

**MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO A LA EMPACADORA MERELLO
ME-104 BASADO EN RCM**

**HELVER MAURICIO AGUIRRE VERA
CESAR IVAN BONILLA ESCOBAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2010

**MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO A LA EMPACADORA MERELLO
ME-104 BASADO EN RCM**

**HELVER MAURICIO AGUIRRE VERA
CESAR IVAN BONILLA ESCOBAR**

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**Director: Daniel Ortiz Plata
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010**

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	16
1. DESCRIPCION DE INDUSTRIAS SPRING S.A.	17
1.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	17
1.2 POLITICAS CORPORATIVAS	18
1.2.1 Política de calidad.....	18
1.2.2 Misión	19
1.2.3 Visión.....	19
1.3 ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS SPRING S.A.	20
1.4 LA EMPRESA Y SUS PROCESOS.....	21
1.4.1 Situación actual	21
1.4.2 Mapa de procesos planta cota Industrias Spring S.A.	23
1.5 MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS SPRING S.A.	23
1.5.1 Misión de mantenimiento	23
1.5.2 Visión de mantenimiento.....	24
1.6 DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO	24
1.6.1 Mantenimiento correctivo	24
1.6.2 Mantenimiento preventivo	26
1.6.3 Sistema de información	28
2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM	30
2.1 ORIGENES DEL RCM	30
2.2 QUE ES EL RCM	31
2.3 PERSONAL INVOLUCRADO EN EL RCM.....	32
2.3.1 Equipos naturales de trabajo	32
2.3.2 Los facilitadores.....	33
2.3.3 Los auditores	34

2.4 RAZONES PARA APLICAR EL RCM.....	35
2.5 BENEFICIOS DE APLICAR EL RCM	36
2.5.1 Mayor seguridad y protección del entorno debido a	36
2.5.2 Mejores Rendimientos operativos debido a	36
2.5.3 Mayor contención de los costos de mantenimiento, debido a	37
2.5.4 Amplia base de datos de mantenimiento, que.....	38
2.5.5 Mayor motivación de las personas en particular	38
2.5.6 Mejor trabajo de grupo	38
2.6 APLICACIÓN DEL RCM.....	39
2.6.1 Metodología	39
2.6.2 Herramientas claves	40
2.6.3 Definición del contexto operacional.....	42
2.7 PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL RCM.....	43
2.7.1 Funciones y sus estándares de funcionamiento.....	43
2.7.2 Fallas funcionales	44
2.7.3 Modos de fallas.....	45
2.7.4 Efectos de las fallas	46
2.7.5 Consecuencias de las fallas.....	46
2.7.6 Tareas preventivas	48
3. CONFIABILIDAD OPERACIONAL	50
3.1 DEFINICION CONFIABILIDAD OPERACIONAL	50
3.2 CONCEPTOS DE CONFIABILIDAD HUMANA	55
3.3 CONFIABILIDAD DE EQUIPOS.....	58
3.4 CONFIABILIDAD DE PROCESO	59
3.5 MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS	60
4. CONTEXTO OPERACIONAL Y DEFINICION DE FUNCIONES	62
4.1 DIAGRAMA JERARQUICO DE EQUIPOS	62
4.2 EMPACADORA MERELLO ME-104.....	63
4.3 DESCRIPCION GENERAL DE LA MAQUINA.....	64
4.4 CONDICIONES PARA PUESTA EN PRODUCCION	65
4.5 DESCRIPCION DE GRUPOS DE LA EMPACADORA ME-104.....	66
4.5.1 Grupo de bobinado	67

4.5.2 Grupo estructura.....	68
4.5.3 Grupo Neumático.....	70
4.5.4 Grupo de corte y sellado central.	71
4.5.5 Grupo de corte y sellado lateral	72
4.5.6 Grupo ajuste lateral inicial.....	73
4.5.7 Grupo ajuste lateral final	74
4.5.8 Grupo prensas 1 y 2	76
4.5.9 Grupo prensa 3.....	77
4.5.10 Grupo de Bandas.....	78
4.5.11 Grupo eléctrico y de control	79
4.6 DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	81
4.7 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS SUBSISTEMAS	82
5. ENFOQUE GERENCIAL DEL MODELO RCM	83
5.1 ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE PROCESO	83
5.2 ANALISIS DE CONFIABILIDAD HUMANA.....	83
5.3 ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO	84
5.4 ANALISIS DE MANTENIBILIDAD DEL EQUIPO	84
5.5 DEFINICION DE LA MATRIZ DE RIESGOS	84
5.5.1 Fases para le elaboración de la matriz de riesgos	85
5.5.2 Matriz de riesgos para el análisis de los efectos de la empacadora Merello ME-104	85
5.6 CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO DE FACILITADORES EN RCM.....	86
5.7 ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO OBTENIDAS A PARTIR DEL DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	87
6. CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFIA.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Industrias Spring S.A.....	20
Figura 2. Mapa de procesos planta cota.....	23
Figura 3. Diagrama de flujo mantenimiento correctivo	26
Figura 4. Diagrama de flujo mantenimiento preventivo	28
Figura 5. Equipos naturales de trabajo	33
Figura 6. Equipos de trabajo y resultados.....	34
Figura 7. Diagrama de bloques metodología RCM II	42
Figura 8. Confiabilidad operacional.....	50
Figura 9. Confiabilidad operacional y sus cuatro parámetros operativos.....	52
Figura 10. Cultura de la confiabilidad	54
Figura 11. Elementos de la confiabilidad humana.....	56
Figura 12. Estrategias de confiabilidad humana	57
Figura 13. Confiabilidad integral del activo.....	61
Figura 14. Jerarquía planta cota Industrias Spring S.A.	62
Figura 15. Empacadora Merello ME-104	63
Figura 16. Jerarquía empacadora Merello ME 104	63
Figura 17. Esquema de los grupos de la empacadora ME-104.....	67
Figura 18. Grupo bobinado	68
Figura 19. Grupo estructura.....	69
Figura 20. Grupo Neumático.....	70
Figura 21. Grupo de corte y sellado central	72
Figura 22. Grupo de corte y sellado lateral	73
Figura 23. Grupo ajuste lateral inicial.....	74
Figura 24. Grupo ajuste lateral final	75
Figura 25. Grupo prensas 1 y 2	76
Figura 26. Grupo prensa 3.....	77
Figura 27. Grupo de Bandas.....	79
Figura 28. Grupo Eléctrico y de Control	81

Figura 29. Esquema Entradas y salidas.....	81
Figura 30. Esquema de Bloques de los Subsistemas	82
Figura 31. Esquema de elaboración de la matriz de riesgos	85
Figura 32. Diagrama capacitación y entrenamiento en RCM	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grupo bobinado	68
Tabla 2. Grupo estructura	69
Tabla 3. Grupo neumático	70
Tabla 4. Grupo de corte y sellado central	71
Tabla 5. Grupo de corte y sellado lateral	73
Tabla 6. Grupo ajuste lateral inicial	74
Tabla 7. Grupo ajuste lateral final	75
Tabla 8. Grupo prensas 1 y 2	76
Tabla 9. Grupo prensa 3	77
Tabla 10. Grupo de bandas	79
Tabla 11. Grupo eléctrico y de control	80
Tabla 12. Matriz de riegos empacadora Merello ME-104.....	86

GLOSARIO

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF): Análisis usado para determinar qué partes fallan, por qué ellas usualmente fallan, y qué efectos sus fallas tienen en el sistema. Es un elemento del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

CONTEXTO OPERACIONAL: Descripción de las circunstancias en las que opera un activo físico o sistema

EFFECTO DE LA FALLA: Lo que sucede cuando ocurre un modo de falla

FALLA OCULTA: Un modo de falla que no será evidente por sí mismo para los operarios en circunstancias normales

FUNCIÓN(ES) PRIMARIA(S): La función que constituya la razón principal por la que el propietario o usuario adquirió un activo físico o sistema.

FUNCIÓN(ES) SECUNDARIA(S): Funciones que debe cumplir un activo físico o sistema además de sus funciones primarias, como aquellas que se necesitan para cumplir con requerimientos regulatorios y aquellos que se relacionan con temas de protección, control, contención, confort, apariencia, integridad estructural, y eficiencia energética.

FUNCIONES: Lo que el propietario o usuario quiere que el activo físico o sistema haga

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM): Proceso usado para establecer una estrategia de mantenimiento. Identificando que tareas realizar, cuando tomarlas para reducir la probabilidad de falla y cuales son más costos efectivos. Busca una mezcla optima de tareas a condición, tareas preventivas, tareas de búsqueda de fallas, rediseño o correr a falla

MODO DE FALLA: Un evento singular que causa una falla funcional

REDISEÑO: Cualquier acción tomada para cambiar la configuración física de un activo o sistema (modificación), para cambiar el contexto operativo del activo o sistema, para cambiar el método usado por el operador o persona de mantenimiento para hacer una tarea, o para cambiar la capacidad de un operador o persona de mantenimiento (capacitación)

TAREA A CONDICIÓN: Una tarea programada usada para determinar si ha ocurrido una falla potencial (controla si el elemento está fallando o en vías de fallar).

TAREA DE REACONDICIONAMIENTO PROGRAMADO O CÍCLICO (REPARAR A INTERVALOS FIJOS): Una tarea que restaura la capacidad inicial de un elemento o componente a una edad determinada (o antes de la misma) sin importar el estado en que se encuentre en ese momento.

TAREA DE SUSTITUCIÓN CÍCLICA: Una tarea que implica descartar un elemento o componente a una edad determinada (o antes de la misma) sin importar el estado en que se encuentre en ese momento

TAREA PREVENTIVA: Tarea de reacondicionamiento programado o sustitución cíclica en un activo físico o sistema

RCM: Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)
FMEA: Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de modos y efectos de fallas)

DISPONIBILIDAD: Indicador de mantenimiento, que corresponde al porcentaje del tiempo que un equipo o ubicación técnica está disponible para operación.

EQUIPO: Medio físico utilizado para prestar un servicio a la materia prima y/o un requerimiento.

INSPECCION: Examinar, verificar y / o establecer condiciones y estados de un equipo.

ORDEN DE TRABAJO: Documento que se emite para ordenar la ejecución de un trabajo y en el que se consignan los recursos, repuestos, costos planeados y causados, las operaciones de mantenimiento y su fecha de ejecución.

PROCEDIMIENTO: Una manera especificada de efectuar una actividad.

PROCESO: Un conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforma entradas en salidas.

TAREA: Conjunto de actividades que se necesitan ejecutar dentro de un determinado Procedimiento de Operación.

RESUMEN

TITULO: MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO A LA EMPACADORA MERELLO ME 104 BASADO EN RCM*

AUTORES: HELVER MAURICIO AGUIRRE VERA, CESAR IVAN BONILLA ESCOBAR.**

PALABRAS CLAVES: EMPACADORA, GESTIÓN, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD OPERACIONAL, MANTENIBILIDAD, FUNCIONES, PLAN DE MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Esta monografía, busca crear un modelo de gestión de mantenimiento que permita tener control y gestión sobre la confiabilidad operacional, empleando el concepto de confiabilidad del proceso, del equipo y del ser humano.

El proyecto se desarrolla por la confiabilidad que se requiere del equipo, además porque es importante iniciar con el mejoramiento de la gestión de mantenimiento en uno de los equipos en los cuales se necesita de mayor disponibilidad por la función que realiza, donde no solo es significativo encontrar las tareas de mantenimiento a la empacadora, sino obtener una estructura para lograr las estrategias de mantenimiento más adecuadas y así poder administrar la gestión de mantenimiento.

El objeto de investigación del proceso de empaque de la compañía Industrias Spring S.A. - Cota; es aplicar la metodología RCM con la cual se pretende estudiar y evaluar las posibles fallas funcionales y ocultas deducidas de las diversas funciones encontradas por cada grupo dentro del proceso, con el objetivo de analizar las potenciales causas y efectos de fallas, generando así las tareas, rutinas e inspecciones con el fin de garantizar un proceso productivo, confiable y rentable tanto para el área de producción como para el de mantenimiento.

Con la técnica RCM se obtiene el plan de mantenimiento de la empacadora, el cual permite desarrollar el modelo de gestión de mantenimiento del equipo, basado en los conceptos de la confiabilidad operacional y los otros factores que la componen como la confiabilidad humana, la confiabilidad de proceso, la confiabilidad de equipo y la mantenibilidad.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Daniel Ortiz Plata, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: RCM BASED MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL FOR MERELLO M-104 WRAPPER*

AUTHORS: HELVER MAURICIO AGUIRRE VERA, CESAR IVAN BONILLA ESCOBAR.**

KEYWORDS: WRAPPER, MANAGEMENT, MAINTENANCE, OPERATIONAL RELIABILITY, MAINTAINABILITY, FUNCTIONS, MAINTENANCE PLAN.

DESCRIPTION/ CONTENT: The purpose of this monograph is to create a maintenance management model which allows to monitor and manage the operational reliability by employing the concept of process, equipment, and human resource reliability.

The project is justified by the need for equipment reliability and by the importance of improving maintenance management of one specific piece of equipment because a greater availability of its function is required. Therefore, finding wrapper maintenance tasks and obtaining a structure to achieve the most adequate maintenance strategies are both significant goals, which provide for maintenance management.

The research of the wrapping process in the company Industrias Spring S.A. - Cota intends to apply the RCM methodology in order to examine and assess the potential functional and hidden failures found by each team in the process, with the aim of analyzing possible causes and effects of such failures, and thus generate the tasks, routines and inspections necessary to ensure a productive, reliable, and cost-effective process both for the production and the maintenance areas.

Using the RCM technique, a wrapper maintenance plan under which the management model for equipment maintenance can be prepared based on the operational reliability notion and other factors of said technique such as human reliability, process reliability, equipment reliability, and maintainability.

* Monograph

** School of Physical-Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management, Director: Daniel Ortiz Plata, Mechanical Engineer.

INTRODUCCION

En las plantas productivas se presentan variables que determinan la criticidad de los procesos y de los equipos, dos de estas son la existencia de un solo equipo para una función específica y la organización del mantenimiento industrial. En la empresa Industrias Spring S.A. el equipo con mayor criticidad desde el concepto de proceso es la empacadora de colchones, dado que esta es la única maquina que entrega el producto final, al área de distribución, desde el concepto del mantenimiento en Industrias Spring S.A. se requiere trabajar el tema de la máxima disponibilidad de la empacadora. Para esto es importante explorar técnicas de mantenimiento como el RCM, que permitirá maximizar la confiabilidad operacional del equipo en todo su contexto, a partir de la determinación de los requerimientos reales.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM es una metodología de análisis racional y estructurado que define las tareas de mantenimiento para alcanzar en forma eficiente y efectiva el plan de mantenimiento.

En el desarrollo de la confiabilidad operacional se hace importante vincular al personal que interviene con su conocimiento, porque permite definir un escenario más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones, logrando que estos tengan una mayor probabilidad de éxito, ya que el conocimiento, la experiencia, el trabajo en equipo, y la interacción, aportan en el desarrollo y en el análisis de un sistema de información que busca convertirse en un modelo ideal de la gestión de mantenimiento basado en RCM.

Con el desarrollo de la técnica RCM se obtiene el modelo de gestión y el plan de mantenimiento de la empacadora Merello ME-104. El cumplimiento de este objetivo permite construir una alta confiabilidad de proceso y de equipo en la empacadora.

1. DESCRIPCION DE INDUSTRIAS SPRING S.A.

Spring es la fábrica de colchones con mayor trayectoria en el mercado, y cuenta con cerca de 50 años de experiencia. Nuestra organización la conforman 330 empleados trabajando en función del cliente. Es una empresa nacional, con proyección internacional.

Industrias Spring, es la única fábrica integrada verticalmente ciento por ciento, así construimos y garantizamos la calidad de cada uno de nuestros productos en todas las etapas del proceso; de este modo, iniciamos nuestros procesos desde que llega la materia prima en su estado primario, hasta transformarla en productos de excelente calidad. Para ello contamos con una de las mas modernas plantas del país que está conformadas por: Resortes, Microlink, Terminado y carpintería.

Los productos Spring son fabricados bajo normas ICONTEC. Adicionalmente, como miembros activos de ISPA (International Sleep Products Association), podemos garantizar la permanente actualización e innovación en productos.

1.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Industrias Spring S.A. empresa dedicada a la fabricación y comercialización de soluciones para el buen dormir está ubicada en el departamento de Cundinamarca a las afueras de la ciudad de Bogotá, específicamente en la autopista Medellín 2.2 kilómetros al occidente del río Bogotá costado norte, Spring hace presencia en todo el territorio colombiano mediante su cadena de abastecimiento y concentra

sus operaciones de comercialización en las principales ciudades del país, brindando una gran cobertura a nivel nacional, mediante sus canales de distribución.

1.2 POLITICAS CORPORATIVAS

1.2.1 Política de calidad. *Industrias Spring S.A. como líder del mercado orientará todas sus actividades y funciones al mejoramiento continuo de los productos, procesos y servicios enfocadas al cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes Externos e Internos, a través del Recurso humano con compromiso, participación, trabajo en equipo, uso de la inteligencia colectiva y en constante desarrollo; teniendo como marco de referencia los siguientes principios para orientar nuestras acciones:*

Conformidad: Es política de industrias Spring S.A. que las materias primas, productos, procesos y servicios cumplan las Normas establecidas de desempeño, confiabilidad y calidad.

Entrega: Es política de industrias Spring S.A. que los productos y/o servicios estén a tiempo, en las cantidades y referencias adecuadas y en el lugar preestablecido más cercano a donde el cliente lo requiera.

Comunicación: Es política de Industrias Spring S.A. orientar todas las comunicaciones recibidas hacia la obtención de respuestas y soluciones efectivas basadas en hechos y datos, para la satisfacción de los clientes Externos e Internos.

Atención al cliente: Es política de Industrias Spring S.A. responder de una manera efectiva y rápida las inquietudes de producto y servicio de los clientes.

Proveedores: Es política de Industrias Spring S.A. desarrollar proveedores con una relación a largo plazo, que sean aliados nuestros, nos ofrezcan las mejores condiciones técnicas y comerciales, con una rentabilidad mutua y en un entorno de mejoramiento continuo.

1.2.2 Misión. *Industrias Spring, desarrolla, produce y comercializa soluciones innovadoras para el buen dormir, para los estratos socioeconómicos del 2 al 6, a través de diferentes marcas, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes distribuidores y de los consumidores.*

Se generan experiencias memorables que garanticen la lealtad de nuestros consumidores a lo largo de sus vidas.

Se crea valor a los accionistas, a través de una rentabilidad superior a la que ofrece el mercado financiero.

1.2.3 Visión. *Spring, seguirá siendo reconocida como la marca líder, innovadora y aspiracional del mercado nacional. Tendremos la mejor proposición de valor para nuestros clientes y consumidores a lo largo de sus vidas.*

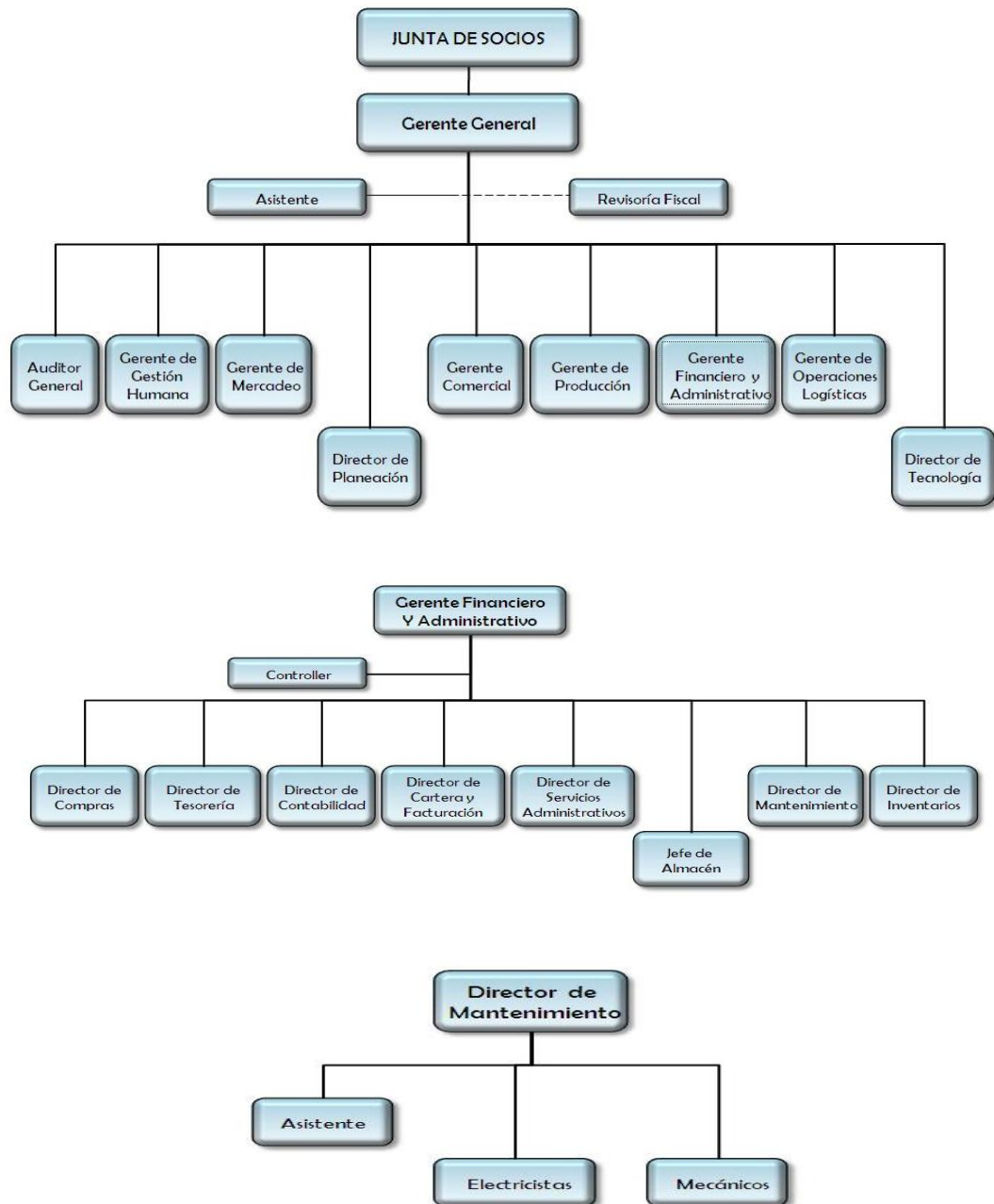
Se Desarrollaran mercados diferentes a Colombia de forma que en el 2010, el 10% de nuestra producción corresponda a la exportación.

Industrias Spring S.A. será para los diferentes distribuidores, el mejor socio estratégico de nuestra categoría, logrando un crecimiento rentable y sostenible¹.

¹ Manual de políticas. Industrias Spring S.A.

1.3 ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS SPRING S.A.

Figura 1. Organigrama Industrias Spring S.A.



Fuente: Industrias Spring S.A.

1.4 LA EMPRESA Y SUS PROCESOS

1.4.1 Situación actual. Industrias Spring S.A. es reconocida como marca líder en el sector de los colchones por que produce y comercializa soluciones innovadoras hacia el buen dormir. Para lograr esta premisa Industrias Spring S.A. cuenta con seis plantas donde se producen todos los subensambles, que conforman el colchón. La distribución del producto final está centrada en cinco ciudades estratégicas del país.

En la planta de Fielgon, se utilizan fibras naturales para la elaboración del producto final, su tratamiento se divide en dos procesos, en el primero de ellos se da tratamiento al fique, que es una fibra que inicia su tratamiento con el proceso de corte, y luego es abierto el material para posteriormente ser laminada junto con una película plástica por medio de un proceso de apunzonado a fin de obtener un rollo de fique laminado. En el segundo se procesa algodón donde el material es abierto y cargado a un dosificador que lo envía a una carda la cual genera un velo de algodón que es laminado sobre los rollos de fique elaborados en el primer proceso y obtener de esta manera el rollo de microlink que es el producto final de esta planta.

En la planta de resortes se realiza la estructura metálica del colchón donde la materia prima es resorte, alambre calibre 17, 8 y 6, el proceso inicia con la elaboración del panel por medio de la unión de los resortes con un espiral en una maquina ensambladora, también se endereza y corta la varilla para doblar y soldar los marcos y hacer los laterales. Una vez obtenido el panel de la medida deseada se le montan los marcos y laterales mediante un proceso de enmarcado que permite la unión de estos elementos y dan rigidez al perímetro de la estructura, para obtener el producto final.

En la planta de costura se realizan los forros del colchón, la materia prima utilizada en este proceso es tela, espuma, guata, hilo y las marquillas que van montadas

sobre la tapas acolchadas, el proceso inicia con el acolchado de la tela junto con la guata y espuma donde se obtienen las tapas que son fileteadas y encintadas para obtener el forro con la maquilla que identifica junto con el diseño del acolchado la referencia del colchón que será ensamblado.

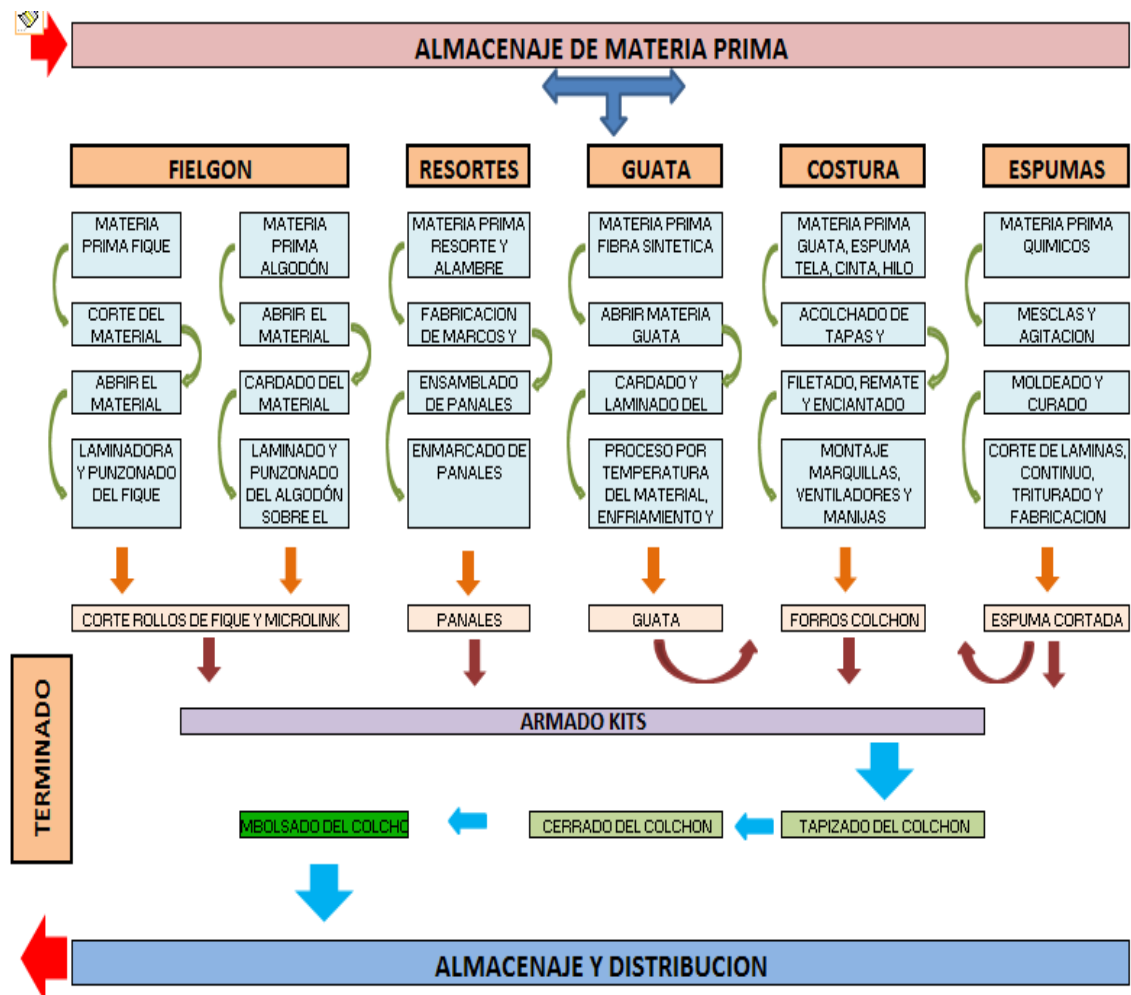
En la planta de guata se elabora una de las materias primas para el acolchado, en la elaboración de este producto se utilizan fibras sintéticas que son abiertas, cardadas y se someten a un proceso térmico para obtener los rollos de guata, producto que pasa a ser procesado en la planta de costura.

En la planta de espumas se elabora la espuma para el proceso de acolchado y terminado mediante la utilización de químicos que son mezclados en un reactor para obtener los bloques de espuma ya sea cilíndrico o cuadrado y que posteriormente serán cortados de acuerdo al requerimiento y al proceso del cual van a hacer parte.

En la planta de terminado es donde se realiza el ensamble a partir del producto final obtenido en las 5 plantas anteriormente mencionadas, el proceso inicia con la unión de los subensambles para armar los kits que son transportados a cada uno de los puestos de trabajo mediante una banda para ser tapizados, cerrados, empacados y finalmente almacenados y distribuidos al cliente final.

1.4.2 Mapa de procesos planta cota Industrias Spring S.A.

Figura 2. Mapa de procesos planta cota



Fuente: Los autores

1.5 MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS SPRING S.A.

1.5.1 Misión de mantenimiento. En el departamento de mantenimiento brinda soluciones eficientes y ágiles a cada uno de los requerimientos que se presentan tanto en los equipos como en los procesos de la compañía, utilizando siempre las

herramientas adecuadas y generando compromiso del recurso humano y análisis de las acciones realizadas.

Mantenimiento siempre busca la conformidad y satisfacción del cliente, enfocado en la mejora continua y en un sistema integral de la gestión de mantenimiento.

1.5.2 Visión de mantenimiento. El departamento de mantenimiento será reconocido como un área líder, eficiente, innovadora y competente dentro de la compañía, viéndose reflejada en la productividad y los altos niveles de calidad alcanzados dentro del proceso.

Llegando a hacer uno de los departamentos más destacados comprometiendo al personal con un firme sentido de pertenencia que permita trabajar en equipo buscando la mejora continua del departamento.

1.6 DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

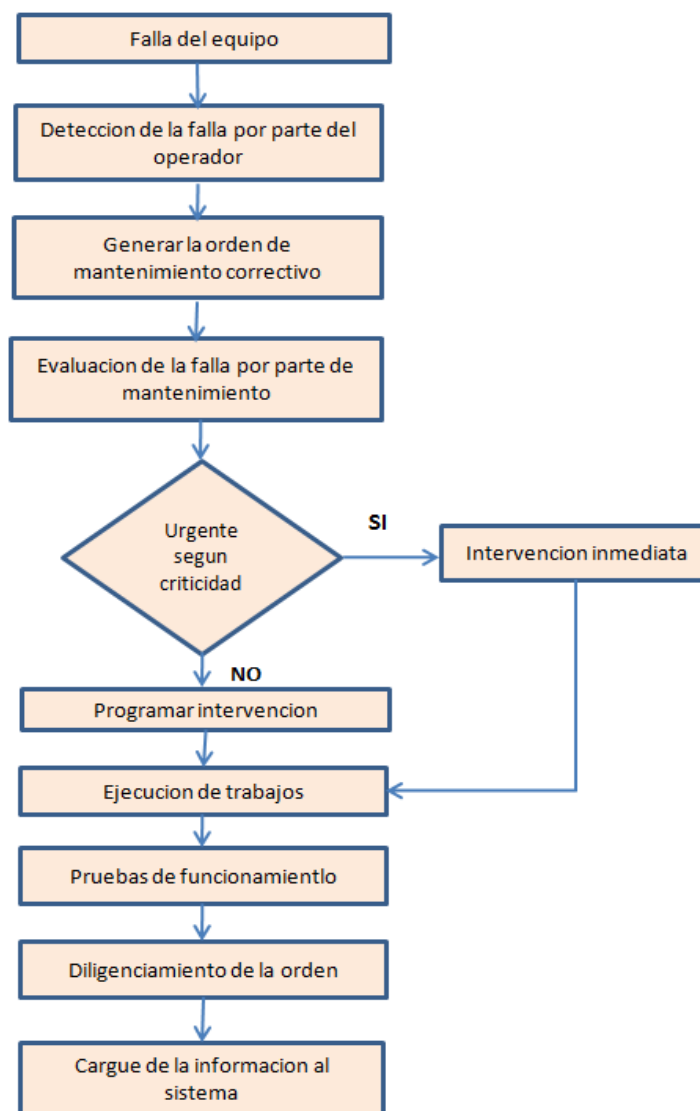
1.6.1 Mantenimiento correctivo. En Industrias Spring S.A. se trabaja bajo los conceptos de mantenimiento correctivo y preventivo, en la actualidad se hace uso del mantenimiento correctivo en un 60%, el otro 40% se trabaja de forma preventiva, en el mantenimiento correctivo las fallas son reportadas por el supervisor de producción mediante la orden de mantenimiento para ser ejecutadas por el mecánico o eléctrico según la necesidad del requerimiento y su proceso es el siguiente:

- Falla del equipo: cuando se presenta una falla, en este caso el equipo no cumple con la función para la cual fue diseñado y es detectada por el operador, este debe informar inmediatamente al supervisor de producción quien genera la OTMC.
- Generar la orden de mantenimiento correctivo: El supervisor realiza la inspección con el fin de conocer el daño y la posible causa para generar la

orden de mantenimiento, que es diligenciada inicialmente por el supervisor de producción incluyendo datos como: nombre del equipo, código, fecha, hora, y la falla que presenta el equipo, para ser entregada al personal de mantenimiento.

- Evaluación de la falla: una vez entregada la orden de mantenimiento correctivo al mecánico o eléctrico, esta es evaluada para determinar la causa y procedimiento para eliminar la falla, puede ser necesario, cambio de repuestos, ajustes del mecanismo o calibración del mismo.
- Intervención del equipo: El mecánico de mantenimiento o electricista realiza la intervención del equipo, se hacen los ajustes y cambios necesarios para que el equipo funcione correctamente.
- Pruebas de funcionamiento: el mecánico o electricista de mantenimiento realiza las primeras pruebas y verifica el comportamiento del equipo, para ser entregado al operador quien recibe y continúa su operación. El mecánico o eléctrico acompaña el arranque del equipo y lo entrega a conformidad al operador.
- Diligenciamiento de la orden: el personal de mantenimiento que intervino en la reparación del equipo diligencia el formato de mantenimiento, informando el procedimiento realizado al equipo y la posible causa por la cual sucedió el daño, adicionalmente diligencia la hora de inicio y cierre de la orden, con las firmas del operario y supervisor de producción.
- Cargue de la orden al sistema: la orden de mantenimiento correctivo es cargada en el software de mantenimiento (Factory) donde se diligencian todos los datos por los cuales se generó y causó la orden, describiendo la falla que presentó el equipo, el procedimiento que se realizó para la reparación, con el respectivo tiempo de parada de la máquina y finalmente realizar el cierre de la orden.

Figura 3. Diagrama de flujo mantenimiento correctivo



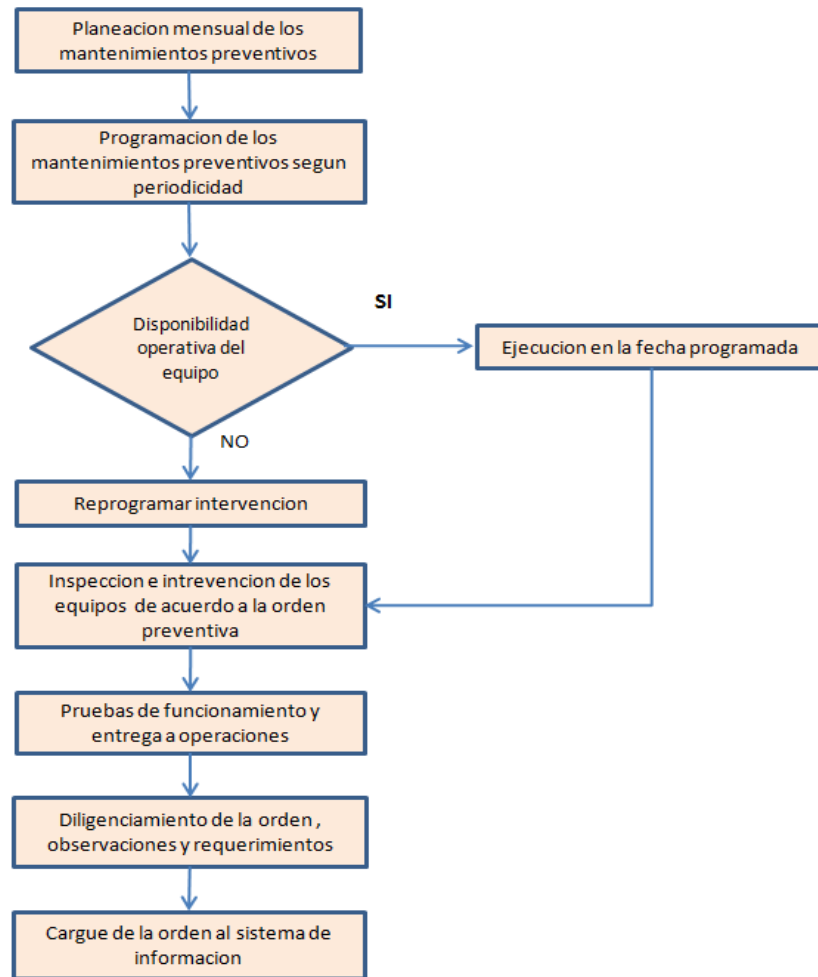
Fuente: Los Autores.

1.6.2 Mantenimiento preventivo. En la compañía los equipos tienen definida una periodicidad de inspecciones preventivas y en el software de mantenimiento existen las maestras con la información pertinente a cada equipo que hace referencia a cuáles son las partes y mecanismos a inspeccionar, el proceso que se realiza por los mecánicos y eléctricos y su ejecución es la siguiente:

- Planeación: existe una hoja de cálculo con las programaciones del mantenimiento la cual nos muestra por medio de una periodicidad ya estipulada, a que equipos corresponde realizarle las inspecciones preventivas.
- Programación: al inicio de cada mes son impresas todas las ordenes preventivas, que de acuerdo a su periodicidad deben ser ejecutadas durante el mes, cada orden es asignada a un mecánico o eléctrico según corresponda, y posteriormente la programación es enviada a los supervisores y jefes de producción con el fin de contar con la disponibilidad del equipo para la fecha programada.
- Inspección de equipos: el mecánico o electricista de mantenimiento realiza la inspección al equipo que corresponda, revisando todos los ítems que aparecen en la orden, teniendo en cuenta que en algunos de los casos hay que reemplazar piezas del equipo y las que sea necesario reemplazar y no se encuentre existencia se debe documentar y realizara la solicitud con el fin de reprogramar esta actividad.
- Verificación de funcionamiento: el mecánico o electricista de mantenimiento siempre revisa que la maquina quede trabajando en optimas condiciones después de la intervención que ha realizado, esto con el fin de evitar paradas que intervengan con la producción de la maquina.
- Diligenciamiento de formatos: el mecánico o electricista de mantenimiento diligencia la orden preventiva, estipulando la fecha, hora de inicio y hora de terminación de la orden, estos datos deben ser suficiente mente claros porque van retroalimentar en la hoja de vida, de igual manera en la misma orden deben diligenciar si hay algún repuesto pendiente y si hay que solicitarlo adicionar la información necesaria para su requerimiento.
- Cargue de la información al sistema: la información de cada una de las ordenes es cargada en el modulo de mantenimiento y si esta tiene solicitudes de repuestos, estos son solicitados al departamento de compras para que realicen su solicitud y de esta manera mantenimiento reprogramar

la nueva orden donde se registra el cambio de los repuestos y evitar el deterioro de la maquina.

Figura 4. Diagrama de flujo mantenimiento preventivo



Fuente: Los Autores.

1.6.3 Sistema de información. El mantenimiento en industrias Spring S.A. es totalmente de trabajo en planta, en otras palabras la operación está constituida por los mantenimientos correctivos y los procesos de inspección preventivos, la información que se recopila queda registrada, en el sistema de información FACTORY en el modulo de mantenimiento.

El proceso, en el sistema de información, comprende el registro de las órdenes de mantenimiento correctivo y de los mantenimientos preventivos, paralelo a esto se registran las órdenes de compra, las entradas y salidas de repuestos, como resultante de estos movimientos se tiene un inventario de repuestos.

En el sistema de información FACTORY mensualmente son creadas las órdenes de mantenimiento preventivo correspondientes al mes de ejecución, estas son generadas y el sistema arroja un consecutivo con el cual se identifica cada orden, para la creación de este proceso intervienen las maestras de mantenimiento, que es la descripción de la inspecciones preventivas tanto mecánicas como eléctricas, una vez obtenidas las ordenes son asignadas al personal de mantenimiento. En la creación de las ordenes de mantenimiento correctico se realiza el mismo proceso con la diferencia que en esta no existe una maestra de mantenimiento, sino que la fuente principal de la información es el físico de la orden generada por el supervisor de producción, que también es diligenciada por el mecánico o eléctrico de mantenimiento una vez terminada la acción correctiva, en el sistema de información se registra básicamente el daño del equipo, la acción realizada para resolver la falla, y los tiempos de ejecución de la misma.

Las entradas, salidas de repuestos, órdenes de compra y creación de nuevas referencias son procesos que se realizan también en el sistema de información, algunas de ellas son grabadas por el personal de compras, almacén general e inventarios, quienes de acuerdo a su proceso registran la información pertinente, la finalidad de estos proceso es obtener al final de cada mes un reporte de los consumos de repuestos por maquina y centro de costo al cual se causan, informes que son consolidados en un comprobante de mantenimiento el cual es soporte al área contable y como seguimiento al manejo del presupuesto.

2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM

2.1 ORIGENES DEL RCM

El mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM fue desarrollado a finales de los sesenta en un principio por la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la Nasa y privadas como la Boeing (constructor de Aviones). Desde 1974, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, ha usado el RCM, como una filosofía de mantenimiento de sus sistemas militares aéreos. El éxito del RCM en el sector de la aviación, ha hecho que otros sectores tales como el de generación de energía (plantas nucleares y centrales termoeléctricas), petroleros, químicos, gas, refinación y la industria de la manufactura, se interesen en implantar esta filosofía de gestión del mantenimiento, adecuándola a sus necesidades de operaciones.

Un aspecto importante de la filosofía del RCM, es que la misma promueve el uso de nuevas tecnologías desarrolladas para el campo del mantenimiento. La aplicación adecuada de la nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del RCM, permiten de forma eficiente, optimizar los procesos de producción y optimizar al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que trae consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico².

² AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 1

2.2 QUE ES EL RCM

Mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología del RCM es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente (de diseño) o a su confiabilidad inherente (de diseño)³.

RCM no es más que una herramienta de gestión del mantenimiento, que permitirá maximizar la confiabilidad operacional de los equipos en su contexto operacional, a partir de la determinación de los requerimientos reales de mantenimiento

El RCM es necesario porque:

- Responde a las debilidades derivadas de los enfoques tradicionales de mantenimiento.
- Facilita de manera sistemática, la determinación del enfoque óptimo que se le deben dar a los recursos de la función mantenimiento.
- Su aplicación busca definir estrategias de mantenimiento que:
- Mejoren la seguridad.
- Mejoren el rendimiento operacional de los activos.
- Mejoren la relación coste riesgo/efectividad de las tareas de mantenimiento.
- Sean aplicables a las características de una falla.
- Minimicen la ocurrencia de fallos, o al menos sean efectivas en mitigar las consecuencias una vez ocurrida la misma, es decir, un mantenimiento que funcione y sea coste-efectivo.

³ AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 4

- Sean documentadas, auditables y susceptibles de actualizar.

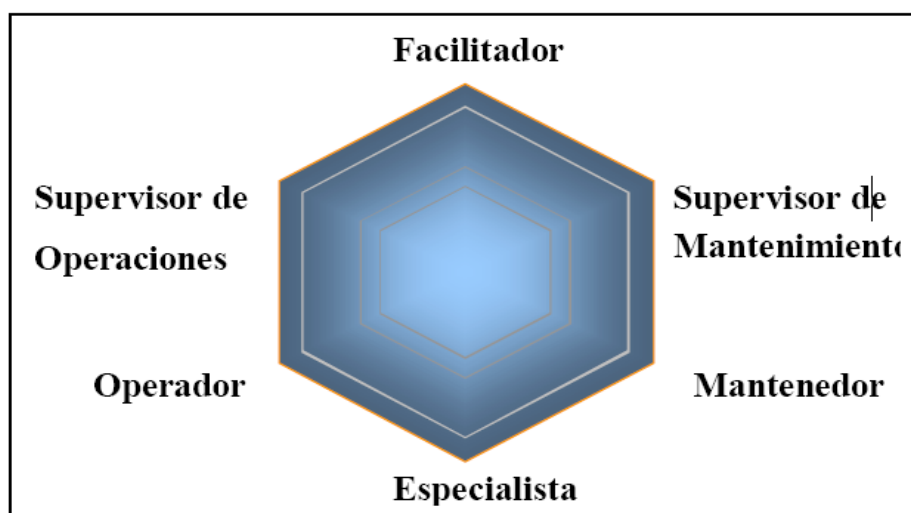
2.3 PERSONAL INVOLUCRADO EN EL RCM

2.3.1 Equipos naturales de trabajo. En la practica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas las preguntas por sí mismo, esto es porque muchas (si no la mayoría) de las contestaciones solo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Lo cual se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de los fallos y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM⁴.

⁴ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, Aladon Ltd., Buenos Aires, Enero, 2004. Pág. 17

Figura 5. Equipos naturales de trabajo



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Asheville, North Carolina, 2000.

2.3.2 Los facilitadores. Los grupos de revisión de RCM trabajan bajo el asesoramiento de un especialista bien entrenado en el RCM que se conoce como un facilitador.

Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Su papel es asegurar que:

- Se aplique el RCM correctamente (en otras palabras que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto y que todos los miembros del grupo las comprendan).
- Que el personal del grupo especialmente el de producción y mantenimiento) consigan un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore componentes o equipos críticos.
- Que las reuniones progresen de forma razonable.
- Que todos los documentos del RCM se diligencian correctamente.

2.3.3 Los auditores. Inmediatamente después de completada la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal gerente que tenga la responsabilidad total de la planta necesitara comprobar que ha sido hecha correctamente y que están de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de los fallos y la selección de las tareas. Este personal no tiene que ejecutar la intervención personalmente, sino que puede delegar en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla⁵.

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

Figura 6. Equipos de trabajo y resultados



⁵ AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 17

Fuente: AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002.

2.4 RAZONES PARA APLICAR EL RCM

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, 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 conseguirlo⁶.

Desde el punto de vista técnico, hay dos elementos a considerar en la gestión de cualquier elemento físico. Deben mantenerse y de vez en cuando puede que haga falta modificarlos.

Pero cuando tenemos que tomar la decisión de mantener algo, ¿Qué es lo que deseamos causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que deseamos preservar?

La respuesta a estas preguntas puede encontrarse en el hecho de que todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas. Por lo tanto cuando mantenemos un equipo, el estado en que

⁶ Mantenimiento, Reliability y Confiabilidad – RCM. Disponible en. www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm

deseamos preservarlo debe ser aquel en el que deseamos que continúe para cumplir una función determinada.

2.5 BENEFICIOS DE APLICAR EL RCM

El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos 10 años. Cuando se aplica correctamente produce los siguientes beneficios.

2.5.1 Mayor seguridad y protección del entorno debido a:

- Mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de fallo que puedan afectar a la seguridad y para la acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
- Menos fallos causados por un mantenimiento innecesario.

2.5.2 Mejores Rendimientos operativos debido a:

- Mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnostico más rápido de los fallos mediante la referencia a los modos de fallo relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de los fallos).

- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajo de interrupción más cortas, que lleven a paradas más cortas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de “desgaste de rodaje” después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallos inherentes a ellos.
- La eliminación y sustitución de elementos poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta y el refrescamiento y fortalecimiento de las prácticas operativas de manera integral en las plantas ya establecidas.

2.5.3 Mayor contención de los costos de mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre la consecuencia de los fallos).
- La prevención o eliminación de los fallos costosos.
- Unas políticas de funcionamiento más clara, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de contratar personal experto costoso, debido a que todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta y de sus operaciones.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tales como equipos de monitoreo a condición.

- Mejores rendimientos operativos.
- Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”

2.5.4 Amplia base de datos de mantenimiento, que:

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos.
- Conduce a la realización y actualización de planos, manuales más exactos.
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno una nueva tecnología, cambios en los volúmenes de producción) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

2.5.5 Mayor motivación de las personas en particular: especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión, la que lleva un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “reparto” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

2.5.6 Mejor trabajo de grupo: motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis del problema del mantenimiento y a la toma de decisiones mejorando la comunicación y la cooperación entre:

- Los departamentos: los departamentos de producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes, los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de la calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

Todos estos factores forman parte de la gestión del mantenimiento y muchos ya son la meta de los programas de mejora. Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos⁷.

2.6 APLICACIÓN DEL RCM

2.6.1 Metodología. La metodología RCM, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes preguntas.

¿Cuál es la función del activo?

¿De qué manera pueden fallar?

¿Qué origina la falla?

¿Qué pasa cuando falla?

⁷ AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 25

¿Importa si falla?

¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?

¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

El éxito del proceso de implantación del RCM en la industria dependerá básicamente del trabajo del equipo de RCM el cual se encargara de responder a las anteriores preguntas básicas.

El proceso consiste en una serie ordenada y lógica de pasos sistemáticamente orientados a identificar las funciones de los equipos, sus fallas funcionales, los modos y causas de fallas dominantes y sus efectos.

Para cada posible modo de falla encontrado, se evalúa el riesgo y vulnerabilidad generada al sistema. De acuerdo al nivel de riesgo se puede conocer la criticidad de la falla y el nivel de atención necesario. También se analiza el riesgo residual después de ejecutar el plan de mantenimiento actual, con lo cual se pueden establecer valores de aceptabilidad, esto nos permite conocer qué medidas deben ser mantenidas, implementadas y retiradas del plan de mantenimiento propuesto⁸.

2.6.2 Herramientas claves. El AMEF (análisis de los modos y efectos de los fallos) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el RCM para responder a las 7 Preguntas básicas:

- AMEF: (análisis de los modos y efectos de los fallos), herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se obtienen las respuestas a las 5 primeras preguntas.

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo

⁸ Taco Villalba Luis, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Disponible en. www.bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/406/1/2006AJIEE-12.pdf

plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

- Árbol lógico de decisión: herramienta que permite seleccionar de forma optima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM, a partir del árbol lógico de decisión se obtienen las respuestas a las últimas dos preguntas.

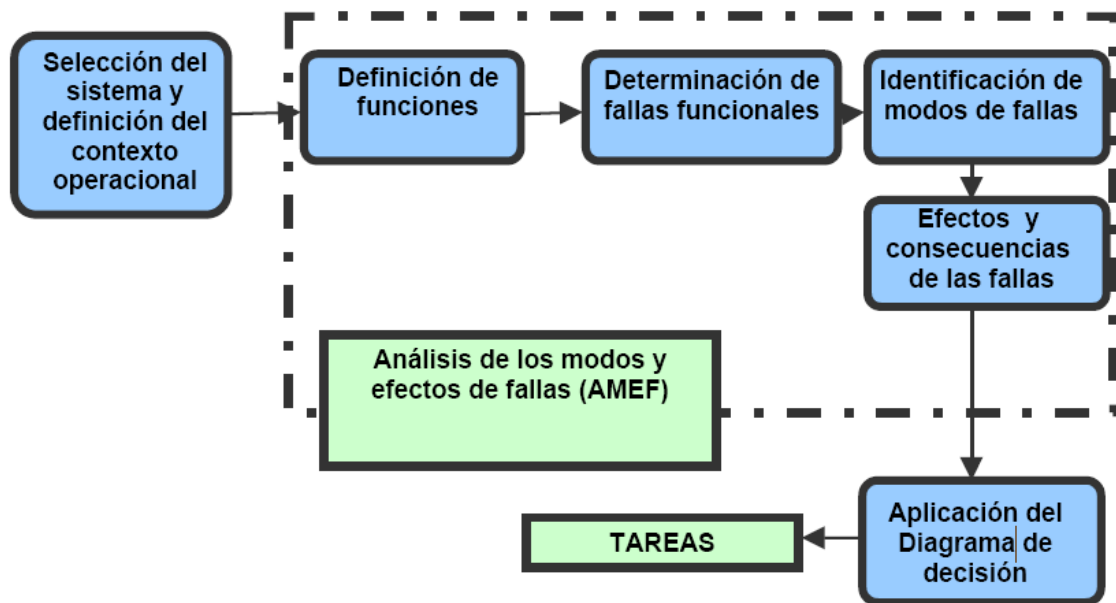
El árbol de decisión es un diagrama que representan en forma secuencial condiciones y acciones; muestra qué condiciones se consideran en primer lugar, en segundo lugar y así sucesivamente. Este método permite mostrar la relación que existe entre cada condición y el grupo de acciones permisibles asociado con ella.

Un árbol de decisión sirve para modelar funciones discretas, en las que el objetivo es determinar el valor combinado de un conjunto de variables, y basándose en el valor de cada una de ellas, determinar la acción a ser tomada. Los árboles de decisión son normalmente contruidos a partir de la descripción de un problema. Ellos proveen una visión gráfica de la toma de decisión necesaria, especifican las variables que son evaluadas, qué acciones deben ser tomadas y el orden en la cual la toma de decisión será efectuada. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión, solo un camino será seguido dependiendo del valor actual de la variable evaluada⁹.

En forma general, el esquema propuesto a utilizar para conducir el RCM, se resume en el siguiente diagrama de bloques, que detalla los siguientes pasos a seguir.

⁹ AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 27

Figura 7. Diagrama de bloques metodología RCM II



Fuente: AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002.

2.6.3 Definición del contexto operacional. El contexto no solo afecta dramáticamente las funciones y las expectativas de funcionamiento, sino también afecta la naturaleza de los modos de falla que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con que pueden ocurrir y que debe hacerse para manejarlas.

Todo esto significa que cualquiera que comience a aplicar RCM a cualquier proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de empezar.

En la definición de contexto operacional es importante tener claro la definición de unidades de proceso y sistemas:

- Unidades de proceso: se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio. Como: electricidad o producto (metanol). Al procesar o manipular materia prima e insumo. Como: Agua, metanol, gas natural, catalizador.
- Sistemas: conjunto de elemento interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tiene una función específica. Ejemplo, separación de gas, suministro de aire, regeneración de catalizador¹⁰.

Algunos factores importantes que deben ser considerados dentro del contexto operacional son:

- Procesos por lotes y continuos.
- Redundancia.
- Estándares de calidad.
- Estándares medio ambientales.
- Riesgos para la seguridad.
- Turnos de trabajo.
- Productos en proceso.
- Tiempo de reparación.
- Repuestos.
- Demanda del mercado.
- Abastecimiento de materias primas.
- Documentación del contexto operacional.

2.7 PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL RCM

2.7.1 Funciones y sus estándares de funcionamiento. Antes de poder definir qué proceso aplicar para determinar que debe hacerse para que cualquier activo

¹⁰ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, Aladon Ltd., Buenos Aires, Enero, 2004. Pág. 35

físico continua haciendo aquello que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga, y
- Asegurar que sea capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por eso el primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto a los parámetros de funcionamiento deseado. Lo que los usuarios esperan que sean realizados por los activos puede ser dividido en dos categorías:

- Funciones primarias. Que resumen el porqué de la adquisición del activo en primera instancia.

Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de carga o almacenaje, calidad de producto y servicio al cliente.

- Funciones secundarias. Que indican que se espera de cada activo que haga más de allá de simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regularizaciones ambientales, y hasta la apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generales están por lejos en la mejor posición para saber exactamente que contribuciones físicas y financieras el activo hace para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

Si es hecho correctamente, este paso solo toma alrededor de un tercio del tiempo que implica un análisis del RCM completo. Además hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable (muchas veces acerca de cómo realmente funciona el equipo)¹¹.

2.7.2 Fallas funcionales. En el proceso de ajuste del RCM, a cada función se le asocian una o varias fallas funcionales. Éstas se definen como la incapacidad del

¹¹ Industrial Tijuana Capacitación. Introducción al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM2. Disponible en. www.industrialtijuana.com/pdf/B-5.pdf

activo de cumplir con una función según los parámetros de funcionamiento aceptable para el usuario.

Con base en la definición anterior, el proceso RCM debe continuar con la descripción de los estados de falla para cada uno de las subdivisiones realizadas. Se debe tener especial cuidado de no confundir los modos de falla debido que estos son los que llevan el sistema a un estado de falla.

Por definición, una falla funcional cubre la pérdida total de la función y por tanto se describe como la incapacidad de cumplir con la función. También abarca situaciones en las que el activo aún funciona, pero fuera de los límites permisibles (Como en el caso de las distancias de seguridad, que aún en estado de violación de las mismas, la línea podría continuar en operación). En este caso la falla funcional se describe como la violación al límite¹².

De forma general las fallas funcionales son identificadas describiendo el estado que es considerado como de falla o indeseable.

2.7.3 Modos de fallas. Una vez que se ha identificado la falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de fallas. Los modos de fallas posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. También o incluyen fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aun no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resultan

¹² Gutiérrez Gallego Jaime, Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión 115KV, Scientia et Technica Año XV, No 42 Agosto de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en.
www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/22331911-16.pdf

adecuadamente, esta lista debe incluir fallas causada por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentado tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado, es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiados en los detalles¹³.

2.7.4 Efectos de las fallas. El cuarto paso en el proceso de RCM consiste en hacer un listado de los efectos de fallas, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria y sirve para apoyar la evaluación de las consecuencias de las fallas, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De que manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modo de falla y efectos de falla trae asombrosos y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el desempeño y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio¹⁴.

2.7.5 Consecuencias de las fallas. Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres y diez mil posibles modo de falla. Cada una de estas fallas afecta ala organización de algún modo, pero en cada

¹³ Industrial Tijuana Capacitación. Introducción al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM2. Disponible en. www.industrialtijuana.com/pdf/B-5.pdf

¹⁴ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, Aladon Ltd., Buenos Aires, Enero, 2004. Pág. 77

caso, los efectos son diferentes. Puede afectar operaciones. También puede afectar a la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Y todas tomaran tiempo y costaran dinero para ser reparadas.

Un punto afuera de RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus aspectos técnicos. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas pensé sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- Consecuencias de fallas ocultas: las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (la mayoría esta asociada a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- Consecuencias ambientales y para la seguridad: una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede herir o matar alguna persona. Tienen consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- Consecuencias operacionales: si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente o costos operacionales) además del costo directo de la reparación.
- Consecuencias no operacionales: las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Son estas consecuencias las que fuertemente influyen el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si tiene consecuencias leves o no las tiene, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básicas.

Luego veremos cómo el proceso de RCM hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el

mantenimiento. Al establecer una revisión obligada de la consecuencia de cada modo de falla en relación a las categorías ya mencionadas, integras a los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad de la función de mantenimiento. Esto contribuye a incorporar a la seguridad y al medio ambiente en la corriente principal de gestión del mantenimiento.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que toda falla es negativa y – ser prevenida. De esta manera localízala atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño sobre la organización, y resta importante aquellas que tienen escasos efectos también nos alienta a pensar de una manera más amplia acerca de diferentes maneras de manejar las fallas, más que concentrarnos en prevenirlas. Las técnicas de manejo de falla se dividen en dos categorías.

- Tareas proactivas: estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como el mantenimiento

“predictivo” o “preventivo”, aunque veremos luego que RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.

- Acciones a falta de: estas tratan directamente 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, rediseñar y mantenimiento a rotura (correctivo)¹⁵.

2.7.6 Tareas preventivas. Son llamadas también tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.

Las tareas de reacondicionamiento consisten en recuperar la condición de un elemento antes de que llegue al límite de su vida, las tareas de sustitución cíclica consisten en reemplazar un elemento o componente antes o en el límite de su vida útil, independiente de su condición en ese momento.

¹⁵ Industrial Tijuana Capacitación. Introducción al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM2. Disponible en. www.industrialtijuana.com/pdf/B-5.pdf

Las tareas preventivas son técnicamente factibles si:

- Existe una edad identificable en la que el elemento muestra un incremento en la probabilidad de falla
- La mayoría de los componentes alcanzan la edad determinada.
- Se vuelve a la condición inicial requerida por el sistema¹⁶.

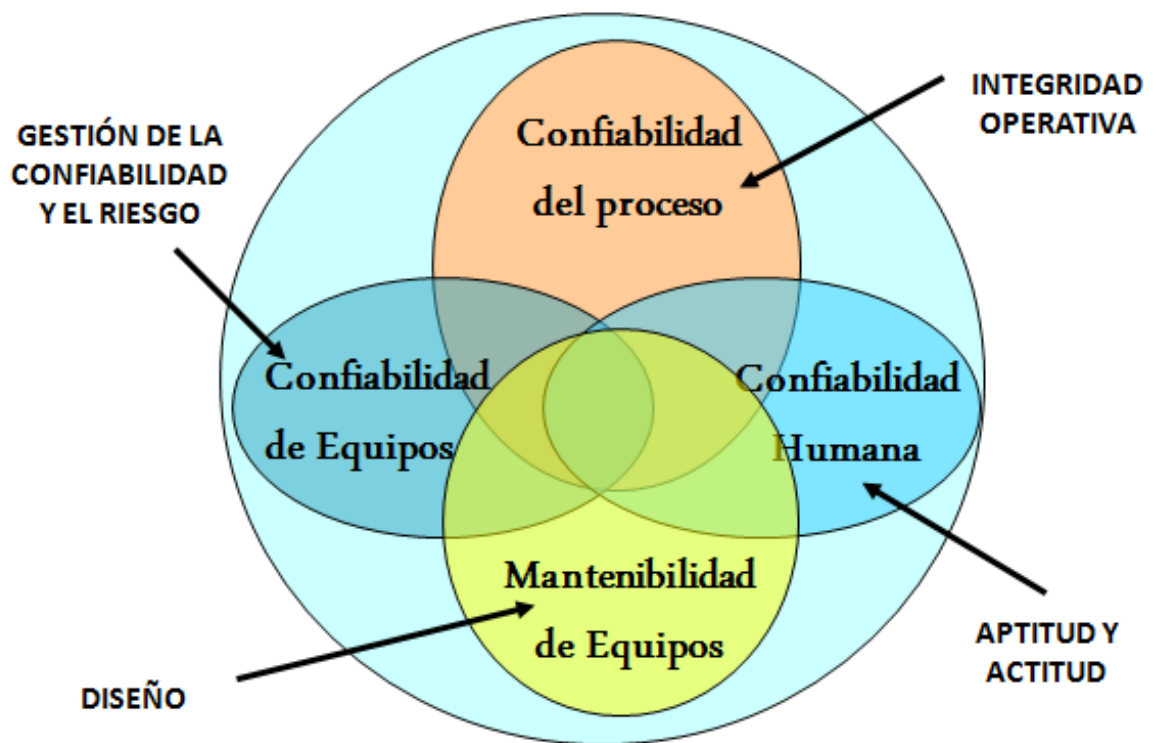
¹⁶ Rodríguez Juan Eduardo, Seis Factores Claves en la Implementación del RCM de la U250. Disponible en. www.aciem.org/.../SeisfactoresclavesenlaimplementaciondelRCM.asp

3. CONFIABILIDAD OPERACIONAL

3.1 DEFINICION CONFIABILIDAD OPERACIONAL

La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la producción industrial¹⁷.

Figura 8. Confiabilidad operacional



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores S.A.S.

¹⁷ AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002. Pág. 6

La filosofía de la Confiabilidad Operacional, forma parte de Las Diez Mejores Prácticas de las organizaciones de Clase Mundial, que son:

- Trabajo en Equipo
- Contratistas Enfocados a la Productividad
- Integración con Proveedores
- Apoyo y Visión Gerencial
- Planificación y Programación Proactiva
- Mejoramiento Continuo
- Gestión Disciplinada de Materiales
- Integración de los Sistemas
- Gerencia de Paradas de Plantas
- Producción Basada en Confiabilidad.

Las empresas que enmarcan la Confiabilidad Operacional dentro del Mantenimiento, están pasando por alto una serie de aspectos que pueden mejorar su productividad. Por el contrario, quienes aceptan el proceso con el enfoque sistémico, e implantan metodologías de mejoramiento continuo, adquieren una serie de ventajas competitivas para enfrentar el cambiante mundo de hoy¹⁸.

La Cultura de la Confiabilidad Operacional incluye el Enfoque Sistémico, la Priorización, de las actividades y la Proacción Humana, basados en la Visión, la Misión y los objetivos de la organización. Para que la Confiabilidad Operacional se convierta realmente en parte de una nueva cultura, debe ser adoptada por todos, debe abarcar no solamente los activos físicos, sino cubrir las áreas relacionadas con los procesos de producción y el desarrollo del Capital Intelectual.

¹⁸ DURÁN, José Bernardo. (2000). Qué es Confiabilidad Operacional? Revista Club Mantenimiento. Año 1. Nº 2. Setiembre 2000. Disponible en. club_mantener@sinectis.com.ar.

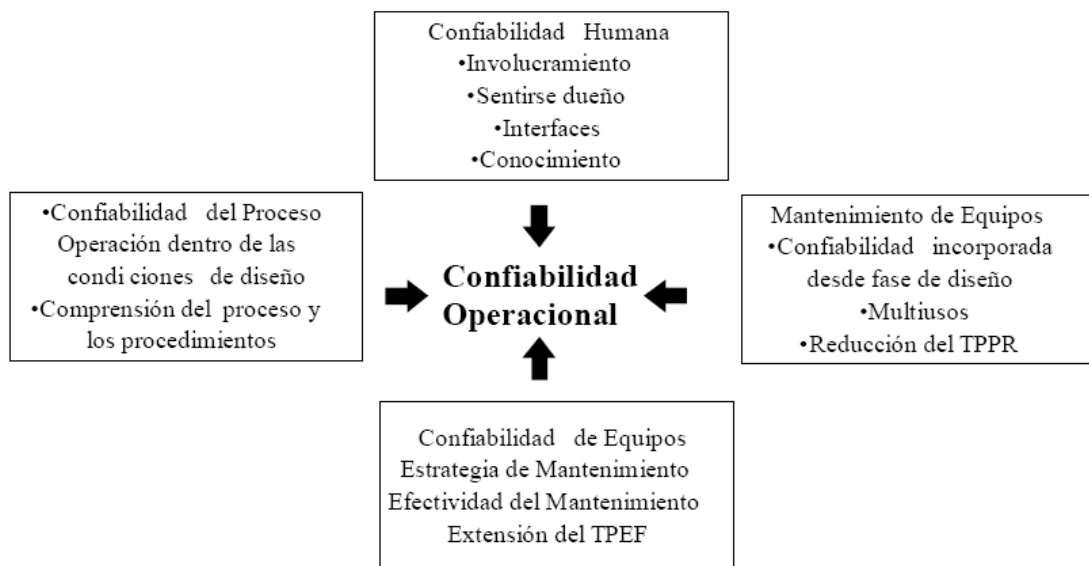
La Confiabilidad Operacional es una de las más recientes estrategias que generan grandes beneficios a quienes la han aplicado.

Se basa en los análisis estadísticos y los análisis de condición, orientados a mantener la confiabilidad de los equipos, con la activa participación del personal de empresa.

La Confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. El fin último del Análisis de Confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactivas y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual, e historial de equipos, y permitan un adecuado control de costos.

Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: Confiabilidad Humana, Confiabilidad de los Procesos, Mantenibilidad y Confiabilidad de los equipos; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo.

Figura 9. Confiabilidad operacional y sus cuatro parámetros operativos.



Fuente: AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002.

Un proceso normal de Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional implica cambios en la cultura de la empresa, generando una organización diferente con un amplio sentido de la productividad y con una visión clara de los objetivos del negocio. La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros mostrados, afecta el comportamiento general del sistema¹⁹.

La confiabilidad como cultura busca que todas las actividades de producción y en general todas las tareas que se desarrollen se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas a medias o provisionalmente. Esto implica un cambio en la mentalidad de todo el personal, nuevas formas de pensar y de actuar, nuevos paradigmas; por esto es de fundamental importancia que la dirección de la empresa tome conciencia de su misión y de las dificultades para cumplirla.

Inculcar un cambio en la forma de pensar de la gente no es sencillo, cuesta gran cantidad de trabajo y tiempo; la dirección debe enfocar sus esfuerzos en la concientización de sus empleados, mediante políticas que incluyan la intervención del personal en los planes de mejoramiento continuo de los procesos, a través de círculos de participación y demás herramientas administrativas que permitan alcanzar los objetivos propuestos.

La Confiabilidad Operacional tiene aplicación amplia en los casos relacionados con:

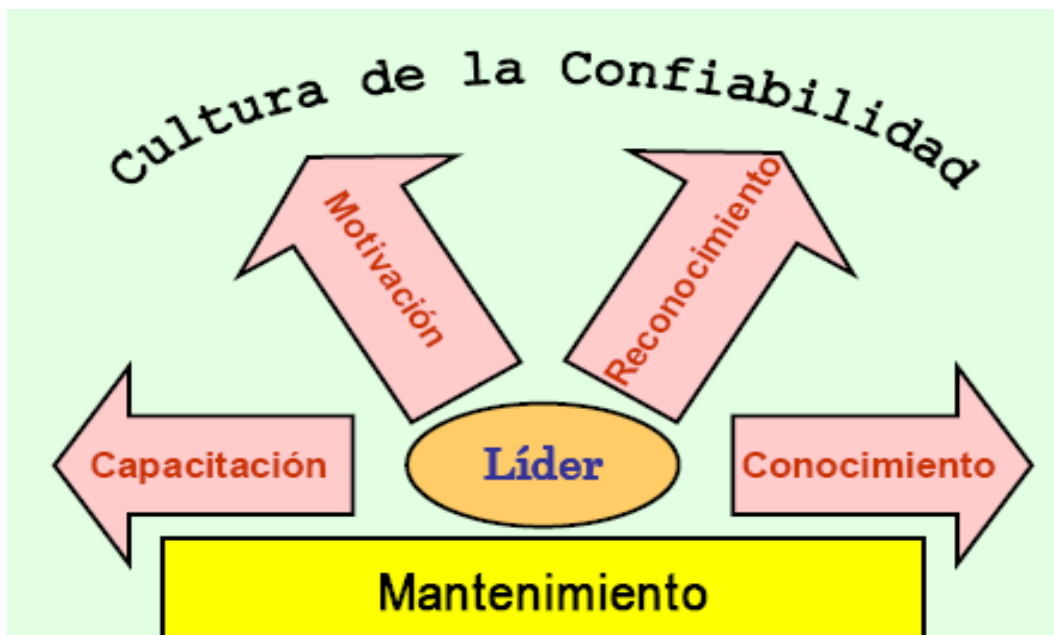
- Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos estáticos y dinámicos.

¹⁹ García Palencia Oliverio, La Cultura de la Confiabilidad Operacional Disponible en. www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_7.pdf

- Solución de los problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la efectividad de las operaciones.
- Determinación de las tareas que permiten minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalaciones, y medio ambiente.
- Establecer el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro²⁰.

Es necesario por tanto, contar con una buena Política de Confiabilidad fijada por la alta gerencia. La política compromete al directivo a nivel filosófico con las actividades de Mejora Continua. La política explica claramente que la gerencia entiende lo que la confiabilidad puede hacer por el proceso industrial.

Figura 10. Cultura de la confiabilidad



Fuente: García Palencia Oliverio, *La Cultura de la Confiabilidad Operacional* Disponible. www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_7.pdf

²⁰ García Palencia Oliverio, *La Cultura de la Confiabilidad Operacional*. Disponible en. www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_7.pdf

En el campo del mantenimiento, un plan de motivación bien hecho puede no seguir un patrón determinado; para que sea eficaz, necesita lograr un más alto desempeño del

Talento Humano, promover buenas relaciones de trabajo y estimular la iniciativa de los individuos. Además, debe ser equitativo y justo para todos, y lo suficientemente flexible para adaptarse al cambio²¹.

3.2 CONCEPTOS DE CONFIABILIDAD HUMANA

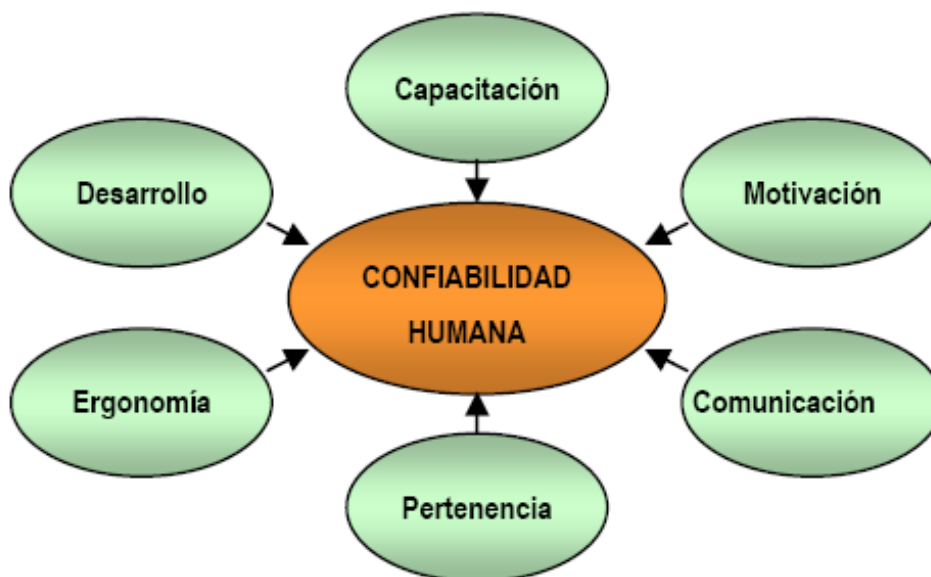
La confiabilidad del talento humano se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de todas las personas, en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento y actuar humano, durante su competencia laboral, dentro de un entorno organizacional específico. El sistema de confiabilidad humana incluye varios elementos de proyección personal que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar Capital Humano.

El Capital Humano representa el incremento en la capacidad de producción alcanzado mediante el desarrollo de las competencias de los trabajadores de la empresa. Está formado por el conocimiento y el ingenio que hacen parte de las personas, su salud mental y la calidad de sus hábitos de trabajo. También es común señalar al Capital Humano como indispensable para la competitividad de las economías modernas ya que su productividad se basa en la generación, difusión y actualización del conocimiento²².

²¹ LATINO, Charles J. (2003). "Definición y Logro de la Cultura de la Confiabilidad". Reliability Center Inc. Disponible en. www.reliability.com.

²² García Palencia Oliverio, La Cultura de la Confiabilidad Operacional. Disponible en. www.confiabilidad.net/invitados/Confiabilidad%20Humana%20en%20Mantenimiento_RWSA%202006.pdf

Figura 11. Elementos de la confiabilidad humana



Fuente: *Garcia Palencia Oliverio, La Cultura de la Confiabilidad Operacional Disponible.*

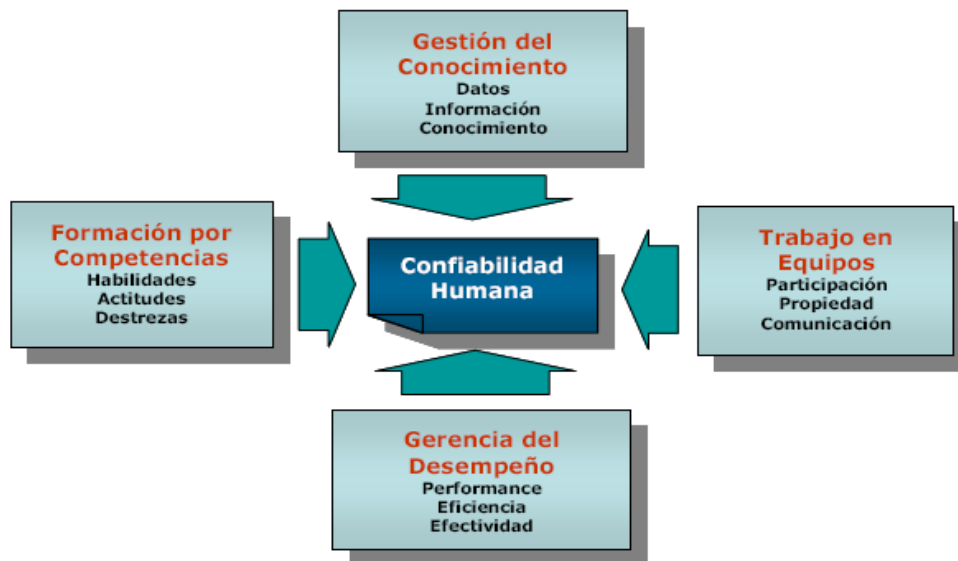
www.confiabilidad.net/invitados/Confiabilidad%20Humana%20en%20Mantenimiento_RWSA%202006.pdf

Para optimizar la confiabilidad humana es necesario contar con una buena política de confiabilidad fijada por la alta gerencia, donde se tenga en cuenta las necesidades substanciales del talento humano de la organización. Primero se debe precisar las brechas tecnológicas y proveer la capacitación mínima, luego establecer los roles y responsabilidades, y desarrollar los medios para darles vigencia. Finalmente establecer las recompensas o formas de reconocimiento para quienes demuestren nuevos comportamientos. Puede que hoy no sea agradable

pensar que somos criaturas que responden a premios y castigos, pero el hecho es que funciona²³.

Para lograr la confiabilidad humana, es importante la capacitación y la formación de habilidades de las personas. Si se desconoce cómo realizar la tareas, no se puede obtener un buen desempeño, es por esto que las empresas deben buscar políticas de capacitación integral, por tanto la capacitación se convierte en vehículo importante de la difusión de los conocimientos y por ende se convertirá en una política de la organización. En el nivel directivo la empresa debe impulsar a su gente, delegando, exigiendo altos niveles de desempeño y generando múltiples niveles de participación donde se generen políticas de motivación e incentivación al talento humano, que cada uno se sienta satisfecho y busque el mejoramiento continuo de sus conocimientos sin olvidar replicarlos a los demás y generar así una cultura organizacional que busque un crecimiento sostenible.

Figura 12. Estrategias de confiabilidad humana



²³ LATINO, Charles J. (2003). "Definición y Logro de la Cultura de la Confiabilidad". Reliability Center Inc. Disponible en. www.reliability.com.

Fuente: LATINO, Charles J. (2003). "Definición y Logro de la Cultura de la Confiabilidad". Reliability Center Inc. Disponible. www.reliability.com.

3.3 CONFIABILIDAD DE EQUIPOS

La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales es diseñado, durante un periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación, ambientales y de entorno adecuadas²⁴.

Dentro de este sistema de confiabilidad hay que evaluar las capacidades actuales de los equipos y procesos en términos de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y criticidad, el asegurar que los equipos se desempeñen de forma adecuada hace parte fundamental del entorno en el cual se deben brindar condiciones de operación adecuadas en un entorno productivo, además se deben usar actividades para aplicar las practicas de mantenimiento más apropiadas de tal manera que los equipos y los procesos, sigan entregando sus capacidades esperadas, de la manera más segura y costo efectiva teniendo en cuenta parámetros como son:

- Determinación de los objetivos de desempeño de los equipos y procesos a partir del plan de negocios.
- Establecer niveles de desempeño actuales y analizar las diferencias
- Establecer las estrategias para asegurar el desempeño
- Ejecutar la estrategia usando las mejores técnicas y herramientas
- Justificación de costos y presupuestar para las tácticas seleccionadas
- Revisión del desempeño y ajustes a la estrategia de mantenimiento

²⁴ MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2 Edición. Medellín: AMG, 2007. Pág. 69

Como parte fundamental en la confiabilidad del equipo se deben asegurar ciertas habilidades que se requieren para un correcto funcionamiento de los mismos y son las siguientes:

- Determinar las capacidades actuales del equipo de producción para cumplir las expectativas del plan de negocios
- Identificar y cuantificar las diferencias entre las capacidades y las expectativas
- Priorizar los equipos y procesos para asegurar que los recursos son asignados adecuadamente
- Seleccionar y aplicar los indicadores adecuados para evaluar la condición actual y capacidades de los equipos

3.4 CONFIABILIDAD DE PROCESO

Ante la común complejidad de las operaciones en las industrias de hoy día, resulta necesario crear métodos claros que guíen hacia una efectiva solución de los problemas que tiene mayor impacto sobre las pérdidas de producción, costos de mantenimiento, seguridad, higiene, ambiente y en general sobre la confiabilidad de proceso.

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad y efectividad de los procesos productivos, las empresas modernas vienen incorporando dentro de sus estrategias de trabajo principios y herramientas de confiabilidad e ingeniería de mantenimiento para alcanzar sus metas a un costo optimo, a la vez de fortalecer la pericia técnica, humana y operativa de su personal incluyendo actividades de mantenimiento y confiabilidad hacia el proceso de manufactura que mejoren el proceso:

- Mantener el proceso, los estándares y especificaciones de la industria

- Comprender el proceso de manufactura
- Técnicas de efectividad de manufactura
- Seguridad, salud y medio ambiente
- Administración de los efectos del cambio de procesos y equipos

Es necesario detallar las habilidades requeridas para que la confiabilidad de proceso genere un sistema integral dentro de su flujo interno como son:

- Identificar y comprender lo que se hace y como se hace
- Identificar el flujo de proceso, sistemas de control, criterios de variabilidad las relaciones afectadas por mantenimiento y confiabilidad
- Identificar y priorizar los requerimientos del cliente
- Relacionar los costos de la mejores prácticas de mantenimiento y confiabilidad con el valor al cliente
- Desarrollar e implementar planes para mejorar la confiabilidad y capturar los beneficios identificados

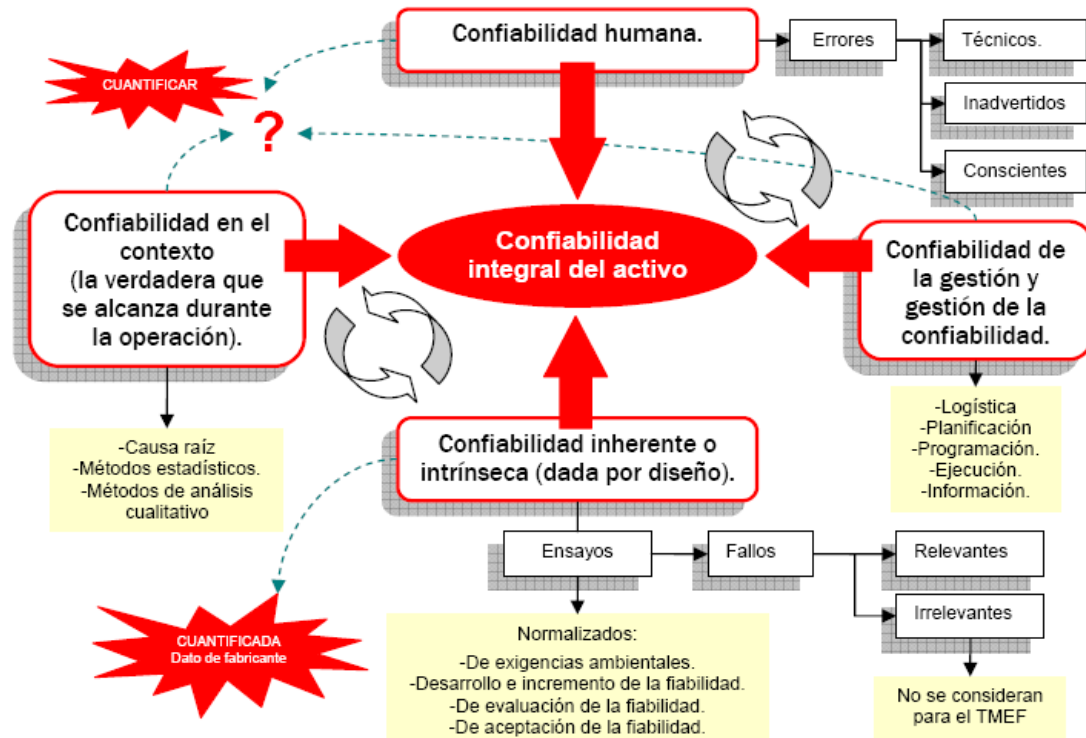
3.5 MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS

La mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos.

La ingeniería de mantenibilidad es una disciplina científica que estudia la Complejidad, factores y los recursos relacionados con las actividades que se deben realizar para mantener la funcionabilidad de un sistema. Por ello la ingeniería de mantenibilidad está creciendo rápidamente, debido a su considerable contribución a reducir los costos de mantenimiento, además un claro conocimiento de las metodologías y criterios de mantenibilidad permitirá calcular las medidas de

mantenibilidad necesarias para lograr los altos niveles de disponibilidad requeridos.

Figura 13. Confiabilidad integral del activo



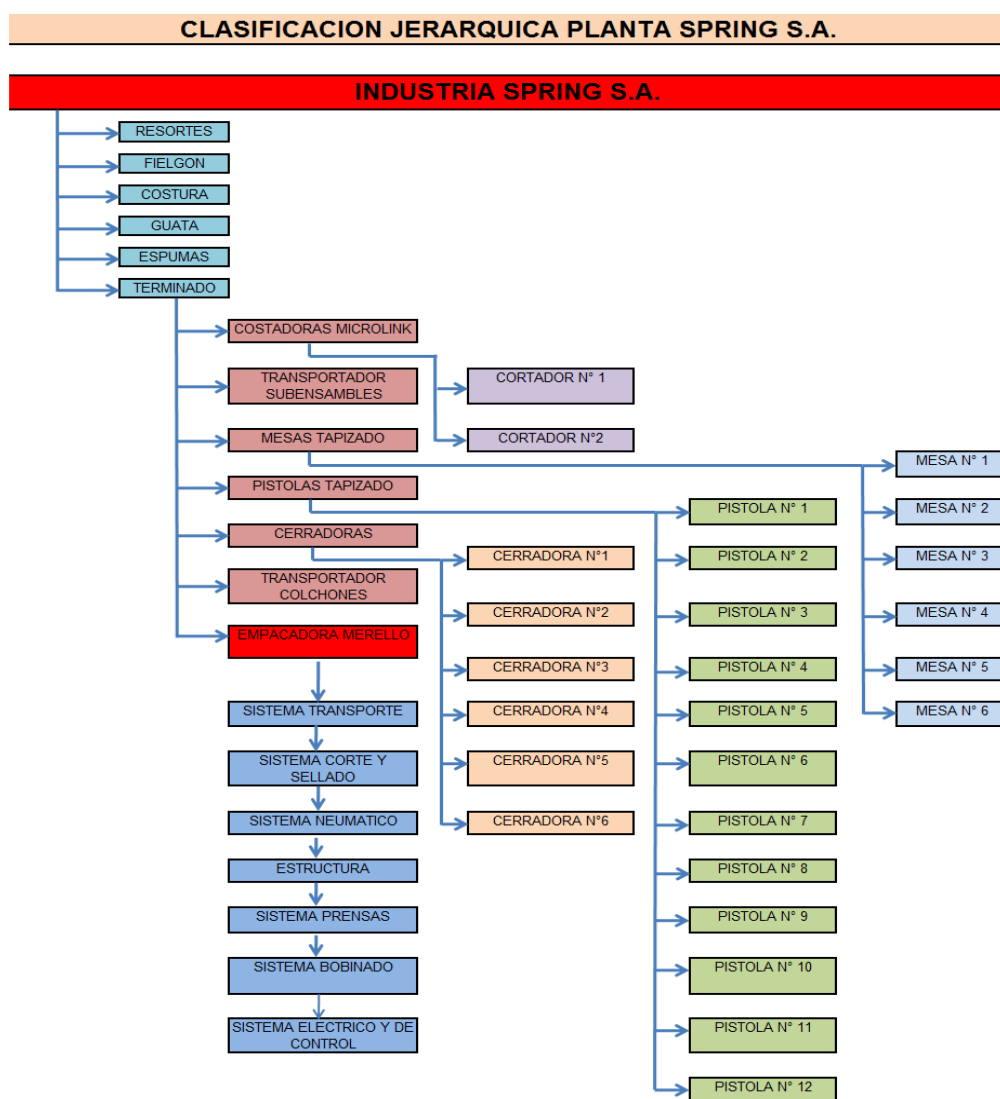
Fuente: Sexto Luis Felipe, confiabilidad integral del activo. Disponible www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/CONFIABILIDAD-MM.pdf

4. CONTEXTO OPERACIONAL Y DEFINICION DE FUNCIONES

4.1 DIAGRAMA JERARQUICO DE EQUIPOS

El diagrama jerárquico permite ubicar el elemento de estudio dentro del contexto del proceso productivo de la planta Industrias Spring S.A.

Figura 14. Jerarquía planta cota Industrias Spring S.A.



Fuente: Los autores

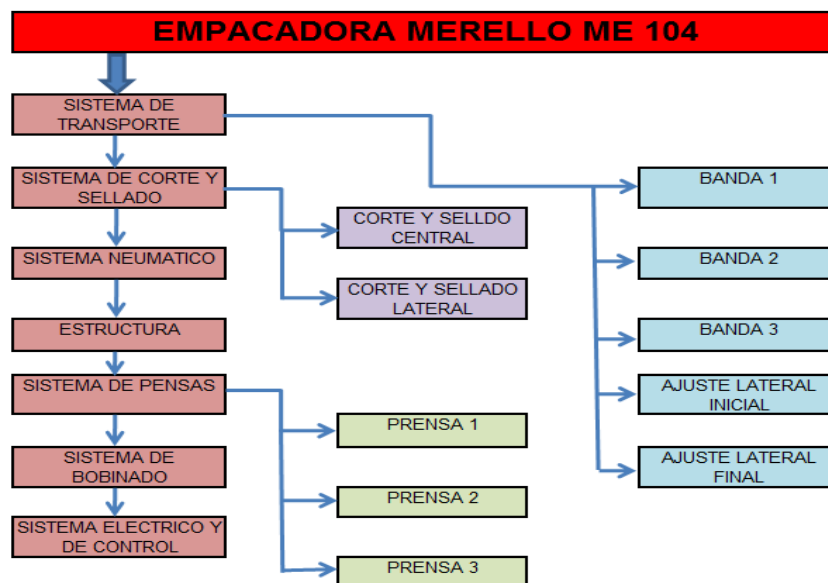
4.2 EMPACADORA MERELLO ME-104

Figura 15. Empacadora Merello ME-104



Fuente: Pagina Global System Group

Figura 16. Jerarquía empacadora Merello ME 104



Fuente: Los autores

4.3 DESCRIPCION GENERAL DE LA MAQUINA

La empacadora ME 104 es una maquina diseñada para empacar colchones de muelles, de espuma y de látex a una velocidad de tres colchones por minuto. La maquina consume en torno a 3 KW de potencia eléctrica bifásica (220 VAC) durante el proceso de sellado y unos 40 litros por minuto de aire comprimido a 6 bares. Para el empaque se utiliza bobinas de polietileno con un peso máximo de 200 Kg.

La máquina se compone de los siguientes elementos:

Módulo de entrada: La banda uno recibe el colchón, lo cuadra a su posición de trabajo y ajusta las barras de soldadura y corte laterales a la medida correspondiente. La máquina se pone en marcha de forma automática al detectar un nuevo colchón (si no puede entrar por venir mal colocado dispara las alarmas correspondientes) y lo hace avanzar a través del plástico. Este módulo contiene las bobinas de polietileno superior e inferior. Para sincronizar con líneas automáticas de producción, la señal del semáforo verde se activa cuando la máquina está disponible.

Módulo de soldadura central: La banda dos recibe el colchón envuelto en plástico procedente del módulo anterior, la barrera central se desplaza verticalmente para prensar y sostener las láminas de plástico inferior y superior, se activa un tiempo de espera y se efectúa una doble selle en el plástico a todo el largo del colchón, y separa la bolsa de las bobinas mediante corte por cuchilla.

Módulo de soldadura lateral: La banda tres recibe el colchón entubado en plástico procedente del módulo anterior, efectúa un selle del plástico a todo el ancho izquierdo y derecho del colchón y retira los restos de plástico mediante corte por cuchilla.

Cuadro de control: Alberga los elementos eléctricos y electrónicos destinados a protección, medida, control y accionamiento de la máquina. Un teclado con pantalla LCD permite la comunicación hombre-máquina, aceptando valores para las variables y mostrando mensajes de alarma. Un semáforo de tres luces permite conocer el estado de la máquina a distancia

El control de la soldadura se realiza por software. La máquina está provista de un simulador de temperatura para compensar el calor acumulado cuando el ritmo de trabajo es alto. Este simulador maneja un concepto, T^a simulada, cuyo valor se incrementa linealmente durante la soldadura y se decrementa exponencialmente el resto del tiempo. En cualquier momento, T^a simulada contiene un valor similar a la T^a real en las barras, y se utiliza para compensar el tiempo de calor aplicado, restando del valor previsto el valor actual.

Para reducir el consumo puntual de energía eléctrica, la máquina está programada para no simultanear ambas soldaduras, ya que cada una consume en torno a 3 KW. De esta manera, un colchón ya envuelto permanecerá en espera hasta que el anterior haya sido soldado. Esto no reduce el rendimiento normal de la máquina

4.4 CONDICIONES PARA PUESTA EN PRODUCCION

La puesta en producción de la máquina requiere la intervención de un operador, que mediante la interacción con la pantalla LCD permite la comunicación hombre-máquina, para que la empacadora este en estado de inicio de ciclo se debe presionar el pulsador de marcha.

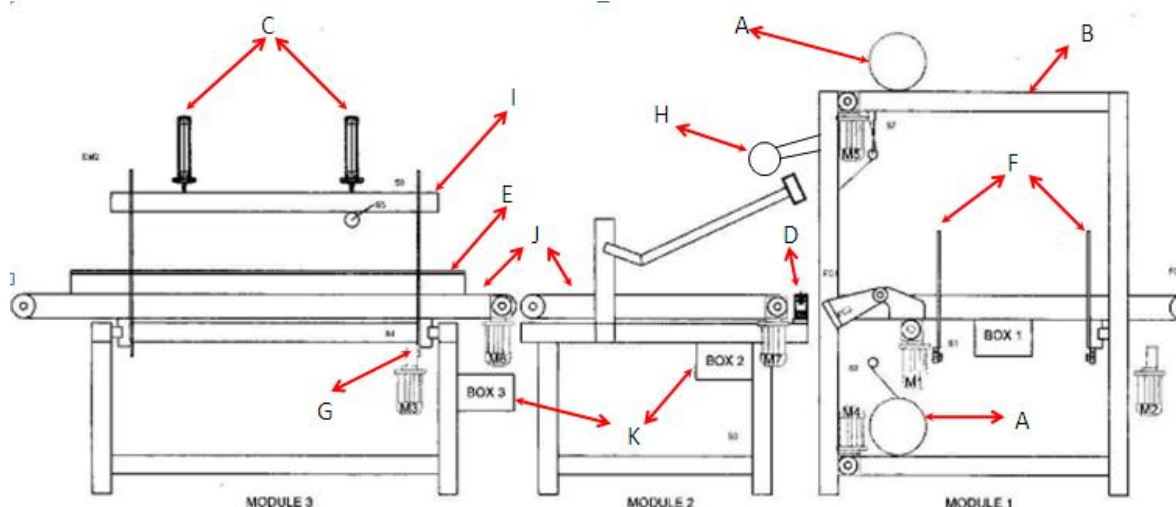
Condiciones de inicio:

- Verifique que no haya personal de servicio en la máquina.
- Verifique que todas las protecciones y puertas estén cerradas correctamente.
- Rearme todos los botones de emergencia.
- Abra la válvula que alimenta la red de la instalación neumática.
- Verifique que la presión de funcionamiento sea la correcta. (6 Bar)
- Encienda el interruptor general
- Verificación de los datos de control en la pantalla.
- Verificación de la correcta alineación de las láminas de plástico.
- Verificación del correcto funcionamiento de los grupos de corte y sellado.
- Observe que no se encuentren productos dentro de la máquina.

4.5 DESCRIPCION DE GRUPOS DE LA EMPACADORA ME-104

- Grupo de bobinado (A)
- Grupo estructura (B)
- Grupo neumático (C)
- Grupo corte y sellado central (D)
- Grupo de corte y sellado lateral (E)
- Grupo ajuste lateral inicial (F)
- Grupo ajuste lateral final (G)
- Grupo prensas 1 y 2 (H)
- Grupo prensa 3 (I)
- Grupo bandas (J)
- Grupo eléctrico y de control (K)

Figura 17. Esquema de los grupos de la empacadora ME-104



Fuente: Manual Empacadora Merello ME-104

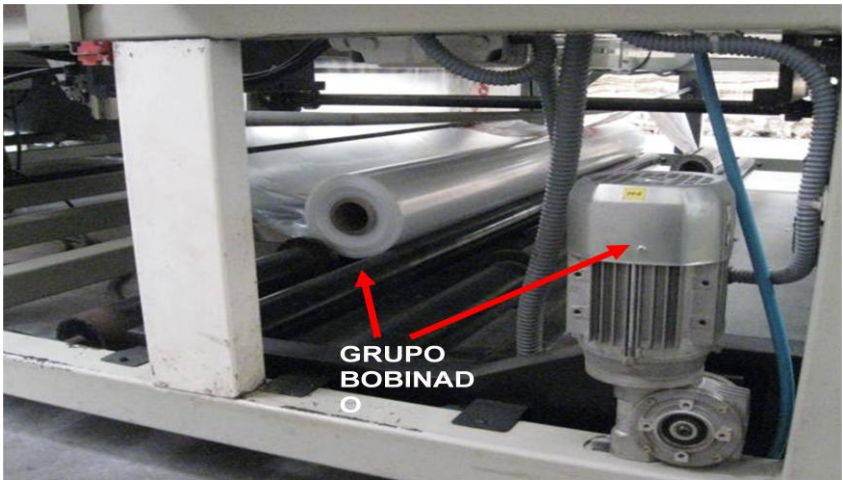
4.5.1 Grupo de bobinado. El sistema de bobinado en la empacadora Merello es el que permite suministrar al colchón la cantidad de plástico necesario para realizar el empaque mediante un sistema de transmisión accionado por un reductor y que transmite movimiento a los demás rodillos mediante cadenas de transmisión, este sistema además de suministrar plástico, soporta el peso de los rollos, no mayor a 200 Kg y permite el libre movimiento de los rodillos cada vez que se requiera, sin generar tensión al plástico y de manera constante mientras este activado el sistema, el rollo de plástico siempre permanece alineado mientras es utilizado por medio de topes que son ajustados para que el rollo permanezca en una posición fija y mantener un empaque uniforme.

Tabla 1. Grupo bobinado

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
SISTEMA BOBINADO	Velocidad de los rodillos de bobinado	Peso del rollo de plástico no mayor a 200 kg	Suministrar al colchón plástico de forma continua mientras lo requiera
	Rodillos con capacidad de montar rollos hasta de 300 cm de ancho	Montaje manual de los rollos de plástico	Activar el sensor por medio del balancín que da señal de bobinado de inicio y parada
	Sistema de transmisión de movimiento por cadenas	Ajuste manual de los anillos de tope del rollo de plástico	Alinear el rollo de plástico por medio de los anillos de fijación
	Diámetro de los rodillos de bobinado de 10 cm	Amperaje del motor de 1,5	Sincronizar velocidades de alimentación de los rodillos del plástico
		Balancín de guía del plástico activa la entrega de este	

Fuente: Los autores

Figura 18. Grupo bobinado



Fuente: Los autores

4.5.2 Grupo estructura. Es el sistema que soporta todos los elementos de la maquina, la estructura esta divida en tres módulos, el modulo de entrada, el modulo de soldadura central y el modulo de soldadura lateral, cada uno de estos módulos es una estructura independiente que están unidos uno al otro para

permitir un proceso continuo y que permite que todos los elementos cumplan con su función a fin de realizar el proceso de empaque.

Tabla 2. Grupo estructura

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
ESTRUCTURA	Perfil metálico de 8cm x 8cm	Trabajar con la puertas de acceso lateral siempre cerradas	Brindar seguridad el personal operativo de la maquina
	Puertas laterales en acrílico de 6mm de espesor		Permitir observar el proceso de empaque desde la entrada hasta la salida del colchón empacado
	Ancho de la estructura 330 cm		Soportar todos los elementos que conforman los sistemas de la maquina
	Longitud de la estructura 500 cm		
	Altura de la estructura 188 cm		
	Techo bodega		

Fuente: Los autores

Figura 19. Grupo estructura



Fuente: los autores

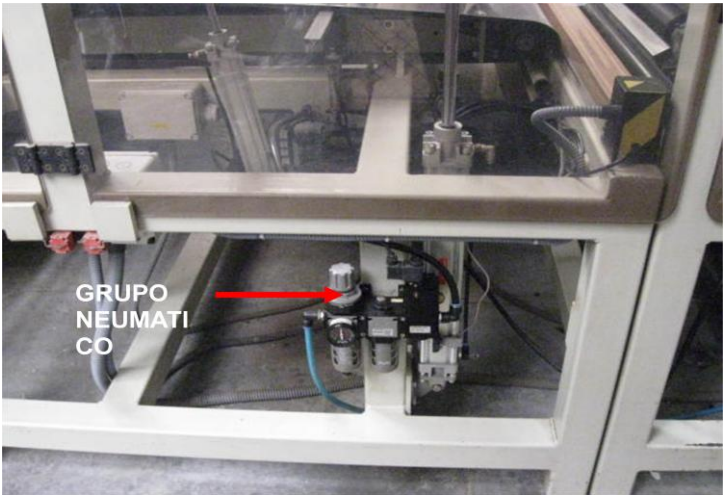
4.5.3 Grupo Neumático. El sistema neumático es el que por medio de señales del PLC permite el paso de aire comprimido a cada uno de los elementos del sistema para realizar una parte del proceso y accionar de este modo las prensas, barras de soldadura y accionar el sistema de corte.

Tabla 3. Grupo neumático

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
SISTEMA NEUMATICO	Unidad de mantenimiento con conexión de 1/2	Aire de la red a 120 psi	Contener aire sin fugas audibles
	Unidad de mantenimiento para una presión máxima de 160 psi	Regulación manual de la presión de aire requerida	Entregar aire entre 80 y 100 psi al sistema con adecuado nivel de agua, aceite en el aire y partículas
	aire con un nivel de secado del 95%	Regulación manual del goteo de aceite en la unidad mtto	Recibir señales del plc
	Mangueras del sistema neumático de 6 y 8 mm	Drenaje automático de la unidad de mtto	Drenar agua del sistema
	Electroválvulas 5/2 a 24v ac		Suministrar aire para evitar prenses en los laterales del sellado y retirar los excedentes de plástico

Fuente: Los autores

Figura 20. Grupo Neumático



Fuente: Los autores

4.5.4 Grupo de corte y sellado central. Sistema lo conforman 3 cilindros neumáticos de los cuales 2 accionan la barra de soldadura y 1 la cuchilla de corte, además de 2 resistencias que permite sellar y posteriormente realiza el corte del plástico para que el colchón una vez en su envoltura pase al siguiente proceso, es importante resaltar que en este sistema central se realizan dos selles, tanto para el colchón que se encuentra en el proceso como para el que se dispone a entrar, este proceso se cumple mediante la unión de una película de plástico superior y una inferior que envuelven el colchón y que luego es ajustado con una barra para realizar la soldadura por medio de las resistencias que calientan y unen el plástico y en el mismo instante es cortado por medio de una cuchilla que se desplaza mediante la acción de un cilindro neumático que es el que se encarga de realizar el recorrido de la cuchilla.

Tabla 4. Grupo de corte y sellado central

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
CORTE Y SELLADO CENTRAL	Inclinación de la cuchilla en el montaje de 45°	Polietileno transparente calibre 2,5	Sellar el plástico 100% en su longitud una vez ajustadas las barras y sin muestras de zonas de selle quemado ni plástico pegado al teflón
	Temperatura de la resistencia para el sellado de 60°	Trabaja 300 colchones por turno y dos turnos por día	Cortar el plástico después de sellado en 100% en su longitud
	Longitud de desplazamiento del corte de 300 cm	Control de temperatura manual	
		Activación por cilindros de doble efecto de la barra de soldar superior	

Fuente: Los Autores

Figura 21. Grupo de corte y sellado central



Fuente: Los autores

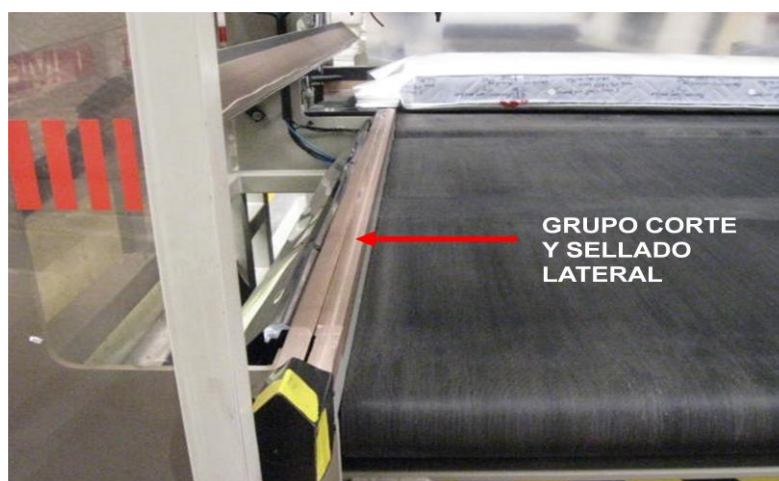
4.5.5 Grupo de corte y sellado lateral. El sistema lo conforma 6 cilindros neumáticos de doble efecto de los cuales 4 accionan las barras de soldadura y 2 las cuchillas que realizan el corte en los dos extremos del colchón y su función es igual a la que se realiza en el sistema central, en este proceso se accionan en el mismo instante el lateral derecho e izquierdo, después de finalizada su función son retirados los excedentes de plástico y el colchón es transportado terminando su proceso de empaque.

Tabla 5. Grupo de corte y sellado lateral

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
CORTE Y SELLADO LATERALES IZQUIERDO Y DERECHO	Inclinación de la cuchilla en el montaje de 45°	Polietileno transparente calibre 2,5	Sellar el plástico 100% en su longitud una vez ajustadas las barras y sin muestras de zonas de selle quemado ni plástico pegado al teflón
	Temperatura de la resistencia para el sellado de 72°	Trabaja 300 colchones por turno y dos turnos por día	Cortar el plástico después de sellado en 100% en su longitud
	Longitud de desplazamiento del corte de 205 cm	Control de temperatura manual	
		Activación por cilindros de doble efecto de las barras de soldar superior	

Fuente: Los autores

Figura 22. Grupo de corte y sellado lateral



Fuente: Los autores

4.5.6 Grupo ajuste lateral inicial. Por medio del ajuste lateral se da la medida del largo del colchón una vez entra en la banda 1, este sistema es activado mediante el desplazamiento del ajuste lateral inicial por medio de un motor y un sistema de piñón cremallera, que transportan el carro hasta que la activación de

dos sensores que ajustan y toma el largo del colchón para dar paso y que continúe con el proceso de la envoltura del plástico para realizar el proceso de empaque.

Tabla 6. Grupo ajuste lateral inicial

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
AJUSTE LATERAL INICIAL	Longitud máxima de recorrido del ajuste lateral de 70 cm	Dar ajuste a 300 colchones por turno	Cuadrar el colchón en su posición de trabajo
	Baja velocidad de desplazamiento		Permitir el paso del colchón una vez este cuadrado
	Ajusta colchones de forma continua desde 1.80 metros hasta 2.10 metros		

Fuente: los autores

Figura 23. Grupo ajuste lateral inicial



Fuente: Los autores

4.5.7 Grupo ajuste lateral final. El grupo de ajuste final se compone de un motor-reductor que hace girar un piñón recto y sobre este se desplaza una cremallera, el

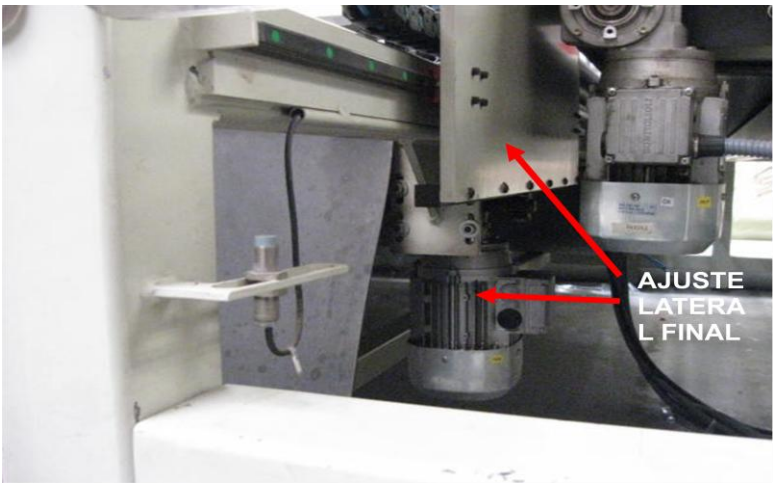
equilibrio del movimiento se logra por una guía en la que está montado un rodamiento lineal, el control del mecanismo lo ejerce un sensor inductivo. La función del ajuste final es ajustar el canal de paso del colchón efectuada en el ajuste inicial y así conseguir un ajuste que permita un buen selle y corte en los laterales del colchón.

Tabla 7. Grupo ajuste lateral final

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
AJUSTE LATERAL FINAL	Longitud máxima de recorrido del ajuste lateral de 70 cm	Empaca 3 colchones por minuto	Ajustar el canal de paso del colchón para permitir que se desplace libremente
	Baja velocidad de desplazamiento		
	Ajusta colchones de forma continua desde 1.80 metros hasta 2.10 metros		

Fuente: Los autores

Figura 24. Grupo ajuste lateral final



Fuente: Los autores

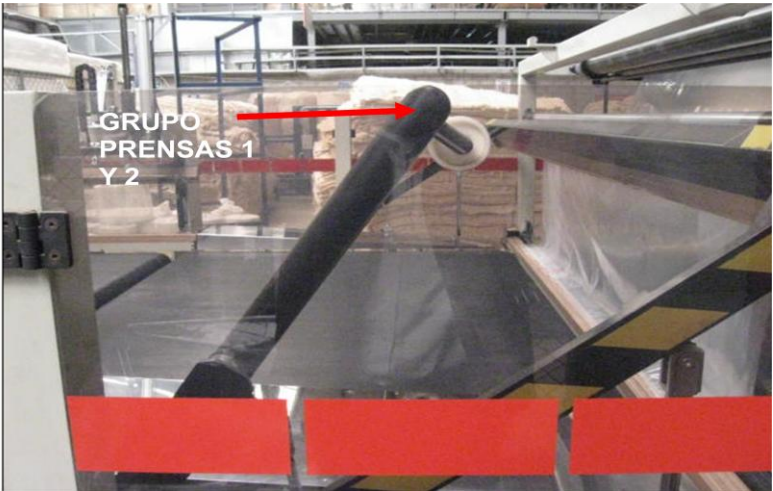
4.5.8 Grupo prensas 1 y 2. Las prensas 1 y 2 accionadas por cilindros neumáticos, consta de una estructura y 2 ruedas que cumplen la función de dar ajuste al colchón, la primera ajusta el paso de los colchones más ligeros y la segunda se encarga de dar el ajuste al plástico contra el colchón para obtener un empaque más justo, oprimiendo el plástico al colchón de manera que el empaque obtenga una apariencia de ajuste adecuada.

Tabla 8. Grupo prensas 1 y 2

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
PRENSA 1 Y 2	Activación por cilindros neumáticos doble efecto	Operar para colchones livianos	Asegurar el avance en los colchones mas ligeros y de baja altura
	Ruedas de la prensa en teflón	Empaca 3 colchones por minuto	
	Diámetro de las ruedas de 15 cm		

Fuente: Los autores

Figura 25. Grupo prensas 1 y 2



Fuente: los autores

4.5.9 Grupo prensa 3. La prensa 3 accionada por 4 cilindros neumáticos y un sistema de piñón y cremallera, que tienen el propósito de accionar los extremos del colchón antes de la soldadura para obtener una bolsa más ajustada, el ajuste apropiado de esta prensa lo da un micro que activa la llegada de las prensas al colchón y por medio de un sensor da el ajuste adecuado mediante el conteo de los dientes de un piñón recto que permite dar la presión necesaria al colchón.

Tabla 9. Grupo prensa 3

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
PRENSA 3	Activación por cilindros neumáticos doble efecto	Empaca 3 colchones por minuto	Comprimir los extremos del colchón antes de la soldadura para obtener una bolsa mas ajustada según parámetros del operador por tipo de colchón
	Guías en cremallera	Avance prensa 9 nº de dientes despues de activado el micro	
	Recorrido de la prensa de 70 cm		
	Recorrido regulado por conteo de dientes		

Fuente: Los autores

Figura 26. Grupo prensa 3



Fuente: Los autores

4.5.10 Grupo de Bandas. Compuesto por tres bandas una en el modulo de entrada, una en el modulo central y una en el modulo de salida.

La banda de entrada es de caucho con superficie lisa y se soporta en dos rodillos, uno de estos se desplaza para cumplir con la función de tensionar la banda. A la banda se le transmite movimiento por medio de un moto-reductor que esta acoplado en el eje de uno de los rodillos, el movimiento de la banda esta dado por la señal que recibe el moto-reductor y que es entregada por la foto-celda de entrada, la función de la banda de entrada es la de recibir el colchón y transportarlo al modulo central, la banda se desplaza uniformemente dentro del modulo de entrada.

La banda central es de caucho con superficie estriada y se soporta en dos rodillos, uno de estos se desplaza con la función de tensionar la banda. A la banda se le transmite movimiento por medio de un moto-reductor que esta acoplado en el eje de uno de los rodillos, el movimiento de la banda esta dado por la señal que recibe el moto-reductor una vez terminado el ciclo de sellado y corte central, la banda central recibí el colchón del modulo de entrada y lo transporta al modulo de salida, la banda se desplaza uniformemente en este modulo.

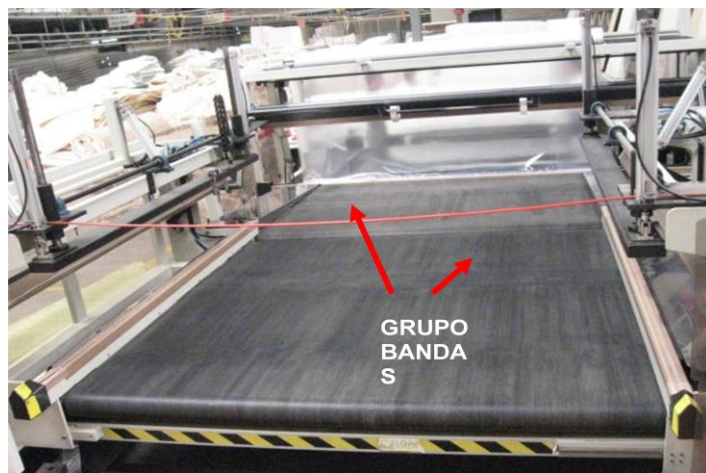
La banda de salida es de caucho con superficie estriada y se soporta en dos rodillos, la banda permite ser tensionada. El movimiento a la banda entra por medio de un mecanismo de transmisión piñón cadena, el movimiento de la banda esta dado por el moto-reductor una vez terminado el ciclo de sellado y corte de los laterales, la banda de salida recibí el colchón del modulo central y lo saca de la máquina, la banda se desplaza uniformemente a lo largo de este modulo.

Tabla 10. Grupo de bandas

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
BANDAS	Banda de 2,25 metros de ancho, Banda de 3,10 metros de longitud	La banda se mueve uniformemente mientras esta activada	Transportar el colchón a lo largo de cada banda libre de suciedad
	Banda de material en caucho	Opera de acuerdo al ciclo en el que se encuentra	
	Velocidad de avance constante, Rodamientos sellados		
	Reductor acoplado directo al eje excepto la banda 3		

Fuente: Los autores

Figura 27. Grupo de Bandas



Fuente: Los autores

4.5.11 Grupo eléctrico y de control. Alberga los elementos eléctricos y electrónicos destinados a protección, medida, control y accionamiento de la máquina. El grupo de control contiene al PLC marca Mitsubishi y la pantalla táctil de marca Lendher, esta permite visualizar algunas funciones como son:

- Mostrar errores y mensajes de estado.
- Introducir diferentes modos de trabajo.

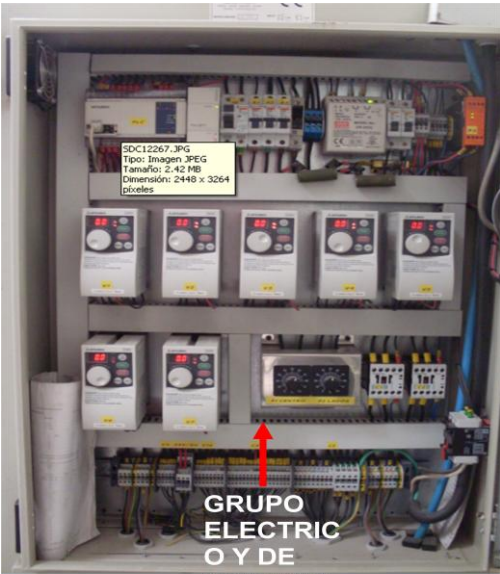
- Introducir parámetros de control.
- Activar diferentes elementos de la máquina.

Tabla 11. Grupo eléctrico y de control

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	FUNCIONES
ELECTRICO Y DE CONTROL	Pantalla LCD de tipo táctil, PLC Mitsubishi programable de 27 entradas y 17 salidas, Foto celda auto reflexiva alcance 5 mm, detector inductivo pnp 10 - 30 vdc, ventilador, Semáforo de señalización, Micro de rueda, Micro de seguridad	Voltaje de trabajo 220 voltios, tres fases y 60 hz	Permitir la comunicación hombre - maquina aceptando valores para las variables y mostrar mensajes de alarma
	Interruptor magneto térmico monofásico de 6 amp., Interruptor magneto térmico monofásico de 25 amp., Resistencia de 1 ohm y 50w, Interruptor general trifásico 2x40 amp., Relé de seguridad de 24 dc	Operación manual, Voltaje de las señales 24 v	Enviar señales de operación a los elementos(motores, electroválvulas y resistencias) de la maquina en forma controlada (regulación de amperaje voltaje adecuado y secuencia)
	Variador de frecuencia Mitsubishi de potencia de 0,4 kw, Regulador triac de 8000 w y Potenciómetro de 500 ohm, Contactor trifásico de 24 vdc a 25 amp., Foto celda auto reflexiva alcance 5 mm	Los parámetro se modifican manualmente	Mostrar el estado del proceso de empaque del colchón en la maquina atreves del semáforo
	Foto celda auto reflexiva alcance 5 mm, detector inductivo pnp 10 - 30 vdc, ventilador, Semáforo de señalización, Micro de rueda, Micro de seguridad	La calibración de los potenciómetros que regulan el sellado es manual	

Fuente: Los autores

Figura 28. Grupo Eléctrico y de Control



Fuente: Los autores

4.6 DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS

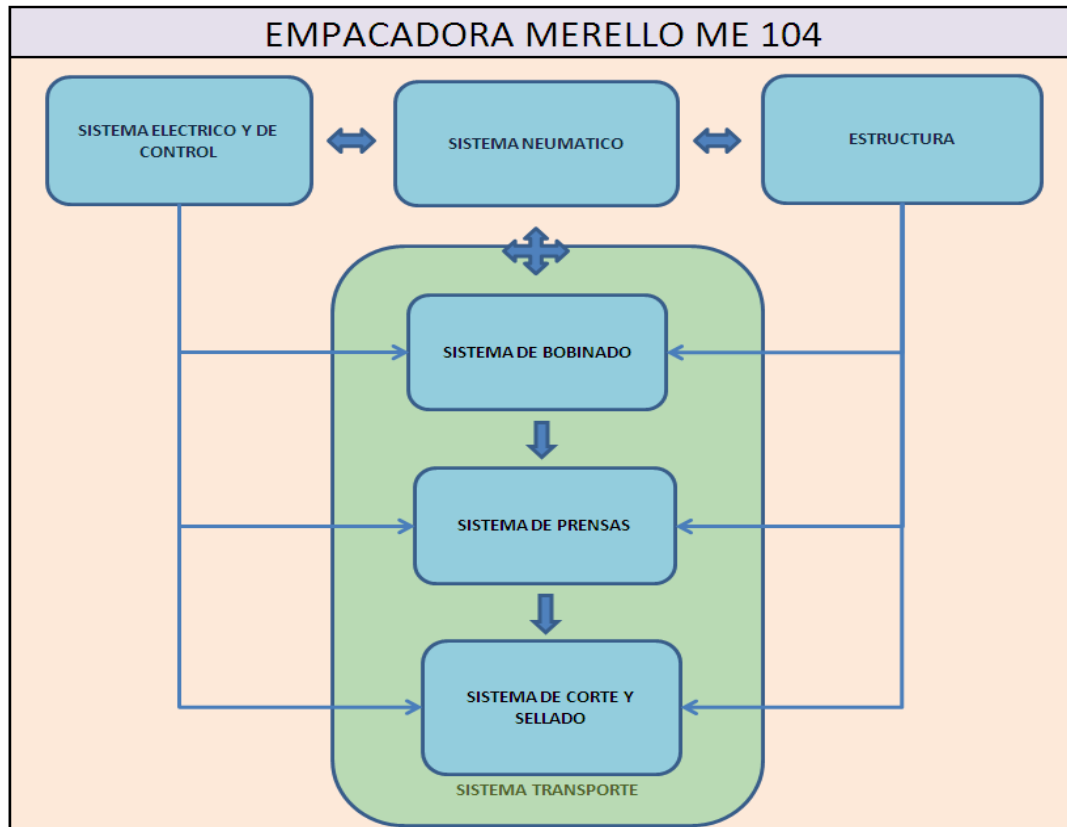
Figura 29. Esquema Entradas y salidas



Fuente: Los autores

4.7 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS SUBSISTEMAS

Figura 30. Esquema de Bloques de los Subsistemas



Fuente: Los autores

5. ENFOQUE GERENCIAL DEL MODELO RCM

Con la técnica RCM se obtiene el plan de mantenimiento del equipo, el cual permite desarrollar un modelo de gestión en la empacadora, basado en los conceptos de la confiabilidad operacional, teniendo claro que existen otros factores que la componen como la confiabilidad humana, la confiabilidad de proceso, la confiabilidad de equipo y la mantenibilidad.

5.1 ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE PROCESO

En la empacadora Merello ME-104 la confiabilidad de proceso se entiende como:

- La comprensión de lo que se hace y como se hace.
- La administración del proceso.
- La correcta operación del equipo dentro de los parámetros de diseño.

Como resultado del plan de mantenimiento se obtienen los siguientes requerimientos que permiten el mejoramiento de la confiabilidad de proceso:

- Elaboración de las listas de chequeo del operador
- Elaboración del procedimiento de operación

5.2 ANALISIS DE CONFIABILIDAD HUMANA

La confiabilidad humana en la Empacadora Merello ME-104 se entiende como la aptitud y la actitud por parte del personal operativo y de mantenimiento derivados del conocimiento y el actuar humano lo cual nos genera los siguientes requerimientos resultantes del plan de mantenimiento:

- Definir perfiles de los cargos

- Generar plan de competencias
- Evaluación de desempeño
- Capacitación y entrenamiento (coaching)

5.3 ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE EQUIPO

La confiabilidad de equipo en la empacadora Merello se entiende como la programación y ejecución de las tareas resultantes del plan de mantenimiento las cuales están agrupadas en monitoreos, reacondicionamientos cíclicos, sustituciones cíclicas y rediseños, para lo cual se debe desarrollar instructivos para cada una de las tareas teniendo en cuenta la frecuencia y el recurso humano.

5.4 ANALISIS DE MANTENIBILIDAD DEL EQUIPO

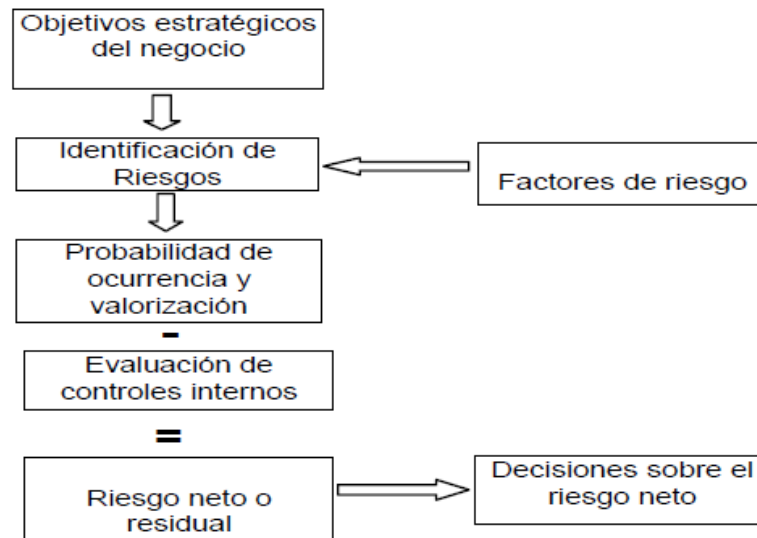
La mantenibilidad en la empacadora Merello ME-104 esta referenciada a la adquisición del equipo, al montaje y puesta en funcionamiento. En el plan de mantenimiento no se genero ninguna actividad relacionada con la distribución y montaje del equipo dentro del proceso.

5.5 DEFINICION DE LA MATRIZ DE RIESGOS

La matriz de riesgos construida en el desarrollo del RCM a la empacadora Merello permite realizar el análisis de los efectos derivados de los modos de falla y así definir el tipo de tarea mediante el árbol de decisión. Los niveles de riesgo definidos en la matriz desde la variable ocurrencia y probabilidad permiten obtener el criterio de aceptabilidad del riesgo. De igual manera la matriz permite evaluar la administración y efectividad de la gestión del plan de mantenimiento en lo referente a los impactos de este con los objetivos de la organización.

5.5.1 Fases para le elaboración de la matriz de riesgos

Figura 31. Esquema de elaboración de la matriz de riesgos



Fuente: Editorial, Matriz de Riesgo, Evaluación y gestión de riesgos. Disponible.
www.asfi.gov.bo/archivos/Editorial0805.pdf

5.5.2 Matriz de riesgos para el análisis de los efectos de la empacadora Merello ME-104

La Matriz de Evaluación de Riesgos es una herramienta para la evaluación cualitativa de los riesgos y facilita la clasificación de las amenazas a la seguridad humana, al medio ambiente, a los costos y a la imagen de la Empresa. Los ejes de la matriz según la definición de riesgo corresponden a las consecuencias y a la probabilidad.

Tabla 12. Matriz de riesgos empacadora Merello ME-104

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA		PROBABILIDAD					
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN			IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100,000,000	Internacional	Catastrofico	1						
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	<100,000,000 >10,000,000	Nacional	Critico	2						
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	<10,000,000 >1,000,000	Regional	Marginal	3						
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	<1,000,000 >50,000	Local	Insignificante	4						
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<50,000	Ninguno	Ninguno	5						
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

ACEPTABILIDAD	CRITERIO
	ACEPTABLE
	TOLERABLE
	INADMISIBLE

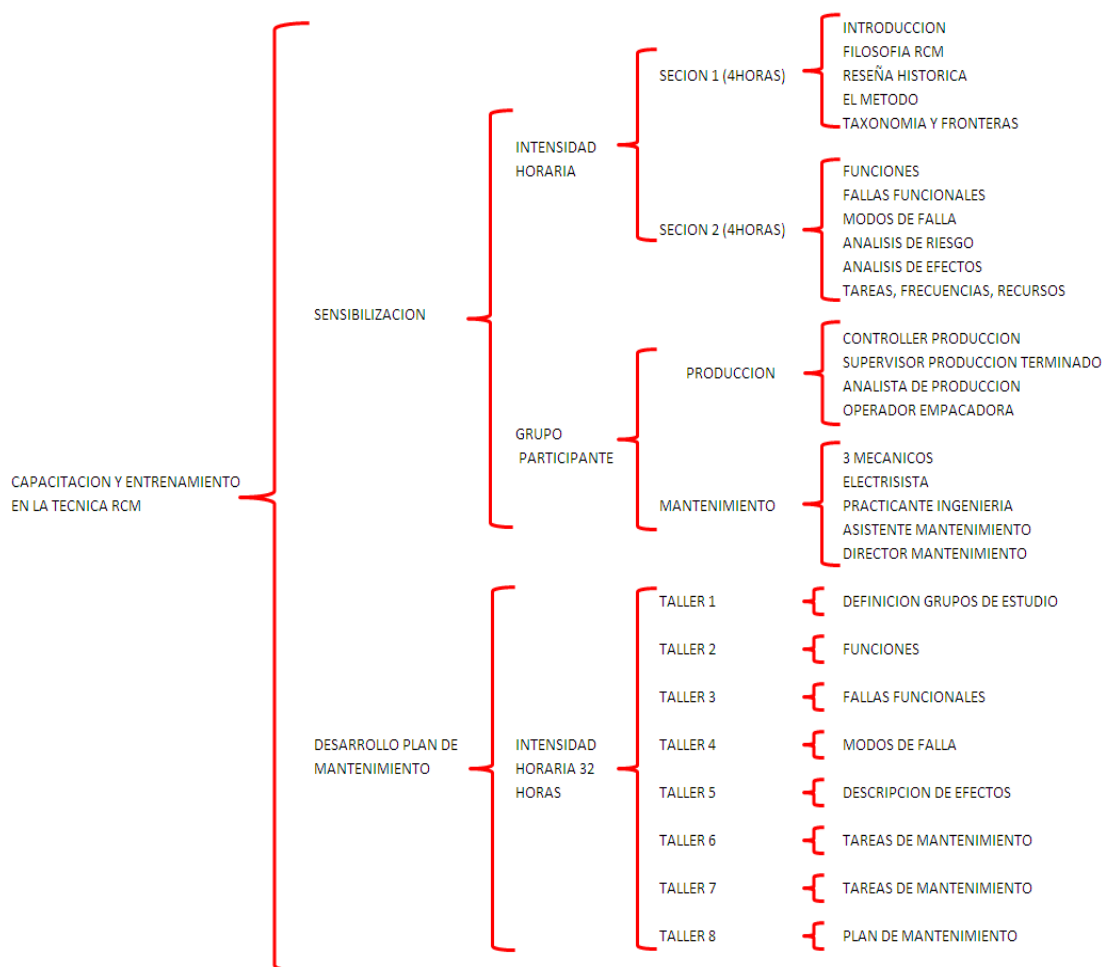
Fuente: los autores

5.6 CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO DE FACILITADORES EN RCM

Se pretende desarrollar las habilidades para la elaboración del plan de mantenimiento de la empacadora. Como estrategia en el despliegue del modelo, en el grupo entrenado se forman facilitadores que permiten implementar los planes de mantenimiento en otros equipos de la compañía bajo los criterios de criticidad tales como:

- Existencia de un solo equipo
- Ciclo de vida de la maquina
- Capacidad de ocupación
- Complejidad operativa

Figura 32. Diagrama capacitación y entrenamiento en RCM



Fuente: Los autores

5.7 ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO OBTENIDAS A PARTIR DEL DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Este documento no es solo un ejercicio académico, también contribuye al mejoramiento de las instrucciones descritas en el manual de la maquina. El aporte del documento contempla la creación de procedimientos, instructivos y listas de chequeo para los procesos de operación y mantenimiento de la maquina, el

desarrollo de los documentos hace parte del mejoramiento de la confiabilidad operacional en el contexto de la empacadora.

De la descripción de las tareas en el plan de mantenimiento se generaron las siguientes actividades:

- Realizar el instructivo para todas las tareas generadas en el plan de mantenimiento.
- Construir la guía de operación del equipo
- Diseñar formato para los instructivos, uno igual para todos
- Generar una carpeta para guardar todas las observaciones que durante la ejecución del plan se generen (mientras se instala el nuevo sistema de información de mantenimiento.
- Seguimiento mensual a los avances de implementación, para en un año revisar y actualizar el plan de mantenimiento
- Elaborar una lista de chequeo tanto para el operador como para mantenimiento

6. CONCLUSIONES

1. la forma en que se definan las tareas permitirá obtener un plan de mantenimiento que logre soportar el incremento de la confiabilidad operacional.
2. Como resultado del plan de mantenimiento de la empacadora se debe elaborar la lista de chequeo y el procedimiento de operación de la empacadora.
3. Para las tareas resultantes del plan de mantenimiento como son el monitoreo, el reacondicionamiento cíclico, la sustitución cíclica y el rediseño, se debe desarrollar un instructivo para cada una de estas tareas teniendo en cuenta la frecuencia y el recurso humano.
4. Los niveles de riesgo definidos en la matriz permiten evaluar la administración y efectividad de la gestión del plan de mantenimiento en lo referente a los impactos que este genere con los objetivos de la organización.
5. Este documento no es solo un ejercicio académico, también contribuye al mejoramiento de las instrucciones descritas en el manual de la maquina.
6. Con el entrenamiento que se contrato en RCM, se evidencia en el grupo de trabajo un cambio de actitud y mayor compromiso en el desarrollo y ejecución del plan de mantenimiento a la empacadora.

7. Algunas de las tareas programadas en el mantenimiento preventivo actual en la empacadora fueron modificadas como resultado de las tareas descritas en el RCM.
8. Se propuso un modelo de gestión de mantenimiento donde interviene la confiabilidad operacional y puede adaptarse a cualquier equipo de la planta, teniendo en cuenta sus condiciones operacionales.

BIBLIOGRAFIA

AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de Confiabilidad. Valencia, Diciembre, 2002.

DURÁN, José Bernardo. (2000). Qué es Confiabilidad Operacional? Revista Club Mantenimiento. Año 1. N° 2. Setiembre 2000. Disponible en. club_mantener@sinectis.com.ar.

GARCIA Palencia Oliverio, La Cultura de la Confiabilidad Operacional Disponible en. www.confiableidad.net/art_05/RCM/rcm_7.pdf

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario I: La Investigación Científica. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Bogotá, 2009.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Bogotá, 2010.

GUTIERREZ Gallego Jaime, Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión 115KV, Scientia et Technica Año XV, No 42 Agosto de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en. www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/22331911-16.pdf

ICONTEC. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1486. Cuarta actualización.

INDUSTRIAL Tijuana Capacitación. Introducción al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM2. Disponible en. www.industrialtijuana.com/pdf/B-5.pdf

LATINO, Charles J. (2003). "Definición y Logro de la Cultura de la Confiabilidad". Reliability Center Inc. Disponible en. www.reliability.com.

MANTENIMIENTO, Reliability y Confiabilidad – RCM. Disponible en. www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm

MERELLO ARVILLA, Merello. Manual de Uso y Mantenimiento: Maquina Embolsar Colchones ME 104. Madrid, 2006.

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2 Edición. Medellín: AMG, 2007.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, Aladon Ltd., Buenos Aires, Enero, 2004.

ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Bogotá, 2009.

ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM, 2010. Ortiz Ruiz Consultores S.A.S., Bogotá.

RODRIGUEZ Juan Eduardo, Seis Factores Claves en la Implementación del RCM de la U250. Disponible en. www.aciem.org/.../SeisfactoresclavesenlaimplementaciondelRCM.asp

TACO Villalba Luis, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Disponible en. www.bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/406/1/2006AJIEE-12.pdf