

**PLAN DE RCM A LAS ZONAS DE REGRANULACIÓN 1 Y 2 DE  
BIOFILM S.A.**

**JOSE M. BARACALDO NARVAEZ**

**ALVARO C. AMADOR BAQUERO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS  
2005**

**PLAN DE RCM A LAS ZONAS DE REGRANULACIÓN 1 Y 2 DE  
BIOFILM S.A.**

**JOSE M. BARACALDO NARVAEZ**

**ALVARO C. AMADOR BAQUERO**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director: Juan Fajardo C ME, MSC**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS  
2005**

---

---

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido existir y por darme todo lo que me dio, a mi abuela Sumaya quien ha sido mi soporte durante las diferentes etapas de mi vida, de todo corazón, gracias Sumaya. A mi papá por darme todos los mejores ejemplos y consejos, me siento muy orgulloso de ser tu hijo. A mi tía Sandra por estar siempre pendiente de mi, y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma ayudaron para hacer de mi la persona que hoy soy. Gracias a Karen Amador por hacer mi vida un poco mas feliz.

Álvaro Amador Baquero

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido existir y por darme todo lo que me dio, a mi mama Maria Judith Narváez quien ha sido mi soporte durante las diferentes etapas de mi vida, de todo corazón, gracias mama. A mi papá por darme todos los mejores ejemplos y consejos, me siento muy orgulloso de ser tu hijo.

José Miguel Baracaldo Narváez

Cartagena de indias,

**Señores:  
COMITÉ DE GRADO  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
La Ciudad**

Con la presente me permito someter para su estudio, consideración y aprobación la monografía titulada “**PLAN DE RCM A LAS ZONAS DE REGRANULACION DE BIOFILM S.A.**”, realizada por los estudiantes José Miguel Baracaldo Narvárez y Álvaro Christian Amador Baquero, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

---

**José M. Baracaldo Narvárez**

---

**Álvaro C. Amador Baquero**

Cartagena de indias,

**Señores:**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**

Respetados Señores:

Por medio de la presente, me permito presentar a ustedes para su estudio, consideración y aprobación la monografía titulada “**PLAN DE RCM A LAS ZONAS DE REGRANULACION DE BIOFILM S.A.**”, realizada por los estudiantes José Miguel Baracaldo Narváez y Álvaro Christian Amador Baquero, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Agradeciendo la atención prestada,

Cordialmente,

---

**Asesor del Proyecto**

## AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias,

Yo José Miguel Baracaldo Narvárez identificado con cedula de ciudadanía 73193002 de Cartagena(Bolívar), autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la Biblioteca.

---

JOSE M. BARACALDO NARVAEZ



## AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias,

Yo Álvaro Christian Amador Baquero identificado con cedula de ciudadanía 9146783 de Cartagena(Bolívar), autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la Biblioteca.

---

ALVARO C AMADOR BAQUERO

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
OBJETIVOS	19
1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE REGRANULACION	20
2. MANTENIMIENTO	24
2.1 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO	25
2.2 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO	26
2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	27
2.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
2.3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	28
2.3.3 MANTENIMIENTO DETECTIVO	28
2.3.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO	29
3. INTRODUCCION AL RCM	30
3.1 CONCEPTOS BASICOS	31
3.1.1 DISPONIBILIDAD	31
3.1.2 MATENIBILIDAD	32
3.1.3 CONFIABILIDAD	32
3.2 RCM	34
3.2.1 OBJETIVOS DEL RCM	34
3.2.2 VENTAJAS DEL RCM	35
3.2.3 PATRONES DE FALLA	35
3.2.4 MANTENIMIENTO TRADICIONAL vs RCM	38

3.2.5 LAS 7 PREGUNTAS DEL RCM	39
4. METODOLOGIA DE IMPLANTACION DEL RCM	41
4.1 DEFINICION DE FUNCIONES	42
4.1.1 TIPOS DE FUNCIONES	43
4.1.1.1 FUNCIONES PRIMARIAS	43
4.1.1.2 FUNCIONES SECUNDARIAS	44
4.2 FALLAS FUNCIONALES	44
4.2.1 FALLA TOTAL	45
4.2.2 FALLA PARCIAL	45
4.3 MODOS DE FALLA	46
4.4 EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE FALLAS	47
4.4.1 CONSECUENCIAS DE FALLOS NO EVIDENTES	47
4.4.2 CONSECUENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SEGURIDAD	48
4.4.3 CONSECUENCIAS OPERACIONALES	48
4.4.4 CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES	48
4.5 TAREAS DE MANTENIMIENTO	49
4.5.1 TAREAS PROACTIVAS	50
4.5.1.1 TAREAS DE REACONDICIONAMIENTO Y DE SUSTITUCION CICLICA	51
4.5.1.2 TAREAS DE CONDICION	52
4.5.2 TAREAS "A FALTA DE"	56
4.5.3 SELECCIÓN DE TAREAS	57
4.6 PLANES DE MANTENIMIENTO	59
4.6.1 PLAN ESTRATEGICO	59
4.6.2 PLAN OPERATIVO	59

5. APLICACIÓN DEL DIAGRAMA DE DECISIONES Y LA HOJA DE INFORMACION	61
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	65

## LISTA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1: Reglas de conducta general del mantenimiento general vs RCM 12

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: Evolución del mantenimiento	26
FIGURA 2: Patrones de falla	37
FIGURA 3: Siete preguntas de RCM	40
FIGURA 4: Diagrama implantación de RCM	41
FIGURA 5: Modos de falla	47
FIGURA 6: Intervalo P-F	55
FIGURA 7: Diagrama de Decisiones. DD	61

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Plan de RCM a las zonas 1 y 2 de BIOFILM S.A.	65

## RESUMEN

**TITULO:** PLAN DE RCM A LAS ZONAS DE REGRANULACION DE BIOFILM S.A.\*

**AUTORES:** JOSE MIGUEL BARACALDO NARVAREZ Y ALVARO CRHISTIAN AMADOR BAQUERO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento, Confiabilidad, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad-RCM, Disponibilidad, Mantenibilidad.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** La monografía tiene como tema central la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y su metodología de implantación. Se ha delimitado el alcance de la Monografía a un sistema operacional específico como son las zonas 1 y 2 de regranulación de la empresa BIOFILM S.A.

La monografía inicia describiendo el proceso de regranulación de la empresa BIOFILM S.A.. Posteriormente se explica en forma resumida el concepto de mantenimiento así como su evolución. Luego se dedican dos capítulos para hablar del RCM , su definición , su filosofía, los objetivos y los pasos que se deben dar para su final implantación.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingeniería Mecánica. Minor En Mantenimiento Industrial



## INTRODUCCIÓN

La idea del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Esta monografía introduce una filosofía que provee justamente ese esquema de trabajo. Se llama Reliability Centred Maintenance, o RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).

Si se aplica correctamente, RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma, y el personal que tiene que hacerla

funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Mejorar la confiabilidad, disponibilidad y productividad de las zonas de regranulación 1 y 2 de BIOFILM S.A., a través de la optimización del esfuerzo y los costos de mantenimiento, disminuyendo las tareas de mantenimiento correctivo y aumentando las tareas de mantenimiento proactivo.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Desarrollar un plan de RCM
- Reducir los costos de mantenimiento
- Determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro consentimiento si una falla requiere o no prevenirse.
- Evitar paradas innecesarias de los equipos por reparaciones.
- Aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Brindar seguridad a los operarios mediante una estructura de mantenimiento que les proporcione confianza al momento de manejar sus equipos.

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE REGRANULACIÓN

Para comenzar a describir el proceso de regranulación de películas de polipropileno, debemos primero definir tres conceptos fundamentales que harán más fácil el entendimiento del proceso como tal.

**Scrap:** Es el material sobrante al momento de reponer una rotura en el proceso de producción. Dentro de esta categoría de *scrap* también se encuentra el material marcado como calidad "C", que es aquel que fue rechazado por el departamento de calidad por no cumplir ciertos parámetros mínimos exigidos por el cliente.

**Flake:** Flake es el scrap que ha sido previamente triturado en un molino de cuchillas giratorias.

**Melt:** Melt es el flake derretido y homogenizado mediante un proceso de *Extrusión*.

Teniendo claro estos tres conceptos claros, podemos proseguir con la descripción del proceso de regranulación.

El operador de la zona de regranulación “alimenta” al molino con *scrap*, el cual es triturado mediante un juego de cuchillas rotativas convirtiendo a este material en hojuelas o *flake*. Este molino tritura 300Kg/h de *scrap*.

Posteriormente el *flake* es enviado a un par de silos dosificadores por medio de un blower.

Estos silos dosificadores tienen en su zona de entrada un ciclón, el cual se encarga de “despresurizar” estos tanques de almacenamiento a medida que el *flake* los va llenando. También cuentan con un par de sensores de nivel cada uno, uno de alto nivel y otro de bajo nivel, los cuales se encargan de “decirle” al blower cuando seguir enviando o no *flake* dependiendo de su nivel.

Los silos cuentan también con un juego de cuatro ejes con paletas, los cuales trabajan a muy baja velocidad, y se encargan de homogenizar el material dentro de los silos.

Por último, cada silo cuenta con un par de tornillos sin fin o tornillos dosificadores, que se encargan de entregar material a la siguiente fase.

El *flake* pasa ahora a una banda transportadora, la cual, como su nombre lo indica se encarga de transportar el *flake* hacia la trituradora.

La trituradora cuenta con un juego de cuchillas rotativas que se encargan de triturar al *flake* bajo ciertas condiciones para asegurar un proceso de extrusión óptimo.

El *flake* dentro de la trituradora debe estar a una temperatura de 121°C, la cual se obtiene con resistencias térmicas, pero cuando la temperatura sobrepasa este valor, se activa una electro válvula, la cual deja pasar agua refrigerante

hacia el interior de la trituradora hasta alcanzar la temperatura deseada. Aquí, el flake tiende ya a convertirse en melt.

La trituradora está conectada a un tornillo sin fin que hace parte de la extrusora. Este tornillo se encarga de recibir y homogenizar el material previamente triturado y a su vez de aumentar aún mas su temperatura por medio de resistencias térmicas y por cizalladura.

En esta fase ya el flake se ha convertido completamente en melt. El tornillo va desplazado el melt hacia un disco que cuenta con pequeños orificios, por donde el melt va saliendo en forma de fideos. Ya esta fase hace parte de la “Unidad Siguiete”. Al final de este disco hay un plato pelletizador, el cual cuenta con unas cuchillas rotativas y va cortando los fideos en pequeños pedazos llamados *Pellets*. E plato pelletizador es u disco rotativo, el cual dependiendo de su velocidad va cortando en mayor o menor tamaño los pellets.

Los pellets pasan ahora por un proceso de refrigeración, por medio de contacto directo con agua de chiller, esto se hace con el fin de evitar “empelotamiento” o “matrimonio”, esto quiere decir uniones indeseadas entre varios pellets.

Por último, los pellets pasan por una *criba vibratoria*, la cual cuenta con un par de motores vibradores y una malla seleccionadora, y se encarga de retirar el exceso de humedad en los pellets y transportarlos hacia la malla seleccionadora. Esta malla tiene una serie de orificios os cuales filtran de cierta forma los pellets, que en muchas ocasiones vienen pegados unos con otros, y

por su tamaño no puede pasar por los orificios de la malla y siguen su recorrido hacia una bolsa al final de la criba vibratoria.

Los pellets que han sido “seleccionados” son enviados hacia silos de almacenamiento y luego son utilizados nuevamente en el proceso de producción de películas de polipropileno biorientado (BOPP).

## **2. MANTENIMIENTO**

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), define al mantenimiento como: “El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral.”

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas”.

Por su parte Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas”.

A partir de los criterios formulados por los autores citados, en relación al concepto de mantenimiento, podemos decir que el mantenimiento esta estrechamente relacionado con la confiabilidad, que esta es la esencia de esta actividad, la confiabilidad en que la planta funcionara continuamente sin paradas indeseadas con las consecuentes perdidas. Se puede definir entonces como el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado. Su objetivo primordial es preservar la función, las buenas condiciones de operabilidad, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos, procurando una inversión optima de recursos.



## **2.1 Evolución del mantenimiento**

Mirando en retrospectiva la evolución del Mantenimiento, desde los años 30's hasta nuestros días, se pueden definir tres generaciones que han impactado considerablemente las estrategias de mantenimiento en cada uno de los períodos. A continuación se describen brevemente cada una de las generaciones mencionadas.( Ver figura 1)

Primera generación:

Cubre el período hasta el final de la II Guerra Mundial, en ésta época las industrias tenían pocas máquinas, eran muy simples, fáciles de reparar y normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada no eran importantes. La prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento reactivo o de reparación.

Segunda generación:

Nació como consecuencia de la guerra, se incorporaron maquinarias más complejas, y el tiempo improductivo comenzó a preocupar ya que se dejaban de percibir ganancias por efectos de demanda, de allí la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían prevenir, idea que tomaría el nombre de mantenimiento preventivo. Además se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento, o sea las revisiones a intervalos fijos.

Tercera generación:

Se inicia a mediados de la década de los setenta donde los cambios, a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumenta la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta nuestra dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo.

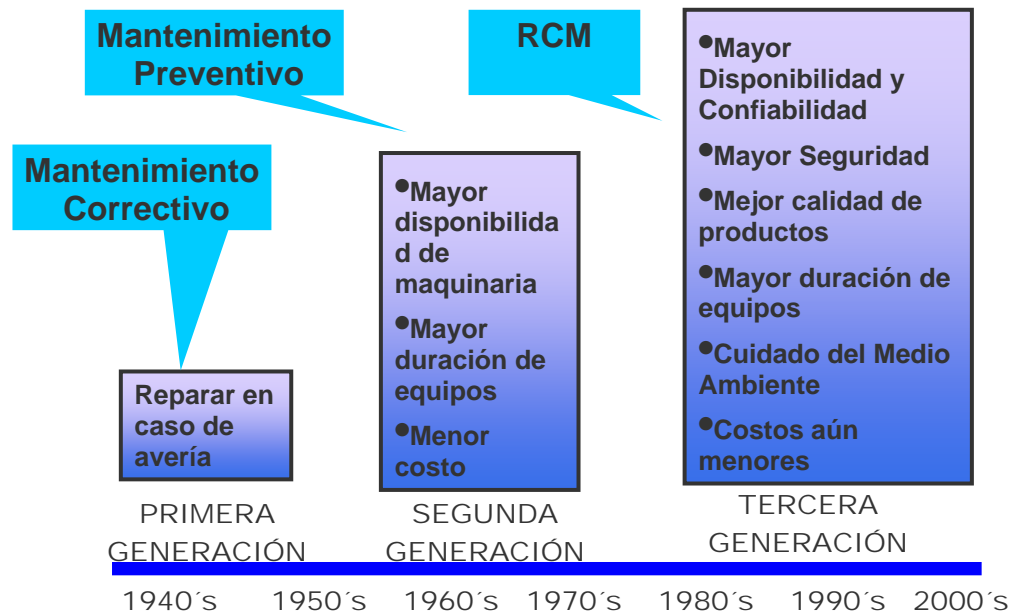


Figura 1. Evolución del mantenimiento

## 2.2 Beneficios del Mantenimiento

El mantenimiento aún cuando tiene un costo asociado y por lo general ha sido manejado como un factor negativo en las organizaciones, presenta una serie

de beneficios que permiten evaluar el grado de acertividad y de necesidad de esta inversión, por lo cual en cualquier momento un análisis costo – beneficio de la acción de mantenimiento puede orientar hacia el momento oportuno de la aplicación de la misma y la comprensión clara de las razones potenciales que obligan a su realización.

Los beneficios más relevantes alcanzados en una organización con la aplicación de un mantenimiento oportuno son:

- Disminución del Riesgo: Previniendo la probabilidad de ocurrencia de fallas indeseables o no visualizadas.
- Mejora o Recupera los Niveles de Eficiencia de la Instalación o Equipo: Esto se logra con la reducción de costos operativos e incremento de la producción.
- Prolonga la Vida Operativa: Difiere las decisiones de reemplazo
- Cumplimiento de Requerimientos de Seguridad y Legales
- Brillo: Mejoramiento de la imagen de la organización con un realce de la impresión de clientes y entorno, así como el incremento de la moral de los trabajadores que operan los equipos e instalaciones.

## **2.3 Tipos de mantenimiento**

Según las actividades realizadas

### **2.3.1 Mantenimiento Preventivo:**

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las

funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos. En la medida en que optimizamos las frecuencias de realización de las actividades de mantenimiento logramos aumentar las mejoras operacionales de los procesos.

### **2.3.2 Mantenimiento Correctivo:**

También denominado mantenimiento reactivo, es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación no programadas con el objetivo de restaurar la función de un activo una vez producido un paro imprevisto. Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales, a la ausencia de tareas de mantenimiento y, a requerimientos de producción que generan políticas como la de “repara cuando falle”.

### **2.3.3 Mantenimiento Predictivo:**

Es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, el cual se adelanta al suceso de las fallas, es decir, es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales con el sistema en funcionamiento. Con los avances tecnológicos se hace más fácil detectar las fallas, ya que se cuenta con sistemas de vibraciones mecánicas, análisis de aceite, análisis de termografía infrarrojo, análisis de ultrasonido, monitoreos de condición, entre otras.

#### **2.3.4 Mantenimiento Proactivo:**

Es aquel que engloba un conjunto de tareas de mantenimiento preventivo y predictivo que tienen por objeto lograr que los activos cumplan con las funciones requeridas dentro del contexto operacional donde se ubican, disminuir las acciones de mantenimiento correctivo, alargar sus ciclos de funcionamiento, obtener mejoras operacionales y aumentar la eficiencia de los procesos.

### **3. INTRODUCCIÓN AL RCM**

El Mantenimiento ha cambiado ostensiblemente en las últimas dos décadas, posiblemente de una forma más rápida y radical que cualquier otra disciplina de gestión. Estos cambios se deben en gran medida al aumento considerable de activos físicos que las empresas y plantas industriales tienen que mantener. Este aumento ha estado acompañado igualmente de un incremento en la variedad o diversidad de esos mismos activos, diseños más complejos, nuevas técnicas de mantenimiento y una perspectiva de la administración de mantenimiento.

Por otro lado, el Mantenimiento se está enfocando en las fallas de equipos que afectan la seguridad, el medio ambiente, calidad de producto, y todo esto acompañado de una alta presión de mayor disponibilidad de planta al mínimo costo.

Todo lo anterior ha obligado al personal de Mantenimiento a cambiar su manera de pensar, adoptando posiciones nuevas, tanto como de ingenieros como de gerentes, soportando su gestión en Sistemas Computarizados de Administración de Mantenimiento (CMMS), que sean más eficientes e integrados a todo el proceso productivo de las empresas. Con el paso del tiempo los retos de Mantenimiento son cada día más crecientes.

El Mantenimiento hoy en día es mirado con un nuevo enfoque gerencial, que tiene en cuenta todos estos grandes cambios de los últimos años. Aquí es

donde entra a la escena la nueva filosofía de Mantenimiento denominada Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM por su sigla en inglés), que si se aplica correctamente cambia la manera en que se relacionan los operadores de planta con los activos físicos a su cargo.

### **3.1 Conceptos Básicos**

Actualmente el crecimiento en la mecanización y automatización han tornado a la *confiabilidad* y a la *disponibilidad* en factores claves, aun en industrias poco tradicionales, como las relacionadas con la salud, el procesamiento de datos, y las comunicaciones.

La confiabilidad es frecuentemente mal entendida. Para la filosofía de RCM el mantenimiento está estrechamente ligado al concepto de tres parámetros básicos: Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad.

#### **3.1.1 Disponibilidad**

Este concepto puede ser definido como: *“La probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones de cumplir su función en cualquier instante.”* La disponibilidad relaciona los tiempos de reparación de las fallas, con los tiempos entre esas mismas fallas, en otras palabras, relaciona la Mantenibilidad con la Confiabilidad.

### **3.1.2 Mantenibilidad.**

Este otro concepto se define como: *“La probabilidad de que un equipo sea devuelto a un estado en que pueda cumplir su función en un tiempo dado, después de la aparición de una falla, utilizando procedimientos de mantenimiento preestablecidos.”* La Mantenibilidad se relaciona con el diseño del equipo, su complejidad, el personal que lo mantiene, las herramientas y procedimiento de Mantenimiento disponibles. El parámetro básico para calcular la Manenibilidad es el tiempo medio de reparación de las fallas (conocido como MTTR por su sigla en inglés).

### **3.1.3 Confiabilidad.**

La confiabilidad es muy específica – es el proceso de administrar el intervalo entre fallas. Se define como: *“La probabilidad de que un elemento opere sin fallar por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación determinadas”.* Se relaciona con la tasa de fallas y con el tiempo medio entre fallas (conocido como MTBF por su sigla en inglés).

Haciendo énfasis en la Confiabilidad Operacional, ésta se define como: *“La capacidad de una instalación para cumplir su función, o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño, y bajo un contexto operacional específico”.*



Si la Disponibilidad es la medida del tiempo de operación del equipo, o contrariamente la Indisponibilidad la duración del tiempo parado, la Confiabilidad puede pensarse como la medida de la frecuencia del tiempo detenido o parado.

Una de las mejores aproximaciones para el manejo de la confiabilidad es adoptando RCM.

### **3.2 RCM**

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, conocido como RCM por su sigla en inglés, es una filosofía de mantenimiento, desarrollada para la industria de la aviación a principios de los años 70's. Es un proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo en su contexto operacional. Una definición formal clara de RCM, es la que ofrece John Moubray en su libro RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE, como “un proceso utilizado para determinar qué debe hacerse para asegurar que todo activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su actual contexto operacional”.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas.

Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

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

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

Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

### **3.2.1 Objetivos del RCM:**

El objetivo principal de RCM está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

### **3.2.2 Ventajas del RCM:**

Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.

Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

### **3.2.3 Patrones de falla**

Las investigaciones que se han desarrollado alrededor del tema de Mantenimiento han cambiado muchos paradigmas y creencias arraigadas que por mucho tiempo imperaron sobre la edad de los equipos y las fallas que experimentan, y cada vez se pone más en entredicho la noción que existía sobre la conexión entre la edad de los activos y su probabilidad de falla.

En principio, durante la Primera Generación, se consideraba que a medida que los activos envejecían eran más propensos a fallar. Posteriormente, durante la denominada Segunda Generación, comenzó a introducirse el concepto de “mortalidad infantil” y “curva de la bañera”, en los que se creaba conciencia de que los equipos también fallaban cuando estaban nuevos o recién se ponían en operación. Con la llegada de la Tercera Generación, se identifican hasta seis patrones de falla diferentes, dependiendo del tipo de activo analizado. La Figura 2 muestra la evolución de los patrones de falla de equipos, los cuales se clasifican de la siguiente forma:

- El patrón **A** es la conocida “curva de la bañera”, que comienza con una gran incidencia de falla (mortalidad infantil), seguido de una constante o ligero incremento de la probabilidad de falla y por último una zona de desgaste.
- El patrón **B** muestra la probabilidad de falla constante que determinan en una zona de desgaste.
- El patrón **C** muestra una probabilidad de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificada.
- El patrón **D** muestra una baja probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo y luego un incremento veloz hasta un nivel constante.
- El patrón **E** muestra una probabilidad de falla constante a todas las edades.

- El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante.

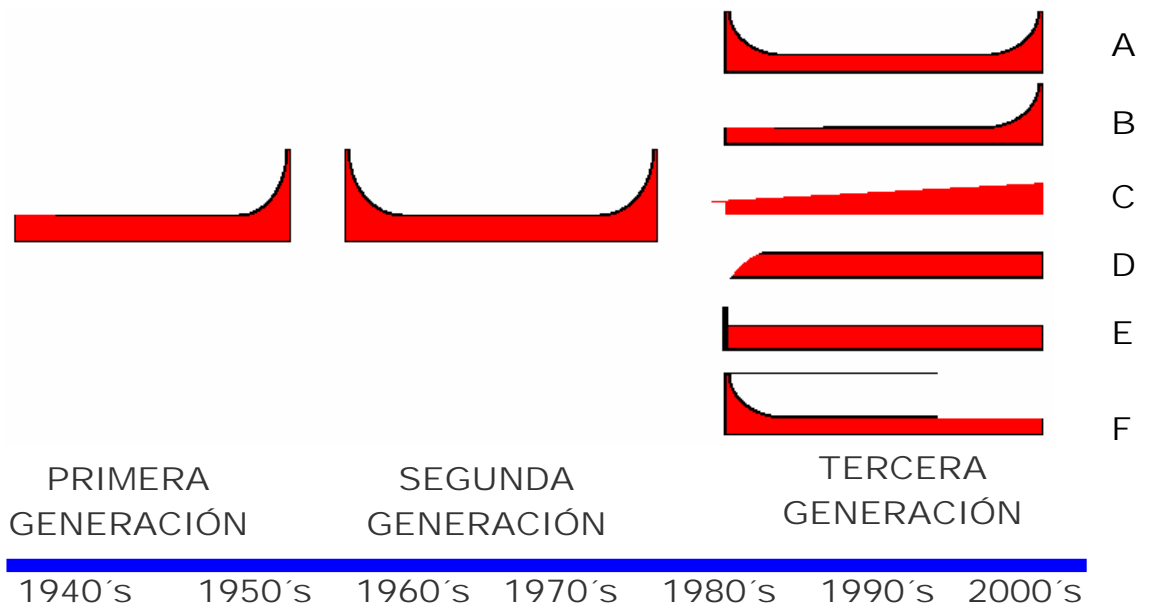


Figura 2. Patrones de falla

Estas investigaciones hicieron desarrollar nuevas técnicas, conceptos y herramientas de soporte para la toma de decisiones, tales como Estudio de Riesgo, Análisis de Causa Raíz, Análisis de Modos y Efectos de Falla, Sistemas Expertos, Monitoreo por Condición, Diseño de equipos con énfasis en la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento.

Todos estos desarrollos trajeron consigo unos nuevos desafíos para los gerentes y el personal de Mantenimiento, ya que ante el universo de información y herramientas que cada día se ofrecen se requiere tener buen criterio para seleccionar lo que realmente se necesita en cada caso, situación y momento en particular.

Precisamente parte de lo que ofrece el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM es un sistema que permite poder responder de manera fácil y rápida a los nuevos desafíos planteados.

Por mucho tiempo, el diseño de equipo y ciclo de producción crearon un ambiente en que el mantenimiento de los equipos era menos importante que la operación hasta la falla. Hoy, sin embargo, el monitoreo de condición y el seguimiento de RCM han cambiado las reglas de juego.

#### **3.2.4 Mantenimiento tradicional vs RCM**

Todas las disciplinas de la Administración están siendo sometidas a cambios en el diseño de las organizaciones, en tecnología, en habilidades de liderazgo y en comunicación.

Quizá donde más se sienten estos cambios es en el campo de la administración de activos físicos. Un aspecto relevante de este fenómeno es el número de cambios que están ocurriendo simultáneamente. Algunos de estos cambios han ocurrido a nivel estratégico, mientras que otros han sido más de naturaleza técnica. Estos cambios no solo han implicado cambios radicales de dirección (en algunos casos en dirección diametralmente opuesta al pasado), sin que algunos de ellos han introducido conceptos completamente nuevos.

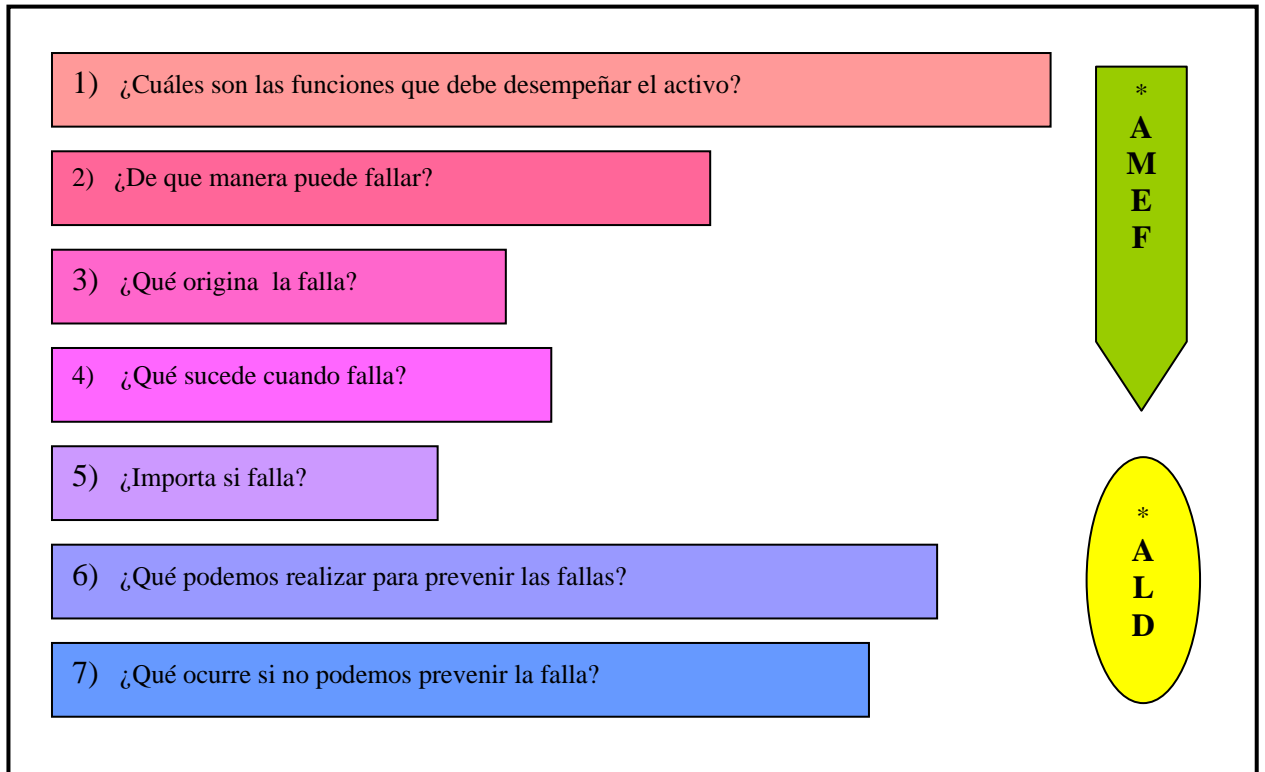
La Tabla 1 muestra catorce reglas de conducta general en las que se ven reflejados estos cambios. Estas reglas de conducta se han constituido en un nuevo paradigma de la administración del Mantenimiento, el paradigma de RCM.

<b>ENFOQUE TRADICIONAL</b>	<b>ENFOQUE DE RCM</b>
Repáralo	Mejóralo
Emergencias	Predicción, Planeación, Programación
Manejo de Defectos	Eliminación de Defectos
Reducción de Costo de Mantenimiento	Incremento de Disponibilidad
Programas Puntuales	Mejoramiento Continuo
Creer que las Fallas son Inevitables	Creer que las Fallas son excepcionales
Dar prioridad a las Paradas	Dar prioridad a la Eliminación de Fallas
Muchas Fallas	Pocas Fallas
Bajo nivel de Trabajos Planeados	Alto nivel de Trabajos Planeados
Alto nivel de Re-Trabajos	Bajo nivel de Re-Trabajos
Baja Confiabilidad	Alta Confiabilidad
Altos Costos de Mantenimiento	Bajos Costos de Mantenimiento
Planes a Corto Plazo	Planes a largo plazo
No ser Rentable	Atraer nuevas inversiones

Tabla 1. Reglas de conducta general del mantenimiento general vs RCM

### 3.2.5 Las 7 preguntas de RCM

El proceso de RCM plantea siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta analizar. (Ver figura 3)



Fuente: CIED. (1995).

\*A.M.E.F.: Análisis de Modos y Efectos de Fallas

\*A.L.D.: Árbol Lógico de Decisiones

Figura 3. Siete preguntas de RCM

En la siguiente sección se desarrollara en detalle cada una de estas preguntas.



#### 4. METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DE RCM

El proceso de implantación de RCM en la industria sigue unos pasos como el que se muestra en la Figura , y que se describirán a continuación:

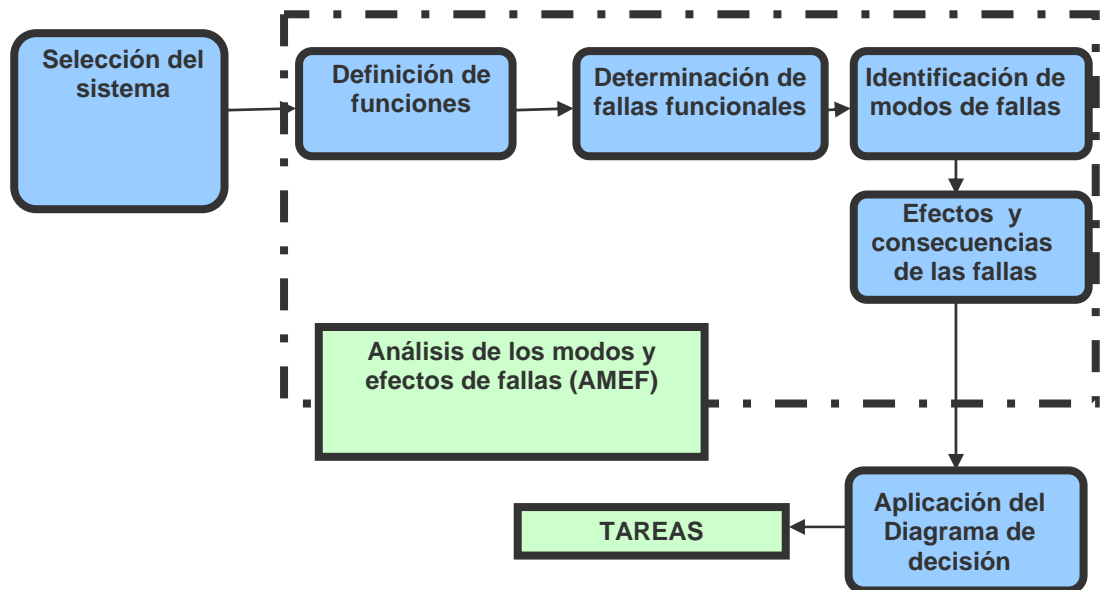


Figura 4. Diagrama implantación de RCM

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

El RCM centra su atención en la relación existente entre la organización y los elementos físicos que la componen. Por lo tanto es importante de que antes de comenzar a explorar esta relación detalladamente, se conozca el tipo de elementos físicos existentes y decidir cuál de ellos deben estar sujetos a una revisión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Posteriormente debe hacerse énfasis en la resolución de las siete preguntas, las cuales nos permiten consolidar los objetivos de esta filosofía (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo óptimo de recursos).

Se cuenta con técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del RCM como el Análisis de los Modos y Efectos de las Fallas y el Árbol Lógico de Decisión. La primera nos ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, mientras que la segunda nos permite decidir cuales son las actividades de mantenimiento más optimas. La primera técnica nos ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, mientras que la segunda nos ayuda a responder las restantes. Establecer respuestas a las siete preguntas del RCM., requiere se analicen los siguientes aspectos:

#### **4.1 Definición de funciones**

El inicio de la aplicación conceptual del RCM consiste en determinar las funciones específicas y los estándares de comportamiento funcional asociado a los equipos objeto de estudio, en su contexto operacional.

En este paso se debe describir el propósito determinado por el que se adquiere un activo, es decir que debe tener una o varias funciones específicas.

**La descripción de una función debe consistir  
de un verbo, un objetivo y un parámetro de funcionamiento operacional**



#### **4.1.1 Tipos de Funciones**

Todo activo físico tiene una o más de una función, frecuentemente tiene varias. Si el objetivo del mantenimiento es asegurarse de que continúe realizando esta función, entonces todas ellas deben ser identificadas junto con los parámetros de funcionamiento deseado.

Las funciones se definen en dos categorías principales: primarias y secundarias.

##### **4.1.1.1 Funciones primarias.**

La razón o las razones por la cual las empresas adquieren los activos se conocen como funciones primarias y son muy fáciles de reconocer.

El desafío real está en definir las expectativas de funcionamiento relacionado con su función primaria.

#### **4.1.1.2 Funciones secundarias.**

Son las funciones adicionales a la primaria que el usuario espera que un activo fijo cumpla.

Aunque las funciones secundarias son menos obvias que las primarias, la pérdida de una de ellas puede tener serias consecuencias, a veces más serias que la pérdida de una función primaria. Por lo anterior, esta debe ser identificada claramente.

## **4.2 Fallas funcionales**

Luego de determinar las funciones y los estándares de comportamiento funcional de cada uno de los equipos al que vamos aplicarle el RCM, debemos definir la forma en que puede fallar cada elemento en el cumplimiento de sus deberes. Esto nos arrastra al término de fallo funcional, el cual se define como

*la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento deseado.*

El proceso de RCM utiliza el término de “falla funcional” para describir los estados de falla que ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable; entonces un activo físico ha fallado cuando no hace lo que el usuario desea que haga.

Existen tipos de fallas funcionales a saber.

#### **4.2.1 Falla total**

Una falla es total cuando el activo pierde totalmente la función por la cual fue adquirido. También abarca situaciones en que el activo no alcanza a trabajar dentro de los límites admisibles de operación.

#### **4.2.2 Falla parcial**

Una falla parcial proviene de una pérdida parcial de una función y casi siempre proviene de unos modos de falla diferentes a los que provoca una pérdida total. Por esta razón debe registrarse todas las fallas funcionales asociadas a cada función.

### 4.3 Modos de falla

El paso siguiente que debemos concretar es el de conocer cuál de los modos de fallo tienen mayor posibilidad de causar la pérdida de una función y determinar de una vez, cuál es la causa origen de cada falla así como procurar que cada modo de fallo sea considerado en el nivel más apropiado.

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

En la realización de este paso es importante identificar cual es la causa origen de cada falla. Esto asegura no malgastar el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas.

El mantenimiento proactivo maneja los eventos **antes** que ocurran. Estos eventos son los modos de fallas, y si queremos aplicar verdaderamente mantenimiento proactivo o cualquier activo, debemos identificar todos los modos de falla que pudiesen afectarlo. Lo ideal sería identificarlos antes de que ocurriesen, y si esto no es posible, al menos antes de que vuelvan a ocurrir.

Una vez que los modos de falla de un sistema son identificados, entonces podemos considerar que ocurre cuando sucede la falla, evaluar las consecuencias y definir que se debe hacer para anticipar o prever dicha falla.

En la figura 5. se ilustra un ejemplo de análisis de modos de falla de una de las funciones de el molino de las zonas 1 y 2 de regranulacion de BIOFILM S.A.

<b>FUNCIÓN</b>		<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLO</b>	
1	<b>Alimentar y Triturar películas BOPP</b> producto de roturas, orillo, material remanente con flujo másico entre (300 - 1000 Kg/h)	Inhabilidad total o parcial para cumplir la función.	Motor Cuchillas	Falla de rodamientos, sobre temperatura, devanados con bajo aislamiento, cableado eléctrico con bajo aislamiento
			Bandas o Correas de Transmisión	Banda con desgaste o falta tensión
			Cuchillas	Cuchillas desgastadas o rotas
			Motor rodillos opresores	Falla de rodamientos, sobre temperatura, devanados con bajo aislamiento, cableado eléctrico con bajo aislamiento
			Rodillos opresores	Tiempo de vida útil de los rodamientos, sist. neumático.
			Fallo en sistema neumático	Mangueras partidas y/o sellos de cilindros neumáticos partidos
			rodamientos Rodillos Opresores	Lubricación deficiente, vida útil

Figura 5. Modos de falla

#### 4.4 Efectos y Consecuencias de fallas

Consiste en determinar los efectos o lo que pasa cuando ocurre una falla.

El objetivo primordial de este paso es determinar cómo y cuanto importa cada falla, para tener un claro consentimiento si una falla requiere o no prevenirse.

El RCM clasifica las consecuencias de los fallos de la siguiente forma:

##### 4.4.1 Consecuencia de Fallos no Evidentes

Son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que pueden originar otros fallos con mayores consecuencias a la organización. Por lo general este

tipo de fallas es generada por dispositivos de protección, los cuales no poseen seguridad inherente. El RCM le da a este grupo de fallos una alta relevancia, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

#### **4.4.2 Consecuencia en el Medio Ambiente y la Seguridad**

El RCM presta mucha atención al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, así como las repercusiones en la seguridad (tomando en consideración los artículos y disposiciones de leyes y reglamentos hechas para legislar en este campo) haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento.

#### **4.4.3 Consecuencias Operacionales**

Son aquellas que afectan la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación).

#### **4.4.4 Consecuencias no Operacionales**

Son aquellas ocasionadas por cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación.



#### **4.5 Tareas de Mantenimiento:**

Son aquellas que nos ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y de la tarea. Las acciones o tareas que pueden tomarse para tratar las fallas se pueden dividir en dos categorías:

- **Tareas Proactivas:** son tareas que se realizan antes de que ocurra una falla, con el objeto de prevenir que el componente llegue al estado de falla. Comprenden lo que comúnmente se denomina mantenimiento predictivo y preventivo, pero en RCM se utilizan los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.
- **Tareas a falta de:** estas tratan con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a falla.

Estas dos categorías responden a la sexta y séptima de las siete preguntas del proceso de decisión de RCM:

- ¿Que puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Que sucede si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva apropiada?

### 4.5.1 Tareas Proactivas

Aunque mucha gente piensa que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es mediante algún tipo de mantenimiento proactivo de rutina, basado en el pensamiento clásico que establece que los registros acerca de las fallas nos permite determinar y planear acciones preventivas un tiempo antes de que ellas ocurran. Este patrón es cierto para algunos equipos simples y para algunos ítems complejos con modos de falla dominante.

Fallas relacionadas con la edad normalmente están asociadas a la fatiga, la corrosión, abrasión y evaporación. Sin embargo, los equipos son mucho más complejos de lo que eran hacen 20 años, lo que ha traído cambios en los patrones de falla, como se muestra en la gráfica de la tercera generación, Figura 2, en donde se ve la probabilidad de falla respecto de la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos.

Se ha demostrado, que en la aviación comercial, un 4% de los elementos corresponden el patrón A, un 2% al B, un 5% al C, un 7% al D, un 14% al E y no menos del 68% al F. Si bien a escala industrial estos patrones no guardan la misma proporción, es innegable que a medida que los elementos se hacen más complicados, encontramos más patrones E y F, los cuales contradicen la creencia de que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional.

Esta creencia dio origen a la idea de que cuanto mas seguido un ítem es reparado, menos posibilidades de falla tiene, lo cual es cierto en poco casos, a menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad. De hecho, las reparaciones pueden aumentar las fallas al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otra manera serían estables. Sin embargo, cuando las consecuencias de las fallas son importantes, algo hay que hacer para prevenir ó predecir las fallas, y es esto lo que hacemos mediante las tareas proactivas y que RCM divide en 3 categorías:

- Tarea de reacondicionamiento cíclica.
- Tarea de sustitución cíclica.
- Tarea de condición.

#### **4.5.1.1 Tarea de reacondicionamiento y de sustitución cíclica.**

El reacondicionamiento cíclico implica la remanufactura de un componente ó la reparación total de un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. Igualmente, la sustitución cíclica implica cambiar un componente ante de un límite de edad sin tener en cuenta su condición actual. Estos dos tipos de tarea son conocido como mantenimiento preventivo, y es el mantenimiento proactivo más utilizado, sin embargo, por lo visto antes son menos usados ahora que 20 años atrás.

La frecuencia para estas tareas está gobernada por la edad a la que la pieza ó componente muestra un incremento en la probabilidad de falla.

Se puede decir que estas tareas son técnicamente factibles sí:

- Hay una edad identificable en la que la pieza ó parte muestra un incremento en la probabilidad de falla
- La mayoría de las piezas o partes sobreviven a ésta edad
- Se logra restaurar la resistencia original de la pieza a la falla.

Como se ve de lo anterior, estas tareas son aplicables para aquellos elementos ó partes cuyas fallas están relacionadas con la edad, de acuerdo a los patrones de falla A, B ó C. Las fallas relacionadas con la edad tienden a estar asociadas con la fatiga, la oxidación, la corrosión y la evaporación.

#### **4.5.1.2 Tarea de Condición**

Los nuevos tipos de manejo de falla se deben a la necesidad de prevenir cierto tipo de falla y la creciente ineficacia de las técnicas clásica para hacerlo. La mayoría de estas nuevas técnicas se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de aviso de que están por ocurrir. Esto se denomina fallas potenciales.

Las nuevas técnicas son para detectar fallas potenciales y para evitar las consecuencias si se convierten en falla funcionales. Se llaman tarea de condición porque los componentes se dejan en servicio a condición de que continúen alcanzando parámetros de funcionamiento deseado. El mantenimiento a condición incluye el mantenimiento predictivo, mantenimiento basado en la condición y monitoreo de condición. Las tareas a condición son una buena forma de manejar las fallas, pero se pueden constituir en una costosa pérdida de tiempo. RCM permiten tomar estas decisiones con mucha confianza.

Para establecer las tareas en el mantenimiento a condición, es necesario determinar con precisión las frecuencias de las mismas para que sean efectivas y no se conviertan en un gasto exagerado. Para esto, se requiere conocer con la mayor precisión el proceso de desarrollo de la falla, lo cual se ilustra en la llamada curva P-F, en la que se muestra como se inicia la falla, luego se deteriora al punto donde puede ser detectada (Punto P), y luego si no es detectada y corregida, continua el deterioro hasta el punto de falla F.

En la Figura 6 se ilustra este proceso. El punto donde es posible detectar que la falla está ocurriendo se conoce como falla potencial (Ej. Puntos calientes en el refractario de un horno ó una conexión eléctrica, vibraciones en un cojinete, etc.).

Si se detecta una falla potencial, es posible actuar para prevenir ó evitar las consecuencias de la falla funcional, entre el punto P y el punto F de la Figura

Las tareas para detectar fallas potenciales se conocen como tareas a condición, porque los elementos que se inspeccionan se dejan en funcionamiento a condición de que continúen cumpliendo con los parámetros de funcionamiento especificados. También se conoce como mantenimiento predictivo ó mantenimiento basado en condición.

El intervalo P-F como se mencionó antes, es el intervalo entre el momento en que ocurre la falla potencial P y la ocurrencia de la falla funcional F, y nos permite determinar la frecuencia para las tareas a condición. Si queremos evitar que la falla potencial se convierta en falla funcional, la frecuencia de la tarea de monitoreo de condición debe ser realizada a intervalos menores al intervalo P-F. Por ello es importante determinar con consistencia el intervalo P-F, para que la frecuencia de la tarea de monitoreo cumpla su objetivo, pues si es mayor que el intervalo P-F no evita la falla funcional, y si es mucho menor se convierte en un gasto innecesario.

Dado que el intervalo P-F para una falla determinada no es constante, como se muestra en la Figura 6 ,se debe seleccionar un intervalo de la tarea que sea mas corto al menor de los intervalos P-F probables, para asegurar que la falla potencial se puede detectar antes de que se convierta en falla funcional. Por otra parte, si el intervalo P-F no es consistente, si no que varia mucho, no es posible establecer un intervalo de tarea que tenga sentido, y la tarea debe abandonarse a favor de alguna otra forma de tratamiento de la falla.

Estas tareas a condición son técnicamente factibles sí:

- Es posible definir una condición clara de falla potencial.
- El intervalo P-F es razonablemente consistente.
- Es práctico monitorear el elemento a intervalos menores al intervalo P-F.
- El intervalo P-F es suficientemente largo como para ser útil (suficientemente largo como para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias de la falla funcional).

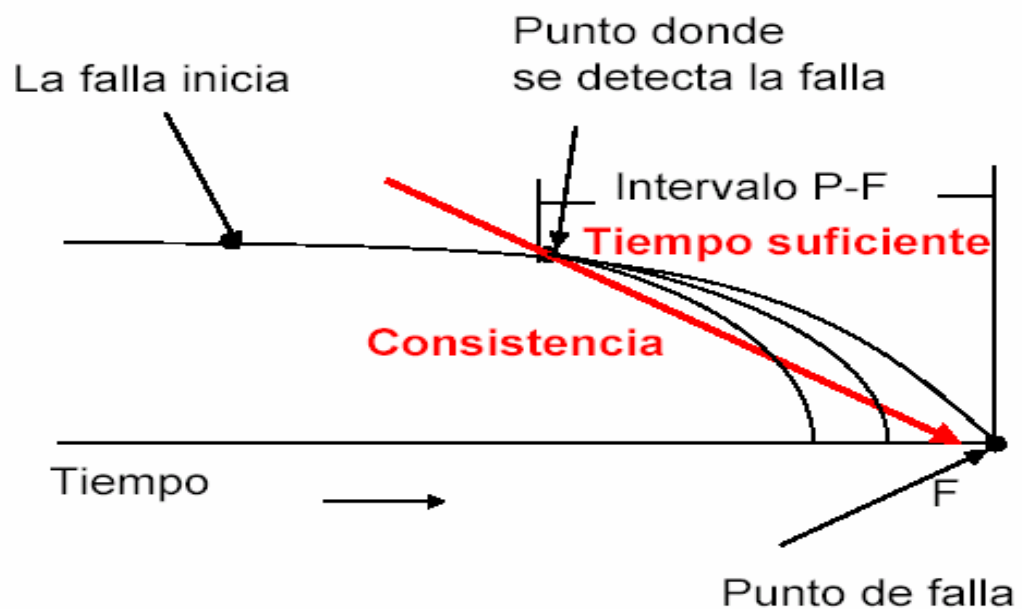


Figura 6. Intervalo P-F

#### 4.5.2 Tareas “a falta de”

Anteriormente se mencionó que si no se puede hallar una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que merezca la pena ser realizada para un modo de falla cualquiera, la acción “a falta de” que debe ser realizada está regida por las consecuencias de la falla así:

- Si no es posible una tarea proactiva que reduzca el riesgo de la falla múltiple asociada con la función oculta a un nivel tolerablemente bajo, entonces se debe realizar periódicamente una tarea de búsqueda de falla. Si no es posible una tarea de búsqueda de falla apropiada, la decisión “a falta de” puede resultar en la posibilidad de un rediseño.
- Si no es posible una tarea proactiva que reduzca el riesgo de una falla que podría afectar la seguridad o el medio ambiente a un nivel tolerablemente bajo, obligatoriamente debe ser rediseñado el componente o el proceso.
- Si no es posible una tarea proactiva que cueste menos, a través de un período de tiempo, que una falla que tiene consecuencias operacionales, la decisión “a falta de” es no realizar mantenimiento programado.
- Si no es posible una tarea proactiva que cueste menos, a través de un período de tiempo, que una falla que tiene consecuencias no operacionales, la decisión “a falta de” es no realizar mantenimiento programado.



RCM reconoce 3 categorías de acciones “a falta de”:

- **Búsqueda de fallas:** son tareas para revisar las funciones periódicamente para determinar si han fallado, diferente a las tareas basadas en condición que implica en revisar algo para ver si está por fallar.
- **Rediseñar:** significa hacer cambios a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y cambio a los procedimientos.
- **Mantenimiento no programado:** aquí no se hace esfuerzo en tratar de anticipar o prevenir los modos de fallas a los que se aplican. Aquí se deja que la falla ocurra para luego repararla. Esta tarea también es conocida como mantenimiento correctivo o “a rotura”.

#### **4.5.3 Selección de Tareas en RCM**

Una fortaleza de RCM es la forma en que provee criterio simple, precisos y fáciles para decidir cual de las tareas proactivas es técnicamente factible y determinar quien debe hacerla y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no depende de la característica de la tarea y de la falla que pretende prevenir. Si vale la pena hacerla o no depende de la consecuencia de la falla. De no hallarse una tarea

proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tomarse una acción “a falta de” adecuada. En esencia, el proceso de selección de tarea es el siguiente:

- Para faltas ocultas, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiples asociados a esa función a un nivel tolerable. Si esto no es posible se debe realizar una tarea de búsqueda de falla y si tampoco se puede ésta, la decisión “a falta de” es que el componente sea rediseñado (Dependiendo de las consecuencias e la falla).
- Para fallas con consecuencias ambientales ó de seguridad, la tarea proactiva vale la pena si reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo o lo elimina, de lo notario, el componente debe ser rediseñado o modificar el proceso.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, la tarea proactiva vale la pena si el costo de realizarla en un periodo tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo. Si no se justifica, la decisión “a falta de” es ningún mantenimiento programado.
- Si la falla tiene consecuencias no operacionales, la tarea proactiva solo vale la pena si el costo de la tarea en un periodo de tiempo en menor al costo de reparación en el mismo periodo. De no ser así, la “la tarea de “es ningún mantenimiento programado. Este enfoque hace que las tareas proactivas

solo se definan para las fallas que realmente lo ameriten, lo que logra reducir la carga de trabajo rutinario y un mantenimiento más efectivo.

#### **4.6 Planes de Mantenimiento.**

Es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas. Se pueden establecer dos enfoques de plan de mantenimiento a saber:

##### **4.6.1 Plan estratégico**

Es el plan corporativo o divisional que consolida las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimiento mayor en un periodo determinado y que determina el nivel de inversión y de recursos que se requiere para ejecutar dicho plan.

##### **4.6.2 Plan operativo**

es el plan por medio del cual se definen y establecen todos los parámetros de cómo hacer el trabajo, es decir, se relacionan con el establecimiento de objetivos específicos, medibles y alcanzables que las divisiones, los

departamentos, los equipos de trabajo y las personas dentro de una organización deben lograr comúnmente a corto plazo y en forma concreta.

Los planes operativos se emplean como instrumento de implementación a corto plazo para la consecución de los objetivos de cada una de las acciones que conforman los planes estratégicos que por sí solos no pueden garantizar el éxito de su ejecución.

## 5. APLICACIÓN DEL DIAGRAMA DE DECISIONES Y LA HOJA DE INFORMACIÓN

La aplicación del Diagrama de decisiones de RCM, el cual se ilustra en la Figura 7 , permite dar respuesta a cada una de las preguntas que se formulan, en cuanto a qué mantenimiento rutinario hay que realizar (si es que se necesita), con qué frecuencia, y quién lo realizará. Adicionalmente, da respuesta en cuanto a qué fallas justifican un rediseño, y en qué casos se decide deliberadamente dejar que ocurran las fallas.

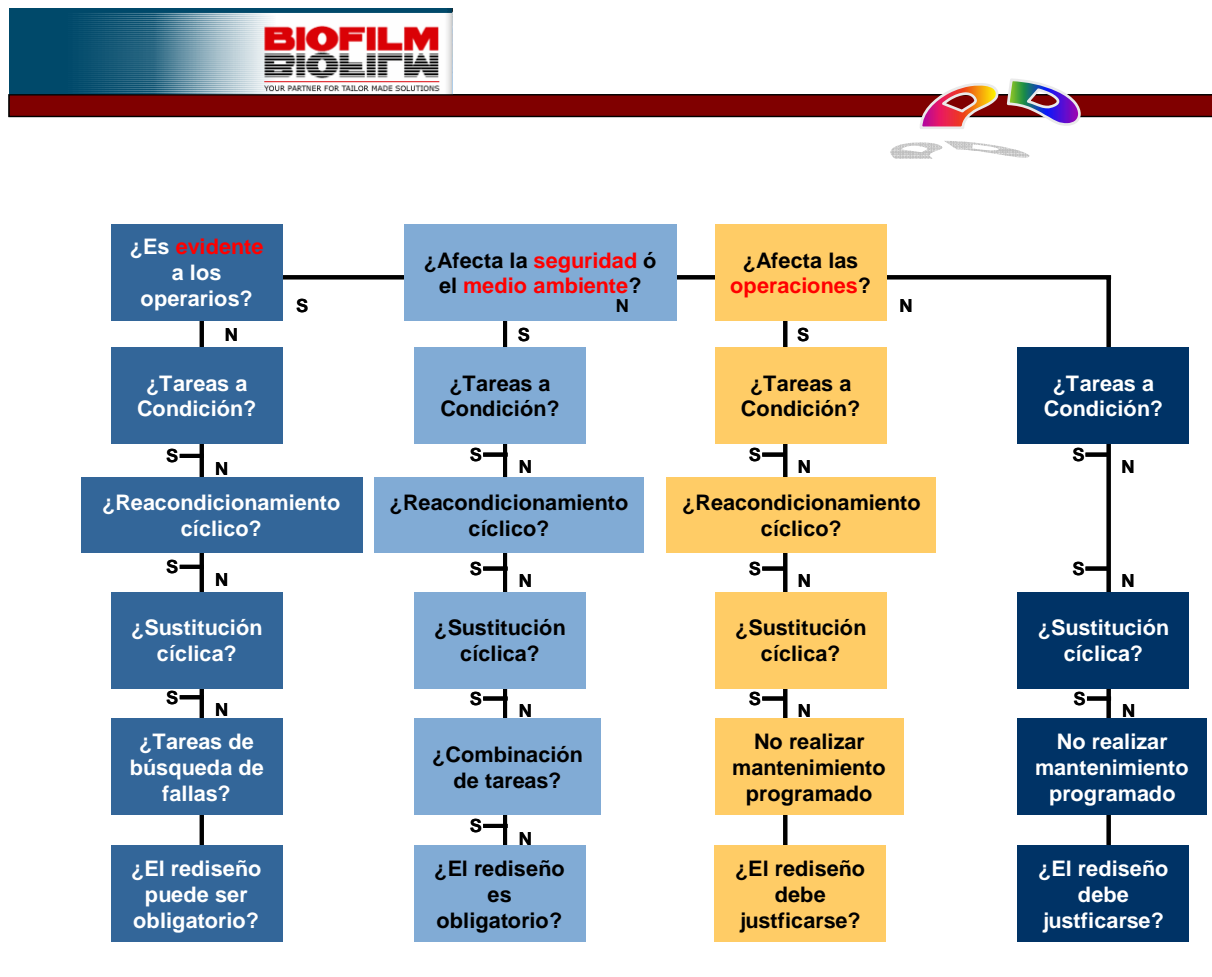


Figura 7. Diagrama de Decisiones. DD

El DD se trabaja en conjunto con la Hoja de Información de RCM, la cual se muestra en la gran tabla de anexo .

La primera sección de la Hoja de información, correlaciona los datos de Función, Falla Funcional y Modo de Falla.

Las siguientes secciones de la Hoja de Información, relacionan las consecuencias de falla así como la tarea de mantenimiento, luego se define una frecuencia con la que debe hacerse y el tipo de ejecución y finalmente todo lo que tiene que ver con los recursos requeridos para la ejecución.

La información que se registra en las Hojas de Información , son fácilmente manejadas en una Base de Datos computarizada, y es recomendable que así se haga, ya que la cantidad de información que se puede llegar a manejar es elevada, dependiendo del número de activos que hagan parte del sistema analizado. Igualmente, la posterior revisión, análisis y actualización de la información en el computador es mucho más fácil de manejar, y más confiable.

## **CONCLUSIONES**

El trabajo de la presente monografía permitió revisar las zonas de regranulación de la empresa BIOFILM S.A., analizar el historial de fallas de sus equipos y sistemas operativos, y determinar los activos más críticos desde el punto de vista de afectación de la producción, deterioro en la calidad de los productos producidos, y la seguridad de las personas y las instalaciones de la planta, debido a la cantidad y tipo de fallas presentadas.

La aplicación del RCM debe ser realizada en sistemas donde el riesgo así lo justifique, los sistemas de baja criticidad deben ser estudiados con herramientas más simples.

Se pudo evidenciar que las prácticas actuales de mantenimiento de la empresa, mayormente de tipo preventivo y predictivo han tenido un comportamiento satisfactorio a lo largo del tiempo, sin embargo no se establece una identificación clara de las fallas de algunos sistemas, ni existe una metodología y procedimientos para la búsqueda de soluciones efectivas a cada una de las fallas cuando se presentan.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y hacen parte de las metas de los programas de mejora planteados por la empresa BIOFILM S.A. La implantación de RCM proveerá un marco de trabajo paso a paso efectivo, promoverá la participación de todo el que tenga algo que ver con los equipos de proceso, y permitirá en últimas, llevar la gestión de Mantenimiento de la empresa a tipo "CLASE MUNDIAL".

## BIBLIOGRAFÍA

[http: // www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)

[http: // www.aciem.org](http://www.aciem.org)

Memorias MInor en Mantenimiento Industrial

PARRA MARQUEZ, Carlos Alberto. Seminario: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, postgrado en Gerencia de Mantenimiento(2001)

PEREZ J, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento – Sistemas de Información. Soporte y Cia Ltda – Colombia

RCM2 – Reliability – Centered – Maintenance. Aladon, Inglaterra

MOUBRAY, John. Reliability-centered Maintenance. Nueva York : Industrial Press, 1997.



## **ANEXOS**