

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EL
MÓDULO SIM FESTO FASE AJUSTE BARRANCABERMEJA CON SOFTWARE
ESTÁNDAR**

VLAKXMIR ROBLES MARÍN

ESTUDIANTE MAESTRÍA EN INGENIERÍA

ÉNFASIS MANTENIMIENTO

CÓDIGO 201719027114

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN - COLOMBIA

2017

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EL
MÓDULO SIM FESTO FASE AJUSTE BARRANCABERMEJA CON SOFTWARE
ESTÁNDAR**

VLAKXMIR ROBLES MARIN

DIRECTOR DE PROYECTO

ING. Ph.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN - COLOMBIA

2017

CONTENIDO

CONTENIDO	4
ILUSTRACIONES	6
ECUACIONES	8
0 PRÓLOGO	9
0.1 INTRODUCCIÓN	9
0.2 OBJETIVO GENERAL	10
0.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
0.3.1 Uno - Pasos	10
0.3.2 Dos - Caracterización	10
0.3.3 Tres - I RCM S	10
0.3.4 Cuatro - Tópicos relevantes	11
0.3.5 Cinco - Conclusiones	11
0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	12
0.5 ANTECEDENTES	12
0.5.1 SENA	12
0.5.2 FESTO	14
0.6 JUSTIFICACIÓN	15
0.7 CONCLUSION DE CAPITULO 0	16
1 PASOS	17
1.1 OBJETIVO 1	17
1.2 MCC	17
1.2.1 Análisis de los Riesgos	18
1.2.2 Etapas de la implementación del MMC	30
1.3 SOFTWARE I RCM S	35
1.3.1 Etapas del Plan de implementación del I RCM S	36
1.4 DISPOSICIONES PARA LA INSTALACION DEL SOFTWARE I RCM S	37
1.5 PARTICULARIDADES DE LA HERRAMIENTA I RCM S	38
1.6 ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA I RCM S	39
1.6.1 Menú principal	40
1.6.2 Iconos Usados en el I RCM S	40
1.6.3 Setup	41
1.7 USO DEL SOFTWARE IRCM	43
1.7.1 Introducción del Hardware	43
1.7.2 Creación de Funciones	43
1.7.3 Incorporación de las Fallas de Función	44
1.7.4 Introducción de los Modos de Falla	45
1.8 Conclusiones del capítulo 1	46
2 CARACTERIZACIÓN	48
2.1 OBJETIVO 2	48

2.2	PROLOG SIM FESTO	48
2.2.1	Estaciones SIM PROLOG FESTO	49
2.3	Estación ajuste prolog (fluidic muscle station)	53
2.3.1	Principales Componentes de la Estación ajuste prolog.	54
2.4	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2	62
3	I RCM S	63
3.1	OBJETIVO 3	63
3.2	APLICACIÓN DEL SOFTWARE	63
3.2.1	Riesgo es Severidad por Ocurrencia en el I RCM S-ALADON.....	71
3.2.2	Decisión vía MCC	72
	El siguiente esquema representa el proceso de toma de decisiones a partir de todo la dinámica realizada mediante el software de i RCM s:	72
3.2.3	Toma de Decisiones	73
3.2.4	Tareas aplicadas del MCC en el programa I RCM S de Mantenimiento	75
3.2.5	On condition	76
3.2.6	Desarrollo de las Funciones - Fallas y Modos de Falla	79
3.3	REPORTE FMECA	82
3.3.1	Carga de características en el software i RCM s.	85
3.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO 3	88
4	TÓPICOS RELEVANTES	89
4.1	OBJETIVO 4	89
4.2	DESARROLLO	89
4.3	ANALYSIS SUMMARY REPORT	89
4.4	INFORMES FMECA.....	101
4.5	PRIORIZACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	101
4.6	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 4	110
5	CONCLUSIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA{BIBLIOGRAPHY}	112

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objeto.....	11
Ilustración 2 - MCC en su contexto visto como un todo.	19
Ilustración 3 - Cálculo de Riesgo según I RCM S-OREDA.....	21
Ilustración 4 - Frecuencias de Aladon y del I RCM S	22
Ilustración 5 - Clasificación de riesgos con números y colores	23
Ilustración 6 - Riesgo OREDA	24
Ilustración 7 - Factores de pesos en Severidad	25
Ilustración 8 - Tabla de Fallas ocultas.....	25
Ilustración 9 - Tabla de Seguridad física	26
Ilustración 10 - Tabla de Medio Ambiente.....	27
Ilustración 11 - Tabla de Imagen Corporativa	27
Ilustración 12 - Tabla de Costo de Reparación	28
Ilustración 13 - Tabla de Efectos en los clientes	28
Ilustración 14 - Tabla de Probabilidad de ocurrencia	29
Ilustración 15 - Grupo Primario MCC	32
Ilustración 16 - Responsabilidades de los Facilitadores.....	34
Ilustración 17 - Ventana Principal i RCM s.....	39
Ilustración 18 - Matriz de Riesgo HRI.....	42
Ilustración 19 - Información de un Equipo.....	43
Ilustración 20 - Introducción de Funciones.....	44
Ilustración 21 - Introducción de Falla de Función.....	45
Ilustración 22 - Introducción de Modo de Falla.....	46
Ilustración 23 - PROLOG SIM FESTO	49
Ilustración 24 - Estaciones SIM PROLOG FESTO.....	50
Ilustración 25 - Estaciones SIM PROLOG FESTO II.....	50
Ilustración 26 - Estación ajuste prolog	54
Ilustración 27 - Módulo de transferencia rotativo / lineal	55
Ilustración 28 - Módulo de presión del músculo	56
Ilustración 29 - Sensor de presión	57
Ilustración 30 - Terminal análogo	58
Ilustración 31 - Manómetro	58
Ilustración 32 - Válvulas de presión y mangueras	59
Ilustración 33 - Pinzas Neumáticas.....	60
Ilustración 34 - PLC y sus componentes.....	61

Ilustración 35 - Setup.....	64
Ilustración 36 - Sistema SIM FESTO prolog ajuste	65
Ilustración 37 - Función Principal SIM Prolog estación ajuste	66
Ilustración 38 - Falla y Modo de Falla de la Función Principal.....	67
Ilustración 39 - Tarea de Mantenimiento de la Función Principal	68
Ilustración 40 - Valoración del Riesgo estación ajuste	68
Ilustración 41 - Función Principal del Subdivisión Sistema Eléctrico	69
Ilustración 42 - Falla y Modo de Falla de la Función Principal Sistema Eléctrico ..	70
Ilustración 43 - Tarea de Mantenimiento del Sistema Eléctrico	71
Ilustración 44 - Valoración del Riesgo sistema eléctrico.	71
Ilustración 45 - Lógica de decisión con MCC.	72
Ilustración 45 - Diagrama de Flujo de la Toma de Decisiones	73
Ilustración 47 - Implementación de la lógica en i RCM s.....	74
Ilustración 48 - Hoja Decisional ALADON	75
Ilustración 49 - Proyección de falla con mantenimiento on condition	76
Ilustración 50 - Funciones, Fallas y Modos de Falla del sistema en el IRCM	80
Ilustración 51 - Función sistema eléctrico	81
Ilustración 52 - Logo-Enlace hacia la Aplicacion	82
Ilustración 53 - Reporte FMECA página 1 de 4.....	82
Ilustración 54 - Reporte FMECA página 2 de 4.....	83
Ilustración 55 - Reporte FMECA página 3 de 4.....	83
Ilustración 60 - Reporte FMECA página 4 de 4.....	84
Ilustración 57 - Función	85
Ilustración 58 - Falla Funcional	86
Ilustración 59 - Modos de Falla	87
Ilustración 60 - Trabajos de mantenimiento	88
Ilustración 61 - Lista de Reportes	89
Ilustración 62 - Informes que se generan desde el IRCM	90
Ilustración 63 - Resumen Estadístico del Proyecto	91
Ilustración 64 - Informe de Tareas de mantenimiento a desarrollar.....	99
Ilustración 65 - Informe de Habilidades, Competencias y Costos.....	99
Ilustración 66 - FMECA del Proyecto	101
Ilustración 67 - Tareas de Mantenimiento del MCC descrito	102
Ilustración 68 - Tabla de Riesgo, con Severidad y Ocurrencia en el I RCM S.....	107
Ilustración 69 - Prioridad de tareas en MCC en el I RCM.....	109

ECUACIONES

Ecuación 1 - Riesgo.....	18
Ecuación 2 - Riesgos de MCC.....	22
Ecuación 3 - Severidad.....	25

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento es el área del conocimiento cuyo objetivo principal es el de asegurar y sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo. Como se intuirá, este objetivo concierne a la realización de cualquier actividad humana, pues no es posible por ejemplo concebir las acciones básicas de supervivencia sin el uso de herramientas, instrumentos, máquinas etc. que las posibiliten. Igualmente, es de suponer que el papel del Mantenimiento sea de primera importancia en la realización de procesos más complejos y supeditados a estrechos márgenes de tiempo, como los de producción en masa o escala industrial, o en general en todos aquellos que propenden por satisfacer las necesidades de las cada vez más exigentes sociedades modernas. De hecho, una pregunta elemental que se hacen día a día los gestores de procesos industriales es cómo posibilitar la consecución de ciertos niveles o cuotas de producción de manera continua, y al mismo tiempo asegurar que los equipos e instrumentos mantengan la funcionalidad para la que fueron diseñados, maximizando la Disponibilidad de los mismos. Esta dicotomía, y en principio actividades que se contraponen, es la que trata de solventar el Mantenimiento a través de sus diferentes acciones y más concretamente mediante técnicas como el TPM, MCC, PMO¹, (Mora, 2014) entre muchas otras.

El servicio Nacional de Aprendizaje SENA, propende por la formación integral de sus estudiantes para generar en ellos competencias de tipo laboral, dentro de las áreas de capacitación se encuentra la de automatización industrial, En el centro de

¹TPM: Total Productive Maintenance. MCC: Reliability Centred Maintenance. PMO:Planned Maintenance Optimization.

aprendizaje seccional Barrancabermeja, se encuentra el taller de automatización industrial, el cual tiene dentro de su inventario la máquina SIM FESTO FASE AJUSTE PROLOG compuesta por varios módulos, el presente documento se basará principalmente en el análisis de confiabilidad para la estación “ajuste” (Fluid Muscle Station).

0.2 OBJETIVO GENERAL

Aproximar un programa de mantenimiento basado en la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la ingeniería de fábrica el módulo SIM FESTO FASE AJUSTE en la Estación Ajuste de la regional SENA en Barrancabermeja, utilizando software I RCM S.

0.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

0.3.1 Uno - Pasos

Describir las etapas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para su aplicación en la módulo SIM FESTO FASE AJUSTE en la Estación Ajuste – Nivel 1 - Conocer

0.3.2 Dos - Caracterización.

Caracterizar los sistemas, subsistemas y componentes de la máquina SIM FESTO FASE AJUSTE en la Estación Ajuste para identificar su funcionamiento. Nivel 2 - Comprender.

0.3.3 Tres - I RCM S

Implementar la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la máquina SIM FESTO FASE AJUSTE en la Estación Ajuste, definiendo funciones, fallas, modos de falla, con sus respectivas acciones de mantenimiento priorizándolas con el software I RCM. Nivel 3 - Aplicar.

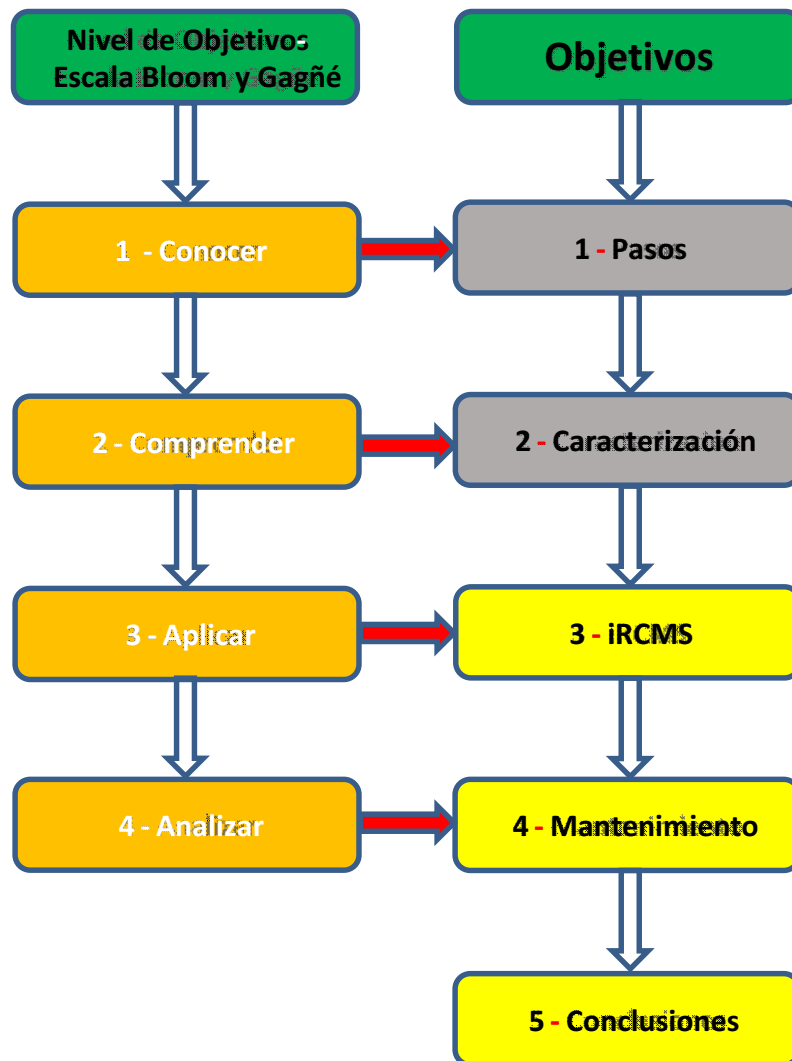
0.3.4 Cuatro - Tópicos relevantes

Inferir un plan de mantenimiento basado en MCC partir de los resultados obtenidos con el software I RCM S. Nivel 4 - Analizar.

0.3.5 Cinco - Conclusiones

Relatar los principales resultados del proyecto

Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objeto



0.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El primer capítulo describe los fundamentos principales de la metodología de mantenimiento MCC² y los tópicos relacionados con el software I RCM S.

El segundo capítulo detalla el módulo SIM FESTO FASE AJUSTE Estación Ajuste, el cual será intervenido mediante la plataforma I RCM S como método de priorización de tareas de mantenimiento.

El tercer capítulo se evidencia la aplicación de la metodología MCC a la luz de la ayuda que brinda el paquete informático I RCM S para implementar un plan de mantenimiento para el módulo SIM FESTO FASE AJUSTE PROLOG Estación Ajuste, y que sea consecuente con las necesidades de los usuarios del sistema didáctico de automatización del centro SENA.

En el cuarto capítulo se presenta un proceso de contrastación de las labores del mantenimiento derivadas del estudio MCC y estructuradas en la plantilla I RCM S para su posible implementación.

El quinto capítulo se desarrollan las conclusiones.

0.5 ANTECEDENTES

0.5.1 SENA

En el 1957 Rodolfo Martínez Tono se reúne con Francis Blanchard, director de la División de Formación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), para dialogar sobre el organismo que se transformaría en años posteriores en el SENA.

Blanchard propuso crear una organización independiente del Estado y con financiación autónoma. El proyecto fue presentado por Martínez ante el entonces Ministro de Trabajo, Raimundo Emiliani Román. Así, el SENA nació durante el

² MCC: *Mantenimiento Centrado en confiabilidad*

Gobierno de la Junta Militar, posterior a la renuncia del general Gustavo Rojas Pinilla, mediante el Decreto-Ley 118, del 21 de junio de 1957.

Sus funciones, definidas en el Decreto 164 del 6 de agosto de 1957, eran brindar formación profesional a los trabajadores, jóvenes y adultos de la industria, el comercio, la agricultura, la minería y la ganadería. La entidad triestamentaria, en la cual participarían trabajadores, empleadores y Gobierno, se llamó Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

En la década de los 90 la internacionalización de la economía incrementó la competencia empresarial. De ahí la necesidad de expedir la Ley 119 de 1994 mediante la cual la institución se reestructuró para brindar programas de formación profesional integral en todas las áreas económicas. El objetivo: aumentar la productividad y el desarrollo social y económico.

El final de siglo se caracterizó por una nueva organización del trabajo con producción flexible. Las empresas necesitan empleados con múltiples competencias, novedosos enfoques de gestión y formación del recurso humano. En respuesta, el SENA, cuya gestión no estuvo exenta de críticas por aquella época, priorizó el emprendimiento, el empresarismo, la innovación tecnológica, la cultura de calidad, la normalización, la certificación de competencias laborales y el servicio público de empleo.

En 2001, el SENA suscribió compromisos con el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional del Ministerio de Agricultura para la reactivación del campo, la generación de empleo y la promoción, consolidación y fortalecimiento de empresas asociativas a través de las cadenas productivas.

Entre 2001 y 2002 invirtió \$33 mil millones en teleinformática, formación de personas con competencias específicas en tecnologías de información y

comunicación. Se desarrollaron seis grandes proyectos: aulas abiertas, aulas itinerantes, nueva oferta educativa, comunidad virtual, videoconferencia y la página web.

Actualmente llega a casi el 100% de los municipios, con una red corporativa de comunicaciones que comprende la Dirección General, 33 Regionales, 117 Centros de Formación Profesional y más de medio centenar de aulas móviles con acceso a internet.

Este organismo fortaleció su esquema de formación por proyectos, con enfoque por competencias laborales, para adaptarse a los parámetros establecidos por otras instituciones de educación superior y técnica mundiales.

A partir de 2003 se implementó el aprendizaje virtual con ventajas como la alta cobertura, la distribución territorial equilibrada, la posibilidad de acortar distancias, además de la atención flexible y oportuna del e-learning empresarial.

En la actualidad, la rama de automatización industrial se encuentran dentro de las áreas líderes del organismo, existente en las principales regionales del país, incluyendo la seccional Barrancabermeja. (Ministerio de Educacion Nacional, 2017)

0.5.2 FESTO

FESTO Colombia es una empresa especializada en el soporte y la asesoría en proyectos industriales y servicios relacionados con el área de la automatización industrial. Si bien es cierto la empresa es de origen alemán, en Colombia la empresa inició sus relaciones comerciales en 1964 por intermedio de un distribuidor local. A partir de 1989 inicia actividades la sociedad FESTO SAS, para representar en Colombia directamente a FESTO A.G. y ofrecer a la industria Nacional todo el soporte y la asesoría en proyectos industriales, especialmente mediante el diseño de módulos didácticos de automatización que sustenten procesos educacionales

0.6 JUSTIFICACIÓN

La optimización de los recursos es un objetivo primordial de la filosofía MCC, enfocar el mantenimiento y sus respectivas tareas en la confiabilidad apunta precisamente a racionalizar el esfuerzo de manutención de la confiabilidad intrínseca de los equipos. En el caso concreto del sector público, definir estrategias de conservación de activos es una labor de primera importancia, toda vez que los procesos de gestión pública se caracterizan por su lentitud y tedioso accionar; no contar con un plan de mantenimiento y realizar únicamente actividades correctivas, llevan a una situación de gran afectación de la disponibilidad de los equipos en la medida en que los costos relacionados por este tipo de fallas son por lo general de gran envergadura y en muchos casos se condenan a los equipos a una muerte prematura dada la dificultad de gestionar recursos en entes del estado para rubros plenamente planificados.

En concreto, la disponibilidad de equipos con fines didácticos y de formación tienen una importancia tanto o mayor a la que se relaciona con procesos productivos tradicionales, si bien es cierto el “lucro cesante” por un equipo que haya dejado de funcionar dentro del aula es bastante difícil de cuantificar, se podrá intuir todos los efectos negativos que se generan cuando semestre a semestre los estudiantes ven truncado de manera lesiva su proceso de formación ante la falta de su contraparte práctica a las clases teóricas.

Por otra parte, las características tecnológicas del equipo en cuestión, lo convierten en un activo susceptible y altamente vulnerable ante averías relacionadas con la inadecuada operación y falta de tareas de manteniendo consecuentes con dispositivos electrónicos, mecánicos y neumáticos de alta precisión y última tecnología; en ese orden de ideas, es pertinente que al elaborar un plan de mantenimiento con la debida rigurosidad que le puede aportar un nivel de estudios de maestría.

En este sentido, para este proyecto se ha escogido como metodología de mantenimiento del equipo SIM FESTO FASE AJUSTE PROLOG Estación Ajuste el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad MCC utilizando el software I RCM S desarrollado para lograr dichos objetivos.

0.7 CONCLUSION DE CAPITULO 0

Como su nombre lo dice, esta sección aporta y describe las bases suficientes para que el lector entienda la estructura, desarrollo y alcance total del proyecto, en cuanto a objetivos, logros parciales y totales, metodologías y metas particulares

1 PASOS

1.1 OBJETIVO 1

Identificar cada una de las etapas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para su aplicación en la maquinaria SIM FESTO FASE AJUSTE Estación Ajuste.
Nivel 1 – Conocer

1.2 MCC

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC es una técnica de organización de actividades para diseñar planes de mantenimiento debidamente estructurados, se basa en la conservación de la confiabilidad inherente de los equipos, esta se logra a partir del análisis sistemático del diseño y construcción de los mismos(Tang et al. 2016). Siemens

Desarrollado por la United Airlines de Estados Unidos, el MCC analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las raíces de las causas, y por ende las medidas a seguir para eliminar dichas fallas.

La idea central del MCC es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos.

Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si

fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas (Rocha, 2016).

1.2.1 Análisis de los Riesgos

Las consecuencias de las fallas se evalúan y se les califica según severidad y la probabilidad de ocurrencia (Mora, 2014). Tal como se puede observar en la siguiente ecuación, dada la metodología en cuestión, no se involucra el nivel de detectabilidad.

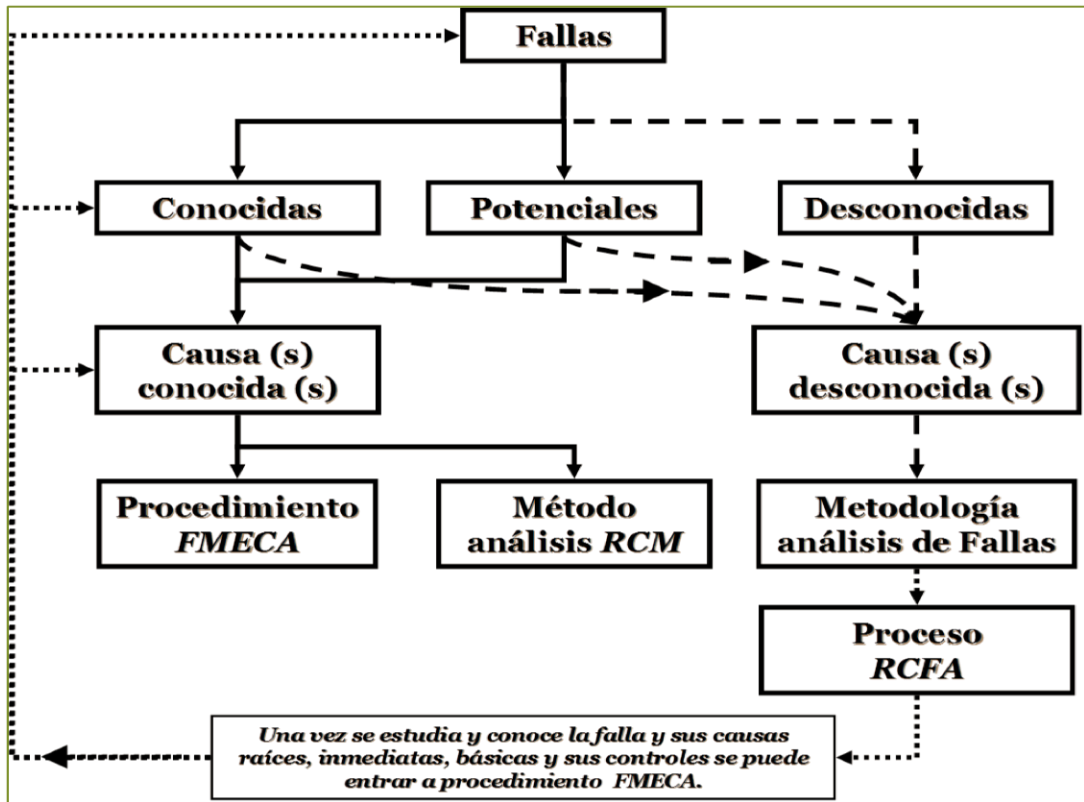
1.2.1.1 ALADON & I RCM S

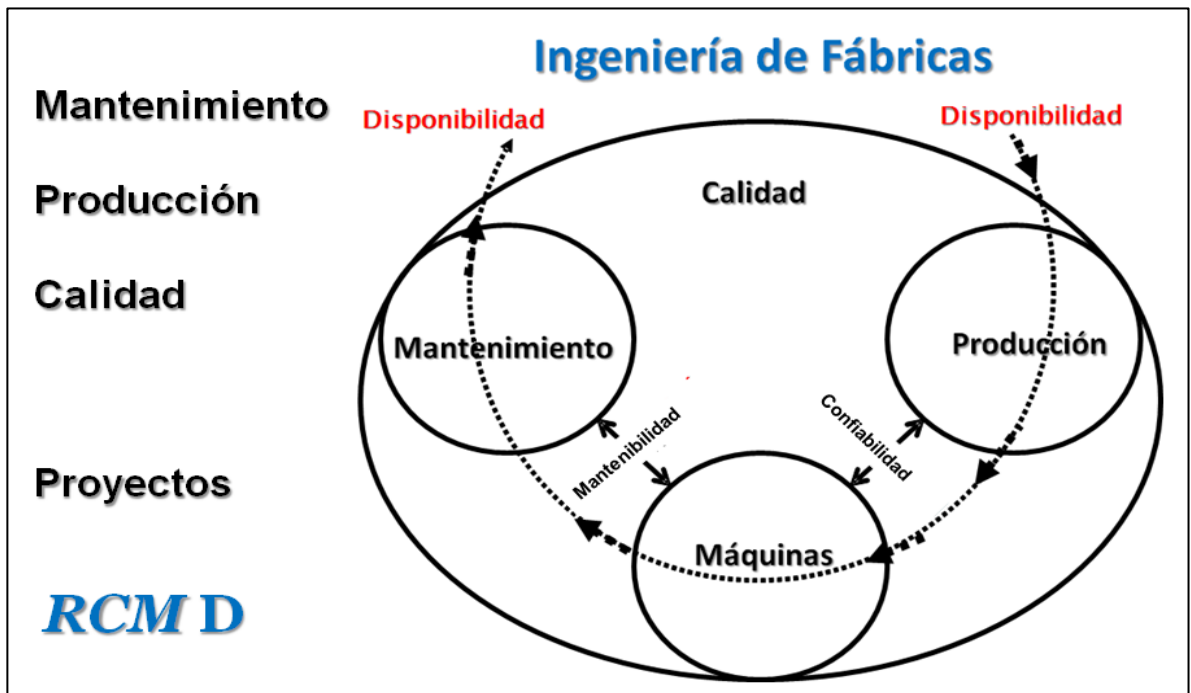
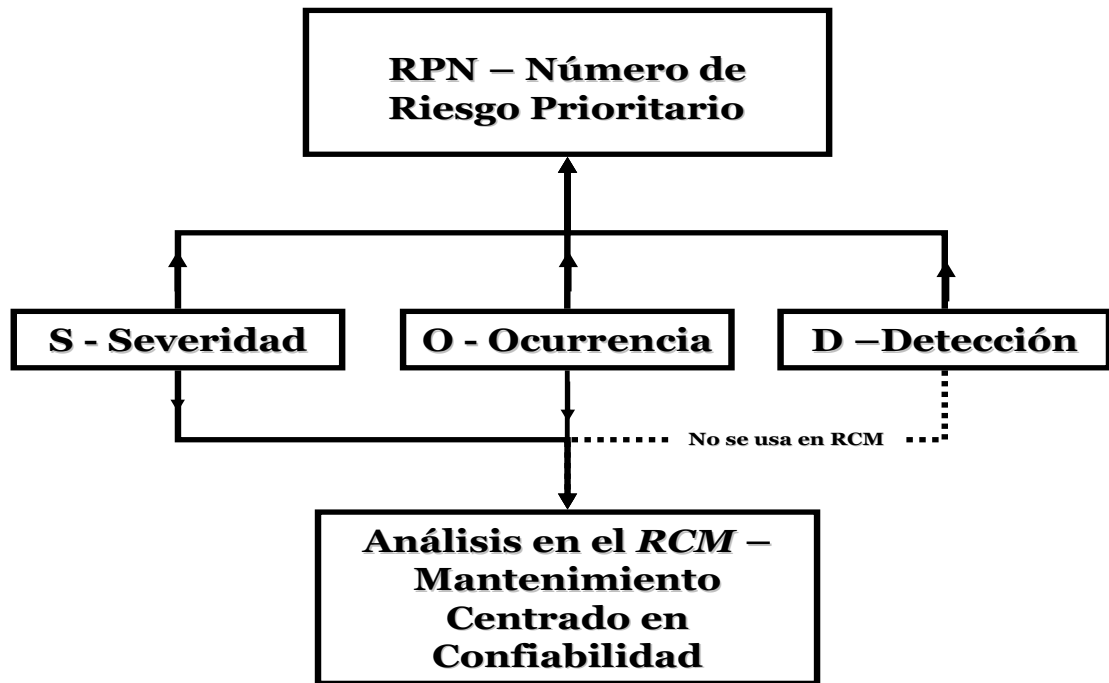
Ecuación 1 - Riesgo

$$RIESGO = SEVERIDAD \times OCURRENCIA \times DETECTABILIDAD$$

En el caso del MCC sólo involucra Severidad y Ocurrencia

Ilustración 2 - MCC en su contexto visto como un todo.





(Mora, 2014) (Mora, 2013)

El procedimiento para realizar los cálculos de la severidad tiene dos formas básicas, que son las más comunes, entre ellos destaca el Método ALADON, que coincide con el proceso del programa I RCM S, donde se relacionan dos ejes que

identifican el grado de Severidad y Ocurrencia, como se puede observar gráficamente en las siguientes figuras.

Ilustración 3 - Cálculo de Riesgo según I RCM S-OREDA

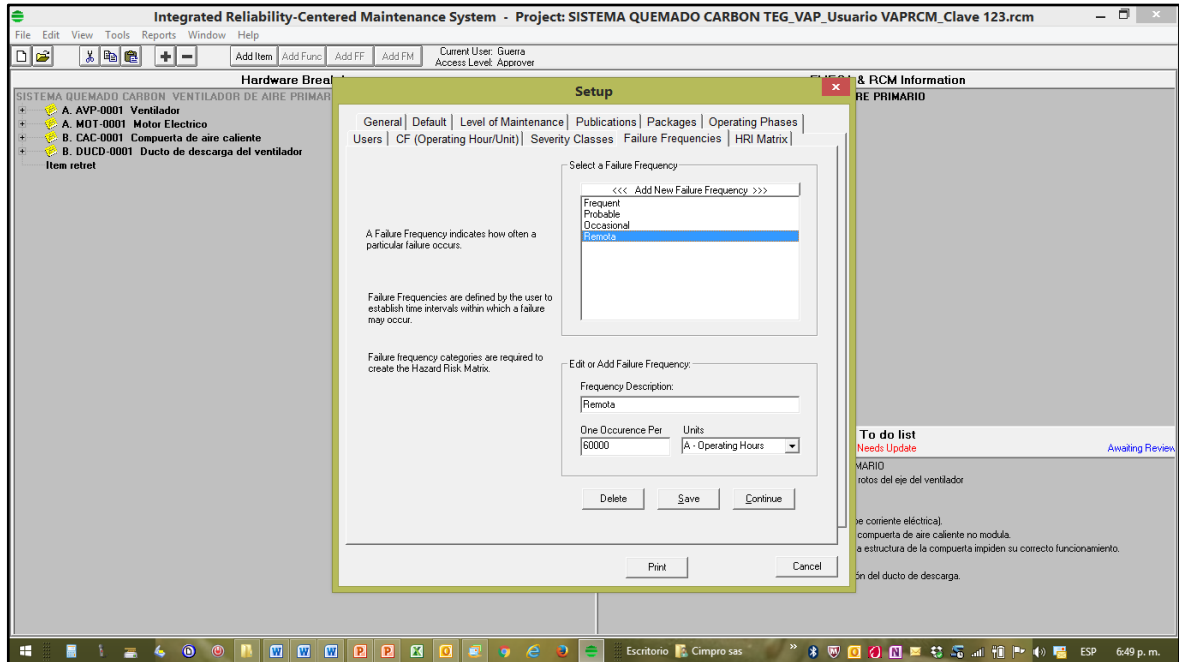


13

(US-NAVAIR, 2016)

Las calificaciones son de orden cualitativo, funciona en rangos en la parte de ocurrencia, es decir entre rangos de intervalos de horas, tal como se define en el Set Up del I RCM S.

Ilustración 4 - Frecuencias de Aladon y del I RCM S



(U.S. Army, 1972)

Los rangos de las frecuencias se definen en los rangos de frecuente entre 0 y 10 horas, probable entre 10 y 100 horas, ocasional entre 100 y 1000 horas, remota entre 1000 y 60000 horas.

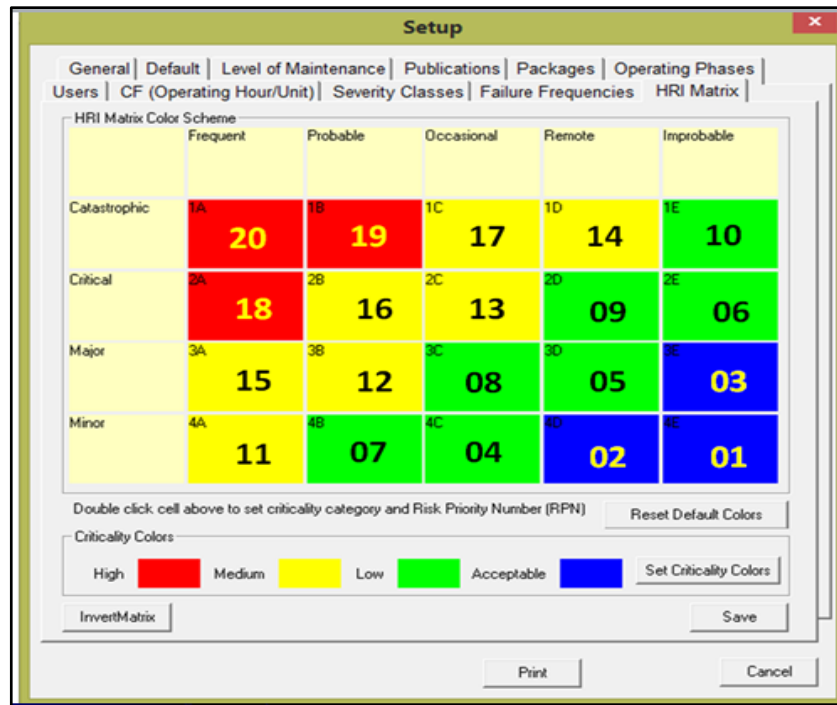
Los rangos de la severidad son meramente cualitativos, la combinación de ambos da la ubicación en el cuadro cualitativo, de colores, que representa la siguiente prioridad acorde a la combinación de severidad y ocurrencia.

El otro método consiste en valoraciones numéricas, que tiene dos procesos, uno es la ecuación, otro son los criterios y otros los valores relativos de las tablas.

Ecuación 2 - Riesgos de MCC

$$RIESGO = SEVERIDAD \times OCURRENCIA$$

Ilustración 5 - Clasificación de riesgos con números y colores



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

1.2.1.2 OREDA

1.2.1.2.1 Severidad: Evalúa en los siguientes parámetros, a los cuales se le asigna un peso y es multiplicado por un factor de probabilidad.

- Fallos Ocultos
- Impacto Seguridad Física
- Impacto Medio Ambiente
- Impacto en Imagen Corporativa
- Costos de Reparaciones o Mantenimientos
- Efectos en Clientes

Ilustración 6 - Riesgo OREDA

Consecuencias de las Fallas

Evaluación:
se califica **Riesgo = Severidad x Ocurrencia =**

La **Severidad** se evalúa en los siguientes parámetros:

- Fallos Ocultos ▲
- Impacto Seguridad Física ▲
- Impacto Medio Ambiente ▲
- Impacto en Imagen Corporativa ▲
- Costos de Reparaciones o Mantenimientos ▲
- Efectos en Clientes ▲

Severidad = FO X K_{FO} + SF X K_{SF} + MA X K_{MA} + IC X K_{IC} + OR X K_{OR} + OC X K_{OC} -

(Mora, 2013)

Ecuación 3 - Severidad

$$SEVERIDAD = FO \times K_{FO} + SF \times K_{SF} + MA \times K_{MA} + IC \times K_{IC} + OR \times K_{OR} + OC \times K_{OC}$$

El total de los Factores probabilísticos $K_{FO} + K_{SF} + K_{MA} + K_{IC} + K_{OR} + K_{OC}$ debe ser equivalente a 1.00 o 100% (Mora, 2016).

El peso que se suele dar a cada una de los valores de K es como se relaciona a continuación, sin embargo, es un referente y existe autonomía de los planeadores para darle el valor que considere apropiado según el estudio realizado a los diferentes aspectos en los que se desarrolla la empresa.

Todos los parámetros tienen estándares internacionales que cubren sus valoraciones.

Ilustración 7 - Factores de pesos en Severidad

VALOR DE K POR CADA FACTOR	
Fallos Ocultos = K_{FO}	0.05 O 5%
Impacto Seguridad Física = K_{SF}	0.20 O 20%
Impacto Medio Ambiente = K_{MA}	0.10 O 10%
Impacto en Imagen Corporativa = K_{IC}	0.30 O 30%
Costos de Reparaciones o Mantenimientos = K_{OR}	0.30 O 30%
<i>Efectos en clientes</i> = K_{OC}	0.30 O 30%

Ilustración 8 - Tabla de Fallas ocultas

FO - Fallos Ocultos	
No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0

Existe una baja posibilidad de que la falla NO sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores	2
Existe una baja posibilidad de que la falla SÍ sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre es oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema	4

Ilustración 9 - Tabla de Seguridad física

FS - Seguridad Física	
No afecta Personas ni equipos	0
Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad de tipo temporal	1
Afecta de dos a cinco Personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2
Afecta a más de cinco Personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más Personas	4

Ilustración 10 - Tabla de Medio Ambiente

MA - Medio Ambiente	
No afecta el medio ambiente	0
Afecta el MA pero se puede controlar. No daña el Ecosistema	1
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares	2
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares	3
Afecta los recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares	4

Ilustración 11 - Tabla de Imagen Corporativa

IC - Imagen Corporativa	
No es relevante	0
Afecta credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos	1
Afecta credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares	2
Afecta credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e	3

inversión entre 1.000 y 10.000 dólares	
Afecta credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e inversión mayor a 10.000 dólares. Puede ser irreversible	4

Ilustración 12 - Tabla de Costo de Reparación

OR - Costo de Reparación	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5.000 dólares	2
Entre 5.001 y 50.000 dólares	3
Mayor a 50.001 dólares	4

Ilustración 13 - Tabla de Efectos en los clientes

OC - Efectos en Clientes	
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1

Entre 501 y 5.000 dólares	2
Entre 5.001 y 50.000 dólares	3
Mayor a 50.001 dólares	4

1.2.1.2.2 Probabilidad de ocurrencia OREDA. Para determinar o cuantificar la ocurrencia se define estadísticamente la periodicidad en la que los modos de falla se han presentado eventualmente en el equipo o en su defecto las recomendaciones de mantenimiento del fabricante en el manual de mantenimiento o de operación del equipo.

Ilustración 14 - Tabla de Probabilidad de ocurrencia

Ocurrencia		Calificación
Frecuente	1 Falla en 1 Mes	4
Ocasional	1 Falla en 1 Año	3
Remota	1 Falla en 5 Años	2
Poco probable	1 Falla en 20 Años	1

1.2.2 Etapas de la implementación del MMC.

Para llevar a cabo un proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se desarrolla un proceso de preguntas fundamentales, Es decir, El MCC se desarrolla por medio de 7 preguntas que son las encargadas de describir la optimización o desarrollo de un plan eficiente de mantenimiento. A continuación se enuncian (Moubray@, 2001).

1. ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2. ¿En qué aspectos no responde al cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5. ¿De qué modo afecta cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Para desarrollar a plenitud el proceso MCC se utilizan cinco pasos que se relacionan a continuación:

- Planeación
- Grupos de revisión
- Facilitadores
- Análisis de resultados
- Implementación de auditorías.

1.2.2.1 Planeación

El proceso de la planeación, incluye varias etapas, entre las cuales resaltan.

- Activos físicos a trabajar bajo MCC
- Definir recursos físicos y humanos requeridos
- Definir cronograma de entrenamiento, realización, análisis, fecha y lugar de las personas.
- Estudiar integral y específicamente cada activo

1.2.2.2 Grupo de revisión y realización.

La selección del recurso humano es primordial para la ejecución de planes o programas donde intervenga el MCC, en todos los niveles del personal implicado, tanto en el nivel táctico, operativo, profesional y de apoyo, en ese orden de ideas, se requiere que para realizar MCC se analicen las diferentes perspectivas de los procesos y funcionamientos de los dispositivos, el acervo de información que representa el personal directamente relacionado con los equipos es un insumo esencial e idóneo que pueden crear sinergias con elementos de planeación estratégicas del mantenimiento.

1.2.2.3 Facilitadores

- Análisis exhaustivo y excluyente con todo: funciones, fallas funcionales, modos de falla, tareas, etc. en todos los equipos críticos y elementos claves.
- MCC entendido por todos.

- Método del Vaticano por consenso en forma rápida y ágil, con dosis motivacional.
- Calendario de trabajo con cumplimientos.

Ilustración 15 - Grupo Primario MCC



1.2.2.4 Resultados del MCC

El MCC exige entre sus principales conclusiones que contenga unos mínimos que se desglosan a continuación.

- Planes de mantenimientos y reparaciones a ser efectuados.
- Rediseño de procesos de operación, validados, entendidos y practicados por quienes ejecuten.
- Involucrar los mantenimientos en el CMMS o programas manuales.

- Tareas descritas a cabalidad con conocimiento de causa de quienes las practican y practicarán.
- Modificaciones, con cálculos y estudios, responsables y fechas.
- Control de seguimiento de tareas y operaciones nuevas o rediseñadas en frecuencia.

Ilustración 16 - Responsabilidades de los Facilitadores

COMPETENCIAS Y HABILIDADES DE LOS FACILITADORES	
APLICAR LA LOGICA RCM	
DIRIGIR EL ANALISIS	PREPARAR LAS REUNIONES
	SELECCIONAR LOS NIVELES DE ANALISIS/DEFINIR LOS LIMITES
APLICAR LA LOGICA RCM	TRATAR APROPIADAMENTE LOS MODOS DE FALLA COMPLEJOS
	SABER CUANDO DEJAR DE LISTAR MODOS DE FALLA
DIRIGIR EL ANALISIS	INTERPRETAR Y REGISTRAR LAS DECISIONES CON UN MINIMO LENGUAJE TECNICO
	RECONOCER CUANDO EL GRUPO NO SABE
APLICAR LA LOGICA RCM	EVITAR LOS INTENTOS DE REDISEÑAR EL ACTIVO DURANTE LAS REUNIONES DE RCM
DIRIGIR EL ANALISIS	COMPLETAR LAS HOJAS DE TRABAJO RCM
	PREPARAR LAS REUNIONES
CONDUCIR LAS REUNIONES	PREPARAR UN ARCHIVO DE AUDITORIA
	SELECCIONAR LOS NIVELES DE ANALISIS/DEFINIR LOS LIMITES
CONDUCIR LAS REUNIONES	INGRESAR LOS DATOS DE RCM EN UNA BASE DE DATOS COMPUTARIZADA
	TRATAR APROPIADAMENTE LOS MODOS DE FALLA COMPLEJOS
DIRIGIR EL ANALISIS	PREPARAR LA ESCENA
	SABER CUANDO DEJAR DE LISTAR MODOS DE FALLA
CONDUCIR LAS REUNIONES	LA CONDUCTA DEL FACILITADOR
	RECONOCER EN ORDEN LAS PREGUNTAS RCM
CONDUCIR LAS REUNIONES	ASEGURAR QUE CADA PREGUNTA SE COMPRENDA CORRECTAMENTE
	COMPLETAR LAS HOJAS DE TRABAJO RCM
CONDUCIR LAS REUNIONES	ALENTAR A QUE PARTICIPE CADA MIEMBRO DEL GRUPO
	PREPARAR UN ARCHIVO DE AUDITORIA
CONDUCIR LAS REUNIONES	RESPONDER LAS PREGUNTAS
	INGRESAR LOS DATOS DE RCM EN UNA BASE DE DATOS COMPUTARIZADA
CONDUCIR LAS REUNIONES	ASEGURAR EL CONSENSO
	PREPARAR LA ESCENA
CONDUCIR LAS REUNIONES	MOTIVAR AL GRUPO
	LA CONDUCTA DEL FACILITADOR
CONDUCIR LAS REUNIONES	MANEJAR LA INTERRUPCIONES APROPIADAMENTE
	EJECUTAR EN ORDEN LAS PREGUNTAS RCM
CONDUCIR LAS REUNIONES	ORIENTAR AL GRUPO O A LOS MIEMBROS ADECUADAMENTE
	ASEGURAR QUE CADA PREGUNTA SE COMPRENDA CORRECTAMENTE
CONDUCIR LAS REUNIONES	ALENTAR A QUE PARTICIPE CADA MIEMBRO DEL GRUPO
	RESPONDER LAS PREGUNTAS
CONDUCIR LAS REUNIONES	ASEGURAR EL CONSENSO
	MOTIVAR AL GRUPO
CONDUCIR LAS REUNIONES	MANEJAR LA INTERRUPCIONES APROPIADAMENTE
	ORIENTAR AL GRUPO O A LOS MIEMBROS ADECUADAMENTE
ADMINISTRAR EL TIEMPO	RITMO DE TRABAJO
	CANTIDAD TOTAL DE REUNIONES EFECTUADAS
ADMINISTRAR EL TIEMPO	FECHA REAL DE FINALIZACION CONTRA LA FECHA OBJETIVO
	TIEMPO EMPLEADO PARA PREPARAR LA AUDITORIA
ADMINISTRAR EL TIEMPO	TIEMPO FUERA DE LAS REUNIONES
ADMINISTRAR LA LOGISTICA E INTERACCION CON LOS NIVELES SUPERIORES	PREPARAR EL PROYECTO RCM COMO UN TODO
	PLANEAR EL PROYECTO
ADMINISTRAR LA LOGISTICA E INTERACCION CON LOS NIVELES SUPERIORES	COMUNICAR LOS PLANES
	EL LUGAR DE LA REUNION
ADMINISTRAR LA LOGISTICA E INTERACCION CON LOS NIVELES SUPERIORES	COMUNICAR LOS HALLAZGOS URGENTES
	COMUNICAR LOS PROGRESOS
ADMINISTRAR LA LOGISTICA E INTERACCION CON LOS NIVELES SUPERIORES	ASEGURAR QUE SE AUDITEN LAS HOJAS DE TRABAJO RCM
	PRESENTACION A LA GERENCIA SUPERIOR
ADMINISTRAR LA LOGISTICA E INTERACCION CON LOS NIVELES SUPERIORES	IMPEMENTACION
	UN PROGRAMA VIVIENTE

(RCMScorecard@, 2005)

1.2.2.5 Implementación y Auditoría

- Revisión integral de nivel gerencial por cada activo terminado.
- Auditoría, costos, CMD.
- Revisión basada en las normas internacionales SAE JA1011, SAE JA1012, Military Standard 2173 y British Norm Standard.
- Beneficios, limitaciones, cambios y su nueva aplicación.
- Revisión cada dos años de los activos con modificación o cambios en calidad repuestos, bajo control de la curva de Davies o de la Bañera (Mora, 2016).

1.3 SOFTWARE I RCM S

El programa del Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Integrada (I RCM S) es una herramienta de software utilizada en los Programas de Comandos de Sistemas Navales Aéreos (NAVAIR). I RCM S permite a los analistas realizar y documentar los análisis de RCM para determinar la aplicabilidad de los intervalos de inspección preliminares para posibles tareas de PM. El I RCM S retiene los datos que se desarrollaron y utilizaron en el proceso de toma de decisiones de RCM para proporcionar un medio para establecer una pista de auditoría. Debe enfatizarse que I RCM S no puede realizar un análisis RCM. Requiere la participación de un analista que tenga conocimiento de la teoría RCM y sepa cómo usar el programa (NAVAIR, 1996).

Esta clase de herramientas son exitosamente utilizadas especialmente en todos los procesos industriales con beneficios demostrados. Los ahorros durante el análisis llegan ser de hasta un 90% sobre el uso de metodologías MCC clásicas (Mendoza, 2016).

El Sistema Integrado de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (I RCM S) es una herramienta de software que fue creado para ayudar al analista del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) en la realización de análisis y documentación del MCC para los Sistemas de Comando de la Naval Air (NAVAIR)³.

Esto ayuda a proporcionar la justificación y la trazabilidad requerida para cada tarea de mantenimiento preventivo que resulta del análisis MCC. El software I RCM S conduce al usuario a través de las ramas correspondientes de la lógica de la MCC en base a datos suministrados por el usuario. El programa sigue la lógica contenida en MCC CNSA 00-25-403, directrices para el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de la aviación naval (Connection, 2014).

1.3.1 Etapas del Plan de implementación del I RCM S.

El plan debe incluir los siguientes pasos para su consideración durante la definición del alcance de los programas:

1.3.1.1 Plan de mantenimiento preventivo básico actual. Establecer los planes de mantenimiento existentes y disponibles, las tareas análisis (MCC), nivel estándar de almacenamiento para mantenimiento (SDLM), etc.

1.3.1.2 MCC candidato, identificación y priorización. Identificar las funciones, elementos y/o planes de mantenimiento para determinar las tareas que serán objeto de análisis MCC. Priorizar basándose en la seguridad, disponibilidad operativa y rentabilidad esperada de las inversiones. Algunos ejemplos de limitar el alcance de los análisis iniciales incluyen:

- Análisis de base. Se trata de un mínimo esfuerzo inicial. Se supone más el plan de mantenimiento actual, son las tareas razonablemente justificadas, y

³ NAVAIR US – Navy Naval Air System Command – Navy and marine – www.navair.navy.mil/

entran de inmediato en el mantenimiento. Los beneficios de MCC se harán a través mantener esfuerzos proactivos.

- Análisis de perfil alto. Esto es similar a un método de análisis por encima el cual consiste en saltar a la fase de mantenimiento, tales como el análisis de costo, excepto que un mayor esfuerzo inicial puede ser justificada.
- Método de relleno. Este es un nivel medio para el análisis inicial. Se supone que el actual programa de mantenimiento preventivo cubre adecuadamente todos los posibles modos de falla, pero que puede haber algunos planes de mantenimiento que pueden no ser necesarios. Una lista de elementos y/o funciones es desarrollada para el análisis de tareas existentes en el plan de mantenimiento.
- Análisis completo. Este requiere el más alto esfuerzo inicial y sólo se debe considerar cuando retornos potenciales son altos, es decir, programas con una importante vida útil.

1.4 DISPOSICIONES PARA LA INSTALACION DEL SOFTWARE I RCM S

La versión actual del software I RCM S es una aplicación de Windows. El I RCM S está diseñado para ejecutarse como una aplicación independiente o desde una red de área local. Múltiples usuarios pueden acceder a un proyecto I RCM S simultáneamente, pero el acceso está limitado a un usuario a la vez o por debajo del nivel de función. A continuación se muestra una lista de requisitos para ejecutar el programa I RCM S:

- Windows 95, Windows 98 o Windows NT
- Unidad de procesamiento central 486 (mínimo)

El software que contiene los archivos del programa I RCM S está disponible para su descarga desde <http://www.nalda.navy/rcm>.

La dirección de la página de inicio de NAVAIR RCM figura en la portada interior de esta guía para estudiantes. El paquete de software debe estar instalado en el disco duro de la computadora. El programa I RCM S completo está contenido en un archivo autoextraíble llamado I RCM S60.EXE. Cuando se ejecuta I RCM S60.EXE, se autoextrae en los archivos necesarios para ejecutar el programa. Uno de estos archivos es SETUP.EXE. Ejecute el archivo SETUP.EXE para instalar I RCM S. Sigue las instrucciones en la pantalla. El programa de instalación agrega I RCM S al menú de programa. Una vez cargado, el archivo I RCM S60.EXE se puede eliminar para ahorrar espacio en el disco.

1.5 PARTICULARIDADES DE LA HERRAMIENTA I RCM S

Las primordiales características con las que cuenta la herramienta para el desarrollo y ejecución de la misma son:

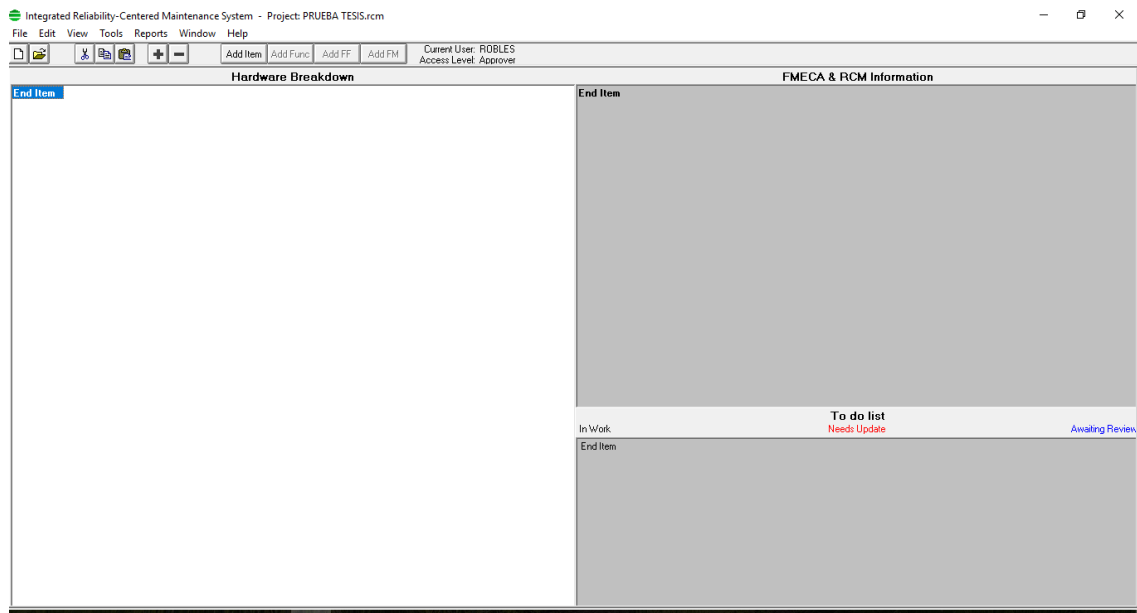
- Posibilita el acceso a múltiples usuarios a un mismo proyecto al mismo tiempo.
- viabiliza asignar a los usuarios diferentes niveles de acceso de acuerdo a las necesidades.
- Permite importar datos de otros proyectos.
- Posibilita guardar datos con el simple hecho de cerrar ventanas, la pérdida de datos es muy limitada.
- Facilita el empaquetado de tareas para el mantenimiento preventivo.
- Provee el seguimiento a los requerimientos de un mantenimiento preventivo.

- Mantiene una auditoria a los niveles de modo de falla de cada revisión hecha en los análisis.
- Proporciona indicadores de estado de las diferentes tareas, fallas funcionales, modos de falla, entre otros.
- Proporciona la capacidad de presentación de informes en el nivel especificado por el usuario.
- Entrega informes en varias formas, Word, en pantalla y HTML.

1.6 ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA I RCM S

La ventana principal posee características muy similares a las de casi todos los programas diseñados bajo el ambiente Windows⁴.

Ilustración 17 - Ventana Principal i RCM s



La ventana principal de I RCM S contiene cinco áreas:

⁴ Windows: Sistema operativo desarrollado por Microsoft que vino siendo en su comienzo la interfaz gráfica para el Sistema Operativo MS-DOS y cuya filosofía es brindar la facilidad del desplazamiento amigable entre las diversas y simultaneas tareas que se estén ejecutando.

- Barra de menú principal
- Botones de la barra de herramientas
- Panel de Desglose de hardware
- Panel de información de FMECA y RCM
- Panel Lista de tareas.

1.6.1 Menú principal

El menú principal aparece en la parte superior de la pantalla. El menú principal contiene una barra con los siguientes menús desplegables:

- Menú Archivo. El menú Archivo proporciona funciones para administrar proyectos tales como: Proyecto nuevo, Abrir proyecto, Cerrar proyecto, Guardar proyecto como y Salir.
 - Menú de edición. El menú Editar permite al usuario Cortar, Copiar y Pegar texto dentro y entre los campos del proyecto, y Eliminar texto.
 - Ver menú. El menú Ver proporciona funciones para controlar cómo se muestran los datos en I RCM S, tales como: Revisiones actuales, Todas las revisiones, Contraer y Expandir.
 - Menú de herramientas. El Menú de Herramientas proporciona acceso a una Calculadora, Buscar y Reemplazar, Análisis de Empaque, Mantener Publicaciones, Mantener Paquetes y Mantener Usuarios.
 - Menú de informes. El Menú de Informes proporciona acceso a informes incorporados tales como Modo de falla y Efectos y Análisis crítico (FMECA), Paquete y Costo / Habilidades. Menú de ventana: el menú de ventana proporciona funciones para navegar entre ventanas, como Organizar iconos, Cascada.
 - Menú de ayuda. El Menú de Ayuda proporciona pantallas de Ayuda de I RCM S sobre temas que son generales y específicos por naturaleza.
- La barra de Menú principal y la Barra de herramientas proporcionan acceso a muchas funciones necesarias para realizar un análisis de RCM. Los paneles de Información de hardware, FMECA y RCM, y Lista de tareas proporcionan acceso a las pantallas de entrada de datos del programa. Para acceder a un panel, simplemente haga clic dentro de su borde. (datsi.com, 2016)




1.6.2 Iconos Usados en el I RCM S



Aprobado: El modo de falla ha sido aprobado.



Necesario Actualizar: El MF necesita ser actualizado

-  Esperando Revisión: El FM está siendo revisado.
-  En proceso: El análisis del proceso está en ejecución, por ende, nos es posible marcar como aprobado o esperando revisión.
-  Histórico: El análisis está siendo mantenido como un registro histórico. (US-NAVAIR, 2016).

1.6.3 Setup

En el Setup se puede configurar las unidades de medida que van a ser utilizadas como referencias en el análisis MCC, factores de conversión estándar y personalizadas, así mismo se asignan los valores de monetarios por pérdida de tiempo operacional unidades de moneda y el programa de vida restante en unidades operacionales con su fecha de inicio de servicio.

En la pestaña Publications se documentan reportes de mantenimiento de alguna clase que posteriormente se asignaran a alguna de las tareas de mantenimiento.

El empaquetado, Packages agrupa tareas de mantenimiento preventivo, estos grupos son llamados como “Fase A”, etc. Las tareas de estos grupos deben estar documentadas. Esta ventana proporciona al usuario la forma de agregar o editar una lista de grupos de paquetes y agregar una publicación que se asocia a ese grupo. Una publicación de asociados se debe introducir antes de ingresar una entrada de paquetes.

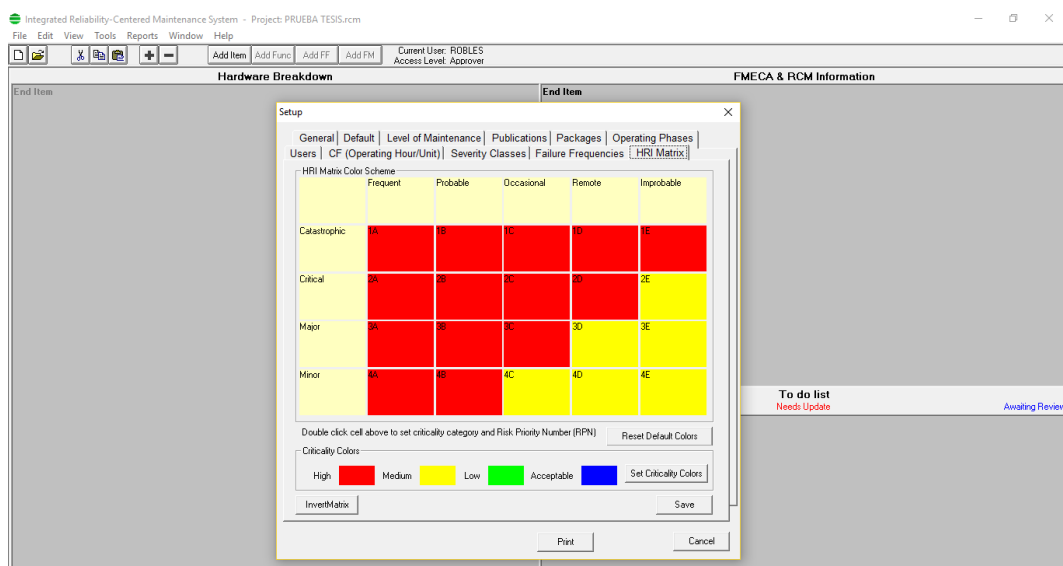
Clases de gravedad, Severity Classes es una categoría asignada a los modos de falla, basados en los impactos de sus efectos potenciales mientras que la frecuencia de Fallas; Failure Frecuencias indica cuan a menudo ocurren las fallas Las reglas se pueden ver en “NAVAIR 00-25-403 MCC Guidance Manual.

Nivel de mantenimiento, Level of Maintenance permite la definición de los mantenimientos requeridos para el mantenimiento preventivo. También permite ingresar costos por defecto de un nivel de mantenimiento en particular.

Users aparece al inicio de la creación de un proyecto o se puede usar en cualquier momento en el programa. Al inicio del proyecto se debe crear al menos un usuario, porque de lo contrario no se puede finalizar la creación del proyecto y no se haría nada. Para el establecimiento del primer usuario este debe tener la característica de Signoff, que tendría el papel de administrador del proyecto.

La matriz de riesgo está formada por dos conceptos, la gravedad de la ocurrencia de una falla y la posibilidad que se genere la misma. Estas fallas serán valoradas de acuerdo a la experiencia de un equipo multidisciplinario encargado del mantenimiento y la confiabilidad de la planta de proceso. Esta matriz puede ser adecuada a la necesidad del administrador del software, pudiendo editar colores y el orden de las abscisas y las ordenadas.

Ilustración 18 - Matriz de Riesgo HRI

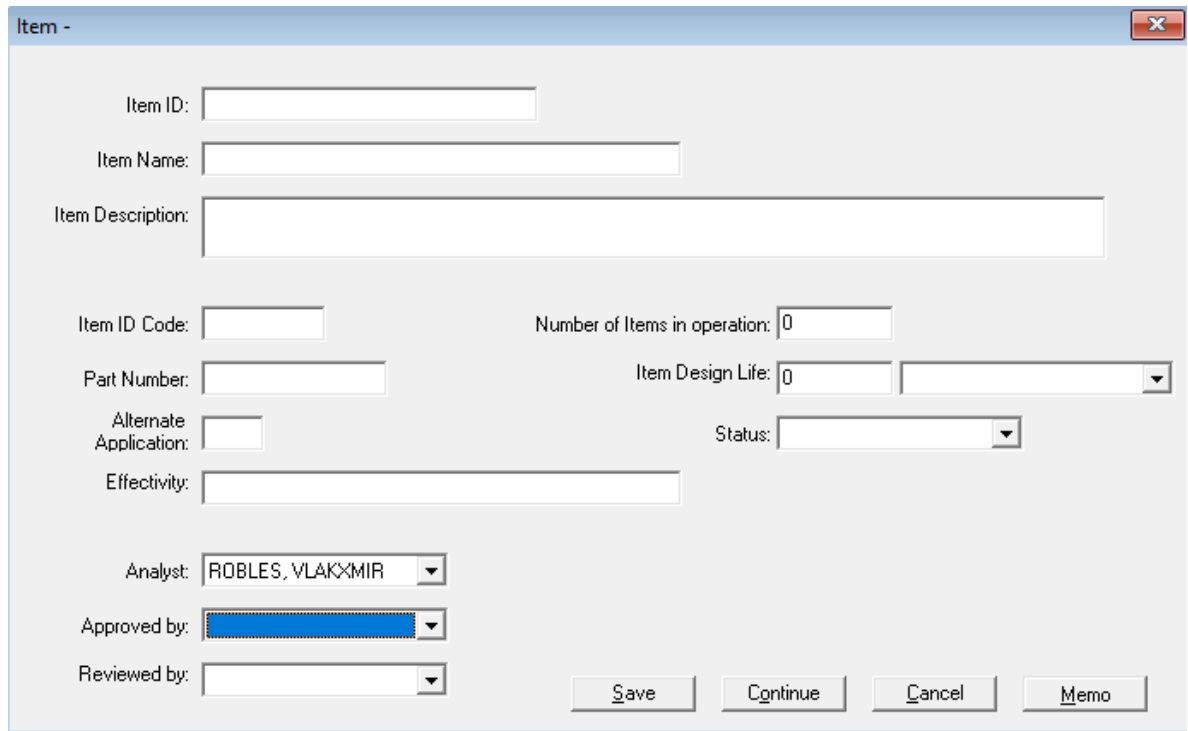


1.7 USO DEL SOFTWARE IRCM

1.7.1 Introducción del Hardware

Cuando se desea incorporar un nuevo equipo o elemento, entonces se hace uso de la siguiente interface:

Ilustración 19 - Información de un Equipo



The screenshot shows a software window titled "Item -" with a close button in the top right corner. The window contains the following fields and controls:

- Item ID:
- Item Name:
- Item Description:
- Item ID Code:
- Number of Items in operation:
- Part Number:
- Item Design Life:
- Alternate Application:
- Status:
- Effectivity:
- Analyst:
- Approved by:
- Reviewed by:

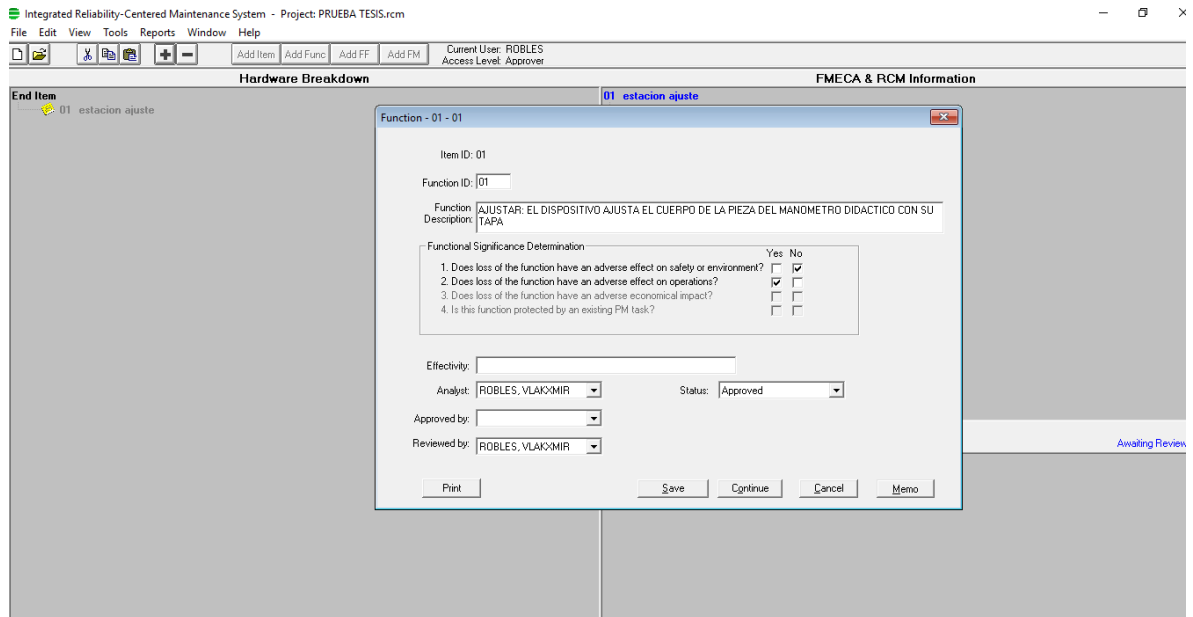
At the bottom right of the form, there are four buttons: , , , and .

Igualmente, cada sistema es subdividido por jerarquías en sub-sistemas, elementos y componentes hasta lograr cubrir la totalidad del equipo para el respectivo plan de mantenimiento.

1.7.2 Creación de Funciones

En la pantalla principal se presiona Adding Function donde aparecerá la siguiente pantalla en la que se introducen las funciones del hardware y/o sistema.

Ilustración 20 - Introducción de Funciones



1.7.3 Incorporación de las Fallas de Función

Posteriormente, cuando se ha activado una función se habilitará en la ventana principal el botón Adding Function Failure será habilitado y así diligenciar se podrá escribir en la interface de cada falla de función. El formulario comprende el ID de la función, descripción de la falla y posibles formas de evitar que la falla afecte el sistema.

Ilustración 21 - Introducción de Falla de Función.

Functional Failure - 01 - 01A

Item ID: 01

Function ID: 01

Function Description: AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA

Functional Failure ID: A

Functional Failure Description: NO AJUSTA

Compensating Provisions:

Effectivity:

Analyst: ROBLES, VLAKX MIR

Status: Approved

Approved by:

Reviewed by: ROBLES, VLAKX MIR

Save Continue Cancel Memo

1.7.4 Introducción de los Modos de Falla

El siguiente hipervínculo evidencia la ventana dispuesta para la consignación de los datos que comprende cada modo de falla de cada una de las fallas de función. Un indicador de modo de falla FMI consta de tres elementos: Un número de la función, o sea la función asociada a este modo de falla. Una letra de falla funcional, es decir la falla funcional asociada a esta función. Un número de 2 dígitos.

Al tiempo que son consignados los modos de falla, igualmente se describe la forma de detectarlos y las tareas de mantenimiento asociadas, ya sea mantenimiento preventivo, tareas de lubricación o mantenimiento según la condición encontrada. El valor asociado a cada tarea de mantenimiento se asigna y se computa según sea efectuada por el personal encargado, ya sea directo o contratado.

Ilustración 22 - Introducción de Modo de Falla

Failure Mode - 01 - 01A01

Item ID: 01 estacion ajuste FMI: 01 - A - 01 Rev:

Failure Mode Description:
el ajustador no realiza la respectiva operacin de ajuste

Local Effects:

Next Higher Effects:

End Effects:

Detection Method:

Severity Class: Item ID code of failed item:

Effectivity: Part No of failed item: Operating Phase:

MTBF: A - Operating Hours

Failure Mode* Failure Consequences Service/Lube On-condition

Resumiendo, El proceso en su totalidad del MCC, implica Funciones principal y secundarias, fallas funcionales y modos de fallas, con luego los trabajos y tareas programadas o no de mantenimiento.

1.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1

En este segundo capítulo se establecieron los lineamientos principales del mantenimiento centrado en la confiabilidad MCC como la forma de valorar el riesgo, competido por la severidad y la probabilidad de ocurrencia en los dos métodos principales de forma particular en el software I RCM S.

Se han reseñados los principales lineamientos del manejo del software i RCM s presentando las diferentes interfaces desde la función, la falla, el modo de falla y sus respectivas tareas de mantenimiento.

2 CARACTERIZACIÓN

2.1 OBJETIVO 2

Caracterizar los sistemas, subsistemas y componentes de la máquina SIM FESTO FASE AJUSTE en la Estación Ajuste para identificar su funcionamiento. Nivel 2 - Comprender

2.2 PROLOG SIM FESTO

La máquina SIM FESTO FASE AJUSTE es parte de un módulo didáctico de automatización ubicado en las instalaciones del SENA Barrancabermeja, y opera en el laboratorio de automatización. Este módulo es el principal mecanismo que tiene el centro para formar futuros técnicos y tecnólogos con amplio perfil laboral y que desarrollen procesos de programación y automatización en la industria colombiana. El Sistema de Producción Modular, (MPS siglas en inglés), permite la comprensión de sistemas de automatización industrial de diferentes niveles de complejidad y su modelamiento, respectivamente, los contenidos de capacitación que se cubrirán con el MPS es universal, modular y abierto a otro sistema expansión. Esto permite que el sistema se adapte al conocimiento y la experiencia previa de los alumnos.

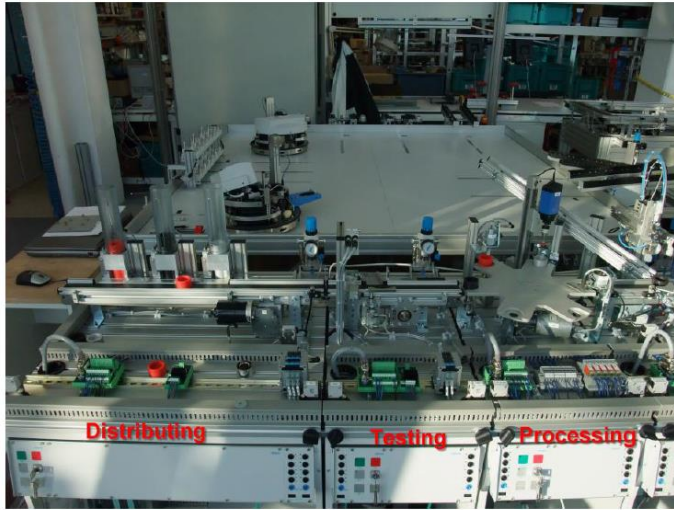
Ilustración 23 - PROLOG SIM FESTO



En este caso se utilizará como herramienta de análisis la metodología MCC por medio de la herramienta informática I RCM S, cabe señalar que el SIM PROLOG tiene varios subsistemas como se pueden evidenciar a continuación:

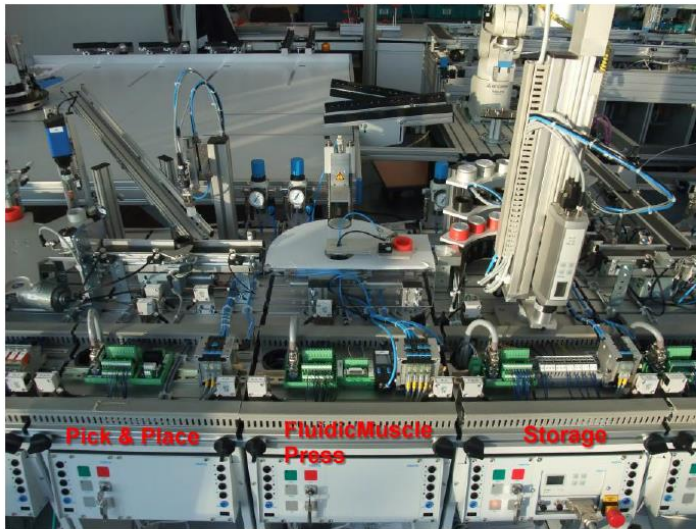
2.2.1 Estaciones SIM PROLOG FESTO

Ilustración 24 - Estaciones SIM PROLOG FESTO



1. Distribución
-> supe partes
2. Verificación
-> Control
Calidad
3. Procesamiento
-> simulación de
proceso.

Ilustración 25 - Estaciones SIM PROLOG FESTO II



4. Pick & Place
-> Ensamble
5. Músculo
Neumático
-> Terminado de
ensamble
6. Almacén
-> Almacén
Intermedio para
JIS

El SIM PROLOG FESTO tiene varias etapas o procesos, dentro de los principales procesos que tiene el módulo se pueden mencionar los siguientes:

- **PLC Siemens 314C-2PN/DP:** El concepto EduTrainer, junto con la herramienta de programación Paso 7, permite en el primer caso, capacitación básica en lenguajes de programación estandarizados tales como diagrama de escalera, lista de instrucciones o diagrama de funciones según IEC-1131-3. Más adelante, herramientas específicas del Paso 7, como herramientas de programación y simulación están incluidos, proporcionando una herramienta de desarrollo industrial real para controladores lógicos.
- **Estación de distribución ProLog:** Al comienzo de la línea de producción, la Estación de Distribución proporciona piezas de trabajo de tres cargadores de pilas, almacenados cada uno en un tubo de revista, y lo transfiere a la primera estación aguas abajo, de acuerdo con todo el material a fluir. Como en realidad, las partes básicas que se procesarán más se insertan en el proceso aquí.
- **Estación de pruebas ProLog:** Después de insertar partes básicas en la línea de producción, las partes están siendo probadas por la estación de prueba, ya sea que sean adecuados para su posterior procesamiento. Incluso diferentes sensores, así como un módulo de medición, la tecnología central en esta etapa es la garantía de calidad, así como aspectos del reconocimiento de diferentes colores en un proceso de producción industrial.
- **Estación de selección y posicionamiento:** El manejo de materiales usando la tecnología del vacío se implementa ampliamente en procesos de producción. Por lo tanto, la estación Pick & Place está construida alrededor esta tecnología Junto con los últimos dispositivos de manipulación en el campo de neumática, las competencias de esta estación son seguramente aplicables en realidad industrial moderna.
- **Estación ajuste prolog (Fluidic Muscle Station):** esta estación es la más importante de este estudio, toda vez que es el tema central del presente documento es elaborar el plan de mantenimiento del módulo de esta estación. Debido a su constante mejora, la neumática en general es

ampliamente utilizada y se usará muy a menudo en el futuro en cada proceso de producción. El Fluidic Muscle Station comprende una de las últimas mejoras de neumática, como el nombre ya lo expresa, un músculo fluídico que actúa como un cilindro.

- **Estación Almacenamiento ProLog:** Almacenamiento de materiales dentro de un proceso de producción o al final de cualquier producción línea es una tecnología muy importante y se está realizando en muchas variedades hoy en día. Esta estación está siendo equipada con un servo accionamiento rotativo y cilindros lineales que colocan la pieza de trabajo en tres niveles de almacenamiento diferentes. Agarre, movimiento y rotación son las principales competencias centrales de esta estación.
- **Estación separadora ProLog:** La estación separadora puede diferenciar las piezas de trabajo por medio de la profundidad percibir y separarlos en dos direcciones. La pieza de trabajo a verificar es transportado en un transportador debajo de un sensor óptico. Este sensor comprueba el producto para la profundidad del orificio perforado o si el inserto está presente, para ejemplo. Dependiendo del resultado, la pieza de trabajo se separará del flujo de material. Esto se realiza en el transportador principal o se usa un deflector activado para desviar la pieza de trabajo a otro transportador.
- **Estación de clasificación ProLog:** Al final de la línea de producción se realiza una aplicación de clasificación completamente piezas fabricadas. La estación de clasificación comprende diferentes tipos de reconocimiento de color y material para poder clasificar correctamente, por lo tanto proporcionando sus contenidos de entrenamiento en consecuencia.
- **Puesta en marcha de la estación de robot:** La estación de robot puede encargar piezas que se alimentan a través de un transportador y colóquelos en una plataforma. La plataforma vacía se alimenta a través de un tobogán en la estación. Tres Los buffers locales para palets permiten la independencia del flujo de material.

2.3 ESTACIÓN AJUSTE PROLOG (fluidic muscle station)

La estación ajuste (fluidic muscle station) presiona inserciones de pieza de trabajo en celdas. El actuador rotativo / lineal (dispositivo de transferencia) mueve la carcasa con el inserto colocado debajo del prensa. El músculo neumático realiza la operación de presionar los la pieza de trabajo terminada se transporta luego a la posición de transferencia usando el actuador rotativo / lineal. Un sensor óptica está conectado al brazo del actuador para detectar la pieza de trabajo. La presión de prensado es monitoreada y se muestra usando el sensor análogo de presión. La velocidad de prensado y la profundidad se puede variar tanto manualmente - a través del regulador de presión y acelerador - y electrónicamente - a través del regulador de presión proporcional.

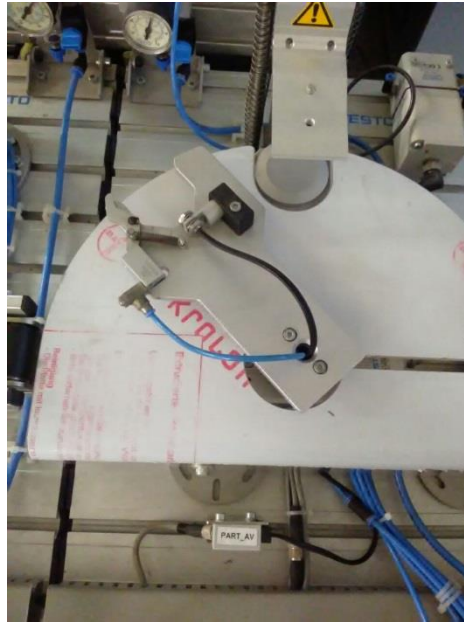
Ilustración 26 - Estación ajuste prolog



2.3.1 Principales Componentes de la Estación ajuste prolog.

- **Módulo de transferencia rotativo / lineal:** El módulo contiene una SLG de precisión unidad de deslizamiento lineal con extremo ajustable se detiene El movimiento rotativo se realiza usando una unidad semirrotativa DRQD. Esto permite la rotación de 90° y 180° . Todas las posiciones finales son detectadas por medios de sensores.

Ilustración 27 - Módulo de transferencia rotativo / lineal



- **Módulo de presión del músculo:** El módulo se usa para presionar la pieza de trabajo se inserta en la carcasa. Los la prensa se acciona usando un neumático músculo. El módulo contiene un manual regulador de presión ajustable que se puede usar para ajustar la presión profundidad. La velocidad de inserción se ajusta a través del control de flujo de aire de suministro.

Ilustración 28 - Módulo de presión del músculo



- **Sensor de presión:** Sensor de presión con pantalla LCD, rango de medición 0 - 10 bar con salida analógica 0 - 10 V y PNP salida de interruptor, seleccionable a través de teach-in. Se suministra completo con conexión vía cable.

Ilustración 29 - Sensor de presión



- **Terminal análogo:** Las señales analógicas se pasan a un terminal analógico especial con un 15 pines Toma Sub-D. Para conectar y conectar señales analógicas.

Ilustración 30 - Terminal análogo



- **Manómetro:** el dispositivo cuenta con una Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar) y se encarga de definir os niveles adecuados de presión que requiere todo el proceso neumático con el que se alimenta el proceso de ajuste

Ilustración 31 - Manómetro



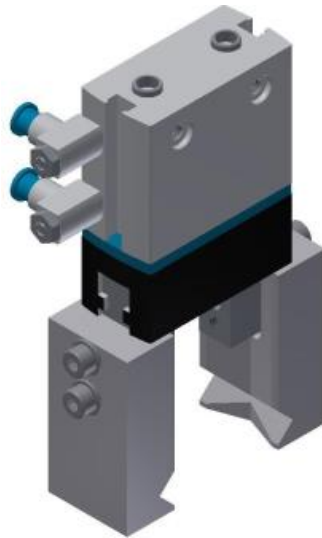
- **Válvulas de presión y mangueras:** este dispositivo cuenta con cuatro válvulas de presión que determinan el nivel de presión y fluido que circulan en el sistema. La presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar) y el diámetro de las mangueras es de aproximadamente 0.5cm.

Ilustración 32 - Válvulas de presión y mangueras



- **Pinzas neumáticas:** Con la ayuda de pinzas neumáticas, las piezas de trabajo y las paletas se sujetan y se mueven, Pinza para recoger las piezas de trabajo o las paletas.

Ilustración 33 - Pinzas Neumáticas.



(Didactic, y otros, 2016)

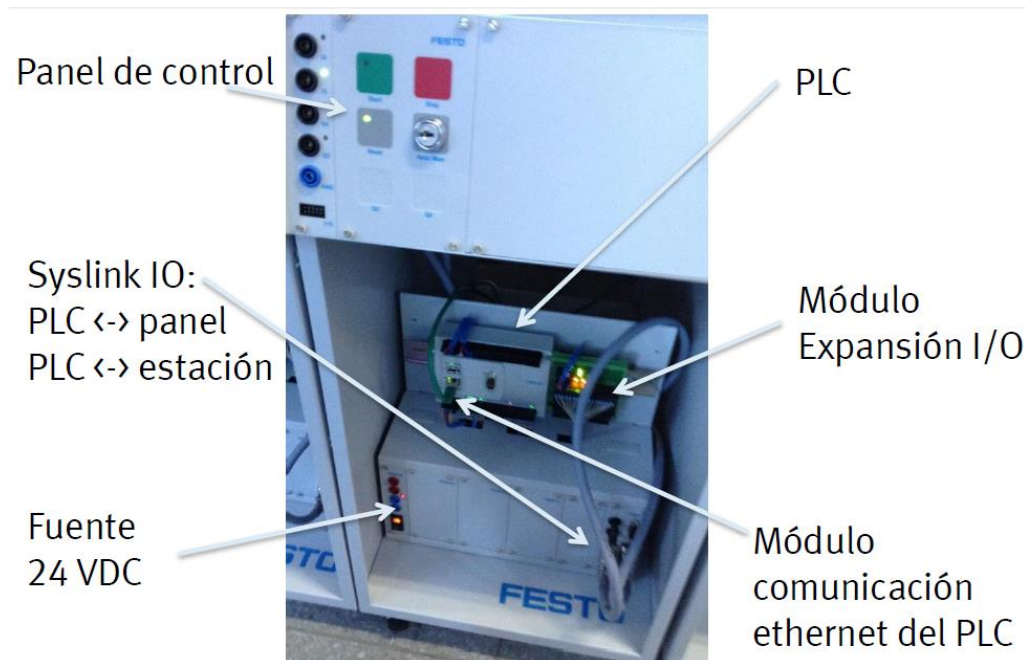
- **Suministro neumático:** La presión en la línea de alimentación no debe exceder de 10 bar, debe instalarse un filtro fino para evitar la contaminación por herrumbre o similar, requiere un grifo de parada para el suministro de la instalación, los reguladores de presión deben ajustarse entre 5 y 6 bar. El filtro y los separadores de agua requieren mantenimiento de acuerdo con las instrucciones de la documentación de estos componentes, la asignación exacta del terminal de la válvula se puede encontrar en el plan neumático. (Didactic, y otros, 2016)
- **Sistema eléctrico:** Para operar el sistema es necesario conectar todos los cables de alimentación y líneas de comunicación incluidos los cables utilizados para programar el sistema, Los dispositivos se suministran junto con las respectivas clavijas de alimentación, protegidas por contacto, en caso de que requieran alimentación. El suministro es de 220 V, debe asegurarse de que la fuente de alimentación está conectada a tierra

correctamente y está equipada con un monitor de corriente de falla. Si es necesario que varios dispositivos estén en funcionamiento al mismo tiempo, es posible conectarlos a un cuadro de distribución que contenga un cuadro de distribución, siempre que no se exceda la capacidad máxima admisible. Cada estación contiene su propio interruptor de PARADA DE EMERGENCIA, que en un primer momento reacciona a su respectiva estación solamente. Debe ser aclarado por adelantado, si es necesario un interruptor central de PARADA DE EMERGENCIA.

(Didactic, y otros, 2016)

- **PLC y sus componentes:** el PLC es el encargado de realizar las diferentes programaciones por parte del operador, en él se centran Las señales analógicas que se han definido previamente, dentro de los principales componentes se pueden mencionar: el Panel de control, Syslink IO: PLC <-> panel PLC <-> estación. Fuente 24 VDC, Módulo Expansión I/O, Módulo comunicación ethernet del PLC.

Ilustración 34 - PLC y sus componentes



2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2

En este segundo capítulo se han establecido los principales componentes del SIM PROLOG FESTO. Identificando los posibles eslabones donde se puedan presentar las fallas y por ende los modos de fallas y sus respectivas tareas de mantenimiento. Se pudo evidenciar que la estación ajuste es parte del mismo y que este será el componente que es tomado para la realización de este documento

3 I R C M S

3.1 OBJETIVO 3

Implementar la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la máquina SIM FESTO FASE AJUSTE, definiendo funciones, fallas, modos de falla, con sus respectivas acciones de mantenimiento priorizándolas con el software IRCM. Nivel 3 - Aplicar.

3.2 APLICACIÓN DEL SOFTWARE

En las figuras siguientes se muestran el setup, la función principal, funciones secundarias, las fallas funcionales, los modos de falla y las tareas de mantenimiento que se llevarán a cabo en el sistema analizado.

Ilustración 35 - Setup

Setup

General | Default | Level of Maintenance | Publications | Packages | Operating Phases | **Users** | CF (Operating Hour/Unit) | Severity Classes | Failure Frequencies | HRI Matrix

Select a User to Edit

<<< Add New User >>>

Last Name, First Name	User ID
ROBLES, VLAKXMIR	VLAKXMIR1
vlakxmir, vlakxmir	vlakxmir

Multiple users can be defined with different access rights.

Access Levels:
View Only = Records cannot be edited
Analyst = View, Edit and Review Rights
Signoff = View, Edit and Admin Rights

An Active status indicates that the user is a current user for this project.

Edit or Add User:

First Name: VLAKXMIR (optional)
Last Name: ROBLES
User Name: VLAKXMIR1
Password: *
Verify Password: *
Access Level: Analyst
Active:

Help Delete Save Continue Print Cancel

En este apartado se puede apreciar, los elementos principales con los cuales se abre el proceso de desarrollo de un MCC, aquí se define el usuario y el respectivo operador del mismo, cabe señalar que puede ser analista, revisor o simplemente algún tipo de observador de la dinámica del observador del plan de mantenimiento.

Ilustración 36 - Sistema SIM FESTO prolog ajuste

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlako\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: ROBLES
Access Level: Analyst

01 estación ajuste

- PLC
- Módulo de transferencia rotativo / lineal
- Módulo de presión del músculo
- 01 Sensor de presión
- Terminal análogo
- Manómetro
- Válvulas de presión y mangueras
- Pinzas neumáticas
- Suministro neumático
- Sistema eléctrico

01 AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIE

- A NO AJUSTA
 - 01 el ajustador no realiza la respectiva operacion de
 - 02 EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA
 - 03 EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA
- B EL DISPOSITIVO NO REALIZA EL RESPECTIVO TRANSPORTE
 - 01 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA
- C EL DISPOSITIVO NO TOMA LA TAPA DE LA PIEZA
 - 01 el brazo est atorado

To do list

In Work Needs Update Awaiting Review

End Item

Módulo de transferencia rotativo / lineal

- 01 - 01A01 el ajustador no realiza la respectiva operacion de ajuste
- 01 - 01A02 EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA
- 01 - 01A03 EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA
- 01 - 01B01 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA
- 01 - 01C01 el brazo est atorado

Ilustración 37 - Función Principal SIM Prolog estación ajuste

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlak\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: ROBLES
Access Level: Analyst

Hardware Breakdown

FMECA & RCM Information

End Item

- 01 estación ajuste
 - Sistema eléctrico
 - Suministro neumático
 - Pinzas neumáticas
 - Válvulas de presión y mangueras
 - Manómetro
 - Terminal análogo
 - Módulo de presión del músculo
 - Módulo de transferencia rotativo / lineal
 - PLC
 - 01 Sensor de presión

01 estación ajuste

+ 01 AJUSTAR. EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA

Function - 01 - 01 - View Only

Item ID: 01

Function ID: 01

Function Description: AJUSTAR. EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA

Functional Significance Determination

	Yes	No
1. Does loss of the function have an adverse effect on safety or environment?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Does loss of the function have an adverse effect on operations?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Does loss of the function have an adverse economical impact?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Is this function protected by an existing PM task?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Effectivity: _____

Analyst: ROBLES, VLAIXMIR Status: Approved

Approved by: _____

Reviewed by: ROBLES, VLAIXMIR

Print Save Continue Cancel Menu

01 - 01A02 EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA
01 - 01A03 EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA
01 - 01B01 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA
01 - 01C01 el brazo est atorado

Monday, 20 de noviembre de 2017

Ilustración 38 - Falla y Modo de Falla de la Función Principal

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlak\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: ROBLES
Access Level: Analyst

Function - 01 - 01 - View Only

Item ID: 01

Function ID: 01

Function Description: AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANDMETRO DID TAPA

Functional Significance Determination

	Yes	No
1. Does loss of the function have an adverse effect on safety or environment?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Does loss of the function have an adverse effect on operations?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Does loss of the function have an adverse economical impact?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Is this function protected by an existing PM task?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Effectivity:

Analyst: ROBLES, VLAQ-MIR Status: Approved

Approved by:

Reviewed by: ROBLES, VLAQ-MIR

Print Save Continue Cancel

Failure Mode - 01 - 01A02

Item ID: 01 estacion ajuste FMI: 01 - A - 02 Rev:

Failure Mode Description:
EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA

Local Effects:

Next Higher Effects:

End Effects:

Detection Method:
REVISAR LA PRESION DEL SISTEMA NEUMATICO

Severity Class: Item ID code of failed item:

4 - Minor

Effectivity: Part No of failed item: Operating Phase:

Phase I

MTBF: A - Operating Hours

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	

Ilustración 39 - Tarea de Mantenimiento de la Función Principal

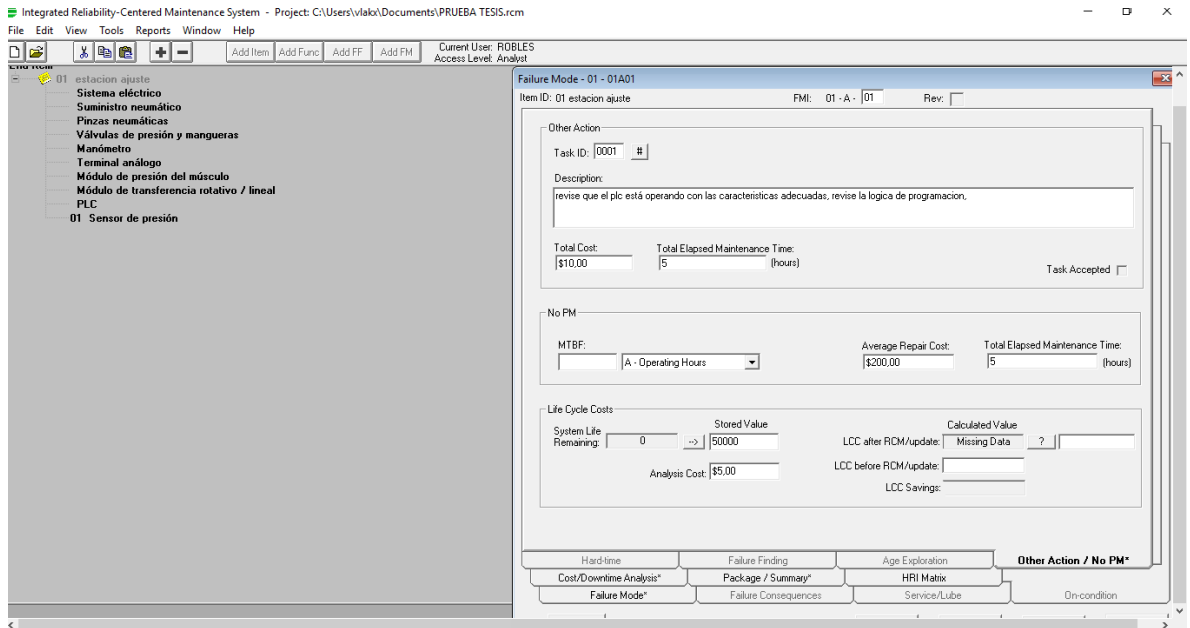


Ilustración 40 - Valoración del Riesgo estación ajuste



Ilustración 41 - Función Principal del Subdivisión Sistema Eléctrico

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlak\Documents\PRUEBA TESIS.rim

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: ROBLES
Access Level: Analyst

Hardware Breakdown **FMECA & RCM Information**

End Item

- 01 estación ajuste
 - Sistema eléctrico
 - Suministro neumático
 - Pinzas neumáticas
 - Válvulas de presión y mangueras
 - Mandómetro
 - Terminal análogo
 - Módulo de presión del músculo
 - Módulo de transferencia rotativo
 - PLC
 - 01 Sensor de presión

Sistema eléctrico

- 01

Function - 01

Item ID: []

Function ID: 01

Function Description: Transmitir señales eléctricas a los mecanismos de rotación eléctricas del sistema

Functional Significance Determination

	Yes	No
1. Does loss of the function have an adverse effect on safety or environment?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Does loss of the function have an adverse effect on operations?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Does loss of the function have an adverse economical impact?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Is this function protected by an existing PM task?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Effectivity: []

Analyst: ROBLES, VLAQOMIR Status: In process

Approved by: []

Reviewed by: ROBLES, VLAQOMIR

Print Save Continue Cancel Memo

To do list

- Needs Update
- Awaiting Review

01 - 01A04 el sistema ajusta con sobrepresion
01 - 01B01 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA
01 - 01C01 el brazo est alorado

Ilustración 42 - Falla y Modo de Falla de la Función Principal Sistema Eléctrico

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: CAUsers\vlako\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: ROBLES
Access Level: Analyst

Sistema eléctrico FMI: 01 - A - 01 Rev:

Suministro neumático

Functional Failure - - 01A

Item ID:

Function ID: 01

Function Description: transmitir senales electricas a los mecanismos de rotacion electricas del sistema

Functional Failure ID: A

Functional Failure Description: los cables no transmiten la potencia requerida

Compensating Provision:

Effectivity: cables y conexiones

Analyst: ROBLES, VLAJO-MIR Status: In process

Approved by:

Reviewed by: ROBLES, VLAJO-MIR

Save Continue Cancel Memo

Print

Item ID: Sistema eléctrico FMI: 01 - A - 01 Rev:

Failure Mode Description: los cables se encuentran sulfatados

Local Effects: el voltaje y la potencia real registrada es menor a la solicitada por el equipo

Next Higher Effects:

End Effects:

Detection Method:

Severity Class: 3 - Major Item ID code of failed item:

Effectivity: cables, conexiones Part No of failed item:

Operating Phase: Phase I

MTBF: A - Operating Hours

Print

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	

Print Save Continue Cancel M

Ilustración 43 - Tarea de Mantenimiento del Sistema Eléctrico

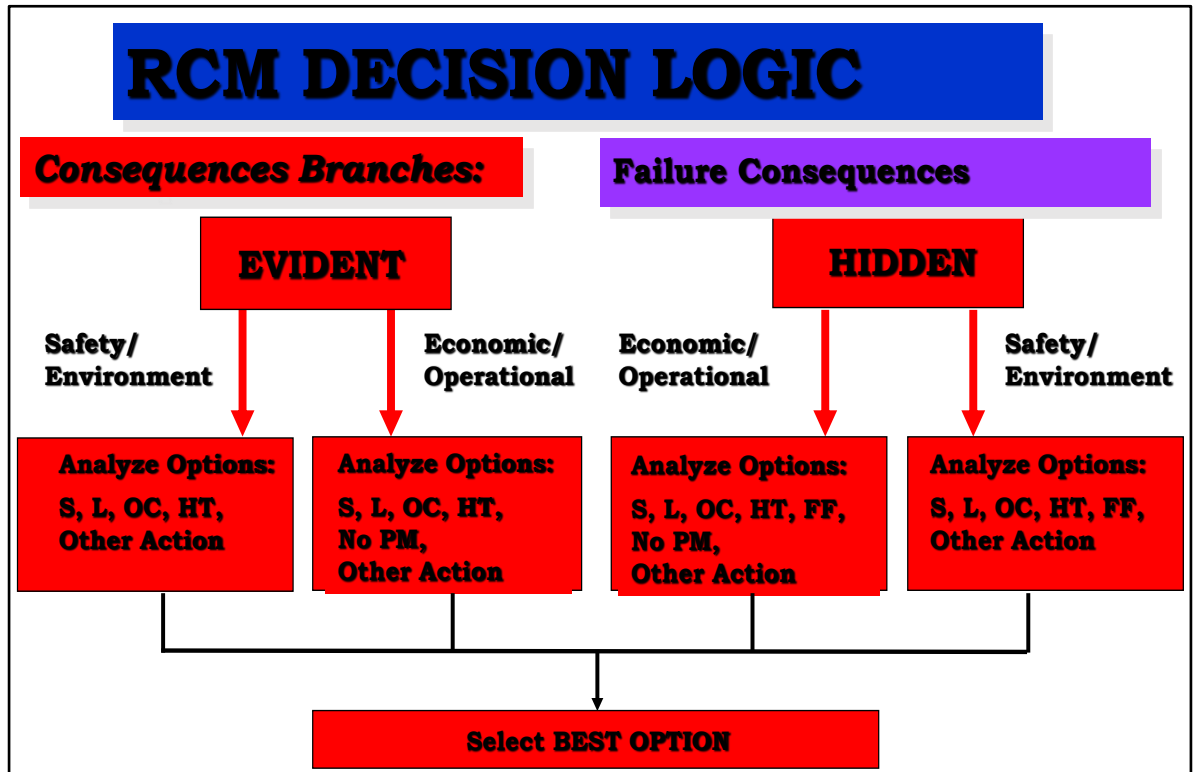
3.2.1 Riesgo es Severidad por Ocurrencia en el I RCM S-ALADON

Ilustración 44 - Valoración del Riesgo sistema eléctrico.

3.2.2 Decisión vía MCC

El siguiente esquema representa el proceso de toma de decisiones a partir de toda la dinámica realizada mediante el software de i RCM s:

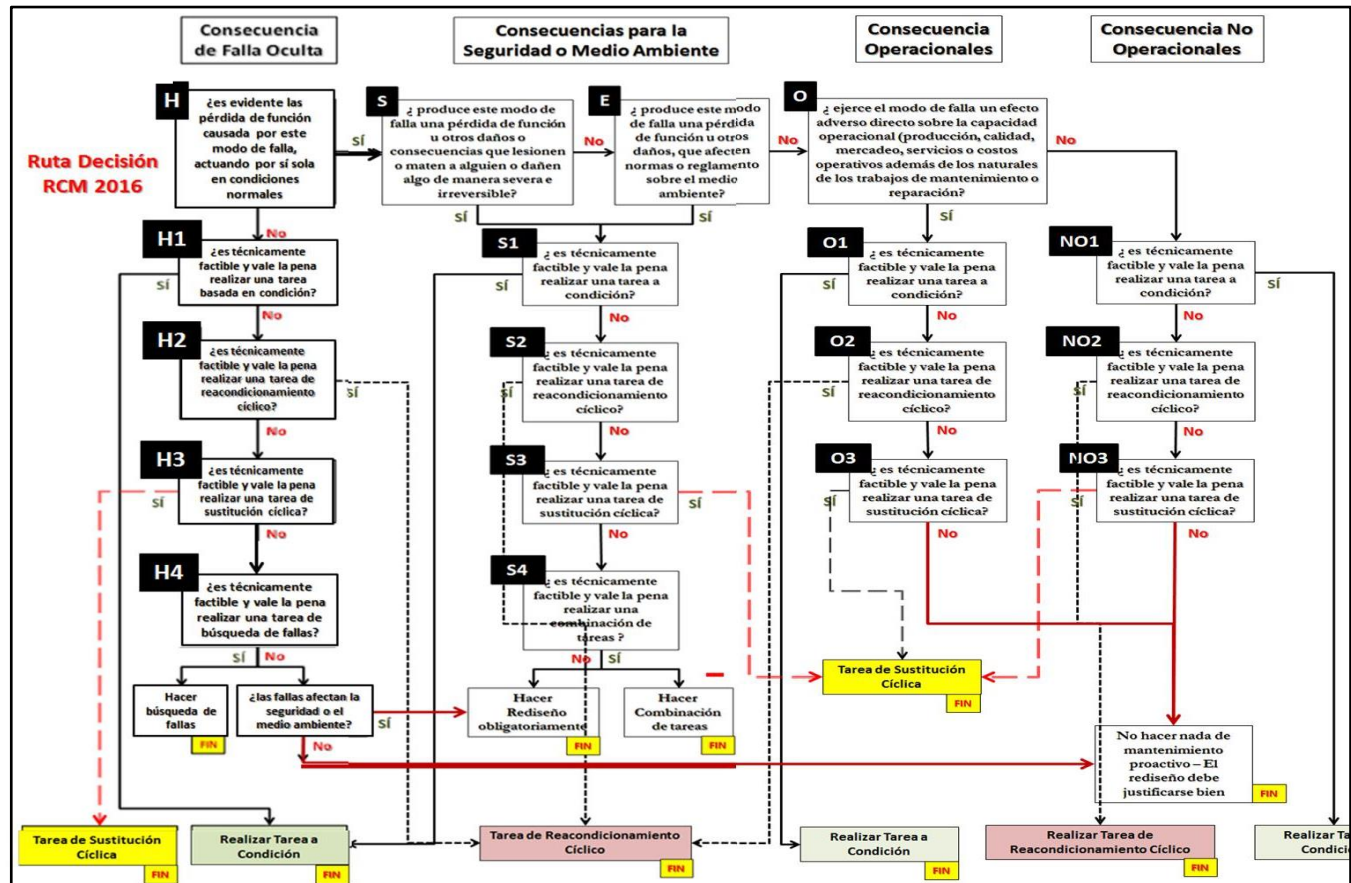
Ilustración 45 - Lógica de decisión con MCC.

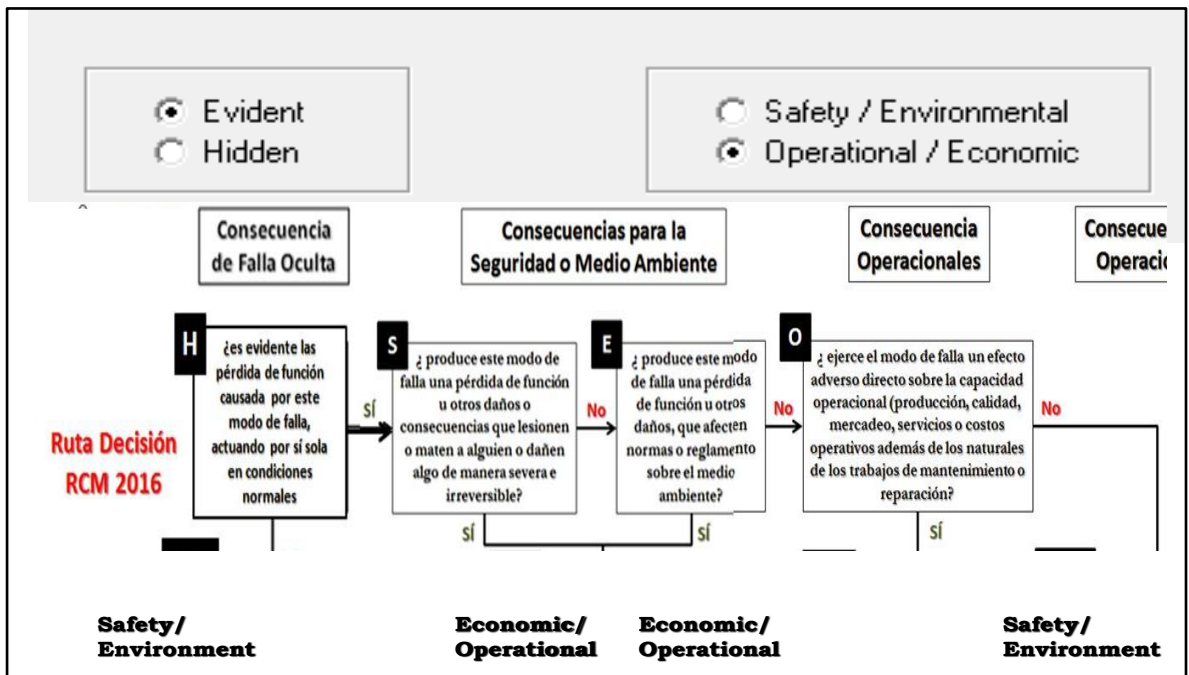


3.2.3 Toma de Decisiones

El proceso de toma de decisiones se lleva de la siguiente forma

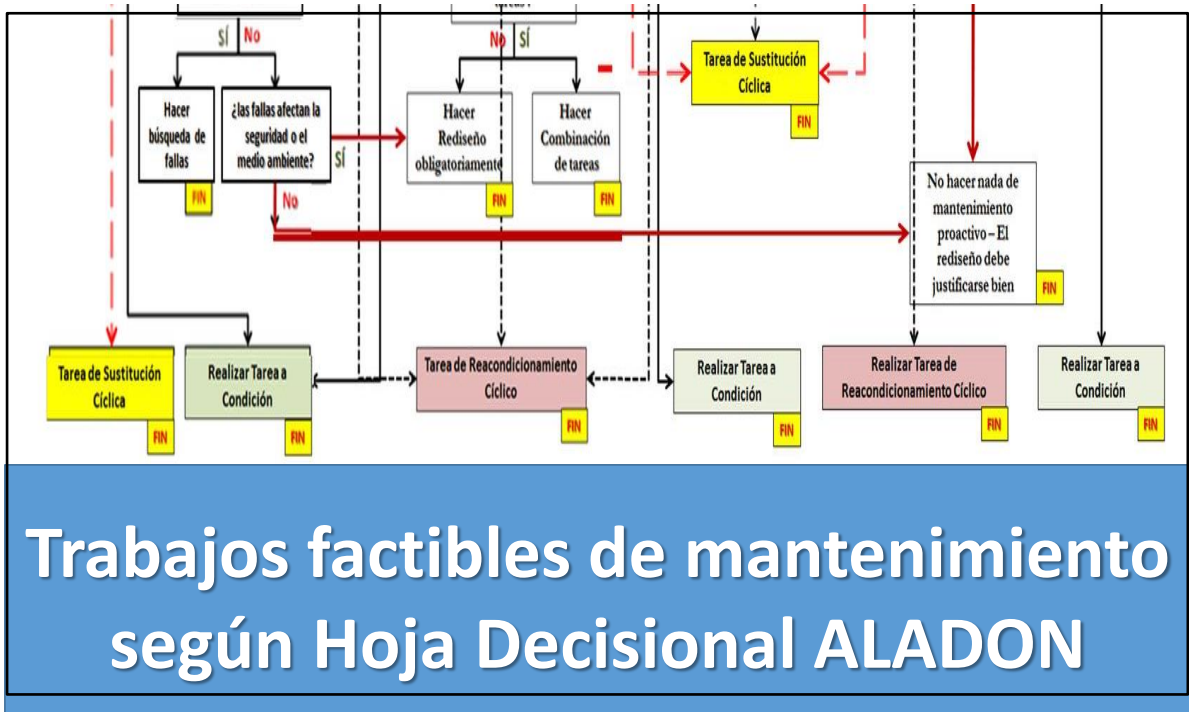
Ilustración 46 - Diagrama de Flujo de la Toma de Decisiones





3.2.4 Tareas aplicadas del MCC en el programa I RCM S de Mantenimiento

Ilustración 48 - Hoja Decisinal ALADON⁵

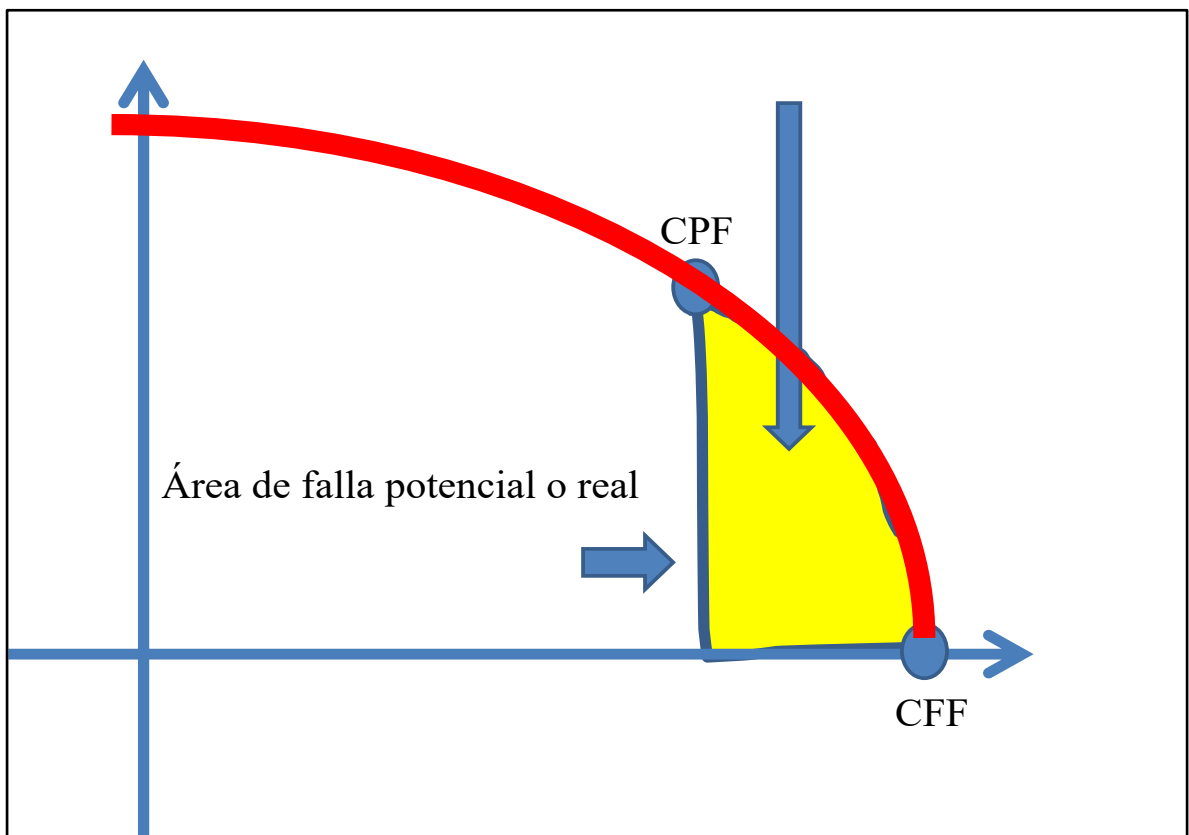


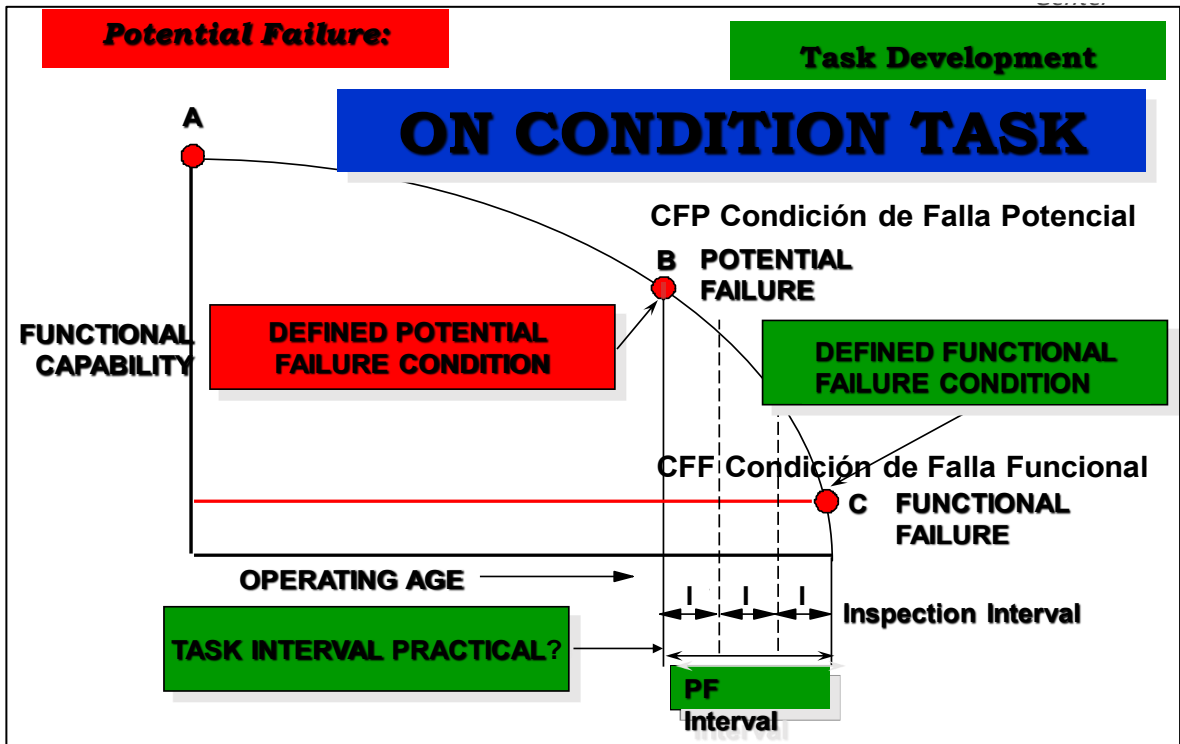
⁵ Tomadas de curso RCM de Luis Alberto Mora Gutiérrez

3.2.5 On condition

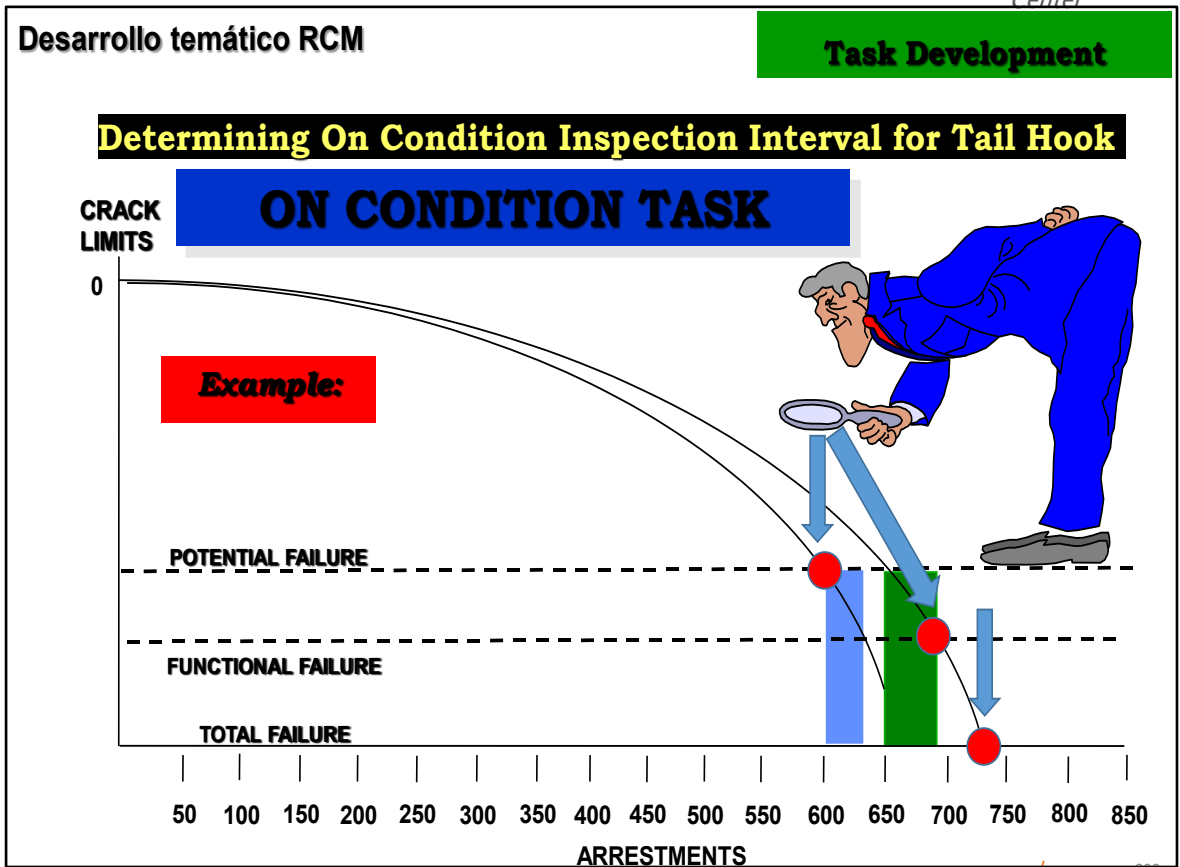
Cuando el proceso se realiza On condition se proyectan las labores de mantenimiento teniendo en cuenta la probabilidad de que se dé la falla dependiendo de la condición en la cual se encuentra el equipo

Ilustración 49 - Proyección de falla con mantenimiento on condition





Copyrights © PMM Business School. www.pmm-bs.com. Enter



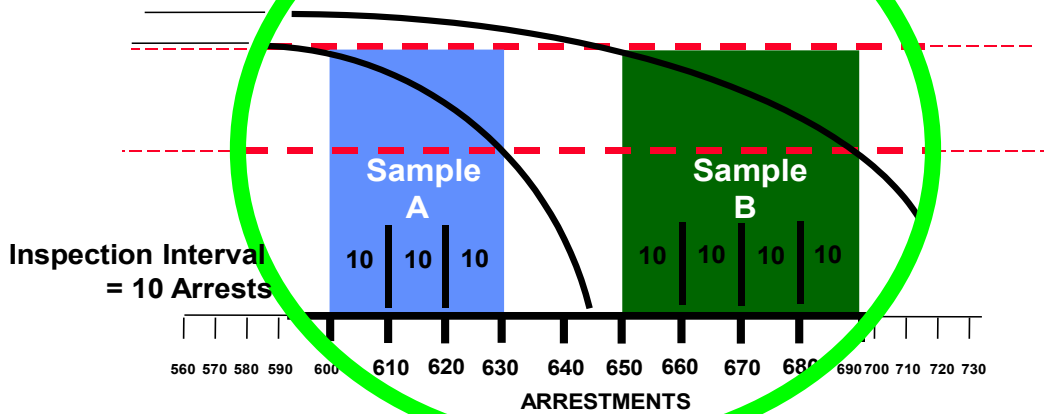
Copyrights © PMM Business School. www.pmm-bs.com. 233

Example: Tico RCM

Task Development

Determining On Condition Inspection Interval for **Tail Hook**

ON CONDITION TASK



Failure Mode - A. AVP-0001 - 00A01

Item ID: A. AVP-0001 Ventilador FMI: 00 - A - 01 Rev: #

Task ID: 0010 #

Potential Failure Condition:
Hay ruido, hay altas temperaturas, hay vibracion e inicia el proceso de deterioro de rodamientos y/o cojinetes.

Functional Failure Condition:
Rotura de rodamientos y/o cojinetes

Potential to Functional Failure Interval: 680 A - Operating Hours

Task Description:
Desconexión y retiro del motor, retiro de acople y posterior retiro del rodamiento para su respectivo cambio, cuando se daña un rodamiento de cambio de velocidad, y cuando se dan los rodamientos se cambia el deteriorado y se mide el otro, para cambio o no.

Preliminary Task Interval: 1 A - Operating Hours
Preliminary LOM: Tecnólogo Mec.
Packaged Initial Inspection: 1 A - Operating Hours

Inspection Manhours: 8
Inspection Material Cost: \$0.00
Non Recurring Cost: \$0.00
Inspect EMT: 9 (hours)
Average Repair Cost: \$30,000,000.00
Average Repair EMT: 16 (hours)

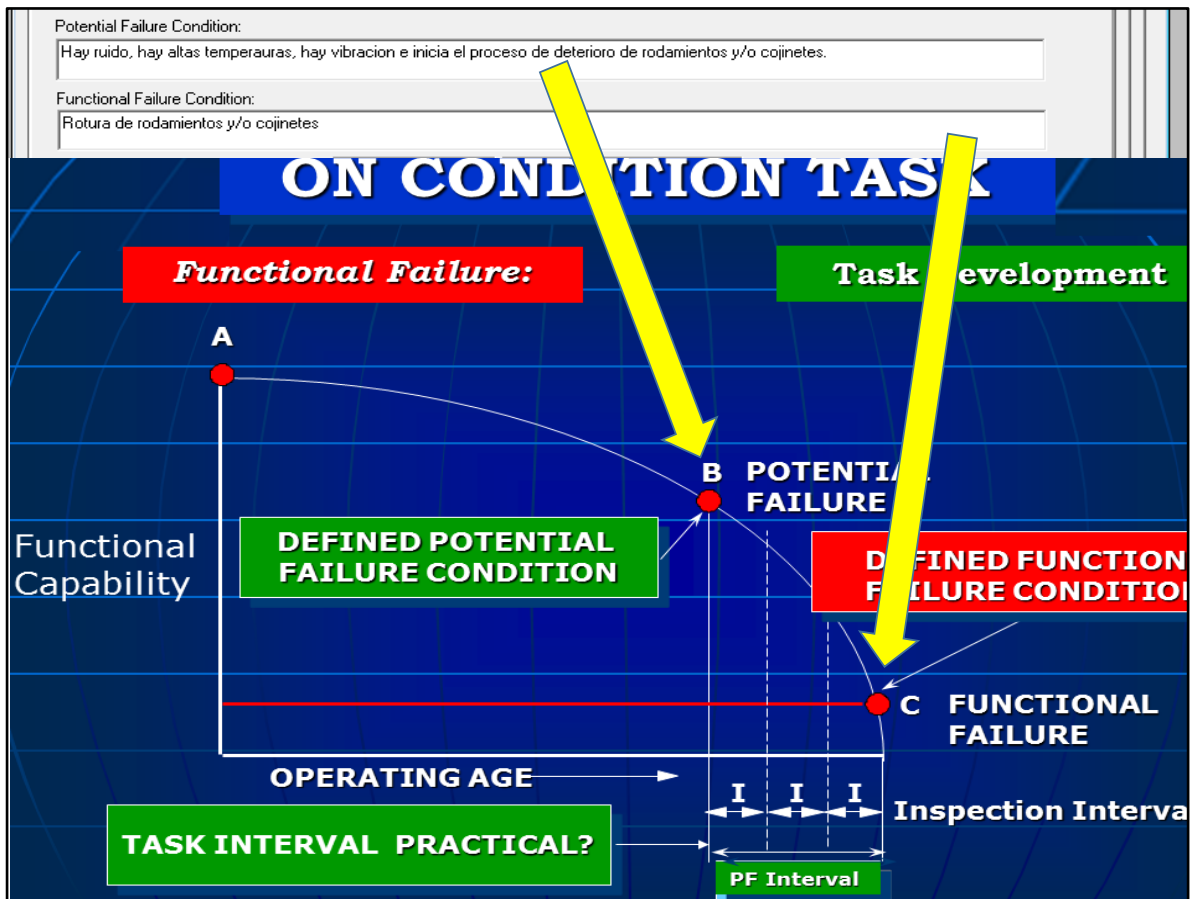
Cost of One On Condition Task:
Preliminary: \$64,000.00 --> \$96,000.00
Packaged: \$96,000.00 -->

Task Accepted

En este caso en particular se decide un trabajo de mantenimiento basado en ON CONDITION

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	

Print Save Continue Cancel Memo



Material tomado de curso RCM de Luis Alberto Mora EAFIT 2016

3.2.6 Desarrollo de las Funciones - Fallas y Modos de Falla

El proceso MCC tiene tres pasos básicos, en la primera de ellas se definen la Función Primaria, cuyo dígito es cero, posteriormente se desarrollan las Funciones Secundarias importantes, se sigue con las Fallas, enunciándolas con letras y por últimos los Modos de Falla de cada una de las Fallas, es bueno recordar que las Fallas son referidas a las Funciones, de ahí su nombre de Fallas Funcionales (iRCM Software, 2016).

A continuación, se muestran todas las Funciones, Fallas y Modos de Fallas desarrollados en el ejercicio de la estación ajuste del SIM PROLOG FESTO, en el I RCM S.

Ilustración 50 - Funciones, Fallas y Modos de Falla del sistema en el IRCM

The screenshot displays the Integrated Reliability-Centered Maintenance System (IRCM) interface. The title bar indicates the project path: C:\Users\vlakol\Documents\PRUEBA TESIS.rcm. The menu bar includes File, Edit, View, Tools, Reports, Window, and Help. The toolbar contains icons for adding items and functions, along with the current user (ROBLES) and access level (Analyst).

The main interface is divided into two panels:

- Hardware Breakdown:** A tree view showing the structure of the system. The root item is "01 estación ajuste", which is expanded to show sub-items: "Sistema eléctrico", "Suministro neumático", "Pinzas neumáticas", "Válvulas de presión y mangueras", "Manómetro", "Terminal análogo", "Módulo de presión del músculo", "Módulo de transferencia relativo / lineal", "PLC", and "01 Sensor de presión".
- FMECA & RCM Information:** A detailed view of the selected item "01 estación ajuste". It shows a list of functions and failure modes:
 - 01 AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIE**
 - A NO AJUSTA**
 - 01 el ajustador no realiza la respectiva operación de
 - 02 EL DISPOSITIVO NO AJUSTA CON LA PRESION REQUERIDA
 - 03 EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA
 - 04 el sistema ajusta con sobrepresion
 - B EL DISPOSITIVO NO REALIZA EL RESPECTIVO TRANSPORTE**
 - 01 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA
 - C EL DISPOSITIVO NO TOMA LA TAPA DE LA PIEZA**
 - 01 el brazo est atorado

At the bottom right, there is a "To do list" section with the status "Needs Update" and "Awaiting Fix".

Ilustración 51 - Función sistema eléctrico

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlajo\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Add Item Add Func Add FF Add FM Current User: ROBLES Access Level: Analyst

End Item

- 01 estación ajuste
 - Sistema eléctrico
 - Suministro neumático
 - Pinzas neumáticas

Function - 02

Item ID: []

Function ID: 02

Function Description: alimentar el plc

Functional Significance Determination

	Yes	No
1. Does loss of the function have an adverse effect on safety or environment?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Does loss of the function have an adverse effect on operations?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Does loss of the function have an adverse economical impact?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Is this function protected by an existing PM task?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Effectivity: []

Analyst: ROBLES, VLAJOMIR Status: In process

Approved by: []

Reviewed by: ROBLES, VLAJOMIR

Print Save Continue Cancel Memo

Sistema eléctrico

- 01 transmitir señales eléctricas a los mecanismos de r
 - A los cables no transmiten la potencia requerida
 - 01 los cables se encuentran sulfatados
 - 02 la fuente de poder se encuentra fallando
- 02 alimentar el plc
 - A el plc registra apagones súbitos por falta voltaje
 - 01 la fuente de poder no crea la potencia adecuada

To do list

Needs Update Awaiting Rev

Work

End Item

Módulo de transferencia rotativo / lineal

- 01 cerrar el modulo para ajustar las pizas didacticas
- 01 mantiene conectadas las mangueras con la totalidad del sistema
- 01 SUMINISTRAR PRESION A LAS VALVULAS Y MANGUERAS Y REALIZAR
- 01 trasladar la pieza dentro del equipo para su respectivo ajuste
- 01 transmitir señales eléctricas a los mecanismos de rotacion electricas del sistema
 - 01A el compresor no genera la presion requerida
 - 01A el resorte se encuentra roto u oxidado
 - 01A los cables no transmiten la potencia requerida
 - 01A los sellos se encuentran defectuosos
 - 01A01 el sistema electrico no alimenta adecuadamente el compresor
 - 01A01 los cables se encuentran sulfatados

La totalidad de todo el proceso llevado a cabo en el software i RCM s donde se denotan las funciones, así como sus fallas, modos de falla y las tareas de mantenimiento propuestas se puede evidenciar en el archivo anexo llamado MCC MOTOR.MCC creado usando el software I RCM S.

Ilustración 52 - Logo-Enlace hacia la Aplicacion



[PRUEBA TESIS](#)

3.3 REPORTE FMECA

A continuación, se expone el reporte generado por el software IRCM acerca del análisis FMECA para la estación ajuste del sim prolog FESTO.

Ilustración 53 - Reporte FMECA página 1 de 4

FMECA Report
Print Date: 21/11/2017

IRCMS

ITEM IDENT. NO.	ITEM NOMEN.	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION	SEV CLASS	MTBF/UNIT		
		NO.	Description	TR	Description			NO.	Description	LOCAL EFFECTS				NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS
01	Módulo de presión del módulo PLC	01	correr el modulo para ajustar las piezas distantes	A	el resorte se encuentra roto u oxidado	01	se ha roto el resorte	Phase 1	se interrumpe el ajuste			visual	2	100.00/A	
		01	realiza la programación del sistema	A	no realiza la programación necesaria del sistema	01	el plc ha desconfigurado la programación (borrado)	Phase 1	la programación permite que s haga la operación, sin ella no hay operación					2	50.00/A
01	Módulo de transmisión a rotativo / lineal	01	trasladar la pieza dentro del equipo para su respectivo ajuste	A	no traslada la pieza para el respectivo ajuste	01	no tiene la potencia mecánica para realizar el transporte	Phase 1	no es capaz de realizar el transporte y se funda la operación					2	100.00/A
01	Terminal analógico	01	realizar la conexión entre los diferentes elementos eléctrico a un amperaje máximo de 5amp	A	no realiza la conexión con peso entre los elementos eléctricos	01	la pieza se encuentra oxidada y / sufiada	Phase 1	se ve interrumpida la conexión eléctrica			con el ampermetro o voltmetro	1	2.000.00/A	
01	Manómetro	01	MEDE LA PRESION MANOMETRICA DEL SISTEMA NEUMATICO	A	EL MANOMETRO NO MEDE LA PRESION MANOMETRICA	01	los sellos estan cristalizados	Phase 1	impede que la presión sea medida					3	3.000.00/A
01	Piezas neumáticas	01	mantener conectadas las mangueras con la totalidad del sistema	A	los sellos se encuentran defectuosos	01	los sellos se han cristalizado	Phase 1	afecta la calidad de la operación			visual	4	/A	
01	Suministro neumático	01	SUMINISTRAR PRESION A LAS VALVULAS Y MANGUERAS Y REALIZAR	A	el compresor no genera la presión requerida	01	el sistema eléctrico no alimenta adecuadamente al compresor	Phase 1	no permite que el compresor genere presión			visual	2	0.00/A	
01	Sistema eléctrico	01	transmitir señales eléctricas a los mecanismos de rotación eléctrica del sistema	A	los cables no transmiten la potencia requerida	01	los cables se encuentran sufiados	Phase 1	el voltaje y la potencia real registrada es menor a la solicitada por el equipo					3	300.00/A

Ilustración 54 - Reporte FMECA página 2 de 4

FMECA Report
Print Date: 21/11/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION	SEV CLASS	MTRF/UNIT?
		NO.	Descripcion	ETR	Descripcion	NO.	Descripcion		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
	Válvulas de presión y mangueras	01	CONECTAR LA PRESION A TODO EL SISTEMA 600	A	EL SISTEMA NO COMUNICA LA PRESION ADECUADA AL MODULO DE ACOPLE	01	LAS MAGUERAS ESTAN ROTAS	Phase I	EL PASO DE PRESION AL MODULO NO SE DA				2	300,00/A
	Sistema eléctrico	01	transmitir señales eléctricas a los mecanismos de rotación eléctrica del sistema	A	los cables no transmiten la potencia requerida	02	la fuente de poder se encuentra fallando	Phase I	se impide que se obtenga el voltaje y la potencia requerida				2	/A
	Manómetro	01	MIDE LA PRESION MANOMETRICA DEL SISTEMA NEUMATICO	B	LOS EMPAQUES ESTAN CRISTALIZADOS Y LA PRESION SE DISIPA									/
	Sistema eléctrico	02	almentar el pic	A	el pic registra apagones súbitos por falta voltaje adecuado	01	la fuente de poder no crea la potencia adecuada	Phase I	el pic no funciona y el proceso se trunca por que el sistema no procesa la información de programación			voltmetro	2	600,00/A

Page 2 of 4

Ilustración 55 - Reporte FMECA página 3 de 4

FMECA Report
Print Date: 21/11/2017

IRCMS

ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION	SEV CLASS	MTRF/UNIT?
		NO.	Descripcion	ETR	Descripcion	NO.	Descripcion		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
01	Sensor de presión	01	programar					Phase I						/
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	01	el ajustador no realiza la respectiva operacion de ajuste	Phase I	no se realiza la operacion y la clase se pierde	el sistema falla permanentemente		revisión de la operacion	2	200,00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	02	EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA	Phase I	la tapa queda floja y el proceso mal hecho			REVISAR LA PRESION DEL SISTEMA NEUMATICO	1	300,00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	03	EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA	Phase I	LA OPERACION SE TRUNCABA TOTALMENTE			REVISAR QUE LA PRESION DEL SISTEMA SEA LA ADECUADA		0,00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	04	el sistema ajusta con sobrepresion	Phase I	la pieza se ve deteriorada por el esfuerzo aplicado por el equipo			visual y manual	4	200,00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	B	EL DISPOSITIVO NO REALIZA EL RESPECTIVO TRANSPORTE DE LA PIEZA EN LA MEDIDA EN QUE LA TOMA Y LUEGO LA LLEVA AL CALIBRADOR	01	EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA	Phase I	LA OPERACION TOTAL DEL PROCESO SE TRUNCABA				2	0,00/A

Page 3 of 4

Ilustración 56 - Reporte FMECA página 4 de 4

FMECA Report

Print Date: 21/11/2017

IRCMS

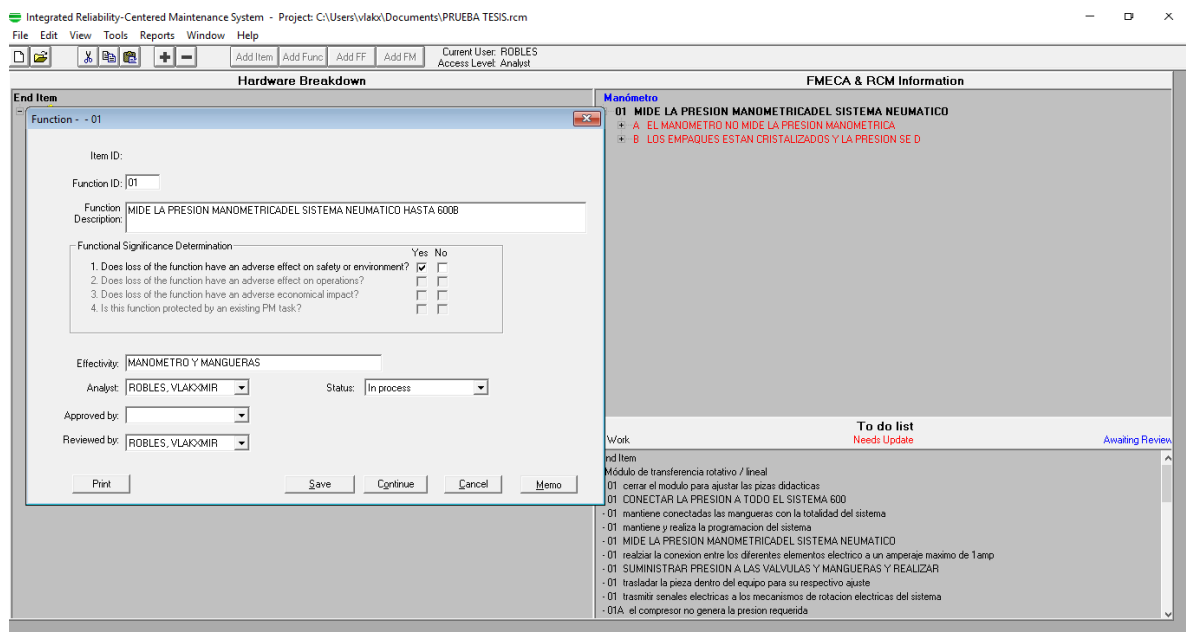
ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION	SEV CLASS	MTBF/UNIT	
		NO.	Description	LTR	Description			NO.	Description	LOCAL EFFECTS				NEXT HIGHER EFFECTS
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DEDACTICO CON SU TAPA	C	EL DISPOSITIVO NO TOMA LA TAPA DE LA PIEZA	01	el brazo est aborazco	Phase I	no es posible llevar a cabo la operacin			no hay movimiento del brazo	2	600,00/A
01	estacion ajuste	02	TRANSPORTE LA PIEZA DEL ANTERIOR MODULO AL SIGUIENTE	A	no transporta la pieza de un modulo al otro	01	el modulo puede no tener presion neumatica	Phase I	los brazos no pueden tomar la pieza por falta de presion				2	300,00/A
01	estacion ajuste	02	TRANSPORTE LA PIEZA DEL ANTERIOR MODULO AL SIGUIENTE	A	no transporta la pieza de un modulo al otro	02	el sistema no tiene flujo electrico	Phase I	no se permite el transporte de			con el amperimetro	2	600,00/A

Como se puede observar en los informes FMECA, se ha hecho la planeación del mantenimiento definiendo las, funciones, fallas, modos de falla y las respectivas tareas de mantenimiento.

3.3.1 Carga de características en el software i RCM s.

El proceso que se lleva a cabo en cada caso de los sistemas definidos, es primero definir la función, la cual se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 57 - Función



La siguiente etapa consiste en desarrollar las diferentes fallas que corresponden a esa Función descrita.

Ilustración 58 - Falla Funcional

The screenshot displays the IRCMS software interface. The main window is titled "Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlako\Documents\PRUEBA TESIS.rcm". The interface is divided into several sections:

- Hardware Breakdown:** A tree view on the left shows the hierarchy of components, including "01 estación ajuste", "Sistema eléctrico", "Suministro neumático", "Pinzas neumáticas", "Válvulas de presión y mangueras", "Manómetro", "Terminal análogo", "Módulo de presión del músculo", "Módulo de transferencia rotativo", "PLC", and "01 Sensor de presión".
- FMECA & RCM Information:** The main area displays details for a selected component, "Manómetro". It shows a functional failure entry for "01 MIDE LA PRESION MANDMETRICADEL SISTEMA NEUMATICO H". The failure description is "EL MANOMETRO NO MIDE LA PRESION MANDMETRICA". The compensating provision is "REVISAR SI EL SISTEMA EST EN FUNCIONAMIENTO". The effectivity is "MANOMETRO".
- Functional Failure - 01A:** A pop-up window provides a detailed view of the failure entry. It includes fields for Item ID (01), Function ID (01), Function Description ("MIDE LA PRESION MANDMETRICADEL SISTEMA NEUMATICO HASTA 600B"), Functional Failure ID (01A), Functional Failure Description ("EL MANOMETRO NO MIDE LA PRESION MANDMETRICA"), Compensating Provision ("REVISAR SI EL SISTEMA EST EN FUNCIONAMIENTO"), and Effectivity ("MANOMETRO"). It also shows the Analyst ("ROBLES, VLAKO-MIR"), Status ("In process"), and Reviewer ("ROBLES, VLAKO-MIR").
- To do list:** A section on the right lists tasks, including "Needs Update" and "Awaiting Review".

The bottom of the screen shows the Windows taskbar with the system clock indicating 4:14 p. m. on 21/11/2017.

Para posteriormente definir los diferentes modos de falla de esa falla.

Ilustración 59 - Modos de Falla

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlax\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Hardware Breakdown FMECA & RCM Information

End Item

- 01 estacion ajuste
 - Sistema eléctrico
 - Suministro neumático
 - Pinzas neumáticas
 - Válvulas de presión y mangueras
 - Manómetro
 - Terminal análogo
 - Módulo de presión del músculo
 - Módulo de transferencia rotativo / lineal
 - PLC
 - 01 Sensor de presión

Manómetro

Failure Mode - 01A01

Item ID: Manómetro FMI: 01 - A - 01 Rev: []

Failure Mode Description:
Los sellos estan cristalizados

Local Effects:
Impide que la presion sea medida

Next Higher Effects:

End Effects:

Detection Method:

Severity Class: [3 - Major] Item ID code of failed item:

Effectivity: [] Part No of failed item: [] Operating Phase: [Phase I]

MTBF: [3000] [A - Operating Hours]

Failure Mode* Failure Consequences Service/Lube* On-condition

Hard-time Failure Finding Age Exploration Other Action / No PM

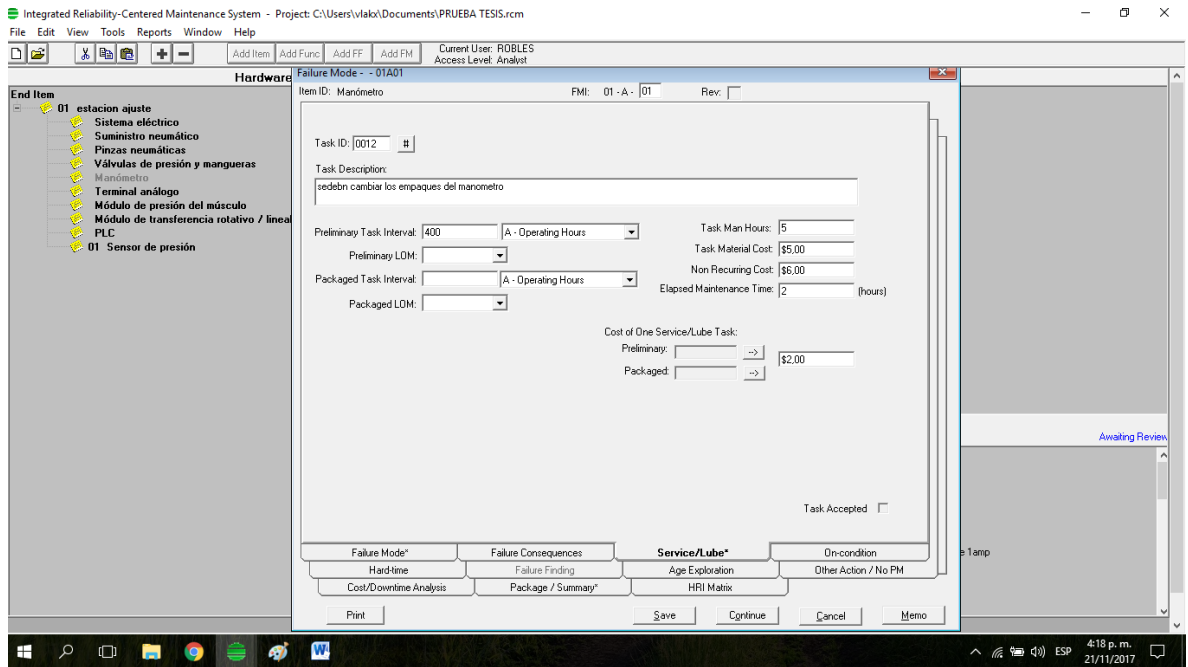
Post/Precondition Analysis Post-ops / Supervisor HBI Master

Awaiting Review

4:16 p. m. 21/11/2017

Finalmente, se establecen las respectivas tareas de mantenimiento en cada caso las tareas de mantenimiento. En el caso particular utilizan un servicio de mantenimiento, que chequea el nivel de mantenimiento, un service/lube task. Completando de esta forma el ciclo de MCC: Función - Falla - Modo de Falla - Tarea de mantenimiento.

Ilustración 60 - Trabajos de mantenimiento



3.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO 3

La herramienta i RCM s se convierte en una interface muy pertinente para resolver problemas de mantenimiento, al poder incorporar las funciones, fallas, modos de fallas y tareas de mantenimiento, en este caso se ha llevado a cabo la implementación en el SIM prolog FESTO del Sena Barrancabemeja. Igualmente se pudo elaborar el informe FMECA que es la base para la elaboración de un plan de mantenimiento debidamente llevado

Así, es que quedan incorporados los datos requeridos al sistema de funciones, fallas, modos de falla y tareas de mantenimiento en todos los puntos y elementos requeridos, con la respectiva subdivisión de los componentes del módulo madre.

4 TÓPICOS RELEVANTES

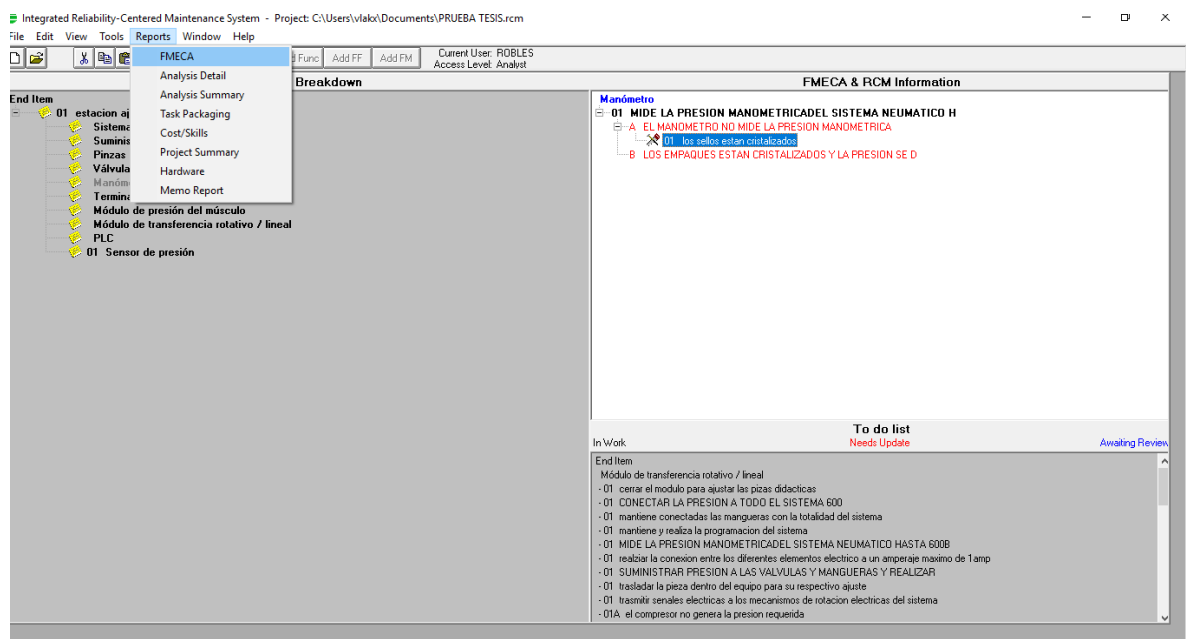
4.1 OBJETIVO 4

Inferir un plan de mantenimiento basado en MCC partir de los resultados obtenidos con el software I RCM S. Nivel 4 - Analizar.

4.2 DESARROLLO

Mediante la herramienta i RCM s se puede llevar a cabo el análisis y manejo de la información, esto particularmente mediante la pestaña de reportes que posee el software, e igualmente es posible identificar en donde existen posibilidades de mejora en las tareas y el plan de mantenimiento.

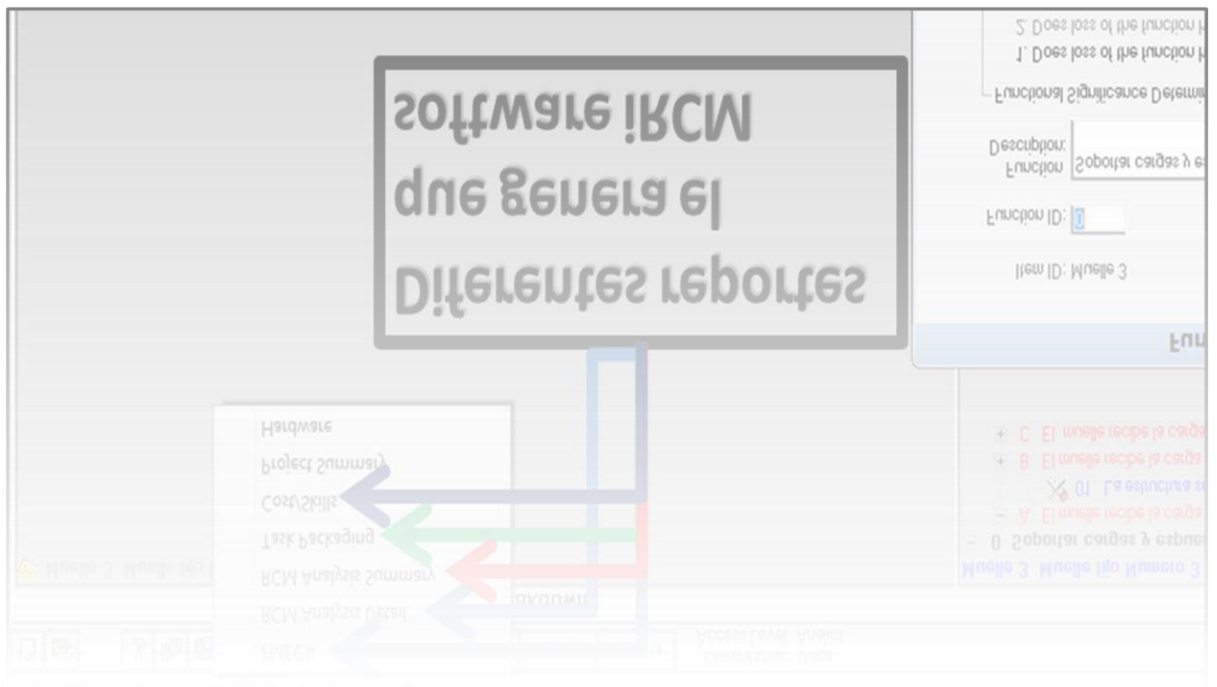
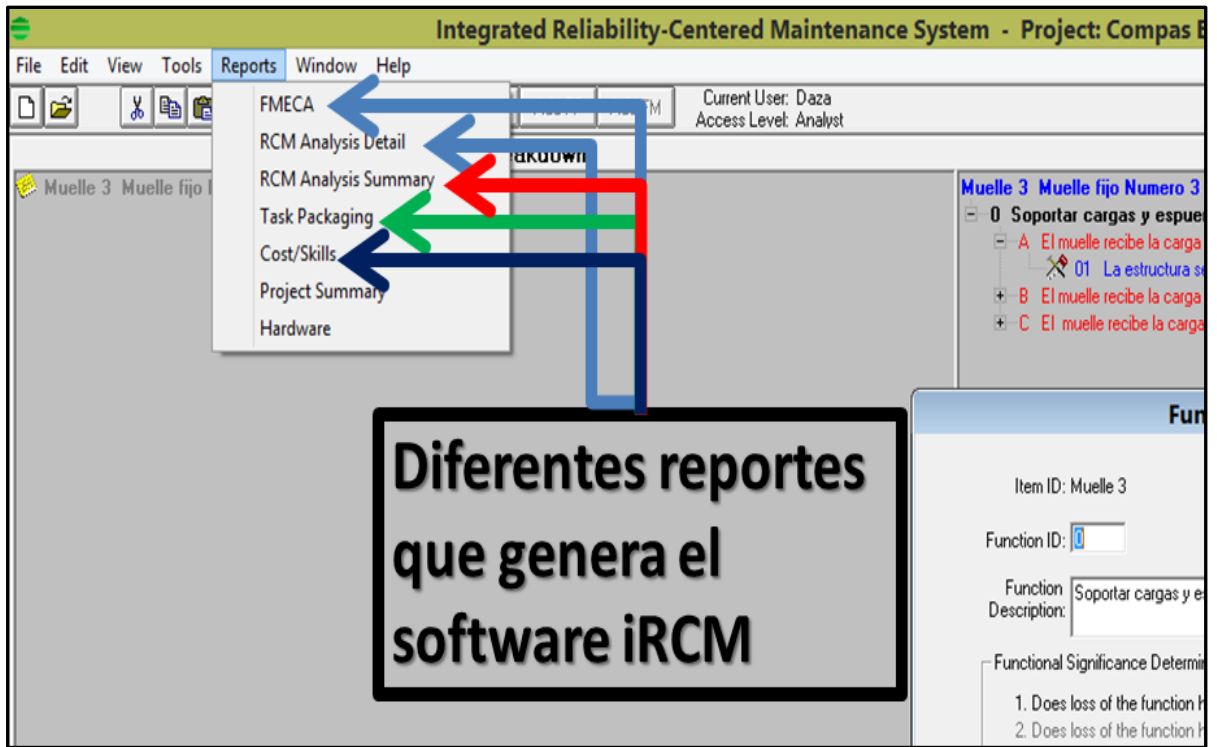
Ilustración 61 - Lista de Reportes



4.3 ANALYSIS SUMMARY REPORT

En este aparte se relaciona uno de los análisis de reporte para la interpretación, estudio, análisis y mejora por parte del equipo de mantenimiento.

Ilustración 62 - Informes que se generan desde el IRCM



En el aparte siguiente, vamos a definir el resumen de las labores de mantenimiento definidas en este plan:

Ilustración 63 - Resumen Estadístico del Proyecto

Task Sel		Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
			SL		/	/	/A	/A
			OC		/	/	/A	/A
			HT		/	/	/A	/A
			FF		/	/	/A	/A
		0003	OA	revise que el plc está operando con las características adecuadas, revise la logica de programación,			/A	/A
			NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item

Item ID: 01
estacion ajuste

Failure Mode: 01A02
EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA

MTBF: 300,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: 1

End Effects:

Failure Detection Method:
REVISAR LA PRESION DEL SISTEMA NEUMATICO

Analysis Status: In Process Approval Date:

Analyst: VLAKXMIR ROBLES Approved By:

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
		SL		/	/	/A	/A
		OC		/	/	/A	/A
		HT		/	/	/A	/A
		FF		/	/	/A	/A
	0003	OA	se puede revisar el desempeño del compresor y su puesta a punto			/A	/A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Summary Report**IRCMS**

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item
Item ID: 01
estacion ajuste**Failure Mode:** 01A03
EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA

MTBF: 0,00 Operating Hours **Safety:** **Hidden/Evident:** **Severity:****End Effects:****Failure Detection Method:**
REVISAR QUE LA PRESION DEL SISTEMA SEA LA ADECUADA**Analysis Status:** In Process **Approval Date:**
Analyst: VLAKXMIR ROBLES **Approved By:**

Summary Recommendation:

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

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item

Item ID: 01
estacion ajuste

Failure Mode: 01A04
el sistema ajusta con sobrepresion

MTBF: 200,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: IV

End Effects:

Failure Detection Method:
visual y manual

Analysis Status: In Process

Approval Date:

Analyst: VLAKXMIR ROBLES

Approved By:

Summary Recommendation:

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

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item
 Item ID: 01
 estacion ajuste

Failure Mode: 01B01
 EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA

MTBF: 0,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: II

End Effects:

Failure Detection Method:

Analysis Status: In Process Approval Date:
 Analyst: VLAKXMIR ROBLES Approved By:

Summary Recommendation:

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

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item

Item ID: 01
estacion ajuste

Failure Mode: 01C01
el brazo est atorado

MTBF: 600,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: II

End Effects:

Failure Detection Method:
no hay movimiento del brazo

Analysis Status: In Process
Analyst: VLAKXMIR ROBLES

Approval Date:
Approved By:

Summary Recommendation:

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

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item

Item ID: 01
estacion ajuste

Failure Mode: 02A01
el modulo puede no tener presion neumatica

MTBF: 300,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: II

End Effects:

Failure Detection Method:

Analysis Status: In Process

Approval Date:

Analyst: VLAKXMIR ROBLES

Approved By:

Summary Recommendation:

Task Sel	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
	0007	SL	SE DEBE REVISAR EL COMPRESION Y MANGUERAS CADA SEMANA	200,00/A	/	/A	/A
		OC		/A	/	/A	/A
		HT		/	/	/A	/A
		FF		/	/	/A	/A
		OA				/A	/A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

RCM Analysis Summary Report

IRCMS

Print Date: 21/11/2017

End Item: End Item

Item ID: 01
estacion ajuste

Failure Mode: 02A02
el sistema no tiene flujo electrico

MTBF: 600,00 Operating Hours Safety: Hidden/Evident: Severity: II

End Effects:

Failure Detection Method:
con el amperimetro

Analysis Status: In Process
Analyst: VLAKXMIR ROBLES

Approval Date:
Approved By:

Summary Recommendation:

Task Set	Task Code	Type	Description	Preliminary Interval	Packaged Interval	Cost/Op Time	EMT/Op Time
	0008	SL	SE ANALIZAR SI EL PLC ESTA FUNCIONANDO Y LUEGO DE ELLO ANALIZAR SI LA PROGRAMACION ES LA ADECUADA	100,00/A	5,00/A	/A	/A
	0009	OC		50,00/	/	/A	/A
		HT		/	/	/A	/A
		FF		/	/	/A	/A
	0010	OA	llamar al especialista de festo que revise el equipo			/A	/A
		NO PM	No Preventive Maintenance			/A	/A

Con el informe resumido en el i RCM s se realiza todo el aspecto táctico para llevar a cabo el mantenimiento basado en la confiabilidad, El MCC Analysis Summary Report es una herramienta formidable para darle cuerpo a las iniciativas del manejo de un mantenimiento sistemático y oportuna, igualmente esta herramienta informa de todas las tareas de mantenimiento que se llevan a cabo en el proceso en cada uno de sus informes de 8 páginas.

Ilustración 64 - Informe de Tareas de mantenimiento a desarrollar

Task Package Report

IRCMS

Print Date: 27/10/2017 viernes

Item Code	FMI	Task Codes	SC	Task Description	Preliminary			Packaged			Task Status	Package Description	Reference Publication	Card/WF Number	Item Para Number
					1st Insp/Units	Intvl/Units	LOM	1st Insp/Units	Intvl/Units	LOM					
Sub sistema	01A01	0043		Realizar un test verificando la continuidad eléctrica entre los puntos, reajustar los malos conexiones o cambio de cable entre la batería y el controlador	1/C	1/C	3	1/C	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		
Sub sistema	01A01	0044		Realizar un test verificando la continuidad eléctrica entre los puntos, reajustar los malos conexiones o cambio de cable entre la batería y el controlador	N/A	1/C	3	N/A	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		
Sub sistema	01A01	0045		Realizar un test verificando la continuidad eléctrica entre los puntos, reajustar los malos conexiones o cambio de cable entre la batería y el controlador	N/A	1/C	3	N/A	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		
Sub sistema	02A01	0032		Verificación de las conexiones al controlador	N/A	1/C	3	N/A	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		
Sub sistema	02A01	0033		Realizar un test verificando la continuidad eléctrica entre los puntos, reajustar los malos conexiones o cambio de cable	1/C	1/C	3	1/C	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		
Sub sistema	02A01	0034		Realizar un test verificando la continuidad eléctrica entre los puntos, reajustar los malos conexiones o cambio de cable	N/A	1/C	3	N/A	1/C	3	In Process	instrumentos	Mantenimiento		

Activar Windows
Ve a Configuración pa

Ilustración 65 - Informe de Habilidades, Competencias y Costos

Cost Skills Report

IRCMS

Print Date: 27/10/2017 viernes

Item Code	FMI	Task Code	Task Description	Preliminary			Packaged			Task Status	Zone	Skill Type	OpTime	ManHour	Material Cost	Task Cost	Repair Cost
				1st Insp/Units	Intvl/Units	LOM	1st Insp/Units	Intvl/Units	LOM								
SISTEMA	01A01	0002	Verificacion y cambio de las lineas de aire comprimido provenientes del compresor hacia la unidad de mantenimiento distribuido por todo el sistema del prolog factory commissioni	N/A	8/C	2	N/A	8/C	3	TPDR/MCR Required		\$387.500	2,00	\$100.000	\$3.100.000	N/A	
		0003	desconectar el suministro de aire del compresor, para realizar el cambio de la linea que presento la grieta	23/C	1/C	3	33/C	2/C	3			\$1.551.606	1,00	\$50.000	\$1.551.130	\$50.000	
		0004	desconectar el suministro de aire para realizar el cambio de la linea que presento la grieta	N/A	4/C	3	N/A	4/C	3			\$245.761	1,00	\$50.000	\$1.554.510	\$50.000	
		0006	desconectar el suministro de aire para realizar el cambio de la linea que presento la grieta	1/C	1/C	3	N/A	N/A	N/A		N/A	\$5	1,00	\$50.000	\$1.551.130		
Sistema # 1		0007	Verificar el sistema neumatico conformado por las lineas, racores, valvulas, manometros, compresor, unidad de mantenimiento con la finalidad de realizar mantenimiento a las piezas que se encuentre en mal estado	N/A	3/C	3	N/A	3/C	3	In Process		\$1.535.590	3,00	\$100.000	\$4.606.770	N/A	

Activar Windows
Vea la Configuración para activar Windows.

4.4 INFORMES FMECA

Ilustración 66 - FMECA del Proyecto

FMECA Report												<i>IRCMS</i>		
Print Date: 22/11/2017														
ITEM IDENT NO.	ITEM NOMEN	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION	SEV CLASS	MTBF/UNIT?
		NO.	Description	LTB	Description	NO.	Description		LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER EFFECTS	END EFFECTS			
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	01	el ajustador no realiza la respectiva operacion de ajuste	Phase I	no se realiza la operacin y la clase se pierde	el sistema falla permanentemente		revisin de la operacion	2	200.00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	02	EL DISPOSITIVO NO JUSTA CON LA PRESION REQUERIDA	Phase I	la tapa queda desajustada y el proceso mal hecho			REVISAR LA PRESION DEL SISTEMA NEUMATICO	1	300.00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	03	EL SISTEMA NEUMATICO NO OPERA	Phase I	LA OPERACION SE TRUNCA TOTALMENTE			REVISAR QUE LA PRESION DEL SISTEMA SEA LA ADECUADA		0.00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	A	NO AJUSTA	04	el sistema ajusta con sobrepresion	Phase I	la pieza se ve deteriorada por el esfuerzo aplicado por el equipo			visual y manual	4	200.00/A
01	estacion ajuste	01	AJUSTAR: EL DISPOSITIVO AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETRO DIDACTICO CON SU TAPA	B	EL DISPOSITIVO NO REALIZA EL RESPECTIVO TRANSPORTE DE LA PIEZA, EN LA MEDIDA EN QUE LA TOMA Y LUEGO LA LLEVA AL CALIBRADOR	01	EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA	Phase I	LA OPERACION TOTAL DEL PROCESO SE TRUNCA				2	0.00/A

Page 1 of 2

4.5 PRIORIZACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

En el IRCM, se define de manera cierta la valoración de Riesgo, mediante la multiplicación Severidad por Ocurrencia, siendo la Probabilidad de Ocurrencia de tipo cuantitativo y la Severidad de tipo cualitativo.

Las principales desarrolladas, se describen a continuación en la siguiente lista.

Ilustración 67 - Tareas de Mantenimiento del MCC descrito

NÚMERO	FUNCIÓN	FALLA	MODO DE FALLA	TAREA DE MANTENIMIENTO
1	AJUSTAR: EL DISPOSITIV O AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETR O DIDACTICO CON SU TAPA	NO AJUSTA	EL AJUSTADOR NO REALIZA LA RESPECTIVA OPERACIÓN DE AJUSTE	REVISE QUE EL PLC ESTÁ OPERANDO CON LAS CARACTERÍSTICA S ADECUADAS, REVISE LA LÓGICA DE PROGRAMACIÓN,
2	AJUSTAR: EL DISPOSITIV O AJUSTA EL CUERPO DE LA PIEZA DEL MANOMETR O DIDACTICO CON SU TAPA	EL DISPOSITIVO NO REALIZA EL RESPECTIVO TRANSPORT E DE LA PIEZA, EN LA MEDIDA EN QUE LA TOMA Y LUEGO LA	EL SISTEMA ELECTRICO NO FUNCIONA	REVISAR EL SISTEMA ELÉCTRICO

		LLEVA AL CALIBRADOR		
3	TOMARLA TAPA DELA CAJA	EL DISPOSITIVO NO TOMA LA TAPA DE LA PIEZA	EL BRAZO ESTÁ ATORADO	ACEITAR EL SISTEMA
4	TRANSPORTE LA PIEZA DEL ANTERIOR MODULO AL SIGUIENTE	NO TRANSPORTA LA PIEZA DE UN MÓDULO AL OTRO	EL MODULO PUEDE NO TENER PRESIÓN NEUMÁTICA	SE DEBE REVISAR EL COMPRESION Y MANGUERAS CADA SEMANA
5	TRASMITIR SEÑALES ELÉCTRICAS A LOS MECANISMOS DE ROTACIÓN ELÉCTRICAS DEL SISTEMA	LOS CABLES NO TRASMITEN LA POTENCIA REQUERIDA	LOS CABLES SE ENCUESTRAN SULFATADOS	SE DEBEN REVISAR EL ESTADO DEL CABLEADO Y CONEXIONES
6	ALIMENTAR EL PLC	NO ALIMENTAR EL PLC	EL PLC REGISTRA APAGONES SÚBITOS POR FALTA	SE DEBE HACER LA REVISION MENSUALMENTE VERIFICANDO LA CONDUCTIVIDAD

			VOLTAJE ADECUADO	
7	SUMINISTRAR PRESION A LAS VALVULAS Y MANGUERAS Y REALIZAR	EL COMPRESOR NO GENERA LA PRESION REQUERIDA	EL SISTEMA ELÉCTRICO NO ALIMENTA ADECUADAMENTE EL COMPRESOR	SE DEBE ALIMENTAR EL SISTEMA ELECTRICO CON UNA FUENTE ADECUADA
8	MANTIENE CONECTADAS LAS MANGUERAS CON LA TOTALIDAD DEL SISTEMA	LOS SELLOS SE ENCUENTRAN DEFECTUOSOS	LOS SELLOS SE HAN CRISTALIZADO	SE DEBEN CAMBIAR LOS SELLOS
9	CONECTAR LA PRESION A TODO EL SISTEMA 600	EL SISTEMA NO COMUNICA LA PRESION ADECUADA AL MODULO DE ACOPLAMIENTO	LAS MANGUERAS ESTAN ROTAS	SE DEBEN CAMBIAR LAS MANGUERAS
10	MIDE LA PRESION	EL MANOMETRO	LOS SELLOS ESTAN	SE DEBEN CAMBIAR LOS

	MANOMETR ICADEL SISTEMA NEUMATIC O HASTA 600B	O NO MIDE LA PRESION MANOMETRI CA	CRISTALIZAD OS	EMPAQUES DEL MANOMETRO
11	REALIZAR LA CONEXIÓN ENTRE LOS DIFERENTE S ELEMENTO S ELÉCTRICO A UN AMPERAJE MÁXIMO DE 1AMP	NO REALIZA LA CONEXIÓN COMPLETA ENTRE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS	LA PIEZA SE ENCUENTRA CRISTALISA Y/ SULFATADA	REALIZAR EL CAMBIO DEL TERMINAL ANALOGO
12	CERRAR EL MODULO PARA AJUSTAR LAS PIZAS DIDACTICA S	EL RESORTE SE ENCUENTRA ROTO U OXIDADO	SE HA ROTO EL RESORTE	LAVAR O CAMBIAR LAS PARTES
13	TRASLADA R LA PIEZA DENTRO	NO TRASLADA LA PIEZA	NO TIENE LA POTENCIA MECÁNICA	SE REVISA SI EL MODULO ROTATIVO ESTA

	DEL EQUIPO PARA SU RESPECTIV O AJUSTE	PARA EL RESPECTIVO AJUSTE	PARA REALIZAR EL TRANSPORTE	EN BUES ESTADO, SINO SE CAMBIA LA PIEZA
--	---	---------------------------------	-----------------------------------	---

Luego de lo anterior estrategia del proyecto consiste en priorizar los trabajos y tareas de mantenimiento acorde a los valores de evaluación del Riesgo, definido por la multiplicación entre Severidad y Probabilidad de Ocurrencia.

Ilustración 68 - Tabla de Riesgo, con Severidad y Ocurrencia en el I RCM S

Integrated Reliability-Centered Maintenance System - Project: C:\Users\vlako\Documents\PRUEBA TESIS.rcm

File Edit View Tools Reports Window Help

Current User: RDBLES
Access Level: Analyst

01 estacion ajuste

- Sistema eléctrico
- Suministro neumático
- Pinzas neumáticas
- Válvulas de presión y mangueras
- Manómetro
- Terminal análogo
- Módulo de presión del músculo
- Módulo de transferencia rotativo / lineal
- PLC
- 01 Sensor de presión

Setup

General | Default | Level of Maintenance | Publications | Packages | Operating Phases | Users | CF (Operating Hour/Unit) | Severity Classes | Failure Frequencies | HRI Matrix

HRI Matrix Color Scheme

	Frequent	Probable	Occasional	Remote	Improbable
Catastrophic	1A	1B	1C	1D	1E
Critical	2A	2B	2C	2D	2E
Major	3A	3B	3C	3D	3E
Minor	4A	4B	4C	4D	4E

Double click cell above to set criticality category and Risk Priority Number (RPN) Reset Default Colors

Criticality Colors

High ■ Medium ■ Low ■ Acceptable ■

To do list

[Needs Update](#) [Awaiting Review](#)

istema

IMATICO HASTA 600B

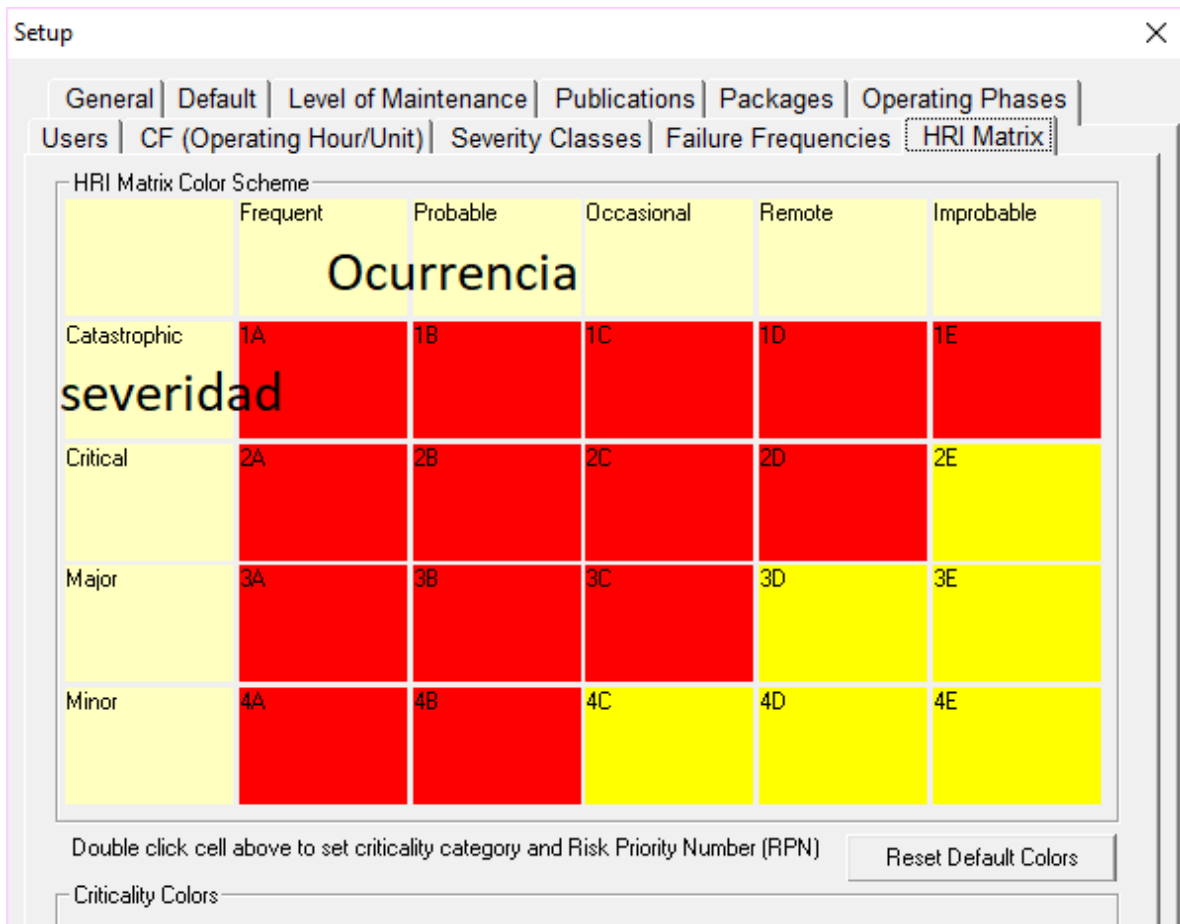
o a un amperaje máximo de 1 amp

ERAS Y REALIZAR

ite

Hechicas del sistema

3:23 p. m.
22/11/2017



La prioridad de realización se lleva a cabo con la priorización numérica del 1 al 20 de la alfanumérica, colocada en el recuadro original del IRCM y validada en las tareas de mantenimiento.

Ilustración 69 - Prioridad de tareas en MCC en el I RCM

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

4.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 4

En el anterior apartado se muestran los diferentes informes y resultados generales e individuales de cada una de las Funciones Primaria, secundarias, Fallas, Modos de Fallas y Tareas de Mantenimiento, respectivas, con sus tiempos, costos, recursos y demás parámetros exigidos den el MCC y en el software I RCM S.

Finalmente se llevó a cabo el análisis de priorización de las fallas, como la función más relevante del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad la priorización de dichas tareas, con bases a las normas del MCC en el caso ALADON del IRCM.

5 CONCLUSIONES

Se pudo constatar al analizar la literatura del tema, que la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una técnica muy utilizada en el ámbito internacional, que reporta grandes beneficios en la obtención de los objetivos de mantenimiento.

El sistema SIM PROLOG FESTO es una herramienta primordial en el área de laboratorio de automatización de la sede regional del SENA en Barrancabermeja Santander. Se pudo constatar que es un módulo compuesto de varias secciones o partes y que la estación Ajuste fue la seleccionada para hacer el respectivo análisis MCC. Se hizo la referente separación por partes de la estación Ajuste, describiendo plenamente sus componentes y entendiendo el comportamiento del mismo.

Se hizo una explicación del software i RCM s denotando su interface de operación así como las bondades que brinda en la implementación de un sistema MMC. Se reconocieron su lógica de ejecución y los diferentes reportes que ejecuta, en términos de función, falla, modo de falla y tareas de mantenimiento

Se desarrollaron todas las etapas requeridas del MCC; representadas en cada una de sus facetas individuales y en las diferentes fases de la implementación en software, al identificar: función, falla, modo de falla y tareas de mantenimiento, para lo cual se realizaron los diferentes reportes salidos de la interface del I RCM s con sus Fallas múltiples y específicas, con todos sus modos de Fallas, con todas las tareas planeadas (preventivas y/o predictivas) o no (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en sus respectivos casos con su documentación completa y su priorización de MCC por severidad y ocurrencia, bajo la metodología de la hoja decisional ALADON y el I RCM S.

BIBLIOGRAFÍA{BIBLIOGRAPHY}

A situational maintenance model. Riis, Jens O., Luxhøj, James T. y Thorsteinsson, Uffe. 1997. Issue 4, Bradford - England : MCB UP Ltd, 1997, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 14, pág. 349 a 366. Estudio EUREKA. ISSN 0265-671X.

AMEF@. 2005. Análisis de Fallas. *GestioPolis*. [En línea] Libre, 2005. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/amef.htm>.

Barlow, Richard E y Proschan, Frank. 1996. *Mathematical Theory of Reliability*. New York : John Wiley & Sons, Inc, 1996. ISBN 0898713692.

Barringer@, H. Paul. 2005. Availability, Reliability, Maintainability, and Capability. *Availability, Reliability, Maintainability, and Capability*. [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Noviembre de 2008.] <http://www.barringer1.com/lcc.htm>.

Bazovsky, Igor. 2004. *Reliability Theory and Practice*. s.l. : Edit. Dover Publications Incorporated, 2004. pág. 304 . ISBN: 0486438678..

Bleazard, Dirk, Hepler, Don y Dearman, Larry. 1998. *Equipment reliability improved at Barrick Goldstrike*. s.l. : Review Mining Engineering, 1998. Vol. 50. ISSN 0026-5187.

Connection, Acquisition Community. 2014. *Acquisition Community Connection*. [En línea] Defense Acquisition University, 18 de Febrero de 2014. [Citado el: 17 de Agosto de 2016.] <https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=530600>.

D.G.S. Maintenance Internacional - Presidente de la Asociación Belga de Mantenimiento – Trends in Maintenance Management in Europe - Artículo Ponencia - Simposio Internacional de Ingeniería de Fábricas. De Groote, Patrick. 1994. Medellín - Colombia : Universidad EAFIT - Medellín Colombia, 1994. Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mantenimiento. Email patrick.degroote@be.vitalo.net Cell: +32(0)495 77.77.76 Phone: +32(0)51 48.00.11.

datsi.com. 2016. I RCM s. [En línea] I RCM s.com, 11 de 10 de 2016. [Citado el: 18 de 11 de 2017.]

datsi.fi.upm.es. 2016. http://www.datsi.fi.upm.es/~rail/new/WP2/TOOLS-i_RCM_s/TOOLS-i_RCM_s.htm. [En línea] iRCM, 1 de 10 de 2016. [Citado el: 18 de 11 de

2017.] http://www.datsi.fi.upm.es/~rail/new/WP2/TOOLS-i_RCM_s/TOOLS-i_RCM_s.htm.

Diagnetics@. 1998.. What is Proactive Maintenance? [En línea] 1998. <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OilAnalysis/oa-what.htm>.

Díaz, Matalobos - Ángel. 1992. *Confiabilidad en mantenimiento*. Caracas : Ediciones IESA, C.A., 1992. pág. 110. ISBN: 980-271-068-2.

Didactic, prolog factory FESTO y Didactic, FESTO. 2016. *prolog factory*. 2016.

Ebeling, Charles E. 2005. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. [ed.] Inc. Waveland Press. New York City : McGraw-Hill Science - Engineering - Math, 2005. pág. 576. ISBN: 1577663861.

Ellis@, Herman. 1999. Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. [En línea] 1999. <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezone/principles.htm>.

Energía. 2013. Reguladores de Energía Eléctrica. *Controles*. [En línea] 30 de 09 de 2013. [Citado el: 30 de 09 de 2013.] https://www.google.com.co/search?q=reguladores+de+energ%C3%ADa&source=lms&sa=X&ei=ymRIUqiPHI3Q9ASZ0IGgBg&ved=0CAgQ_AUoAA&biw=1366&bih=624&dpr=1.

ESReDa. 2001. *ESReDa Handbook on Maintenance management*. [ed.] Reliability & Data ESReDa - European Safety. Primera de 2001. Hevik - Norway : DET NORSKE VERITAS - ESReDa, 2001. pág. 255. Vol. Uno, Idioma Español. ISBN: 82-515-02705.

ESReDa-Industrial. 1998. *Industrial Application of Structural Reliability Theory*. [ed.] P. Thoft-Christensen - Det Norske Veritas DNV. ESReDa - European Safety, reliability and Data. Hovik : ESReDa Working Group Report, 1998. pág. 283. Vol. ESReDa Safety Series No. 2. ISBN: 82-515-0233-0.

Estadística aplicada a los Sistemas & Confiabilidad en los Sistemas. **Forcadas, Jorge - Feliu. 1983.** 4, Medellín : Revista SAI - Revista SAI Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – En: Revista SAI. No.4 Vol.1 – Medellín – Colombia - 1983, 1983, Vol. 1, pág. 41.

Evans, D. W. 1975. *Terotechnology - How can it work*. 1975.

FESTO. 2015. *Manual SIN FESTO PROLOG*. s.l. : FESTO, 2015.

González, Francisco Javier - Fernández. 2004. *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión.* [ed.] S.A. ARTEGRAF. Primera. Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2004. pág. 260. ISBN: 84-96169-36-7.

Herramientas para la estimación de la demanda futura de repuestos de mantenimiento tipo Pull. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2012a.** [ed.] UPADI - Unión Panamericana de Ingeniería. La Habana - Cuba : UPADI, 2012a. XXIII Convención Panamericana de Ingeniería. pág. 7. Ponencia escrita y sustentada en Congreso.

Hiatt, Bruce. 2000. A 13 Step Program in Establishing a World Class Maintenance Organization -. *Best Practices Maintenance USA.* [En línea] 2000. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] Email: bhiatt@anesta.com, bhiatt4419@aol.com. <http://www.tpmonline.com/articles/management/13steps.htm>.

Hughes@, Howard. 2008. Biografía de Howard Hughes. *Biografía de Howard Hughes.* [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] <http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/JFKhughesH.htm>.

Husband, Tom M. 1976. *Maintenance Management and Terotechnology.* [ed.] Saxon House. New York : Ashgate Publishing, Limited -, 1976. ISBN 0566-00146-2.

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.

IMM@. 2016. The Institute of Asset Management. [En línea] 28 de 03 de 2016. [Citado el: 28 de 03 de 2016.] <https://theiam.org/>.

Improvingt Equipment Reliability at Plant Efficiency through PM Optimisation at Kewaunee Nuclear power Plant. **Johnson, L. P. 1995.** [ed.] The Society for Maintenance & Reliability Professionals (SMRP) -. Chicago - Illinois - Estados Unidos de América : s.n., Octubre de 1995, SMRP 3rd Annual Conference.

Inventarios Cero - MTS MTO MTF. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2013.** Lima - Perú : IPEMAN, 2013. Congreso XII Internacional Ingeniería de Mantenimiento IPEMAN. Lima - Perú - Octubre 17 al 19 -.

iRCM Software, iRCM. 2016. Software iRCM de RCM. 30 de 07 de 2016.

Jones, Richard. 1995. *Risk Based Management: A realibility – Centered Approach - Gulf Publishing Company.* Houston : Gulf Professional Publishing, 1995. pág. 282. ISBN-10 0884157857, ISBN-13 978-0884157854 .

Kapur, Kailash C. y Lamberson, Leonard R. 1977. *Reliability in engineering design*. [ed.] Detroit, MI (USA). Dept. of Industrial Engineering and Operations Research Wayne State Univ. Primera. Detroit USA : John Wiley and Sons, Inc., New York, 1977. pág. 606. Org Wayne State Univ., Detroit, MI (USA). Dept. of Industrial Engineering and Operations Research. ISBN-13: 978-0-471-51191-5.

Kececioglu, Dimitri. 1995. *Maintainability, Availability, & Operational Readiness Engineering*. New Jersey City : Editorial Prentice-Hall Professional Technical, 1995. ISBN: 0135736277.

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.

Klusman, Robert A. 1995. *Establishing Proactive Maintenance Management – Review Journal - Water / Engineering & Management*. USA : s.n., 1995. págs. 18 - 20.

Knezevic, Jezdimir. 1996. *Mantenibilidad*. Madrid : Editorial ISDEFE, 1996. ISBN: 84-89338-08-6.

Knezevic, Otro - Lorenz. 2010. *Weibull avanzado*. Varsovia : s.n., 2010.

Langan, George. 1995. *Maintenance automation – Review I.I.E. Solutions*. USA : s.n., 1995. págs. 14-17. Vol. Volumen 27.

Leemis, Lawrence M. 1995. *Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods*. New Jersey City : Editorial Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, 1995. ISBN: 0-13-720517-1.

Lewis, Elmer E. 1995. *Introduction to Reliability Engineering*. Segunda. s.l. : Editorial John Wiley & Sons, Inc, 1995. pág. 435. ISBN: 0471018333.

Maintenance management – an AHP application for centralization/decentralization.
HajShirmohammad, Ali y Wedley, William C. 2004. ISSN 1355-2511, Bradford - England : Emerald Group Publishing Limited, 2004, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10, pág. 16 a 25.

Management aspects of Terotechnology – Conference de la British Steel Corporation.
Darnell, H y Smith, M. 1975. [ed.] British Steel Corporation. London - England : s.n., 1975. Vol. Número 185.

Mather, Daryl. 2005. *The Maintenance Scorecard - Creating Strategic Advantage*. [ed.] John Carleo. New York : Industrial Press, Inc., 2005. pág. 257.

Mendoza, Daniel Amador. 2016. I-RCM, Una Nueva Perspectiva. <http://www.wal-eng.com/>. [En línea] 1 de 10 de 2016. <http://wal-eng.com/descargables/IRCM%20Una%20Nueva%20perspectiva%20V.2.0.pdf>.

Ministerio de Educacion Nacional. 2017. [En línea] 2017.

ministerio educación nacional. centro virtual de noticias de la educación. *centro virtual de noticias de la educación*. [En línea] MEN. [Citado el: 17 de 03 de 2017.] <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-307852.html>.

Modarres, Mohammed. 1993. *What Every Engineer Should Know About Reliability and Risk Analysis*. New York City : Editorial Marcel Dekker, 1993. pág. 351. ISBN: 082478958X.

Moore@, Ron - Rath, Ron. 2008. Fiabilidad, Mantenibilidad y Mantenimiento Proactivo. *La combinación de TPM y RCM. Estudio de un caso práctico*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/04articulo.pdf .

Mora, Alberto - Gutiérrez. 2016. *Inventarios Cero*. Primera. Bogotá : AlfaOmega Editores Internacionales, 2016. pág. 305. ISBN 978-958-778-069-7.

—. **2014.** *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Tercera. Medellín : COLDI Limitada, 2014. pág. 348. ISBN 978-958-98902-0-2.

—. **2013.** *Mantenimiento Planeación Ejecución y Control*. Bogotá : AlfaOmega Editore Internacionales, 2013. pág. 380. ISBN 978-958-6 82-769.

—. **2013.** Tópicos de Ingeniería de Fábricas. *Especialización en Mantenimiento Industrial*. Medellín - Universidad EAFIT, 14 de 09 de 2013. Email Luis Alberto Mora cimpro@usa.com lmora@afit.edu.co .

Motorelctrico@. 2016. Motores eléctricos. *Partes de motores eléctricos*. [En línea] 20 de 10 de 2016. [Citado el: 20 de 10 de 2016.] <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>.

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.

Nakajima5S@. 2005. Total Productive Maintenance. [En línea] 2005. http://iswww.bwl.uni-mannheim.de/Lehre/veranstaltungen/pm/Uebung/Nakajima_III_TPM.

NAVAIR. 1996. *Directrices para la Aviacion Naval en el Proceso del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad.* 1996.

Navarro, Luis - Elola, Pastor, Ana Clara - Tejedor y Mugaburu, Jaime Miguel - Lacabrera. 1997. *Gestión Integral del Mantenimiento.* [ed.] S.A. Vanguard Grafic. Primera. Barcelona : Editores Marcombo Boixerau, 1997. pág. 112. ISBN 978-84-267-11212.

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/>.

O'Connor, Patrick D.T. 2002. *Practical Reliability Engineering.* Cuarta. Stevenage : Wiley - Jhon Wiley & Son, 2002. pág. 540. ISBN: 0-470-84463-9.

OIT, CIUO - 88 -. 1991. *Clasificación Internacional de Ocupaciones.* Ginebra : OIT, 1991.

OREDA. 1997. Offshore Reliability Data Handbook. [En línea] 1997. http://www.dnv.com/publications/oilgas_news/articles/newoffshorereliabilitydatahandbookoreda.asp - 3rd. Det Norske Veritas – Sintef Industrial Management.

—. 2002. OREDA 2002 - Offshore Reliability Data. *OREDA Offshore Reliability Data.* Fourth - 2002. Trondheim : OREDA & DNV Veritas, 2002, pág. 835.

PAS 55-2:2008, PAS. 2008. *Gestión de Activos - Asset Management.* London - Englñand : British Standard Institution, 2008. ISBN 978-0-9563934-2-5.

PAS©55.2.2008. 2008. *PAS 55 - 2 2008.* Londres : BSI British Standards Institution, 2008. pág. 57. Vol. Dos. ISBN 978-0-9563934-2-5.

PAS55.1.2008, ©BSI PAS. 2008. *Pas 55 - 1: 2008 Ge4stión de Activos - Asset Management.* Londres : British Standards Instiotution, 2008. pág. 24. ISBN 978-0-9563934-0-1.

Patton, Joseph D. Jr. 1995. *Preventive Maintenance –The International Society for Measurement and Control - Instrument Society of America*. 1995. Vol. Second Edition. ISBN 1-55617-533-7.

Peterson, Brad. 1999. To Centralized or decentralized maintenance, central issue. *Strategic Asset Management Inc. MT-Magazine de MT-Online - Perfiles de Ingeniería*. [En línea] 1999. <http://www.camicorp.com> Email bp0439@aol.com.

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 .

Ramakumar, Ramachandra. 1996. *Engineering Reliability. Fundamentals and Applications*. New Jersey City : Editorial Prentice-Hall Professional Technical, 1996. pág. 482. ISBN: 0132767597.

RCM and TPM complementary rather than conflicting techniques. Geraghty, Tony. 1996. USA : s.n., Junio de 1996, Journal, Vol. 63. ISSN 0141-8602.

RCMScorecard@. 2005. Reliability Centered Maintenance (RCM) Scorecard. *RCM Scorecard*. [En línea] Libre, 9 de Marzo de 2005. <http://www.maintenance-news.com/cgi-script/CSUpload/CSUpload.cgi?database=Reliability%20Centered%20Maintenance%20Managers'%20Forum%20Downloads.db&command=viewupload&id=1>.

Rey de Astaiza, Nelsa Beatriz. 1986. *Diseño de currículos universitarios*. Bogotá : A.C.O.F.I., 1986. págs. 73-76.

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

Roberts@, Jack. 2008. TPM Total Productive History and Basic Implementation. *TPM ON LINE*. [En línea] Libre, 2008. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] www.tpmonline.com/article/tpm/tpmroberts.htm.

Rocha, Gerardo Murillo. 2016. Plan de Implantación General del RCM. www.monografias.com. [En línea] 1 de 10 de 2016. <http://www.monografias.com/trabajos10/implan/implan.shtml>.

Rojas, Jaime - Arias. 1975. *Introducción a la confiabilidad*. Bogotá : Universidad de los Andes, 1975. pág. 214.

Savery@, Thomas. 2008. Wikipedia. *Inventores del reibno Unido - Wikipedia*. [En línea] 2008. http://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Savery.

Selector. 2013. 123RF. [En línea] Simple, 30 de 09 de 2013. [Citado el: 30 de 09 de 2013.] http://es.123rf.com/photo_11430944_selectores-de-metal-vector.html.

Sistemas de Inventarios con pronósticos de Demanda de Múltiples Referencias.
Mora, Alberto - Gutiérrez. 2010. ISSN 1657-2432, Medellín : s.n., Cuarto Trimestre de 2010, Zona Logística.

Smith, Anthony M. 1992. *Reliability Centered Maintenance*. Primera. New York : McGraw Hill, Inc. School Education Group, 1992. ISBN 007059046X.

Smith, Anthony M. y Hinchcliffe, Glenn R. 2003. *RCM - Gateway to World Class Maintenance*. Primera. Burlington : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0-7506-7461-X.

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

Smith, K. 1998. *Modern concepts and methods in maintenance*. USA : s.n., 1998.

Sotskov, B. 1972. *Fundamentos de la Teoría del Cálculo de la Fiabilidad de Elementos y Dispositivos de Automatización y Técnica del Cálculo*. Moscú : Editorial MIR, 1972. pág. 264.

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.

Stamatis, D. H. 1995. *Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution*. [ed.] Inc. BookCrafters. Wisconsin : ASQC Quality Press, 1995. pág. 496. ISBN 0-87389-300-X.

Statgraphics. 2016. *Statgraphics*. Medellín, Antioquia, Colombia : s.n., 2016.

Strategic Sourcing: To make or not To make - Fabricar o Subcontratar.
Venkatessan, Ravi. 1992. [ed.] HDBR. 6, Watertown, Massachusetts. U.S.A. - Español Barcelona eSPAÑA : HDBR, Noviembre - Diciembre de 1992, Harvard Deusto Business Review, Vol. 70, pág. 9. En español Revista No. 96 de 1992 - Volumen 52 paginas 52 - 62 del año 1993 - España Barcelona. ISSN 0210-900X.

Tavares, Lourival Augusto - Calixto, Marco A. - Gonzaga, dos Santos, Paulo R. - P. y da Silva, João Esmeraldo. 2007. *Gestión Estratégica en Activos de Mantenimiento*. [ed.] Marco Antonio Alcántara. Primera. Mérida : Ediciones Técnicas, 2007. pág. 180.

Thompson, G. 1980. *Engineering design and Terotechnology*. Manchester : Department of Mechanical Engineering – UMIST, 1980. March 8 - 1980. M601QD - U.M.I.S.T. .

Trends and perspectives in industrial Maintenance management. **Thorsteinsson, Uffe, Luxhojt, James T. y Riis, Jens O. 1997.** 6, 1997, Jopurnal of Manufacturing Systems, Vol. 16.

Troféé@, 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/0605MarioTroffeIS O14224.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>.

Trujillo@, Gerardo. 1999b. El Mantenimiento Proactivo como una herramienta para entender la vida de los equipos - Noria Latin America -. *Noria Latinoamérica*. [En línea] 1999b. E-mail: lubecons@gto1.telmex.com.m. <http://www.noria.com/sp/recursos/aprendizaje/man6.asp>.

— **1999a.** Implementación de un programa de Mantenimineto Proactivo - Noria Latin America. *Noria Latin América*. [En línea] Libre, 1999a. [Citado el: 20 de Octubre de 2008.] lubecons@gto1.telmex.com.mx. lubecons@gto1.telmex.com.mx.

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.

U.S. Army. 1972. *AMCP 706-134 Maintainability Guide for Design*. Washington : U. S. Government Printing Office, 1972. ISBN: AMCP 706-134.

US-NAVAIR. 2016. Manual de Usuario I RCM S 6.3. [En línea] 2016.

Weibull. 2016. Software Weibull. 2016.

White, E. N. 1975. *Terotechnology - Physical Asset Management*. [ed.] Manchester. Inglaterra : s.n., 1975. Libro en Biblioteca de la Universidad EAFIT.

Williams, Patrick,@. 2016. Modelo de Diagnóstico Tridimensional. [En línea] 11 de 01 de 2016. [Citado el: 11 de 01 de 2016.] <http://es.scribd.com/doc/170796959/Modelo-Diagnostico-Tridimensional-de-Patrick-Williams#scribd>.

Wilson, Paul F, Dell, Larry D y Anderson, Gaylor F. 1993. *Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management - American Society for Quality - AAQ*. Milwaukee : s.n., 1993. pág. 216. ISBN: 0-87389-163-5, ISBN-13: 978-0873891639 .

Wireman, Terry. 2001. *Word class maintenance management*. País Estados Unidos de América : Industrial Press, Inc., 2001. ISBN 0-8311-3025-3.

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.