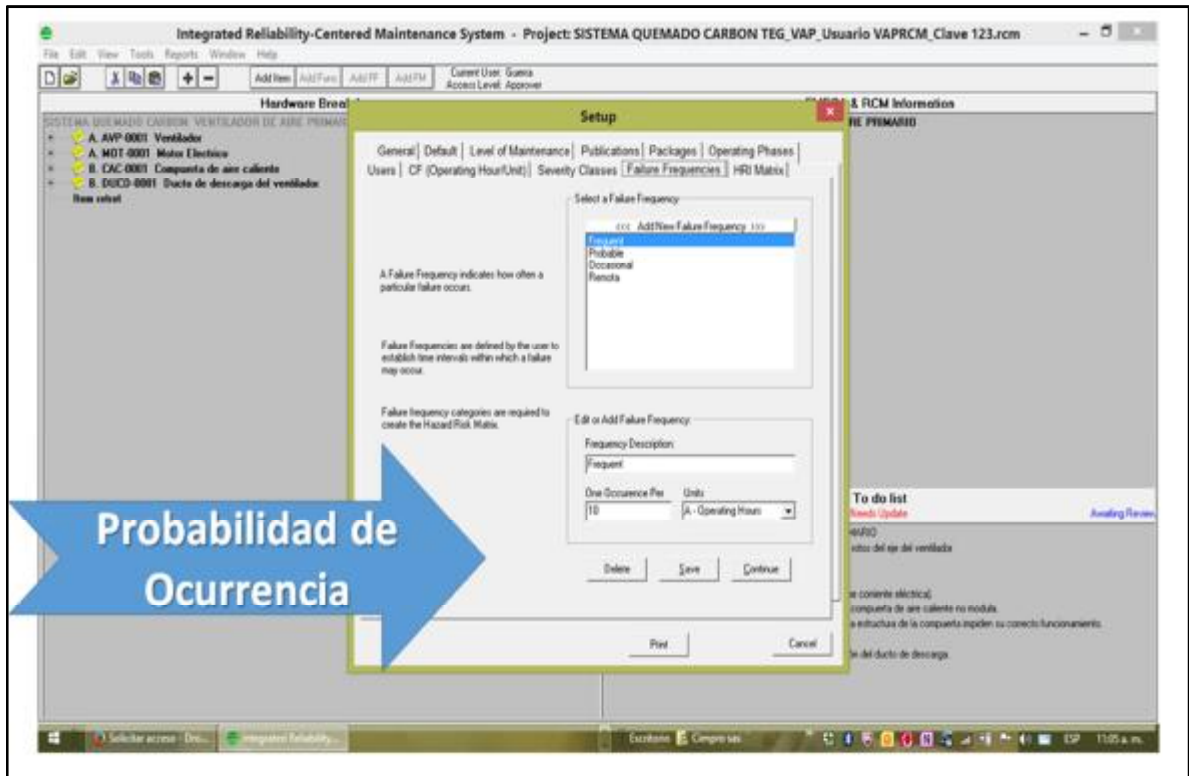
acumulado por códigos y guías en el campo de la ingeniería de mantenimiento así como una serie de herramientas simples y efectivas que proporcionan una estrategia de mantenimiento sólida, rentable y con bases y beneficios, que cualquier metodología de RCM, puede entregar cuando se aplica de forma adecuada (Moubray@, 2001) (Trofé@, 2006) (Troyer@, 2001).

El IRCMS (sistema integrado de mantenimiento centrado en la confiabilidad) fue diseñado para ser muy abierto a los cambios de proceso no restringe el análisis con una lógica de decisión demasiado rígida como resultado, se requiere un conocimiento profundo del proceso RCM, que se usa eficazmente el IRCMS, En otras palabras para usarlo debe entenderse el RCM. No hay razón por la cual IRCMS, no pueda ser utilizado con RCM, que cumpla estrictamente con los requisitos SAES JA1011. Y puede proporcionar un medio para explorar el proceso RCM, y darnos un marco de referencia para las capacidades disponibles en otros procesos y herramientas, para aquellos que consideren un proyecto de RCM.

Este tipo de metodologías son exitosamente usadas en todos los procesos industriales con beneficios demostrados, los ahorros durante la implementación son hasta un 90% en RCM. Y el IRCMS es una herramienta, de software que fue creado para ayudar al ingeniero de mantenimiento en la aplicación del RCM. ((Moubray@, 2001) (Trofé@, 2006) (Troyer@, 2001).

Ilustración 9 - Calificación de Riesgo = Severidad por Ocurrencia en el iRCM }





<<< Add New Failure Frequency >>>

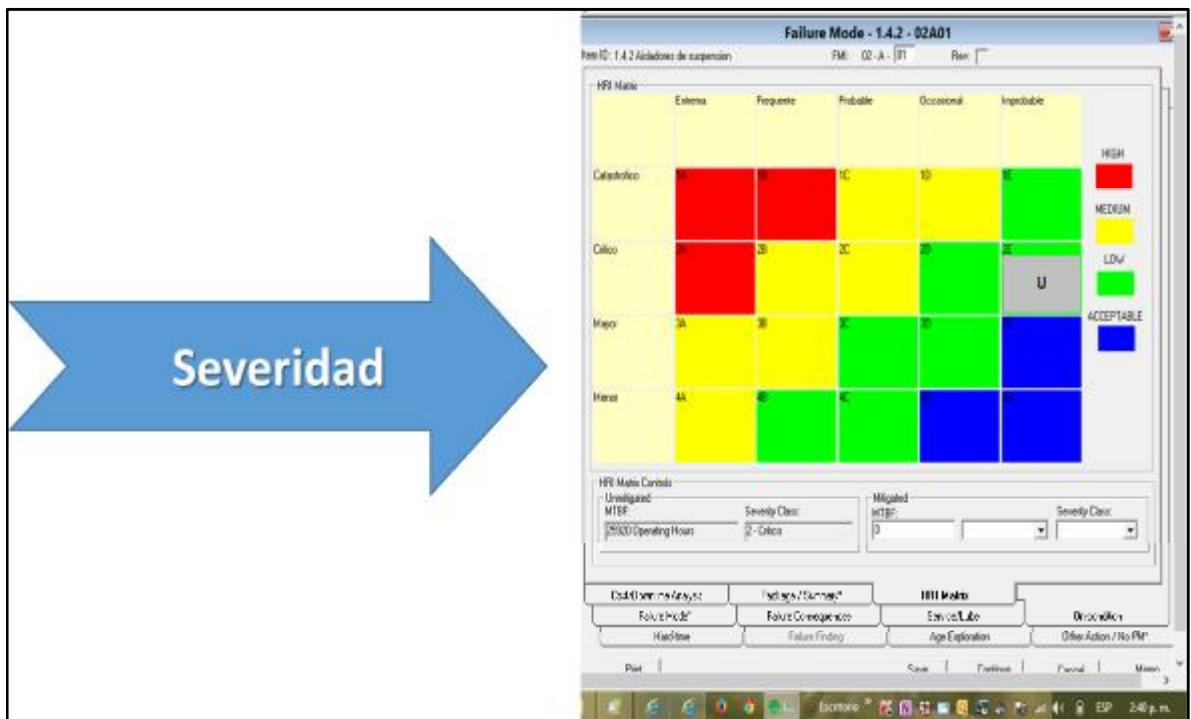
Frequent
 Probable
 Occasional
 Remota

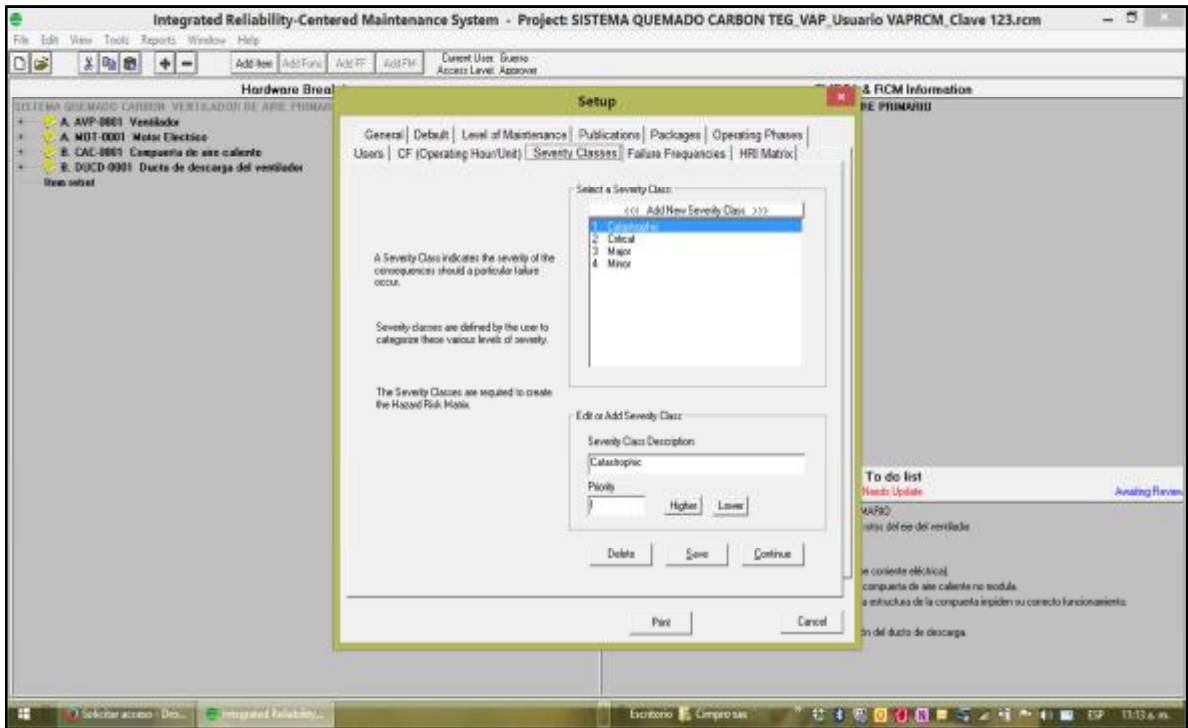
Probabilidad de Ocurrencia

Editar Failure Frequency:

Frequency Description:
 Remota

One Occurrence Per
 60000 Operating Hours





FAILURE MODE, EFFECTS, AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)

SEVERITY CATEGORY

FMECA Terms:

FMECA

Category I Catastrophic

Category II Critical

Category III Marginal

Category IV Minor

- **Aircraft example: "Damage less than \$1K, Unscheduled Maintenance or Repair"**
- **Equipment example: "Damage less than \$1K, Down-time less than 8 hours"**

Setup

Publications | Packages | Operating Phases |
 Classes | Failure Frequencies | HRI Matrix |

Severidad

<<< Add New Severity Class >>>

1	Catastrophic
2	Critical
3	Major
4	Minor

Es cualitativa la Severidad en software i RCM

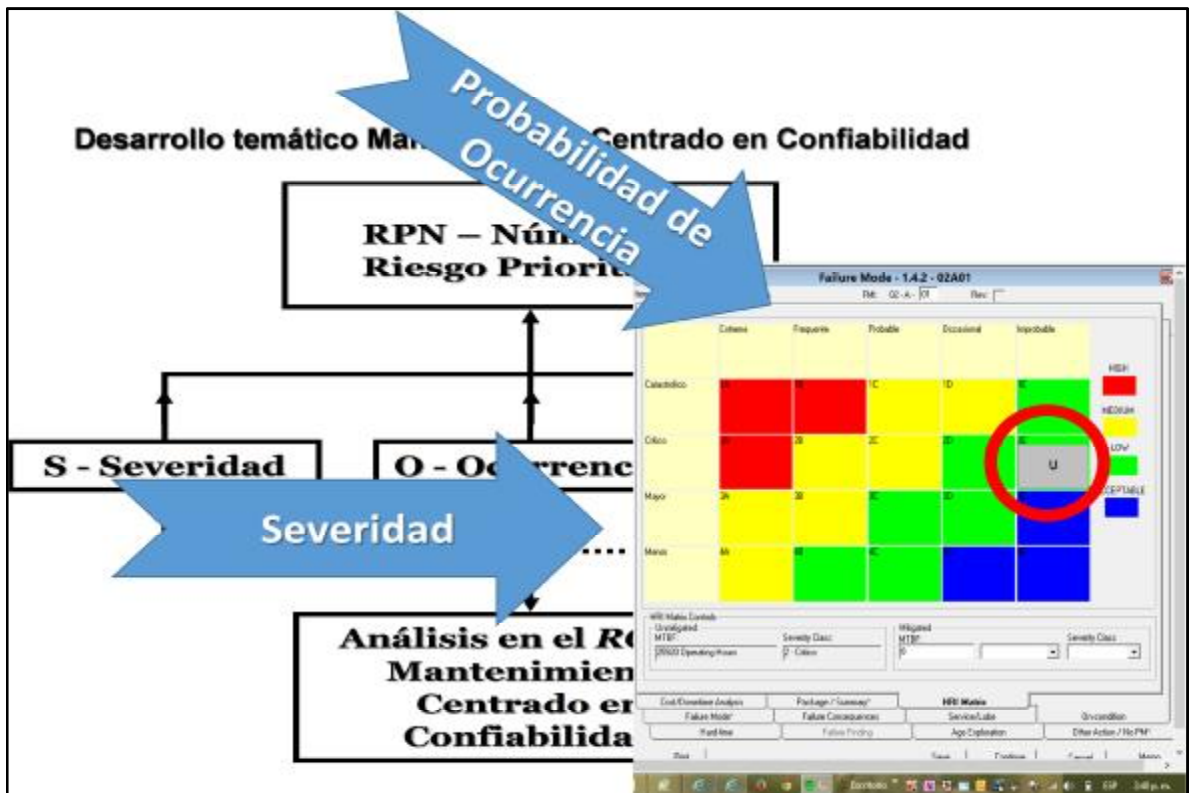
Probabilidad de Ocurrencia

Es cuantitativa por rangos en software i RCM y en ALADON

Severidad

Es cualitativa la Severidad en software i RCM y en ALADON

1	Catastrophic
2	Critical
3	Major
4	Minor



La metodología en general del software IRCM es cualitativa, el coloca el respectivo valor de Riesgo en una tabla codificada y jerarquizada por números y colores en la cual se comparan los diferentes valores de los diferentes modos de falla evaluados y sus calificaciones de riesgo.

Ilustración 10 - Tabla jerárquica de Riesgo en el software iRCMS

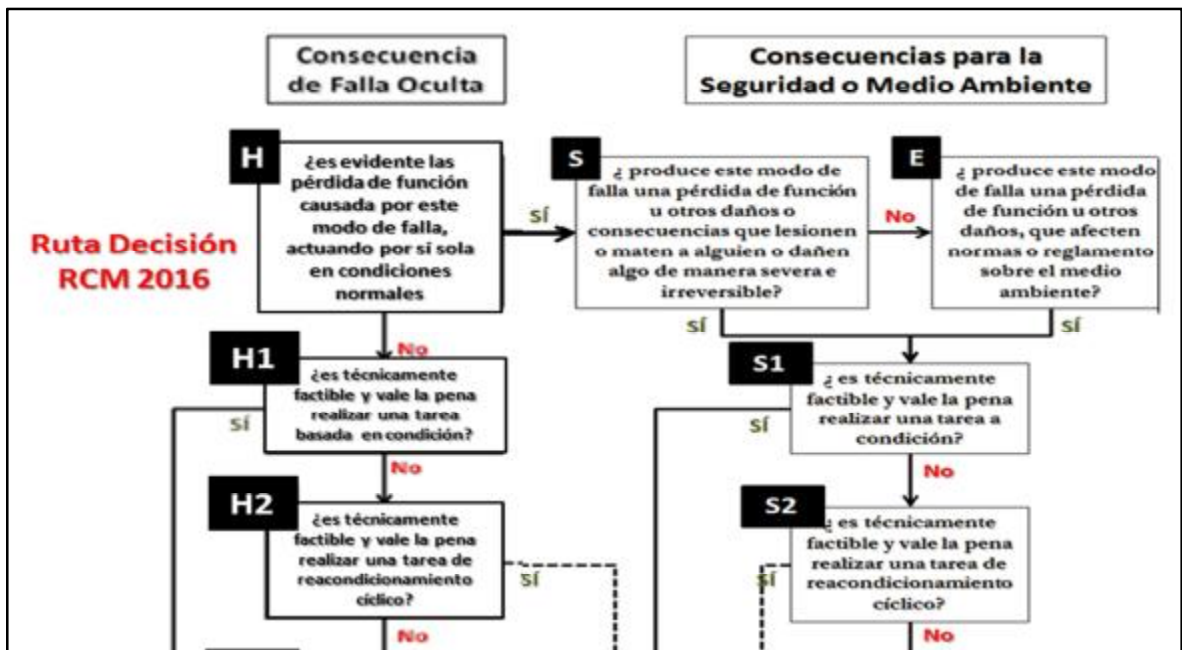
Casillas				Calificación Ubicación	
1	2	3	4	Código	Nivel de Criticidad
1A				1A	Muy Crítico
1B				1B	Muy Crítico
	2A			2A	Muy Crítico
1C				1C	Medianamente Crítico
1D				1D	Medianamente Crítico
	2B			2B	Medianamente Crítico
	2C			2C	Medianamente Crítico
		3A		3A	Medianamente Crítico
		3B		3B	Medianamente Crítico
			4A	4A	Medianamente Crítico
1E				1E	Criticidad Baja
	2D			2D	Criticidad Baja
	2E			2E	Criticidad Baja
		3C		3C	Criticidad Baja
		3D		3D	Criticidad Baja
			4B	4B	Criticidad Baja
			4C	4C	Criticidad Baja
		3E		3E	Aceptable en Criticidad
			4D	4D	Aceptable en Criticidad
			4E	4E	Aceptable en Criticidad

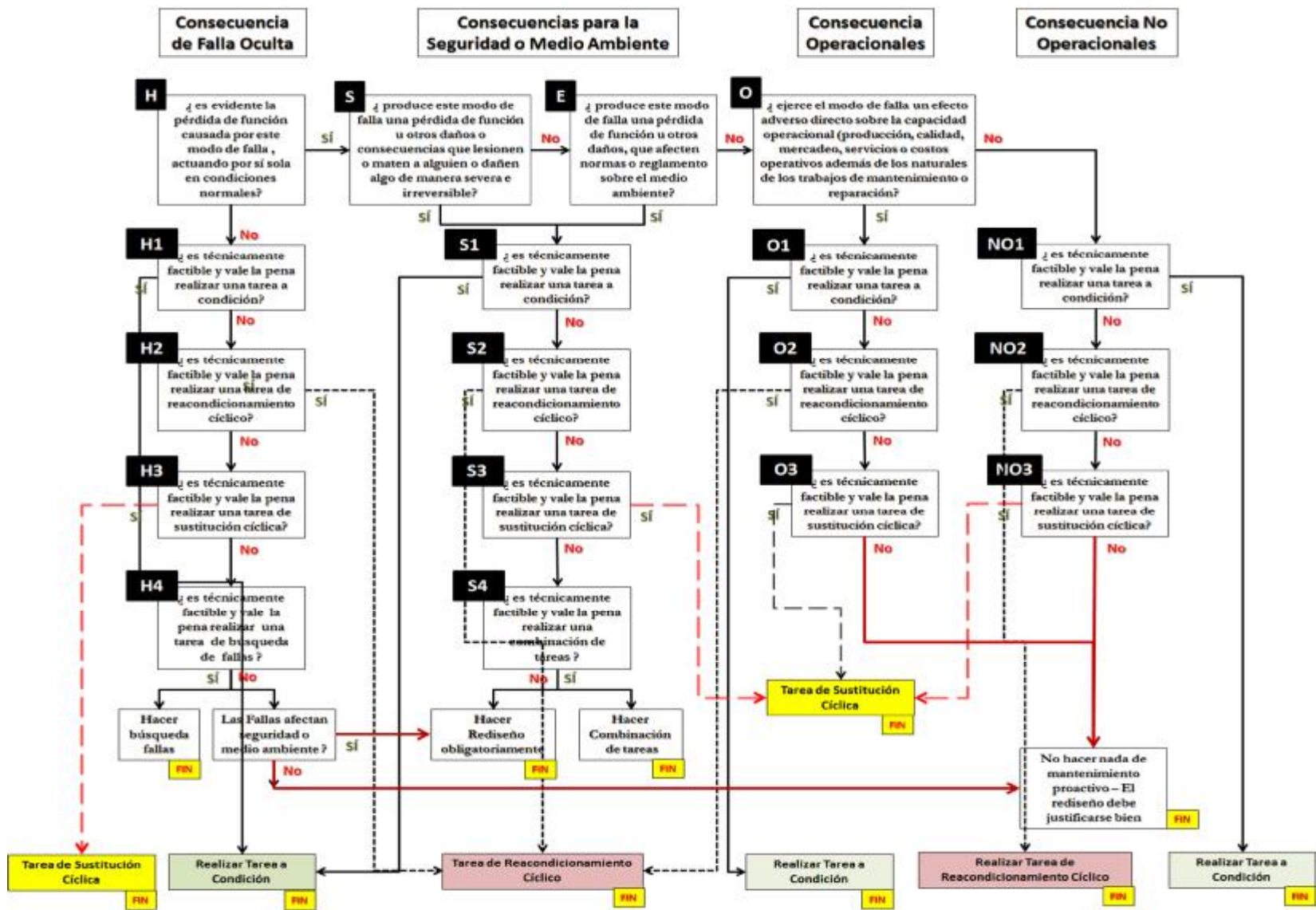
Algunas Características del IRCMS.

- Definición de la jerarquía de los Activos.
- Entrada de FMECA con todas las funciones.
- Grabación de las opciones de gestión de fallos e información de tareas asociadas.
- Capacidad para cortar, copiar, y pegar grandes partes del análisis dentro de los proyectos y hacia otros proyectos.
- Capacidad para múltiples usuarios y redes.
- Imprimir una variedad de informes.
- Capacidad para comparar el costo y el tiempo de inactividad, de diversas estrategias de gestión de fallas.
- Asignación del índice de riesgo de peligro.
- Seguimiento de estado del proyecto.
- Empaquetado de tareas.
(iRCM Software, 2016).

El software IRCM, pertenece y es originario de la Fuerza Aérea de la U.S. Navy de los Estados Unidos, está diseñado para trabajar la línea decisional ALADON, la cual cubre las decisiones de RCM en su orden secuencial de Falla Oculta (Hidden), Seguridad (Security), Medio Ambiente (Environment), Operación (Operation) y Economía (Economic).

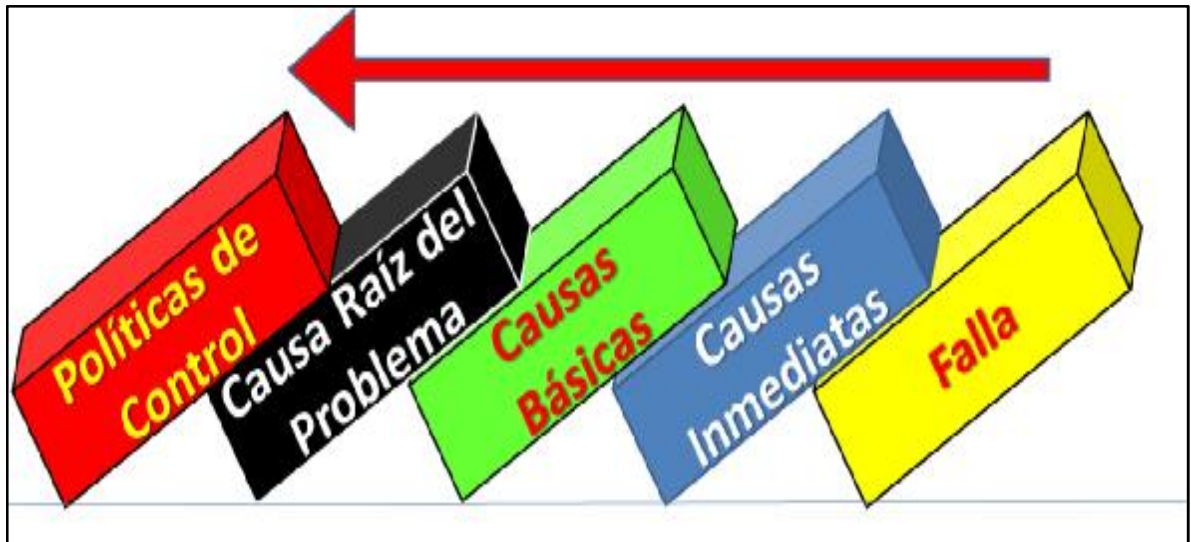
Ilustración 11 - Hoja Decisional de ALADON





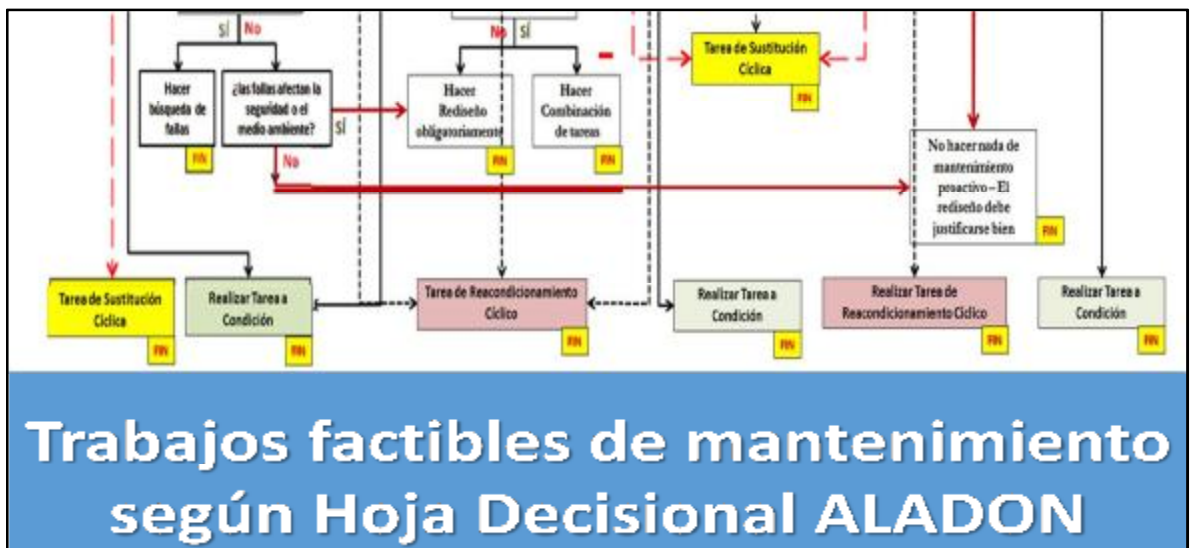
Al igual el procedimiento IRCMS, trabaja la secuencia lógica de Función Primaria y Secundaria, Fallas, Modos de Fallas, Trabajos de mantenimiento Planeados o no.

Ilustración 12 - Secuencia RCM



Las opciones de tareas de Mantenimiento se definen en el IRCM, tales como: On Condition, Lubrication Task, Age Exploration, Servicing Task, Hard Time, Other Action, Non Planning Maintenance No PM (Non Predictive, Non Preventive), etcétera.

Ilustración 13 - Tareas Factibles de Mantenimiento en iRCM



RCM DECISION LOGIC

Servicing:

Task Evaluation



The replenishment of consumable materials that are depleted during normal operations.

Lubrication:

Task Evaluation

The scheduled lubrication of a component (usually based on the manufacture's recommendations) where the item's design requires a non-permanent lubricant for proper operation



On-Condition

Task Evaluation

Periodic or continuous inspection designed to detect a potential failure condition prior to functional failure.

RCM DECISION LOGIC



Hard Time Task:

Task Evaluation

RCM DECISION LOGIC

Scheduled removal of an item or a restorative action at some specified age limit to prevent its functional failure.



Failure Finding:**Task Evaluation**

A preventive maintenance task performed at a specified interval to determine whether a hidden functional failure has occurred.

Preventive Maintenance Tasks:**Task Evaluation**

- **S (Servicing Task)** - Replenishment of consumable materials depleted during normal operations
- **L (Lubrication Task)** - Replacement of a lubricant based on manufacturer's predicted or measured life of the lubricant
- **OC (On Condition Task)** - Periodic or continuous inspection designed to detect a potential failure condition prior to functional failure
- **HT (Hard Time Task)** - Scheduled removal of an item or a restorative action at some specified age limit to prevent its functional failure
- **FF (Failure Finding Task)** - A preventive maintenance task performed at a specified interval to determine whether a hidden functional failure has occurred.

Preventive Maintenance Tasks:

Task Evaluation

- **S (Servicing Task)** - Replenishment of consumable materials depleted during normal operations **Reacondimiento cíclico**

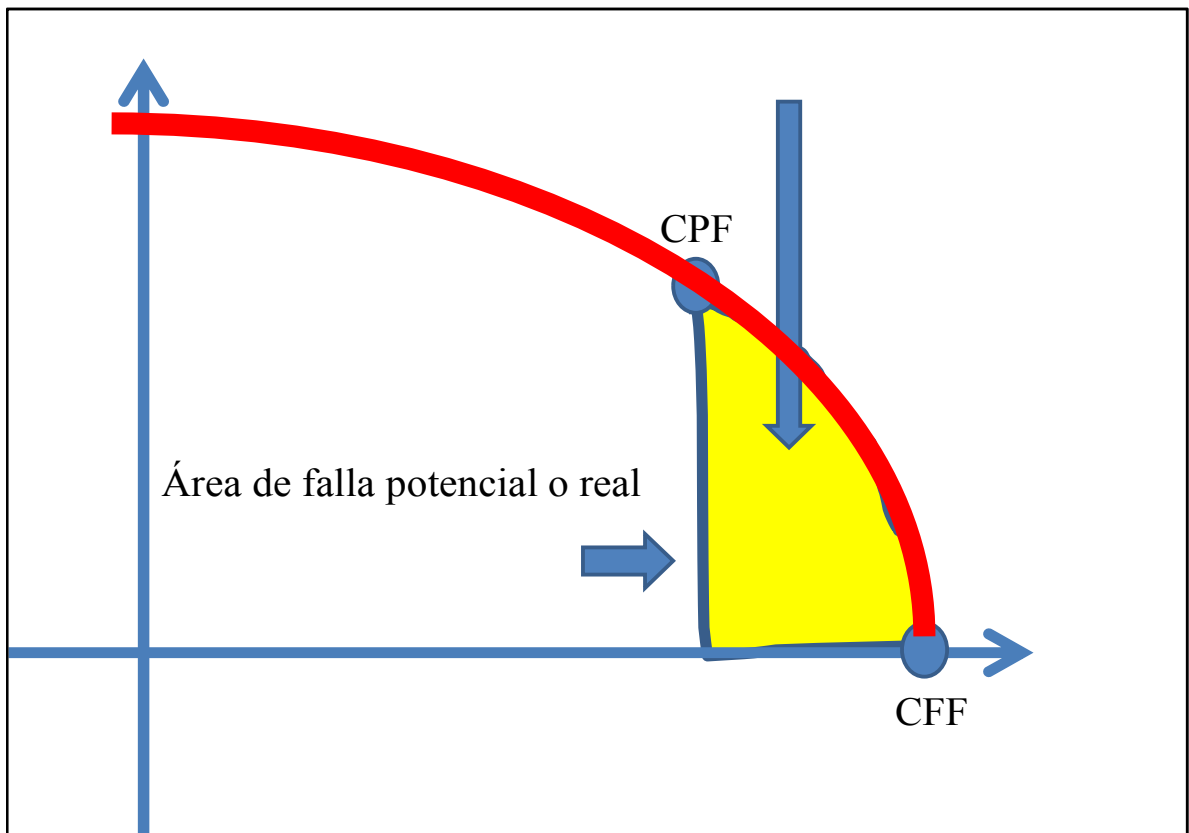
Consiste en completar al nivel correcto el material que se consume durante la operación normal

- **L (Lubrication Task)** - Replacement of a lubricant based on manufacturer's predicted or measured life of the lubricant **Sustitución cíclica**

Es el reemplazo del lubricante o grasa, a un tiempo definido por el fabricante o basado en el análisis del laboratorio de los mismos

- **OC (On Condition Task)** - Periodic or continuous inspection designed to detect a potential failure condition prior to functional failure

Es un mantenimiento planeado, que se basa en inspecciones continuas o periódicas para detectar el inicio de la presencia de una falla relevante, al conocer la Condición de Falla Potencial, antes de que ocurra la condición de Falla Funcional



RCM DECISION LOGIC

Other Action Warranted:

Task Evaluation

En other actions aplica trabajos correctivos no preventivos ni predictivos

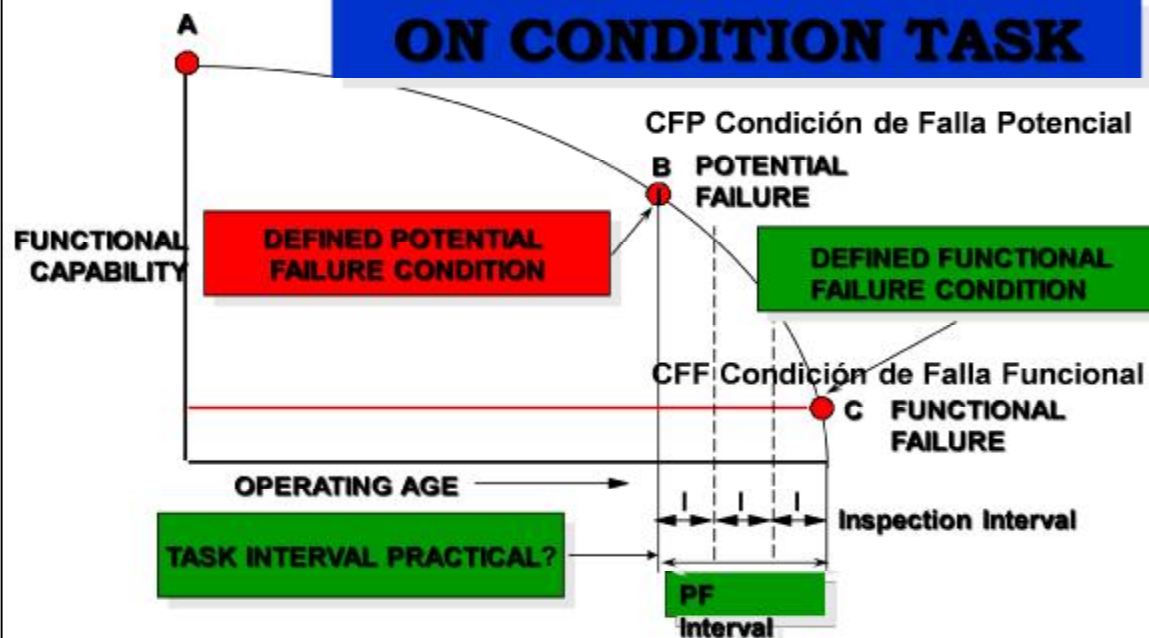
Consider when

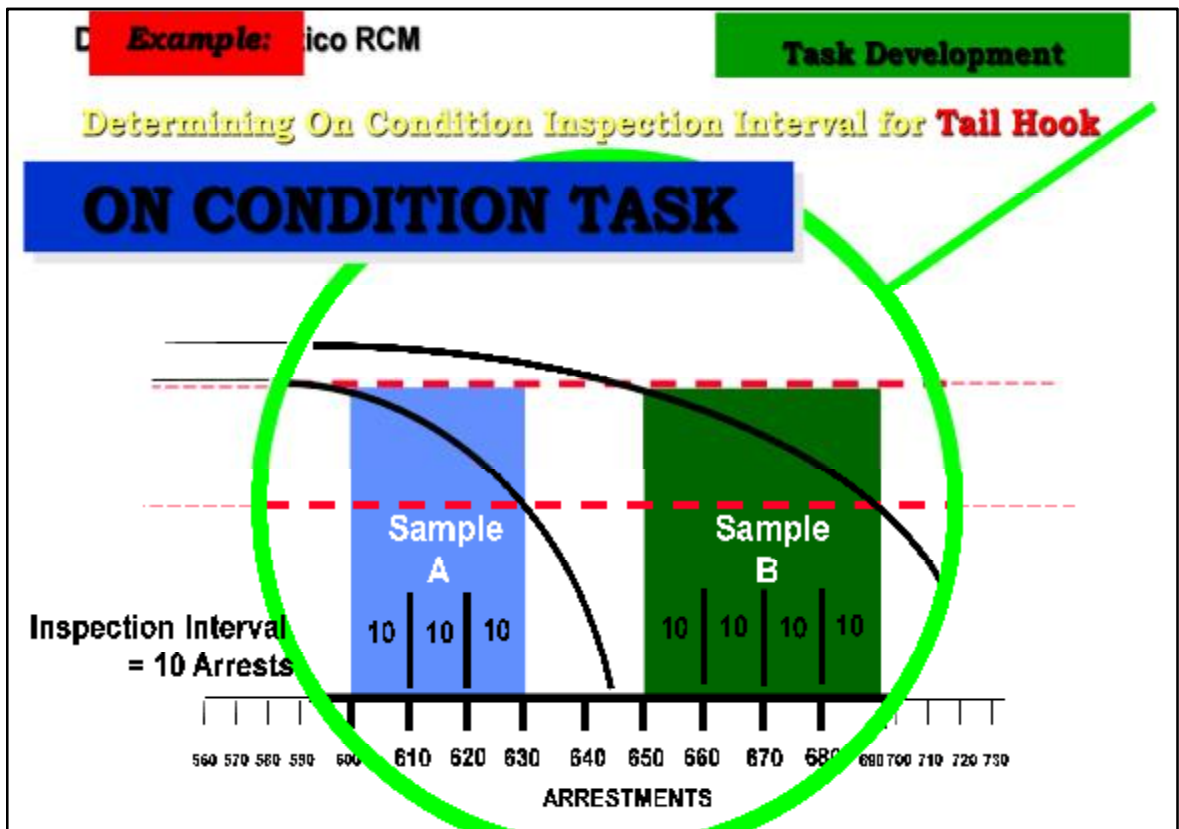
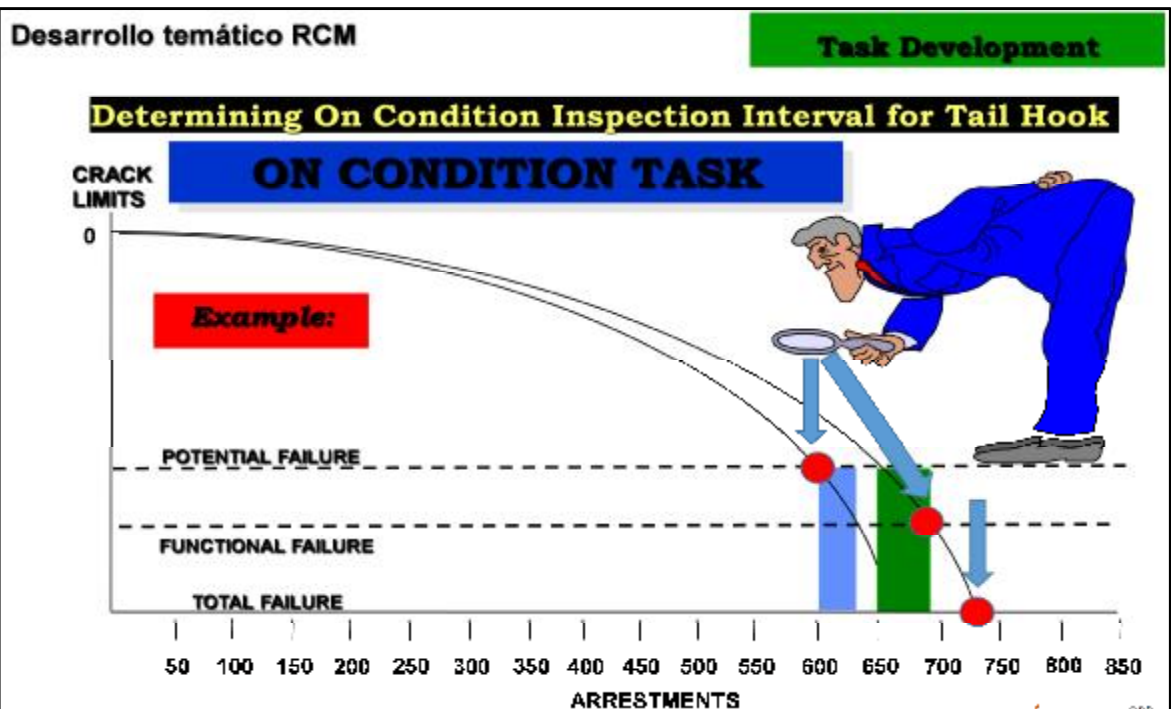
- **No acceptable PM task can be found for safety/environmental consequence failures**
- **Other Action is preferable to PM and run to failure**
- **Other action, in combination with PM, will beneficially reduce consequences or frequency of failure**

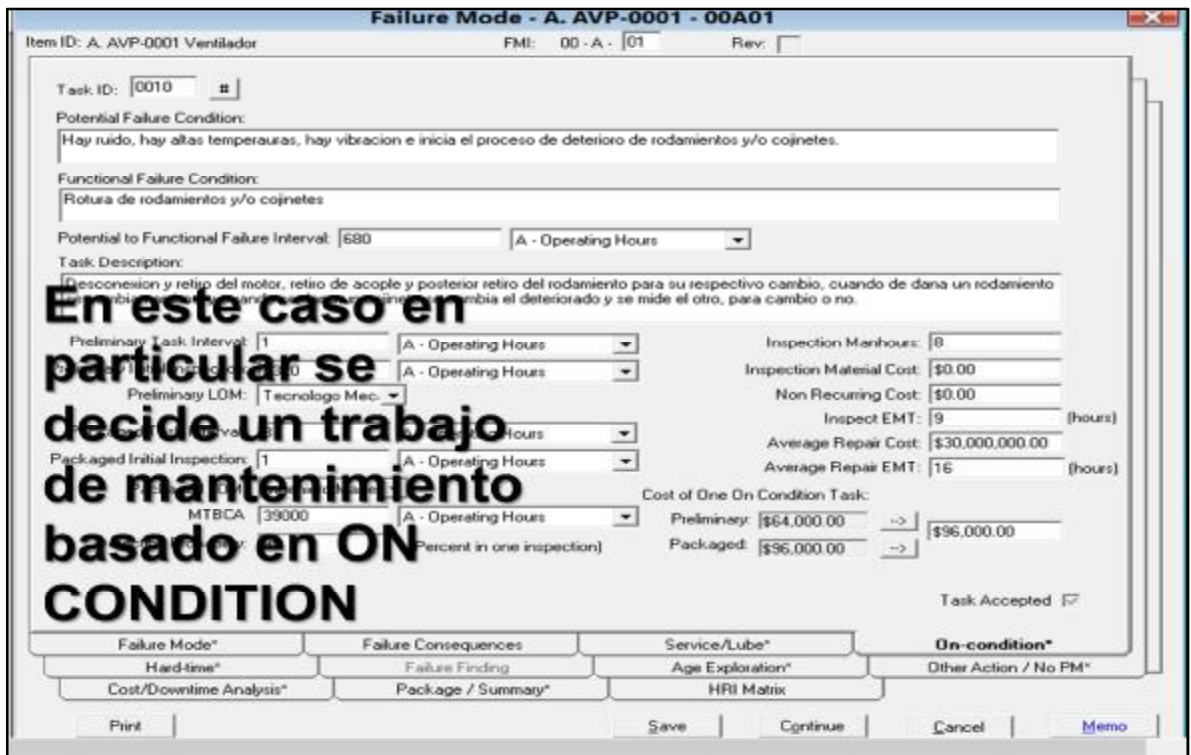
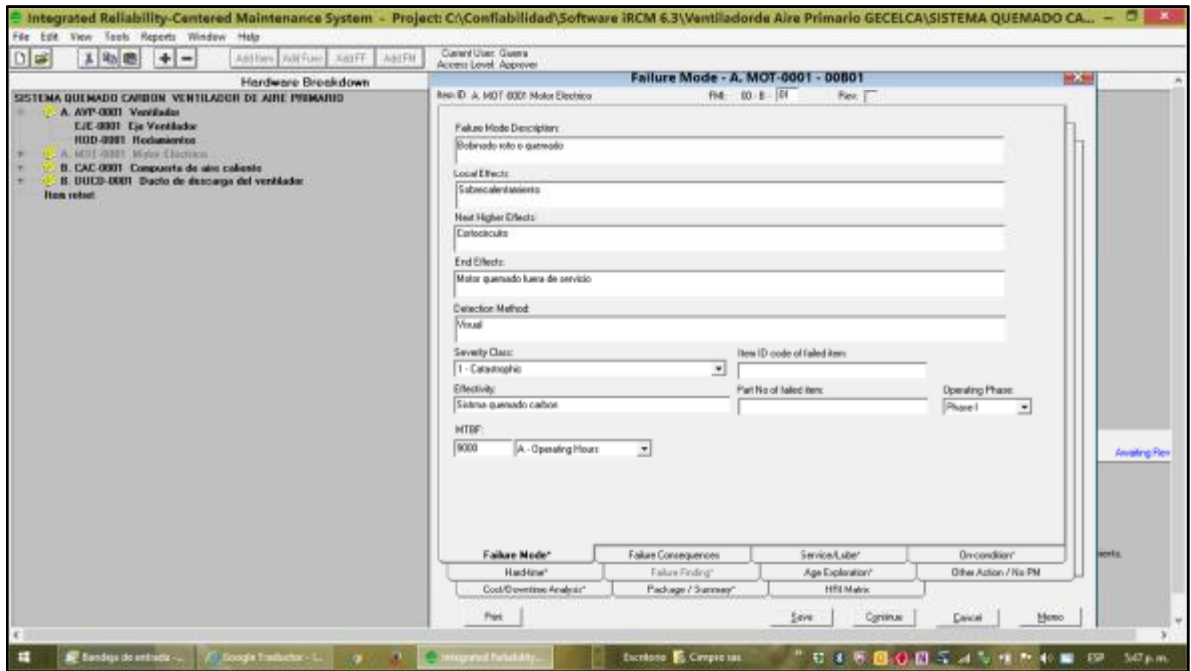
Potential Failure:

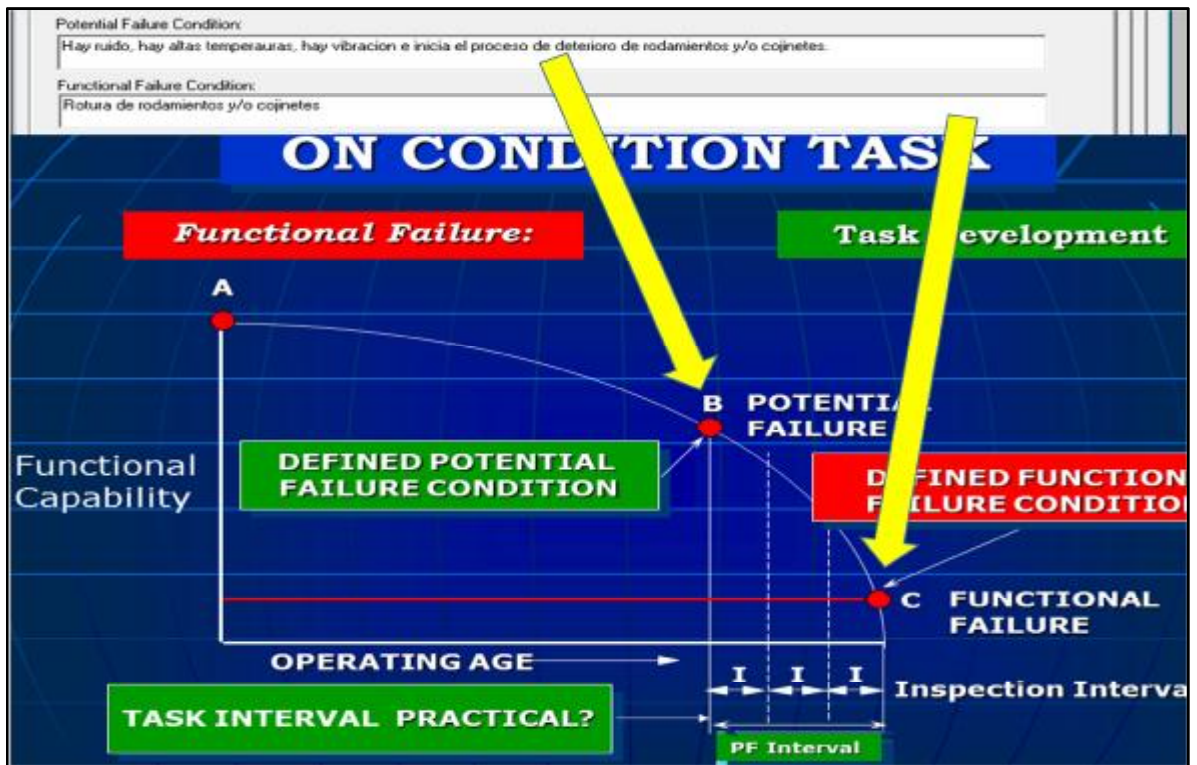
Task Development

ON CONDITION TASK









(Mora, 2016)

1.3.11 CMD Confiabilidad Disponibilidad Mantenibilidad.

Los indicadores de mantenimiento están elaborados con base en lo que la empresa espera del departamento, y la percepción de mejora que se implanta en el usuario del equipo (Gonzales, 2004). Los índices requeridos como mínimo en el aspecto técnico de mantenimiento son la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, como complemento de la administración del mantenimiento usar el costo de conservación de los sistemas y equipo; al realizar el agrupe de los índices técnicos y económicos entrega la información básica necesaria para la gestión de mantenimiento (Gonzales, 2004).

La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad, son prácticamente las únicas mediadas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticas, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para sus análisis y su evaluación integral y específica; es a través del CMD que se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y operación de mantenimiento (Mora, 2009^a).

1.3.12 Confiabilidad

Confiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado (NS@, 2005) (Nachlas, 1995).. La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo (Mora, 2011). Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable, si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aun aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco confiable (Mora, 2014).

Para apreciar la confiabilidad de las maquinas uno de los métodos más comúnmente empleados es aquel que se basa en la intensidad de los fallos, la cual se determina basándose en el análisis de los datos estadísticos con un cálculo exacto de la probabilidad de los fallos en el trabajo de los elementos de la maquina por diferentes causas (Selivanov, 1998).

1.3.13 Mantenibilidad

La mantenibilidad es una característica de diseño e instalación, que expresa la probabilidad de que un elemento³ se conserve o recupere una condición especificada, con el uso óptimo de recursos (tiempo de ejecución de mantenimiento, frecuencia de intervenciones y costo de mantenimiento), al realizar las actividades de acuerdo con los procedimientos prescritos⁴. Aunque las tres ⁵ (3) formas de cuantificar la mantenibilidad son teóricamente posibles, el enfoque que usa el tiempo empleado en el mantenimiento es, de lejos, el de mayor uso en la práctica (Knezevic, 1996).

La forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o ejecución de las tareas de mantenimiento requeridas para retornar el elemento al estado de funcionalidad y normalidad. La mantenibilidad expresa la capacidad con que un equipo se deja mantener para recuperar su estado de referencia (Mora, 2007b).

1.3.14 Disponibilidad.

Es la probabilidad de que un equipo opere bajo ciertas condiciones después del comienzo de su vida útil. Su cálculo combina los parámetros de confiabilidad y mantenibilidad, es decir, relaciona tanto la operación (cantidad de fallas) como el mantenimiento (tiempo de reparaciones) y tiene en cuenta los tiempos de operación, así como los tiempos de reparaciones, mantenimientos preventivos o programados y demás tiempos asociados a regresar las condiciones normales de operación después de ocurrir una falla.

Según la cantidad de información de que se disponga y los conocimientos del personal involucrado, es posible calcular varios tipos de disponibilidad en el caso de estudio de esta tesis, se describe la disponibilidad alcanzada por considerarse la más adecuada teniendo en cuenta la información disponible (Mora, 2014).

Ecuación 1 - Relación de disponibilidad

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

1.3.15 Mantenimientos de Clase Mundial, World Class Maintenance- WCM).

El mantenimiento de clase mundial, es un conjunto de ideas-fuerza dirigidas a reorientar la estrategia de mantención hacia un enfoque de mantenimiento pro-activo, disciplinado en prácticas estandarizadas, gestión automática, competitivo y con índices de desempeño clase mundial.

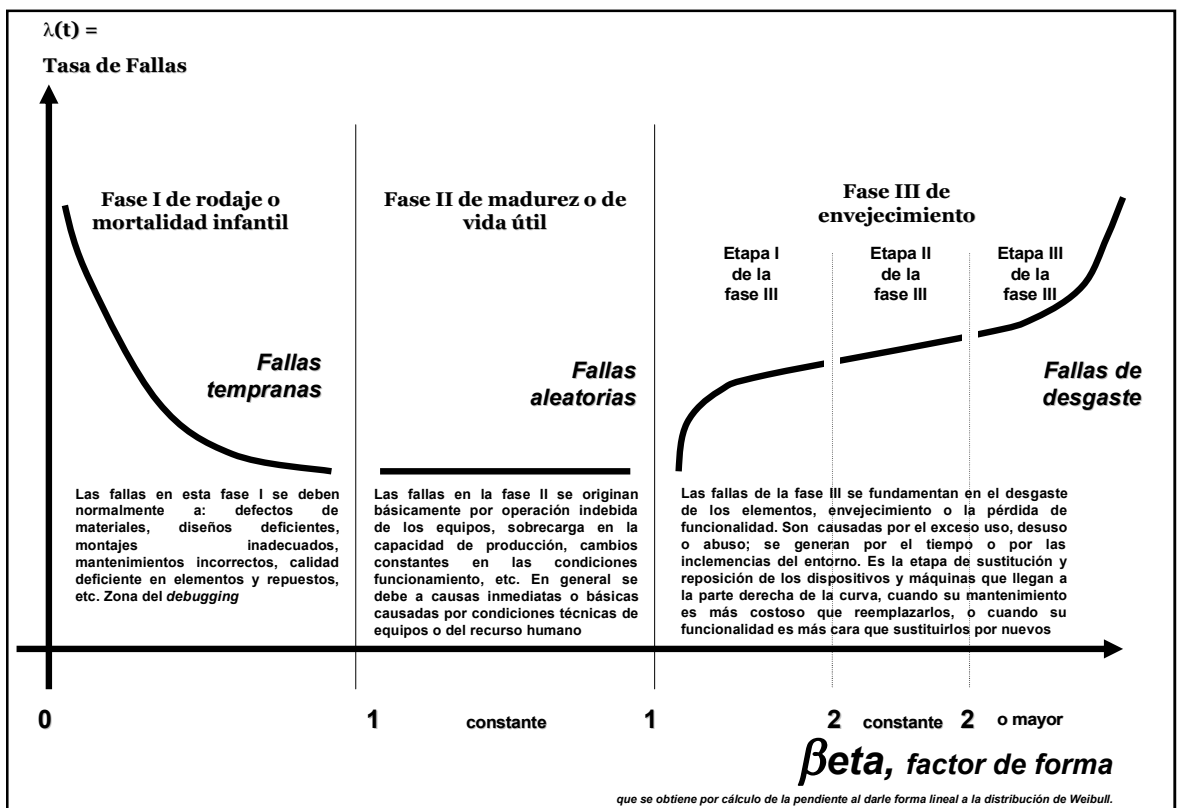
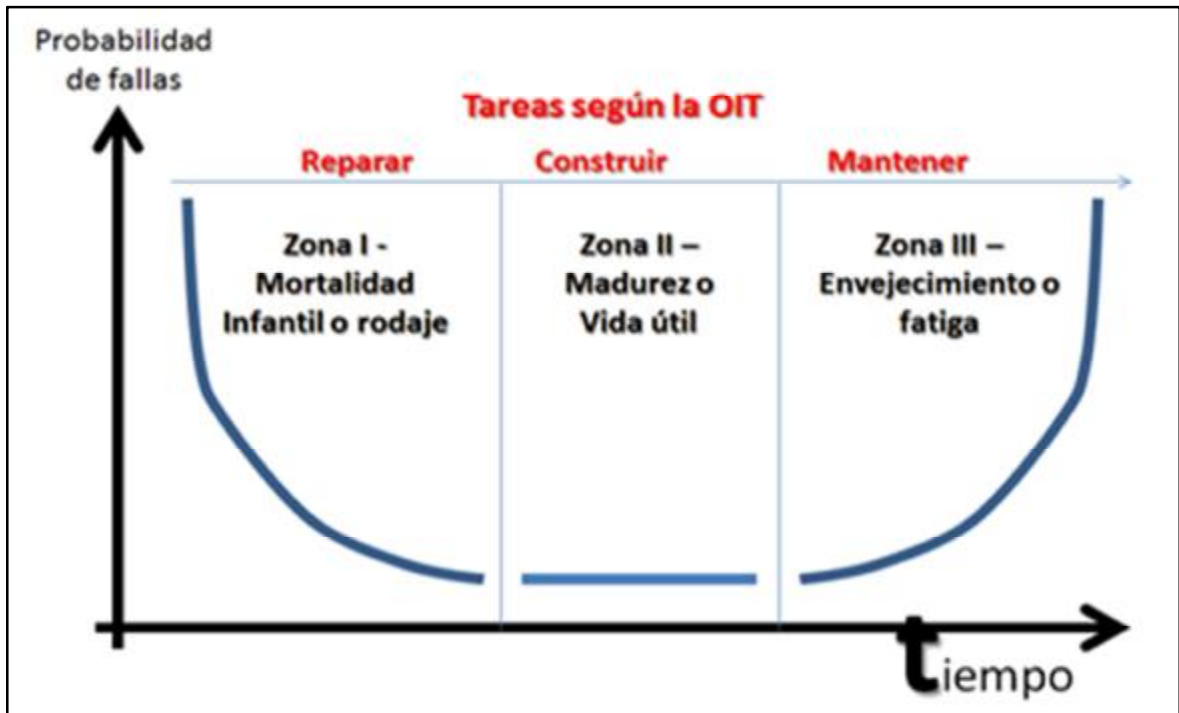
El mantenimiento de clase mundial se basa en anticiparse a lo que pueda suceder en el futuro. Su función básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa.

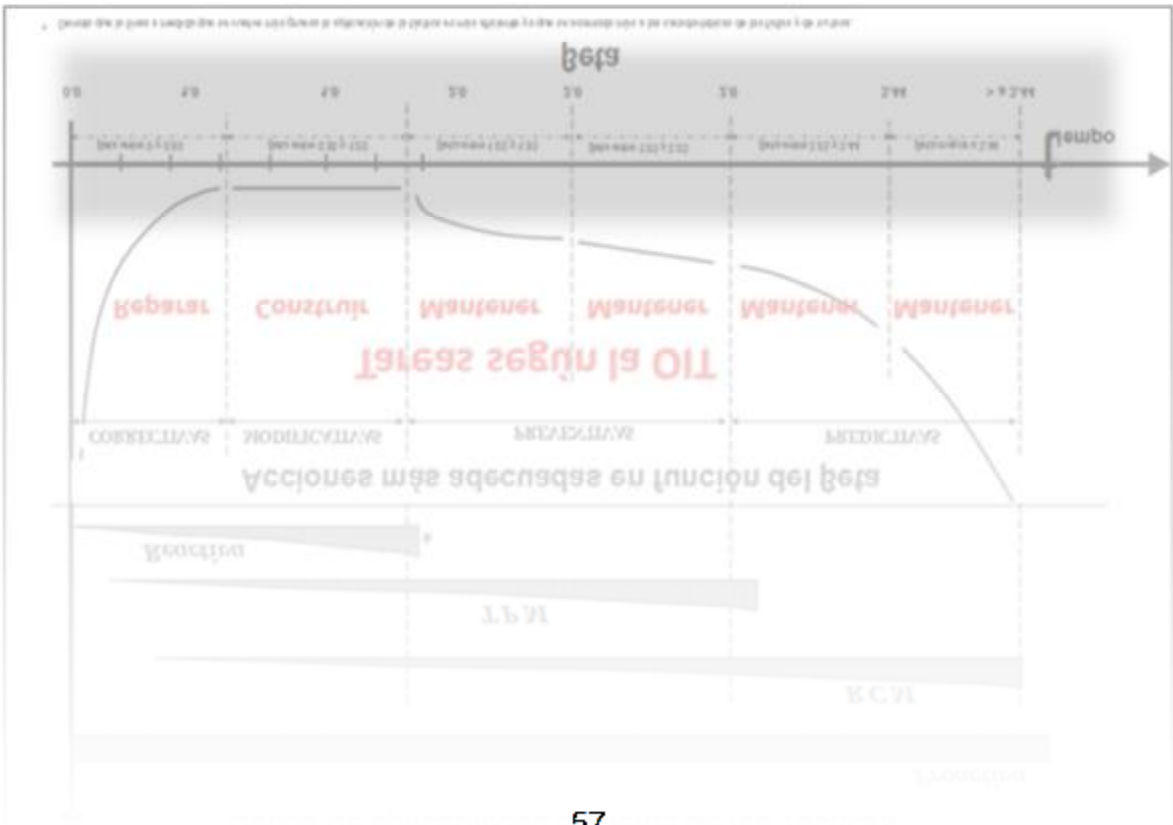
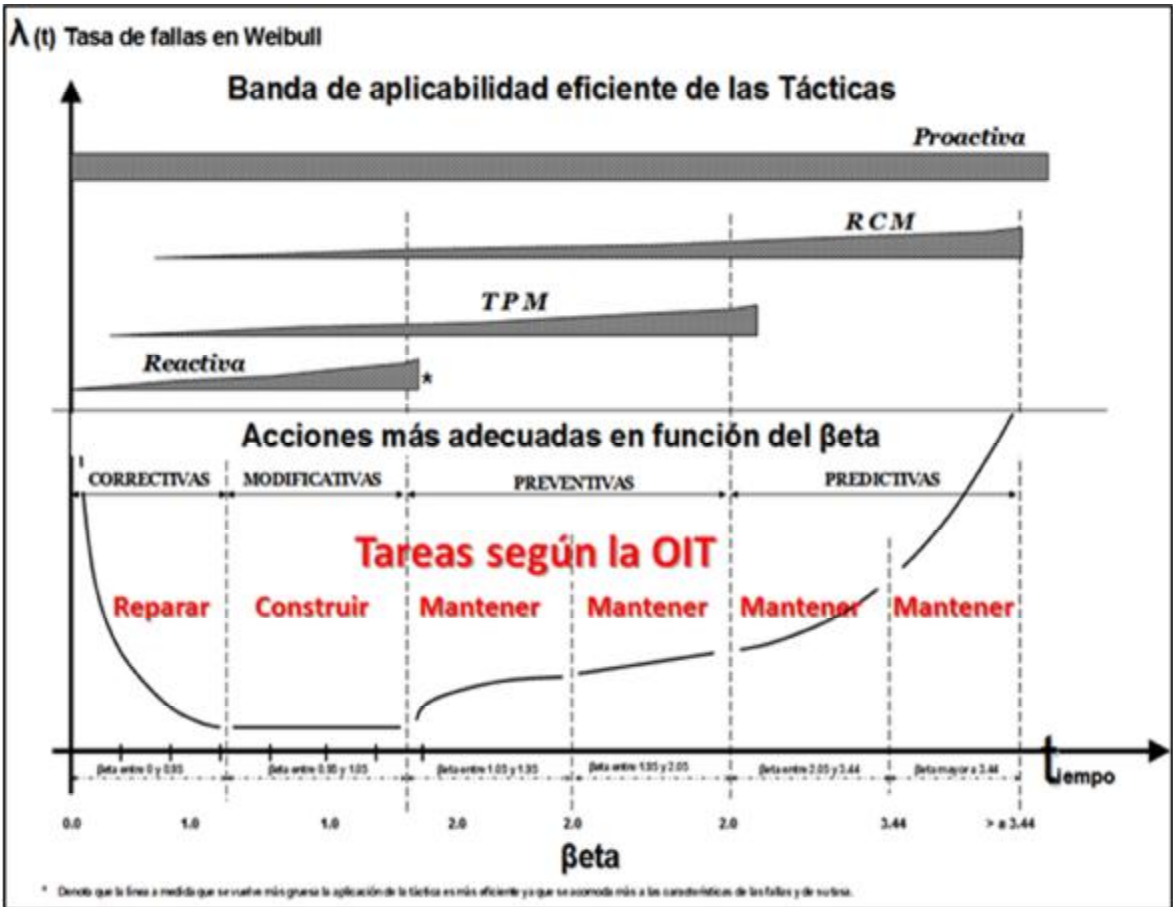
La orientación de la gestión de mantenimiento hacia clase mundial exige cambiar de actitud y de cultura en la organización; requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento - *CMMS*², orientado hacia las metas y objetivos fijados previamente y realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica (Mora, 2007b).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (Producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado) (Mora, 2007a) (Smith, 1983) (Mora, 2008).

² *Computerized Maintenance Management System – Sistema de Información Integral de Gestión y Operación de Mantenimiento y Producción.*

Ilustración 14 - Curva de Davies – Bañera





Los principios estratégicos más relevantes que se deben tener en cuenta en la táctica de clase mundial, son:

- Es un proceso de largo plazo, no se deben esperar resultados inmediatamente.
- Implementar el mantenimiento de clase mundial sobre la situación real de la empresa.
- Los sistemas que se basan en cambios estructurales, culturales y organizaciones de la empresa, duran más tiempo y son de mediano y largo plazo.
- Un modelo bien estructurado simple es más efectivo que uno complejo, ya que es más duradero y necesita menos entrenamiento.
- Los cambios de actitud y cultura requieren mucha capacitación, entrenamiento y práctica por parte de las personas de la empresa.
- Mientras mejor sea la estrategia, mejores serán los resultados.
- Ninguna iniciativa de clase mundial debe ser lanzada de forma imprevista, urgente y con apremio.
- La táctica de clase mundial se centra en las normas y en la solución de problemas.
- El WCM requiere la estratificación del mercado objetivo en función de continentes, países, regiones, normas y costumbres (Boxwell, 1994).
- Debe haber un alto compromiso de los empleados y un alto nivel de empoderamiento de todas las personas que forman parte del proceso de clase mundial (Idhammar, 1997a) (Idhammar, 1997b) (Idhammar@, 1999).

1.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO UNO

El capítulo registra los conceptos de Mantenimiento, que permiten entender el comportamiento de los equipos de acuerdo a su comportamiento operacional los cuales se pueden aplicar de clase mundial, y permiten planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión de mantenimiento en cualquier tipo de empresa sin importar la economía en la cual se desarrolla (Mora, 2011).

La disponibilidad de un equipo está relacionada directamente con el diseño de sus componentes, el cálculo de los parámetros de confiabilidad y la mantenibilidad al inicio del proceso de fabricación reduce las pérdidas por frecuencia y duración de paros no programados, la eficiencia en la productividad inicia en este punto.

Los parámetros de operación, la instalación de los equipos y el entorno donde se ubican complementan los requerimientos para aumentar la disponibilidad de las industrias.

2 ACTUADORES ELÉCTRICOS

2.1 OBJETIVO

Describir los factores de operación, y técnicas mecánicas de las válvulas motorizadas y sus componentes con las funciones que realiza, en el manejo de los hidrocarburos en Ecopetrol con el fin de analizar la información y optimizar los procesos de mantenimiento, en las MOV. Nivel 2 - Comprender.

2.2 INTRODUCCION AL CAPITULO DOS

El capítulo sirve para delimitar el volumen de control, base del análisis, además de los datos necesarios en cuanto a información y datos para el estudio pasado, presente y futuro de corto plazo del mantenimiento en la máquina. La sección provee la explicación integral y específica de los principales componentes y secciones relevantes del equipo, aporta los elementos que generan las consecuencias de las fallas y reparaciones y de requerimientos de planeados, como también aporta los datos e información pertinente de los tiempos de paradas imprevistas, planeadas y tiempos útiles en sus fechas a nivel internacional.

2.3 DESARROLLO

Un actuador eléctrico es un dispositivo que se usa para operar abriendo, y cerrando una válvula local, o remotamente, y está diseñado para funcionar utilizando energía que puede ser eléctrica, hidráulica, neumática, manuales o una combinación. Dándole paso y evitándolo a productos derivados del petróleo y otros. Y ofrece una gran variedad de tamaños torque y velocidades, donde se puede usar en diferentes áreas clasificadas, Nema 4 y 7 (ROTORK®, 2016).

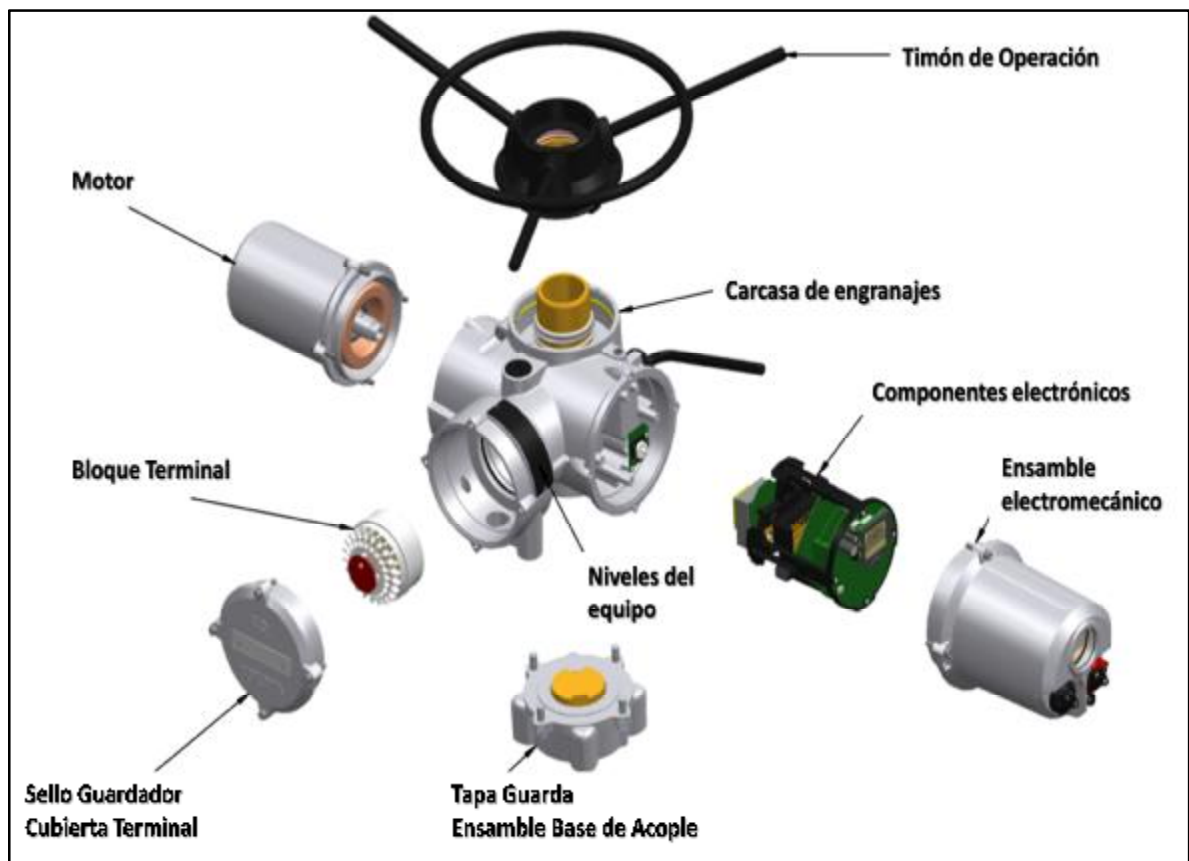
Ilustración 15 - Actuador eléctrico con su válvula en planta.



2.3.1 COMPONENTES REPRESENTATIVOS.

Donde la ilustración nos muestra las partes en general del actuador eléctrico como, la volanta, el modulo del motor, la carcasa, los puntos de conexión de los cable de potencia y control, la brida con su acople entre el actuador y la válvula, el modulo electrónico, y la tapa con sus perillas de selección de automático y manual de apertura y cierre de la válvula (ROTORK®, 2016).

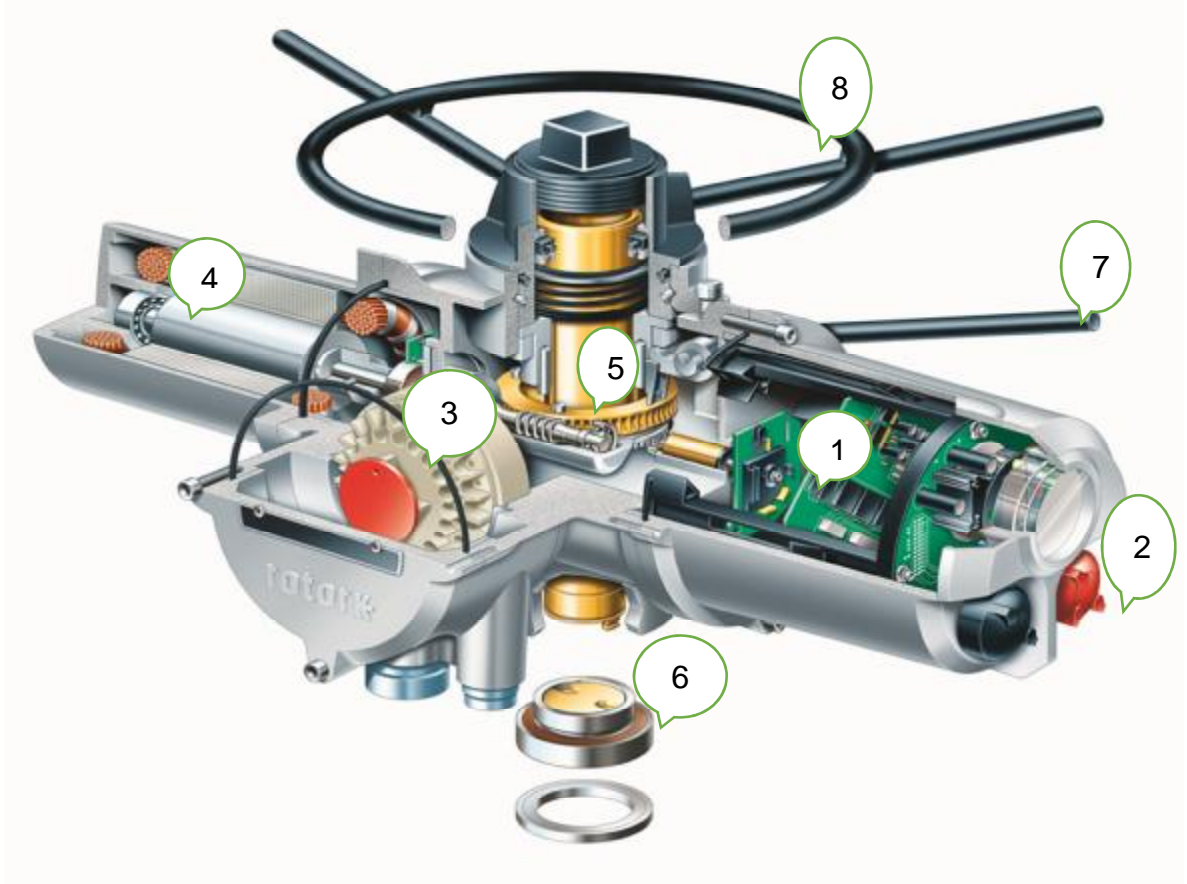
Ilustración 16 - Componentes del Actuador Eléctrico.



2.3.2 VISTA INTERNA DE LOS COMPONENTES DEL ACTUADOR.

En esta ilustración podemos apreciar cómo van ubicados los componentes en el actuador eléctrico y el funcionamiento, de cada elemento y se puede comprender desde que llega la energía al motor y gira el eje central mueve el bousing o acople y abre o cierra la válvula con sus tarjetas, (ROTORK®, 2016).

Ilustración 17 - Ubicación de cada componente en el actuador.



Dentro de la imagen, los componentes numerados son:

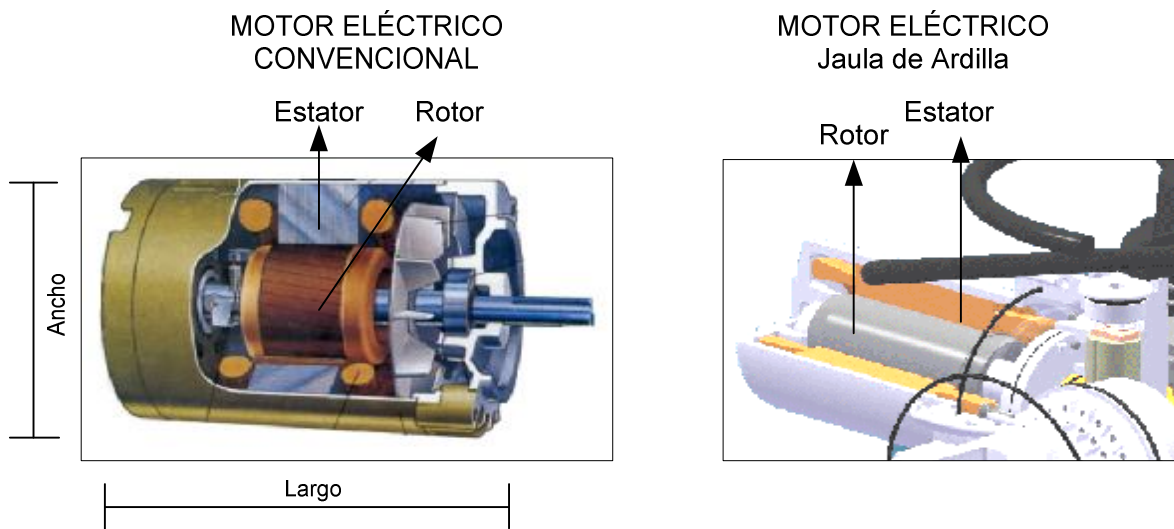
- 1- Tarjetas principales, de potencia, de procesamiento.
- 2- Perillas de selección automático o manual y de apertura cierre, displaye.
- 3- Puntos de conexión de las líneas de potencia, control y comunicación.
- 4- Bobinado del motor.
- 5- Engranajes con su eje central.
- 6- Acople o bushing.
- 7- Embrague para abrir y cerrar la válvula con la volanta.
- 8- Volante de apertura y cierre manualmente.

2.3.3 DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES.

2.3.3.1 Motor Eléctrico.

El motor eléctrico es de jaula de ardilla, trabaja a un voltaje nominal de 480VAC y cuando se energiza le genera movimiento a la columna central y mueve el acople y el vástago de la válvula, y la abre o la cierra, y está compuesto por un estator con un devanado estático de alambre de cobre, y un rotor cubierto de placas metálicas, tiene la características de tener alto torque y baja inercia, por lo que el motor es más largo que el convencional, y el eje del motor termina en tornillo sin fin que se acopla con una corona dentada, (ROTORK®, 2016).

Ilustración 18 - Motor eléctrico.

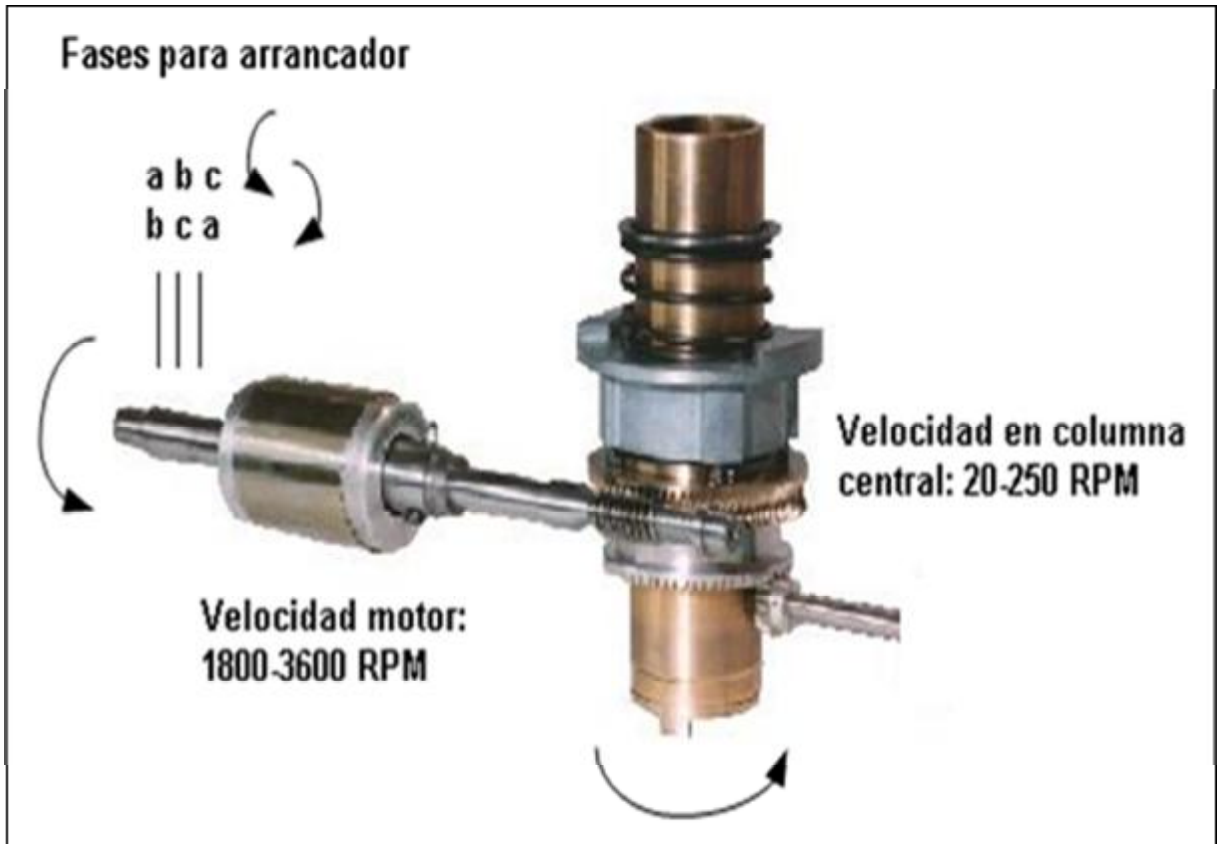


(ROTORK®, 2016)

2.3.3.2 Columna Central.

En esta ilustración podemos apreciar cómo trabaja la columna central, cuando el motor le genera movimiento, y la velocidad es dependiendo la necesidad del cliente y el proceso en la empresa que son 30 40 60 80 RPM.

Ilustración 19 - Columna central.

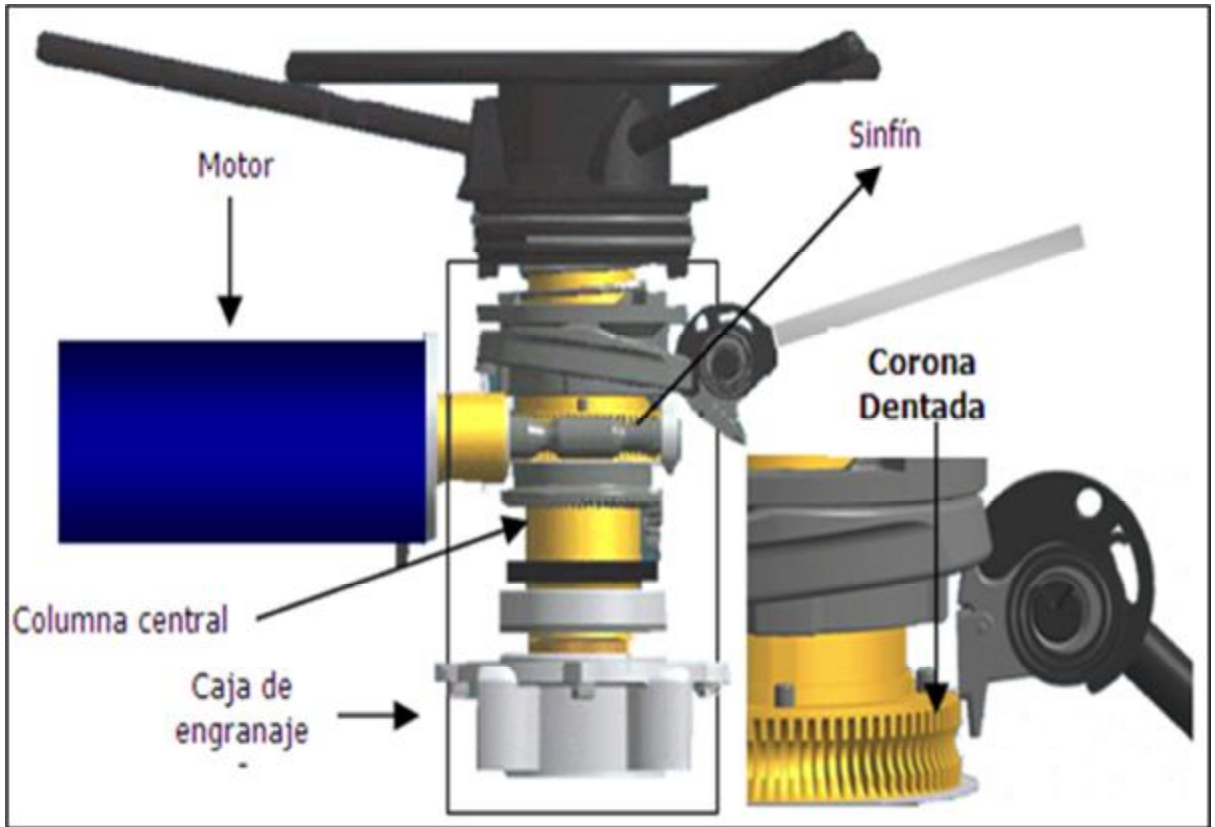


(ROTORK®, 2016)

2.3.3.3 Caja de engranajes.

Donde está compuesta por una corona dentada un tornillo sin fin una columna central quien finalmente, el motor le transmite movimiento al tornillo sin fin y mueve la corona y se lo transmite al drive bushing para abrir o cerrar la válvula donde está instalado el actuador.

Ilustración 20 - Caja de Engranajes.



(ROTORK@, 2016)

2.3.3.4 Acople o Drive Bushing.

La drive Bushing es el acople entre el actuador y la válvula, cuando se mueve la columna central gira el bushing y abre o cierra la válvula, está hecha de bronce y existen tres tipos A, Z y Z3 donde el Z es más ancho que el A y el vástago de la válvula, y el Z3 este tipo es más alargado y permite mayor agarre del vástago de la válvula, donde no sobre sale lo suficiente los pasos del vástago.

Ilustración 21 - Acople o Drive Bushing.



Ilustración 22 - Acople o Drive Bushing con su Brida y alojamiento.



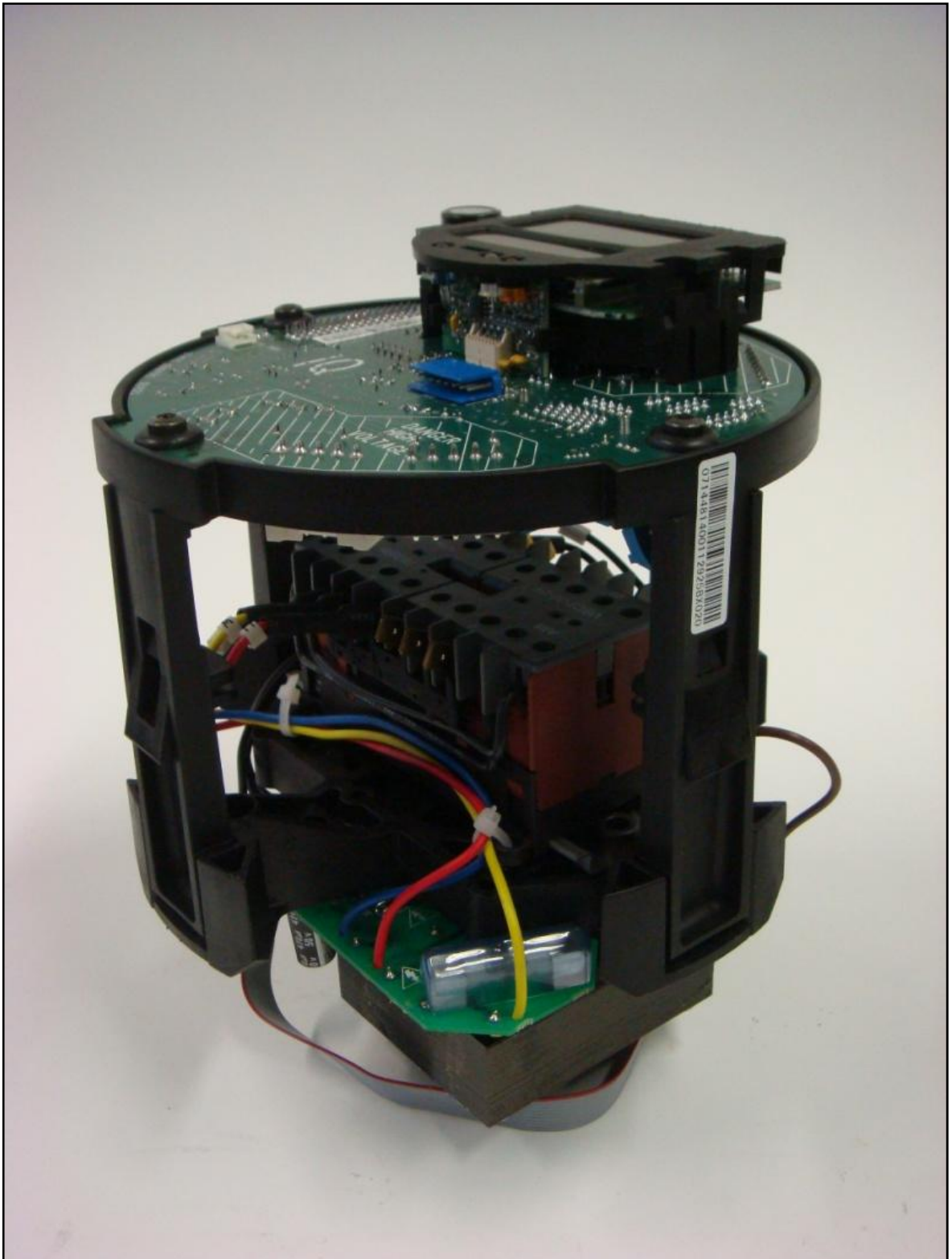
Ilustración 23 - Acople o Drive Bushing como va en el vástago de la válvula.



2.3.3.5 Componentes Electrónicos.

En este bloque podemos apreciar cómo están instalada, el modulo electrónico donde, la tarjeta principal, con su displaye y una de procesamiento, una tarjeta de potencia con su transformador y un contactor.

Ilustración 18 - Bloque de tarjetas electrónicas



2.3.3.6 Tarjeta Principal.

Donde van conectados todos los periféricos como el procesador, encoder, sensor de torque, displayer, eeprom de configuración, entre otras encargadas de convertir esa información a una manera binaria para el procesador la pueda interpretar.

También contiene todas las entradas y salidas digitales o analógicas que provienen de la bornera y los diferentes protocolos de comunicación del actuador.

En esta tarjeta existe una eeprom no volátil que se utiliza para almacenar la configuración de parámetros que contienen información, sobre la configuración del módulo. La electrónica de interfaz RS485 está también en la placa del módulo. Los circuitos de interfaz de comunicación están totalmente aislados del procesador y el módulo de electrónica del actuador (ROTORK®, 2016).

- Temperatura de operación: - 40°C a 70°C
- Temperatura de almacenaje: -50°C a 85°C
- Humedad relativa: 5% a 95% (> 50°C)

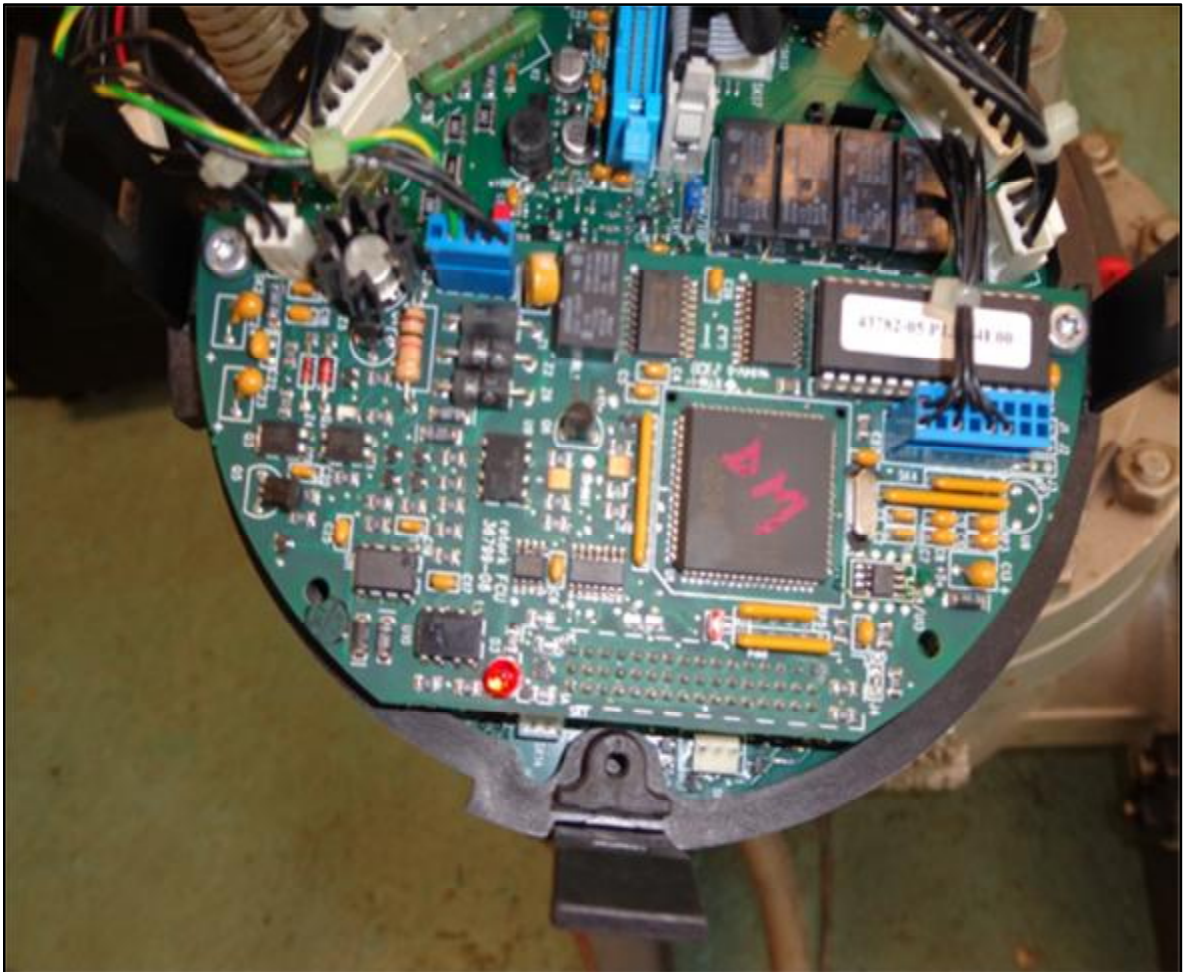
Ilustración 24 - Tarjeta principal o Board con su displayer.



2.3.3.7 Tarjeta de procesamiento.

Es la que contiene el firmware de procesamiento, a donde llegan todas las señales, o comandos que le envía la master, o el DCS sistema de control distribuido en forma digital son procesadas, y de acuerdo al programa se ejecuta una acción determinada en el actuador, abriendo la válvula un 50% 100% o cerrándola 50% 0% dependiendo las necesidades del proceso. (www.rotork).

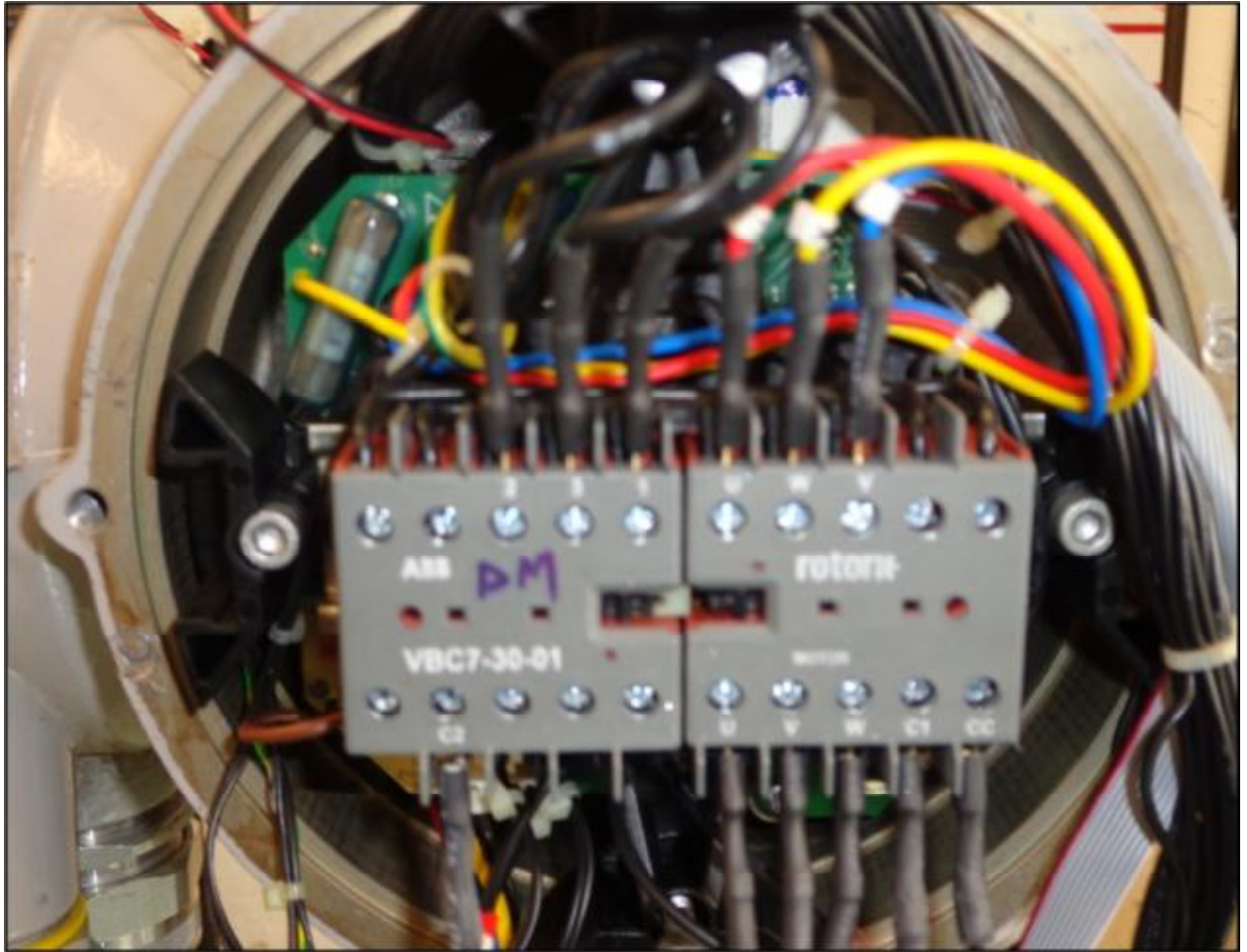
Ilustración 25 - Tarjeta de procesamiento o firmware.



2.3.3.8 Tarjeta de potencia.

Es la encargada de dar alimentación a todas las tarjetas, y la bobina del contactor por medio de una fuente con transformador de 48VAC a 24 VDC, también contiene dos contactores, que se encargan de suministrar la corriente al motor, para abrir o cerrar la válvula (ROTORK®, 2016).

Ilustración 26 - Tarjeta de potencia.



2.3.3.9 Sensor de posición

Es la tarjeta que envía la señal a la tarjeta principal y lo muestra en el display la posición del actuador de abierta o cerrada, y lo realiza por un sistema de pulsos magnéticos, con sensores de efecto Hall miden y controlan precisamente el recorrido del actuador que le transmite el engranaje (ROTORK®, 2016).

Ilustración 27 - Como está instalada la tarjeta del sensor de posición.

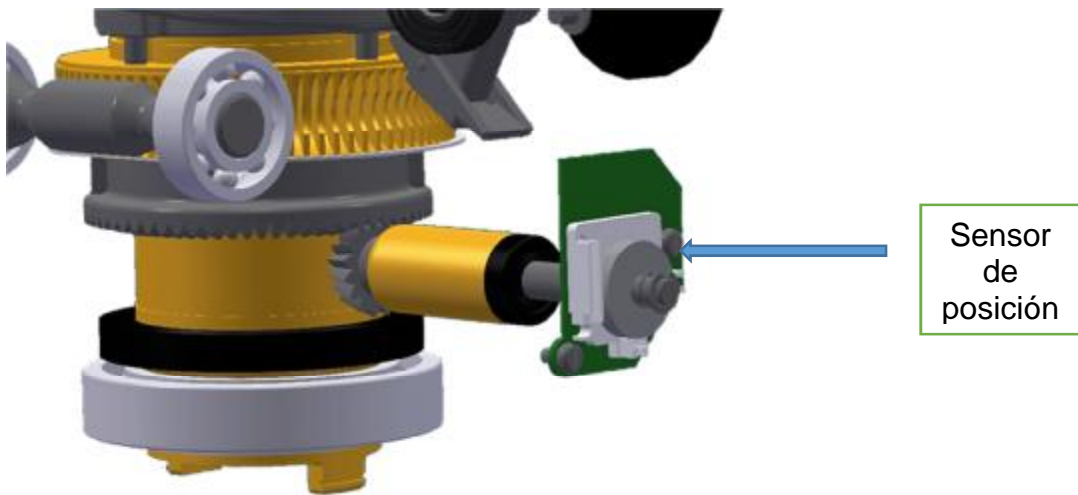


Ilustración 28 - Tarjeta del sensor de posición.



2.3.3.10 Características del actuador.

Donde podemos apreciar su tamaño del actuador, su velocidad el voltaje, torque, el tipo de aceite que usa y su tag.

Ilustración 29 - Datos de placa del actuador.



2.6.1 Válvulas de compuerta.

Las válvulas de compuerta son las más usadas en los actuadores eléctricos, y es una válvula que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla la cual puede ser redonda o rectangular permitiendo así el paso del fluido, lo que distingue a las válvulas de este tipo es el sello, el cual se hace mediante el asiento del disco en dos áreas distribuidas en los contornos de ambas caras del disco, y pueden ser paralelas o en forma de cuña.

Ilustración 30 - Válvulas de compuertas.



2.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO DOS

Se definen los componentes de la MOV como un sistema como la unidad o partes individuales cuya confiabilidad se estudia independientemente, las partes. Cuando falla un componente se reemplaza y no se repara. Por ejemplo, si falla el acople se reemplaza, o una tarjeta, una parte mecánica.

Finalmente, es importante señalar que a pesar de poseer similares periodos para intervención, ciertos sistemas requieren de otros tipos de tareas por sus mecanismos o por la criticidad de sus funciones.

3 DATOS RCM IRCMS

3.1 OBJETIVO

Validar la información para adaptarla a los sistemas de RCM, IRCMS, y poder hallar los modos de fallas y jerarquizarlos y así implementar metodologías de mantenimiento a la MOV. Nivel 3 - Aplicar.

3.2 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO TRES

A través de los datos es posible conocer, el comportamiento de mantenimiento por el software para analizarlo y definir acciones necesarias según lo requiera la organización, luego de tener en los capítulos la fundamentación teórica y la idea de funcionamiento del equipo, en esta sección presenta la información que sirve como base para los análisis posteriores con los datos que muestra el software

3.3 DESARROLLO

En las gráficas siguientes se ilustra la función principal, funciones secundarias, las fallas funcionales, los modos de fallas y las tareas de mantenimiento que se llevaran a cabo, a atreves del software.

3.3.1 INFORMES DEL SOFTWARE.

En las gráficas siguientes podemos apreciar algunos datos de mantenimiento, sobre la aplicación del software, que se analizaran.

Ilustración 31 - Función principal de la MOV 8670C

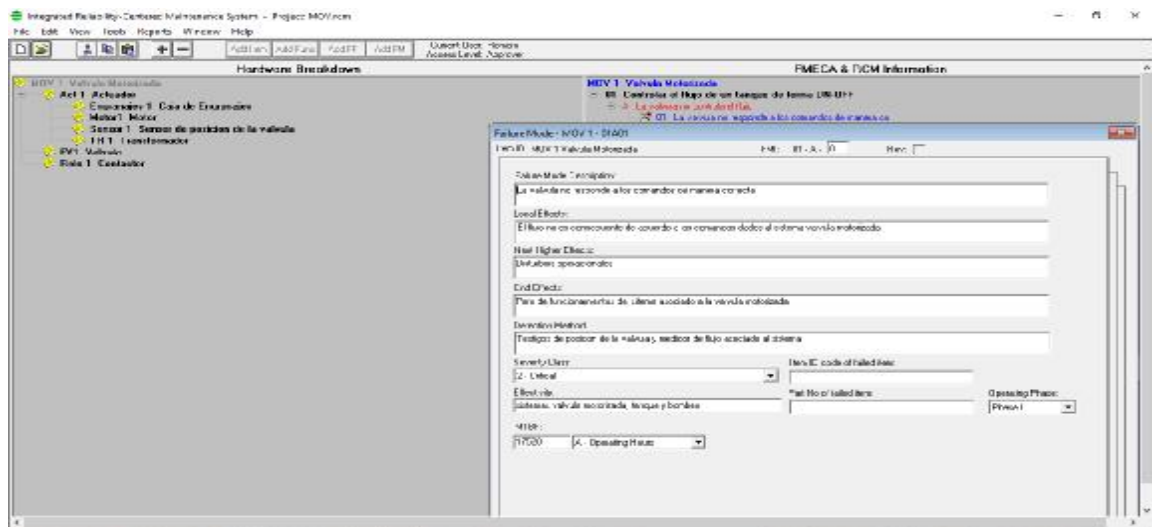


Ilustración 32 - Tarea de mantenimiento de la función principal

Failure Mode - MOV 1 - 01A01
 Item ID: MOV 1 Valvula Motorizada FMI: 01 - A - 01 Rev:

Task ID: 0002 #

Task Description:
 Aplicar grasa o aceite en la engranajes y vastago

Preliminary Task Interval: 3 F - Months
 Preliminary LOM: Operador
 Packaged Task Interval: 3 F - Months
 Packaged LOM: Operador

Task Man Hours: 5
 Task Material Cost: 10.000,00 €
 Non Recurring Cost:
 Elapsed Maintenance Time: 2160 (hours)

Cost of One Service/Lube Task:
 Preliminary: 450.000,00 € --> 450.000,00 €
 Packaged: 450.000,00 € -->

Task Accepted

Failure Mode* Failure Consequences **Service/Lube*** On-condition*
 Hard-time* Failure Finding Age Exploration* Other Action / No PM
 Cost/Downtime Analysis* Package / Summary* HRI Matrix

Failure Mode - MOV 1 - 01A01
 Item ID: MOV 1 Valvula Motorizada FMI: 01 - A - 01 Rev:

Task ID: 0003 #

Task Description:
 Cambio de la valvula

Wearout Age/Life Limit: 87600 A - Operating Hours
 Preliminary Task Interval: 87600 A - Operating Hours
 Preliminary LOM: Electricista
 Packaged Task Interval: 87600 A - Operating Hours
 Packaged LOM: Ingeniero de cor.

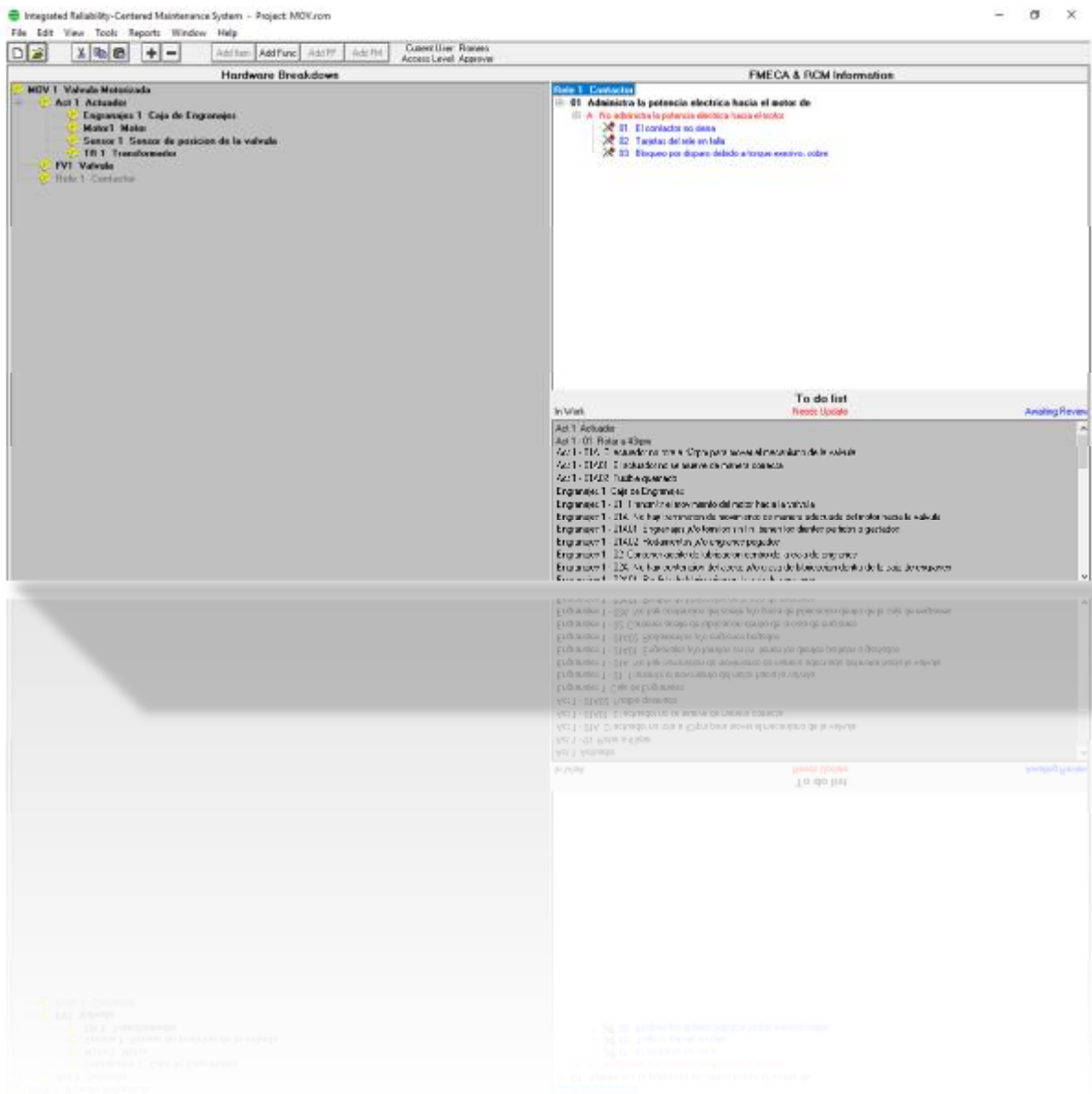
Task Manhours: 32
 Task Material Cost: 8.000.000,00 €
 Non Recurring Cost: 1.000.000,00 €
 Task EMT: 87600 (hours)
 Average HT Repair Cost: 10.000.000,00 €
 Average HT Repair EMT: 32 (hours)

Cost of one Hard Time
 Preliminary: 2.880.000,00 --> 8.000.000,00 €
 Packaged: 8.000.000,00 -->

Percent Survive: 99 % (enter from 0% to 100%)
 K Factor: 10 % (enter from 0% to 100%)

Task Accepted

Hard-time* Failure Finding Age Exploration* Other Action / No PM
 Cost/Downtime Analysis* Package / Summary* HRI Matrix Service/Lube*
 Failure Mode* Failure Consequences



3.3.3 REPORTE FMECA.

A continuación, se expone el reporte que genera el software IRCM acerca del Análisis FMECA.

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
Act 1	Actuador	01	Rotar a 43rpm	A	El actuador no rota a 43rpm para mover el mecanismo de la válvula	01	El actuador no se mueve de manera correcta	Phase I	Pérdida de control en el sistema		Paro del sistema asociado a la válvula por pérdida del control	Indicadores de flujo en la línea de proceso, testigos de posición de la válvula en el DCS	2	87.600,00/A
Act 1	Actuador	01	Rotar a 43rpm	A	El actuador no rota a 43rpm para mover el mecanismo de la válvula	02	Fusible quemado	Phase I	Paro del sistema válvula motorizada	Paro del sistema asociado a la válvula motorizada		Prueba con tester	4	10,00/G

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
Engranajes 1	Caja de Engranajes	01	Transmitir el movimiento del motor hacia la válvula	A	No hay transmisión de movimiento de manera adecuada del motor hacia la válvula	01	Engranajes y/o tornillos sin fin tienen los dientes partidos o gastados	Phase I	La válvula no se mueve de manera adecuada	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada		Verificación del estado de los internos de la caja de engranes	2	10,00/G
Engranajes 1	Caja de Engranajes	01	Transmitir el movimiento del motor hacia la válvula	A	No hay transmisión de movimiento de manera adecuada del motor hacia la válvula	02	Rodamientos y/o engranes pegados	Phase I	La válvula no responde a los comandos de manera adecuada	Paro del sistema válvula motorizada	Paro del sistema asociado a la válvula motorizada	Mantenimiento o correctivo al sistema válvula motorizada	2	2,00/G
Engranajes 1	Caja de Engranajes	02	Contener aceite de lubricación dentro de la caja de engranes	A	No hay contención del aceite y/o grasa de lubricación dentro de la caja de engranes	01	Perdida de lubricación en la caja de engranes	Phase I	Reguero de aceite			Se visualiza reguero de aceite por las juntas de la caja de engranes o por los retenedores	2	2,00/G

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
FV1	Válvula	01	Controlar el paso de un fluido	A	La válvula no controla el paso de un fluido	01	Válvula pegada	Phase I	El sistema válvula motorizada no responde a los comandos	Paro de los sistemas asociados al sistema válvula motorizada		Visual	3	2,00/G
FV1	Válvula	01	Controlar el paso de un fluido	A	La válvula no controla el paso de un fluido	02	Pase de fluido por la compuerta de la válvula	Phase I	Lo hay control en el paso del fluido	Paro del sistema válvula motorizada	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	El monitoreo del nivel y del flujo de los sistemas asociados a la válvula	2	2,00/G
FV1	Válvula	02	Evitar escapes de fluidos a la atmosfera	A	Hay escape de fluidos a la atmosfera	01	El prensa empaque pierde su propiedad de contener los fluidos	Phase I	Presencia de fluidos saliendo por el prensa-empaque			Visual	4	2,00/G

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
Motor1	Motor	01	Mover el mecanismo de la válvula	A	El mecanismo de la válvula no se mueve	01	Bobinado en corto, abierto y/o quemado	Phase I	La válvula no se mueve de acuerdo a los comandos		Paro del sistema asociado a la válvula motorizada.	Medición de continuidad y megueado de los bobinados	2	87.600,00/A
Motor1	Motor	01	Mover el mecanismo de la válvula	A	El mecanismo de la válvula no se mueve	02	Cable de alimentación en corto, abierto y/o aterrizado	Phase I	La válvula no se mueve de acuerdo a los comandos		Paro del sistema asociado a la válvula motorizada	Megueado del cable	2	10,00/G
Motor1	Motor	01	Mover el mecanismo de la válvula	A	El mecanismo de la válvula no se mueve	03	Fallo de bornera de alimentación del motor 480VAC	Phase I	El sistema válvula motorizada no responde a los comandos		Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Verificación del estado de la bornera, termografía.	2	2,00/G
Motor1	Motor	01	Mover el mecanismo de la válvula	A	El mecanismo de la válvula no se mueve	04	Eje del actuador bloqueado por daño en los rodamientos del motor	Phase I	El sistema válvula motorizada no responde a los comandos		Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Verificando estado en mantenimiento preventivo	2	5,00/G
Motor1	Motor	01	Mover el mecanismo de la válvula	A	El mecanismo de la válvula no se mueve	05	Interruptor de alimentación en mal estado	Phase I	El sistema válvula motorizada no responde a los comandos	Los testigos de posición de la válvula indican que la válvula no ha cambiado de posición	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Verificando estado en mantenimiento preventivo	2	5,00/G

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
MOV 1	Válvula Motorizada	01	Controlar el flujo de un tanque de forma ON-OFF	A	La válvula no controla el flujo	no 01	La válvula no responde a los comandos de manera correcta	Phase I	El flujo no es consecuente de acuerdo a los comandos dados al sistema válvula motorizada	Disturbios operacionales	Paro de funcionamiento del sistema asociado a la válvula motorizada	Testigos de posición de la válvula y medidor de flujo asociado al sistema	2	17.520,00/A

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS	
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS				
Relé 1	Contactador	01	Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	A	No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	01	El contactor no sierra	Phase I	No se evidencia cambio de estado en el relé	La válvula responde a los comandos	no los	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Verificación de presencia de voltaje en el motor al momento del comando hacia la válvula	2	5,00/G
Relé 1	Contactador	01	Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	A	No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	02	Tarjetas del relé en falla	Phase I	No hay activación del contactor	La válvula responde a los comandos	no los	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Variación de estado de las tarjetas	2	5,00/G
Relé 1	Contactador	01	Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	A	No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la válvula	03	Bloqueo por disparo debido a torque excesivo, sobre voltaje o sobre corriente	Phase I	Activación de alarma en el Relé	La válvula responde a los comandos	no los	Paro del sistema asociado al sistema válvula motorizada	Observación del estado de alarmas del relé	3	2,00/G

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
Sensor 1	Sensor de posición de la válvula	01	Sensor de posición de la válvula	A	No hay sentido de la posición de la válvula	01	El sensor pierde su calibración o el sensor pierde su capacidad de sensar	Phase I	No hay visualización de la posición de la válvula en DCS	Se verifica el campo de la posición de la válvula		Verificación del funcionamiento del sensor	3	5,00/G

FMECA Report

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEV CLASS	MTBF/UNITS
		NO.	Description	LTR	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
TR 1	Transformador	01	Suministrar voltaje a las tarjetas electrónicas	A	No suministra el voltaje a las tarjetas electrónicas	01	Transformador en corto, abierto o aterrizado	Phase I	El sistema válvula motorizada no responde a los comandos del DCS	Paro del sistema válvula motorizada	Paro del sistema asociado a la válvula motorizada	Verificación del estado del transformador con equipo de medición	2	10,00/G

3.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO TRES

Es importante tener un software como el IRCMS que entregue información útil y suficiente para manejo y ordenamiento de información de mantenimiento y debe revisarse continuamente y mejorar para tener información más precisa de mantenimiento que lleven a mejorar en todos los procesos relacionados con las reparaciones, y los mantenimientos planeados en las MOV.

Es posible ingresar la información al software con gran facilidad así mismo en la medida que avanza en recogimiento de la información para el estudio de los equipos se logra tener información precisa y confiable del mantenimiento de las MOV. Y quedan incorporadas las fallas, modos de falla y tareas de mantenimiento.

4 PLANES DE RCM IRCMS

4.1 Objetivo 4

Proponer estrategias,

Print Date: 11/02/2017

IRCMS

tácticas y tareas de mantenimiento a partir de los resultados del software IRCMS. Nivel 4 – Analizar.

4.2 INTRODUCCION AL CAPITULO CUATRO

El capítulo provee todos los desarrollos del software IRCMS para poder mostrar a futuro las acciones y estrategias más importantes y prioritarias a desarrollar en Ecopetrol, para las MOV y lograr la efectividad que se requiere a partir de los resultados que se realizan en la presente sección. Con base en el objetivo de este Cuarto capítulo.

4.3 Desarrollo

El análisis y manejo de la información se realiza de forma ágil por medio de la herramienta de reportes que posee el software, y así mismo es posible identificar en donde existen factibilidades de mejora en las tareas de mantenimiento, en la empresa.

4.4 ANALYSIS DETAIL REPORT

A continuación se muestra uno de los análisis de reporte por el equipo de mantenimiento de la empresa. Para mejora en las MOV.

Ilustración 36 - Diferentes informes del iRCMs

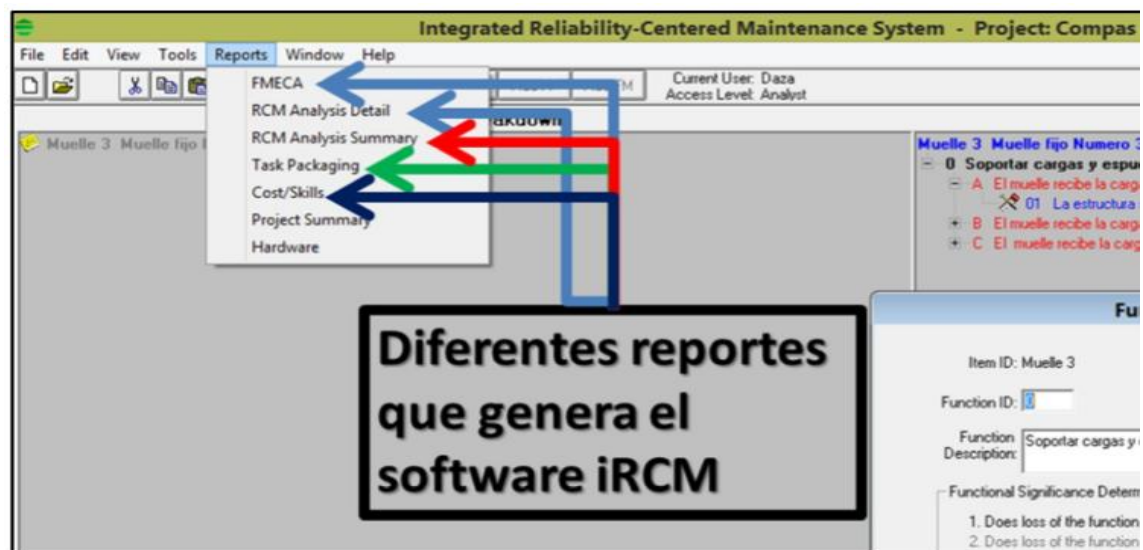


Ilustración 37 - Informes de mejoras a realizar en el mantenimiento MOV

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1

Actuador

RCM Analysis Detail Report

Failure Mode: 01A01

El actuador no se mueve de manera correcta

FMECA Information

MTBF: 87.600,00 Operación Hours

Safety: NS

Hidden/Evident: H

Severity: II

Function:

Rotar a 43rpm

Functional Failure:

El actuador no rota a 43rpm para mover el mecanismo de la válvula

Local Effects:

Pérdida de control en el sistema

Next Higher Effects:

End Effects:

Paro del sistema asociado a la valvula por pérdida del control

Failure Detection Method:

Indicadores de flujo en la línea de proceso, testigos de posición de la valvula en el DCS

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

Ilustración 38 - Informes Típicos Gerenciales iRCMs

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1
Actuador

Failure Mode: 01A01

El actuador no se mueve de manera correcta

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/A	/A
->	0016	OC	Activación de la válvula para verificar su funcionamiento correcto	3,00/F	3,00/F	/A	0,33/A
		HT		/	/	/A	/A
		FF		/	/	/A	/A
		OA				/A	/A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1
Actuador

Failure Mode: 01A01

El actuador no se mueve de manera correcta

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1
Actuador

Failure Mode: 01A02

Fusible quemado

FMECA Information

MTBF: 10,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: IV

Function:

Rotar a 43rpm

Functional Failure:

El actuador no rota a 43rpm para mover el mecanismo de la valvula

Local Effects:

Paro del sistema valvula motorizada

Next Higher Effects:

Paro del sistema asociado a la valvula motorizada

End Effects:

Failure Detection Method:

Prueba con tester

Effectivity: Fusible

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1
Actuador

Failure Mode: 01A02

Fusible quemado

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
	0018	OA	Cambio del fusible			/G	0,00/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	0,50/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Act 1
Actuador

Failure Mode: 01A02

Fusible quemado

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1
Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A01

Engranajes y/o tornillos sin fin tienen los dientes partidos o gastados

FMECA Information

MTBF: 10,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Transmitir el movimiento del motor hacia la valvula

Functional Failure:

No hay transmisión de movimiento de manera adecuada del motor hacia la valvula

Local Effects:

La valvula no se mueve de manera adecuada

Next Higher Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

End Effects:

Failure Detection Method:

Verificación del estado de los internos de la caja de engranes

Effectivity: Caja de engranes

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A01

Engranajes y/o tornillos sin fin tienen los dientes partidos o gastados

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
->	0014	FF	Mantenimiento de la caja de engranajes	2,00/G	2,00/G	/G	5,40/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A01

Engranajes y/o tornillos sin fin tienen los dientes partidos o gastados

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A02

Rodamientos y/o engranes pegados

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Transmitir el movimiento del motor hacia la válvula

Functional Failure:

No hay transmision de movimiento de manera adecuada del motor hacia la válvula

Local Effects:

La valvula no responde a los comandos de manera adecuada

Next Higher Effects:

Paro del sistema valvula motorizada

End Effects:

Paro del sistema asociado a la valvula motorizada

Failure Detection Method:

Mantenimiento correctivo al sistema valvula motorizada

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1
Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A02
Rodamientos y/o engranes pegados

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 01A02

Rodamientos y/o engranes pegados

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 02A01

Perdida de lubricación en la caja de engranes

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety: NS

Hidden/Evident: E

Severity: II

Function:

Contener aceite de lubricación dentro de la caja de engranes

Functional Failure:

No hay contención del aceite y/o grasa de lubricación dentro de la caja de engranes

Local Effects:

Reguero de aceite

Next Higher Effects:

End Effects:

Failure Detection Method:

Se visualiza reguero de aceite por las juntas de la caja de engranes o por los retenedores

Effectivity:

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 02A01

Perdida de lubricación en la caja de engranes

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Engranajes 1

Caja de Engranajes

Failure Mode: 02A01

Perdida de lubricación en la caja de engranes

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Valvula

Failure Mode: 01A01

Valvula pegada

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: III

Function:

Controlar el paso de un fluido

Functional Failure:

La válvula no controla el paso de un fluido

Local Effects:

El sistema válvula no motorizada responde a los comandos

Next Higher Effects:

Paro de los sistemas asociados al sistema valvula motorizada

End Effects:

Failure Detection Method:

Visual

Effectivity: Valvula

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Válvula

Failure Mode: 01A01

Válvula pegada

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
->	0015	FF	Verificación del movimiento libre de la válvula	3,00/F	3,00/F	/G	7,50/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Válvula

Failure Mode: 01A01

Válvula pegada

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Válvula

Failure Mode: 01A02

Pase de fluido por la compuerta de la válvula

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Controlar el paso de un fluido

Functional Failure:

La valvula no controla el paso de un fluido

Local Effects:

Lo hay control en el paso del fluido

Next Higher Effects:

Paro del sistema valvula motorizada

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

El monitoreo del nivel y del flujo de los sistemas asociados a la valvula

Effectivity: Valvula

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Valvula

Failure Mode: 01A02

Pase de fluido por la compuerta de la valvula

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
->	0018	HT	Mantenimiento a los internos de la valvula (compuerta, empaques, orines)	17.520,00/A	2,00/G	/G	0,00/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Válvula

Failure Mode: 01A02

Pase de fluido por la compuerta de la válvula

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Válvula

Failure Mode: 02A01

El prensa empaque pierde su propiedad de contener los fluidos

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: IV

Function:

Evitar escapes de fluidos a la atmosfera

Functional Failure:

Hay escape de fluidos a la atmosfera

Local Effects:

Presencia de fluidos saliendo por el prensa-empaque

Next Higher Effects:

End Effects:

Failure Detection Method:

Visual

Effectivity: Valvula

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Valvula

Failure Mode: 02A01

El prensa empaque pierde su propiedad de contener los fluidos

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
	0019	OA	Reapriete del prensa-estopa			/G	0,00/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: FV1
Valvula

Failure Mode: 02A01

El prensa empaque pierde su propiedad de contener los fluidos

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A01

Bobinado en corto, abierto y/o quemado

FMECA Information

MTBF: 87.600,00 Operating Hours

Safety: NS

Hidden/Evident: H

Severity: II

Function:

Mover el mecanismo de la válvula

Functional Failure:

El mecanismo de la valvula no se mueve

Local Effects:

La valvula no se mueve de acuerdo a los comandos

Next Higher Effects:

End Effects:

Paro del sistema asociado a la válvula motorizada.

Failure Detection Method:

Medición de continuidad y megueado de los bobinados

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A01

Bobinado en corto, abierto y/o quemado

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/A	/A
->	0006	OC	Rebobinar el motor	2,00/G	2,00/G	/A	4,00/A
		HT		/	/	/A	/A
->	0005	FF	Verificación del estado de los bobinados del motor	2,00/G	2,00/G	/A	4,50/A
		OA				/A	/A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A01

Bobinado en corto, abierto y/o quemado

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A02

Cable de alimentación en corto, abierto y/o aterrizado

FMECA Information

MTBF: 10,00 Years

Safety: NS

Hidden/Evident: H

Severity: II

Function:

Mover el mecanismo de la valvula

Functional Failure:

El mecanismo de la valvula no se mueve

Local Effects:

La valvula no se mueve de acuerdo a los comandos

Next Higher Effects:

End Effects:

Paro del sistema asociado a la valvula motorizada

Failure Detection Method:

Megueado del cable

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A02

Cable de alimentacion en corto, abierto y/o aterrizado

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
->	0007	FF	Verificación del estado del cableado tomando valores de aislamiento	2,00/G	2,00/G	/G	9,00/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A02

Cable de alimentación en corto, abierto y/o aterrizado

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A03

Fallo de bornera de alimentación del motor 480VAC

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Mover el mecanismo de la valvula

Functional Failure:

El mecanismo de la valvula no se mueve

Local Effects:

El sistema valvula motorizada no responde a los comandos

Next Higher Effects:

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificación del estado de la bornera, termografía.

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A03

Fallo de bornera de alimentación del motor 480VAC

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
->	0008	OC	Verificación del estado de las conexiones en la bornera, puede usarse termografía, reapriete de bornes. Cambio de la bornera si se encuentra	2,00/G	2,00/G	/G	2,00/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A03

Fallo de bornera de alimentación del motor 480VAC

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A04

Eje del actuador bloqueado por daño en los rodamientos del motor

FMECA Information

MTBF: 5,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Mover el mecanismo de la valvula

Functional Failure:

El mecanismo de la valvula no se mueve

Local Effects:

El sistema valvula motorizada no responde a los comandos

Next Higher Effects:

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificando estado en mantenimiento preventivo

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A04

Eje del actuador bloqueado por daño en los rodamientos del motor

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
->	0009	FF	Verificación del estado de los rodamientos y cambio según condición	2,00/G	2,00/G	/G	4,20/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A04

Eje del actuador bloqueado por daño en los rodamientos del motor

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A05

Interrupor de alimentación en mal estado

FMECA Information

MTBF: 5,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Mover el mecanismo de la valvula

Functional Failure:

El mecanismo de la valvula no se mueve

Local Effects:

El sistema valvula motorizada no responde a los comandos

Next Higher Effects:

Los testigos de posición de la valvula indican que la valvula no ha cambiado de posición

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificando estado en mantenimiento preventivo

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A05

Interrupor de alimentación en mal estado

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Motor1

Motor

Failure Mode: 01A05

Interrupor de alimentación en mal estado

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: MOV 1
Valvula Motorizada

Failure Mode: 01A01

La valvula no responde a los comandos de manera correcta

FMECA Information

MTBF: 17.520,00 Operating Hours **Safety:** NS **Hidden/Evident:** E **Severity:** II

Function:

Controlar el flujo de un tanque de forma ON-OFF

Functional Failure:

La valvula no controla el flujo

Local Effects:

El flujo no es consecuente de acuerdo a los comandos dados al sistema valvula motorizada

Next Higher Effects:

Disturbios operacionales

End Effects:

Paro de funcionamientos del sistema asociado a la valvula motorizada

Failure Detection Method:

Testigos de posición de la valvula y medidor de flujo asociado al sistema

Effectivity: sistemas valvula motorizada, tanque y **Analysis Status:** In Process

Mission Phase: Phase I **Analyst:** Edwin Romero

Failed Item WUC: **Approval Date:**

Failed Item P/N: **Approved By:**

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: MOV 1

Valvula Motorizada

Failure Mode: 01A01

La valvula no responde a los comandos de manera correcta

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
->	0002	SL	Aplicar grasa o aceite en los engranajes y vástago	3,00/F	3,00/F	/A	720,00/ A
		OC		/	/	/A	/ A
->	0003	HT	Cambio de la valvula	87.600,00/A	87.600,00/A	/A	1,00/ A
		FF		/	/	/A	/ A
		OA				/A	/ A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: MOV 1

Valvula Motorizada

Failure Mode: 01A01

La valvula no responde a los comandos de manera correcta

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A01

El contactor no sierra

FMECA Information

MTBF: 5,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Functional Failure:

No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Local Effects:

No se evidencia cambio de estado en el relé

Next Higher Effects:

La valvula no responde a los comandos

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificación de presencia de voltaje en el motor al momento del comando hacia la valvula

Effectivity: Sistema valvula motorizada

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
 Contactor

Failure Mode: 01A01

El contactor no sierra

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
->	0011	OC	Mantenimiento correctivo que puede incluir cambio de contactor	2,00/G	2,00/G	/G	1,40/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
 Contactor

Failure Mode: 01A01

El contactor no sierra

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A02

Tarjetas del relé en falla

FMECA Information

MTBF: 5,00 Years

Safety: NS

Hidden/Evident: H

Severity: II

Function:

Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Functional Failure:

No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Local Effects:

No hay activación del contactor

Next Higher Effects:

La valvula no responde a los comandos

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificacion de estado funcional de las tarjetas

Effectivity: Relé

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A02

Tarjetas del relé en falla

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
->	0012	OC	Cambio de tarjetas según condición	5,00/G	5,00/G	/G	0,80/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A02

Tarjetas del relé en falla

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A03

Bloqueo por disparo debido a torque excesivo, sobre voltaje o sobre corriente

FMECA Information

MTBF: 2,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: III

Function:

Administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Functional Failure:

No administra la potencia eléctrica hacia el motor de la valvula

Local Effects:

Activación de alarma en el Relé

Next Higher Effects:

La valvula no responde a los comandos

End Effects:

Paro del sistema asociado al sistema valvula motorizada

Failure Detection Method:

Observación del estado de alarmas del relé

Effectivity: Relé

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
 Contactor

Failure Mode: 01A03

Bloqueo por disparo debido a torque excesivo, sobre voltaje o sobre corriente

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
->	0013	OC	Reseteo el Relé, verificar alarmas, verificar por qué se activó la alarma	2.160,00/A	3,00/F	/G	2,75/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
		OA				/G	/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Relé 1
Contactor

Failure Mode: 01A03

Bloqueo por disparo debido a torque excesivo, sobre voltaje o sobre corriente

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Sensor 1

Sensor de posición de la válvula

Failure Mode: 01A01

El sensor pierde su calibración o el sensor pierde su capacidad de sensar

FMECA Information

MTBF: 5,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: III

Function:

Sensar la posición de la valvula

Functional Failure:

No hay sensado de la posición de la valvula

Local Effects:

No hay visualización de la posición de valvula en DCS

Next Higher Effects:

Se verifica el campo la posición de la valvula

End Effects:

Failure Detection Method:

Verificación del funcionamiento del sensor

Effectivity: Sensores de posición

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Sensor 1

Sensor de posición de la valvula

Failure Mode: 01A01

El sensor pierde su calibración o el sensor pierde su capacidad de sensar

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
	0014	OA	Calibración y/o cambio del sensor de posición el falla			/G	0,40/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	0,40/G

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: Sensor 1

Sensor de posición de la valvula

Failure Mode: 01A01

El sensor pierde su calibración o el sensor pierde su capacidad de sensar

MEMO Information

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: TR 1
Transformador

Failure Mode: 01A01

Transformador en corto, abierto o aterrizado

FMECA Information

MTBF: 10,00 Years

Safety:

Hidden/Evident:

Severity: II

Function:

Suministrar voltaje a las tarjetas electrónicas

Functional Failure:

No suministra el voltaje a las tarjetas electrónicas

Local Effects:

El sistema valvula motorizada no responde a los comandos del DCS

Next Higher Effects:

Paro del sistema valvula motorizada

End Effects:

Paro del sistema asociado a la valvula motorizada

Failure Detection Method:

Verificación del estado del transformador con equipo de medición

Effectivity: Transformador

Analysis Status: In Process

Mission Phase: Phase I

Analyst: Edwin Romero

Failed Item WUC:

Approval Date:

Failed Item P/N:

Approved By:

RCM Analysis Detail Report

IRCMS

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: TR 1
Transformador

Failure Mode: 01A01

Transformador en corto, abierto o aterrizado

Task Information

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/G	/G
		OC		/	/	/G	/G
		HT		/	/	/G	/G
		FF		/	/	/G	/G
	0018	OA	Cambio del transformador			/G	0,45/G
		NO PM	No Preventive Maintenance			/G	0,90/G

Print Date: 11/02/2017

End Item: MOV 1Valvula Motorizada

Item ID: TR 1
Transformador

Failure Mode: 01A01

Transformador en corto, abierto o aterrizado

MEMO Information

4.5 CONCLUSIONES DEL CAPITULO CUATRO

Los diferentes desarrollos, análisis y estudios propuestos en el objetivo se cumplen con cantidad y calidad, de ellos se deriva una estrategia única y vital la cual consiste en aplicar y fortalecer el análisis de falla en las MOV para encontrar la causa raíz de las paradas imprevistas y poder de esta forma mejorar el tiempo de funcionalidad del actuador, y disminuir los correctivos que son la principal, perdida de funcionalidad del equipo.

Los conceptos de RCM aplicados a través del software IRCMS, permiten entender las recomendaciones dadas en lo general y en lo específico en cada uno de los análisis de las funciones primarias, secundarias, fallas modos de fallas, y tareas de mantenimiento, con sus respectivos tiempos, costos, y recursos exigidos por el programa de RCM IRCMS.

5 CONCLUSIONES

5.1 OBJETIVO

Presentar los principales resultados obtenidos a través de la implementación de RCM en el software de IRCMS, en la MOV, de Ecopetrol.

5.2 DESARROLLO

El análisis de RCM, implementado a través del software IRCMS, permite detectar en las MOV, las situaciones a mejorar, de mantenimiento, en especial se permite validar el proceso de manera estadística, matemática descriptiva por múltiples métodos y procedimientos, garantizando altamente la validez científica de los aportes.

El desglose del equipo, determinando sus diferentes componentes suministra la información necesaria sobre los sitios en los cuales se deben estudios más específicos aplican RCM a través del software IRCMS, para tomar decisiones de mantenimiento y así mejorar los tiempos útiles del equipo, con calidad y sin reprocesos en los trabajos que se le realicen alas MOV, y siempre valido la participación de operaciones como mantenimiento autónomo, y mantener una colaboración de toda persona que trabaje en la empresa, el obrero, técnico, supervisor, ingeniero, gerente, para cuidar hasta el último tornillo en las MOV.

El proyecto usa muy bien el software IRCMS, con equipos propios de la empresa, definiendo los procesos relevantes para su implementación con ejemplos y casos de las MOV, y se hace uso del IRCM, donde se dan ejemplos de funciones Principales y secundarias, fallas funcionales, modos de fallas, y se explica las diferentes tareas de mantenimiento. Como lubricación, pruebas por parte de operaciones, como mantenimiento autónomo, y preventivos, con pruebas al equipo manteniendo la disponibilidad y confiabilidad del equipo, y así aumentar su tiempo de trabajo lo más largo posible.

BIBLIOGRAFIA

- Bloom, Benjamín y Gagné, Robert. 2016.** Ensayos y trabajos de investigación. [En línea] 06 de 12 de 2016. [Citado el: 06 de 12 de 2016.] <http://www.buenastareas.com/materias/benjam%C3%ADn-bloom-y-robert-gagne/0>.
- Boxwell, Robert J. 1994.** *Benchmarking for competitive advantage*. [ed.] McGraw Hill. [trad.] Al castellano como Benchmarking para competir con ventaja. Madrid : McGraw Hill Companies, Ind, 1994. pág. 225. ISBN: 0070068992 en inglés y en castellano ISBN: 84-481-1837-5.
- Dounce, Enrique - Villanueva. 1998.** *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. Segunda. Cd. de México : Compañía Editorial Continental, SA de CV., 1998. pág. 350. ISBN 968-26-1089-3.
- Duffuaa, S.O y Ben-Daya, S. 1995.** *Maintenance and quality: the mission link – Journal of Quality in Maintenance Engineering*. West Yorkshire : s.n., 1995. págs. 17 -18. Vol. Volumen 1. ISSN: 1355-2511.
- Idhammar, Christer. 1997a.** *Maintenance management: moving from reactive to results-oriented – Journal Review Pima's Papermaker*. Julio. 1997a. C. Idhammar es el Presidente de IDCON, Raleigh, NC. ISBN: 02018-00038 –.
- . **1997b.** *Results Oriented Maintenance™ Management Book*. 1997b.
- Idhammar@, Torbjorn. 1999.** - A New Preventive Maintenance Implementation and Training Concept -. [En línea] Libre, 1999. [Citado el: 20 de Octubre de 2000.] http://maintenanceworld.com/Articles/reliability_jump_start.htm.
- iRCM Software, iRCM. 2016.** Software iRCM de RCM. 30 de 07 de 2016.
- Kelly, Anthony y Harris, M. J. 1998.** *Gestión del Mantenimiento Industrial*. [ed.] S.A. Gráficas Mar-Car. Madrid : Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar – Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo, 1998. pág. 218. ISBN: 84-923506-0-1 – T.
- Knezevic, Jezdimir. 1996.** *Mantenibilidad*. Madrid : Editorial ISDEFE, 1996. ISBN: 84-89338-08-6.
- Mora, Alberto - Gutiérrez. 2011.** *Mantenimiento - Planeación, Ejecución y Control*. Bogotá : AlfaOmega editores Internacional, 2011. pág. 678. Sexta Edición. ISBN 978-958-682-769-0.
- . **2007b.** *Mantenimiento Estratégico Empresarial*. Primera. Medellín : Fondo Editorial FONEFIT, 2007b. pág. 345. ISBN 978-958-8281-46-9.
- . **2007a.** *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios*. Segunda. Envigado : AMG, 2007a. pág. 306. ISBN 978-958-3382185.
- . **2014.** *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Tercera. Medellín : COLDI Limitada, 2014. pág. 348. ISBN 978-958-98902-0-2.
- Mora, Profesor Luis Alberto - Gutiérrez. 2016.** Clase magistral RCM Postgrado Especialización EAFIT. *Postgrado en Mantenimiento EAFIT*. Barrancabermeja : UNIPAZ, 27 de 05 de 2016. Email Profesor lmora@eafit.edu.co Celulñar 312 2874586.
- Moubray, John Mitchell. 2004.** *RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc*. [ed.] Guilford and Rob Lockhart Biddles Limited. [trad.] Sueiro y Asociados - Argentina Ellman. Primera en castellano. Leicestershire : Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.
- Moubray@. 2001.** John. About RCM. *Aladon inglaterra*. [En línea] Libre, 2001. [Citado el: 19 de Diciembre de 2008.] <http://www.aladon.co.uk/02rcm.htm>.
- Nachlas, Joel. 1995.** *Fiabilidad*. Madrid : ISDEFE, 1995. ISBN: 84-89338-07-8.
- Nakajima, Seiichi, y otros. 1991.** *Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo*. [trad.] Traducido por Antonio Cuesta Alvarez. Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. ISBN: 84-87022-81-2.

NS@. 2005. Nist/Sematech - E-Handbook os Statistical Methods. [En línea] September de 2005. [Citado el: 29 de Abril de 2003.] [Http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/](http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/).

Pronósticos de demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2007c.** [ed.] Ultragráficas Ediciones. Medellín : AMG, Diciembre de 2007c. ISBN: 978-958-44-0233-2 .

Rey, Sacristán Francisco. 2003. *TPM - Mantenimiento Total de la Producción.* [ed.] Fundación Confemetal. Madrid : Fundación Confemetal, 2003. pág. 311. 9788495428493.

ROTORK@. 2016. Actuadores. [En línea] 06 de 12 de 2016. [Citado el: 06 de 12 de 2016.] <http://www.rotork.com/es/>.

Selivanov, A. I. 1998. Fundamentos de la Teoría de Envejecimiento de la Maquinaria. *Fundamentos de la Teoría de Envejecimiento de la Maquinaria.* Moscú : s.n., 1998, pág. 391. Traducido por Yudkevich,E.;

Smith, Charles O. 1983. *Introduction to Reliability in Design.* Malabar : Robert E. Krieger Publishing Company Krieger Publishing Company, 1983. ISBN: 0898745535.

Souris, Jean-Paul. 1992. *El mantenimiento: fuente de beneficios – traducido por Diorki, S.A. Madrid de la obra original La maintenance, source de profits.* [trad.] S.A. Madrid de la obra original La maintenance, source de profits Traducido por Diorki. Madrid : Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1992. pág. 183. ISBN 84-7978-021-5.

Trofeé@, Mario. 2006. Análisis ISO 14224 OREDA - Relación con RCM - FMEA. *Mantenimiento Mundial.* [En línea] 30 de Mayo de 2006. [Citado el: 21 de Diciembre de 2008.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/0605MarioTroffeISO14224.pdf>.

Troyer@, Drew. 2001. RCM and Oil Analysis. *Maintenance Resources.* [En línea] Libre, RCM and Oil Analysis - USA, Marzo de 2001. [Citado el: 19 de Diciembre de 2008.] <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/rcm.htm#up1> .
<http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/ezine/rcm.htm>.

Tsuchiya, Seiji. 1995. *Mantenimiento de Calidad: Cero Defectos a través de la gestión del equipo.* USA : Productivity Press Inc, 1995. págs. 2 - 4. ISBN 8487022162, ISBN - 13 9788487022166.

Wakefield, Colin. 1985. *Quality assurance in maintenance - En: The South African Mechanical Engineer.* USA : s.n., 1985. pág. 68. Vol. Vol 35.

Yamashina, Hajime. 1995. *Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance TPM - Journal of Quality in Maintenance Engineering.* West Yorkshire : s.n., 1995. Vol. Volumen 1. ISSN: 1355-2511.