

**MODELO DE OPTIMIZACION PARA EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE
LOS EQUIPOS PARA LA PRODUCCION DE LECHE U.H.T DE LA
COOPERATIVA COLANTA S.A. BASADO EN RCM**

**LUIS ENRIQUE BEJARANO CLAVIJO
ANDRES CAMILO FERNANDEZ BUENO**

**UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2015**

**MODELO DE OPTIMIZACION PARA EL MANTENIMIENTO PROACTIVO DE
LOS EQUIPOS PARA LA PRODUCCION DE LECHE U.H.T DE LA
COOPERATIVA COLANTA S.A. BASADO EN RCM**

**LUIS ENRIQUE BEJARANO CLAVIJO
ANDRES CAMILO FERNANDEZ BUENO**

**TRABAJO DE GRADO
Presentada como requisito para optar el título de
INGENIERO MECANICO**

**Director
IVAN DARIO GOMEZ LOZANO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Bogotá D.C. 22 / 04 / 2015

DEDICATORIA

A Dios por concederme la gracia de estar vivo y
compartiendo con mis seres queridos.
A mi familia que con su paciencia me demuestran su
apoyo en cada paso que avanzo en la vida.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A nuestro director de tesis Ingeniero Mecánico IVAN DARIO GOMEZ LOZANO por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, visión crítica, rectitud en su profesión como docente y su motivación ha logrado que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

También nos gustaría agradecer a nuestros profesores durante la carrera profesional porque todos han aportado en nuestra formación y en especial al ingeniero RICARDO RIOS y el ingeniero RENE SILVA por sus consejos, enseñanza y más que todo por su amistad.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	10
1 FORMULACION DEL ANTEPROYECTO	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	14
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	17
1.6 MARCO REFERENCIAL	17
1.6.1 MARCO TEÓRICO	17
1.7 MARCO CONCEPTUAL:.....	18
1.8 MARCO METODOLÓGICO	19
1.8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	19
1.8.2 METODO DE INVESTIGACION.....	19
1.8.3 MARCO LEGAL Y NORMATIVO	20
1.9 RECURSOS Y PRESUPUESTOS.....	20
1.9.1 Recursos Humanos:.....	20
1.9.2 Recursos Físicos:.....	20
2 LA EMPRESA Y SU ENTORNO	22
2.1 LOCALIZACION:.....	22
2.2 RESEÑA HISTORICA	23
2.3 POLITICAS DE LA EMPRESA	24
2.3.1 Misión:	24
2.3.2 Visión:	25
2.3.3 Políticas de Calidad:.....	25
2.4 PROCESOS DE LA EMPRESA	26
2.4.1 Mapa de procesos de Colanta	26
2.4.2 Diagrama de bloques del proceso de producción de Leche U.H.T.....	27
2.4.3 Diagrama de Flujo del Proceso Productivo de Leche U.H.T.....	29
2.5 EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA	30
2.5.1 Correctivo:.....	31
2.5.2 Preventivo:	31
2.6 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	31
3 EL MANTENIMIENTO Y RCM	32
3.1 RCM: LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS	32
3.1.1 Funciones y Parámetros de Funcionamiento: Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados.	33
3.1.2 Fallas Funcionales	34
3.1.3 Modos de Falla:	34
3.1.4 Efectos de Falla:	35
3.1.5 Consecuencias de la Falla:.....	36
3.1.6 Tareas de Mantenimiento:	37
3.1.7 Acciones a “falta de”	40
3.2 PERSONAL IMPLICADO	42
3.2.1 Los facilitadores:	43
3.2.2 Los auditores:	43
3.3 LOS BENEFICIOS A CONSEGUIR POR RCM	44
3.3.1 Mayor seguridad y protección del entorno, debido:	44
3.3.2 Mejores rendimientos operativos, debido a:.....	44
3.3.3 Mayor control de costos de mantenimiento debido a:	45
3.3.4 Más larga vida útil de los equipos	45
3.3.5 Una amplia base de datos de mantenimiento, que:.....	46
3.3.6 Mayor motivación de las personas:	46
3.3.7 Mejor trabajo de grupo:	46
4 MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	48

4.1	CICLO PHVA.....	48
4.1.1	Planear:.....	49
4.1.2	Hacer:	49
4.1.3	Verificar:	49
4.1.4	Actuar:.....	49
4.2	APLICACIÓN DEL RCM AL PROCESO DE PRODUCCION DE LECHE U.H.T	52
4.2.1	Contexto Operacional:.....	52
4.2.2	Diagrama funcional de bloques para la producción de Leche UHT	60
4.3	ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE CRITICIDAD.....	61
4.4	APLICACIÓN DE RCM AL PROCESO DE MANTENIMIENTO	63
4.5	DIAGRAMA DE DECISIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CONSECUENCIAS ..	65
4.6	HOJA DE FUNCIONES, FALLA DE FUNCION, MODOS DE FALLA Y EFECTOS DE MODOS DE FALLA.	70
4.7	HOJA DE EVALUACION, DECISION Y TAREAS PROPUESTAS	71
4.8	INDICADORES DE GESTION	73
4.8.1	Indicadores de costo de mantenimiento.....	74
4.8.2	Indicadores de Mano de obra:	75
4.8.3	Indicadores de clase mundial.....	76
4.9	COSTOS DE MANTENIMIENTO	77
4.9.1	Los costos y su división.....	78
4.9.2	Costo total de mantenimiento.....	81
4.9.3	Costo Óptimo de Equilibrio.....	81
4.10	GESTION DE ALMACEN.....	83
4.10.1	Stocks.	84
4.10.2	Calculo del costo total esperado (CTE).....	90
4.10.3	Calculo del lote económico.	90
4.10.4	Determinación de las zonas de igual periodo de reposición.....	93
4.10.5	Determinación del stock de protección o de seguridad.	96
4.10.6	Diagrama ABC.....	97
5.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCION DE LECHE U.H.T.	99
5.1.	INTERCAMBIADOR DE CALOR A TUBOS	99
5.1.1.	Identificación y descripción del intercambiador de calor a tubos.....	99
5.1.1.	Descripción pasó a paso de operación del intercambiador de calor a tubos	100
5.1.2.	Alarmas y localización de fallos.....	103
5.2.	MODELO DE MANTENIMIENTO PARA ENVASADORA AREA 15-03.....	111
5.3	Número de paradas.....	114
5.4	Horas fuera de servicio.....	116
6.	CALCULOS.....	117
6.1.	Cálculos homogenizador.....	117
6.2.	Cálculos envasadora.....	119
6.3	Datos de Confiabilidad.....	121
6.4	Alineación de tbf por aproximación rango de medidas rry	122
6.5	Curva de Confiabilidad	123
7.	CONCLUSIONES	124
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Plantas.....	22
Figura 2 Mapa de Procesos de COLANTA.....	26
Figura 3 Etapas del proceso de Producción de Leche U.H.T.	28
Figura 4 Diagrama del flujo del proceso de Producción de Leche U.H.T.	29
Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.....	30
Figura 6 Ciclo PHVA.....	48
Figura 7 Modelo de Gestión Propuesto	50
Figura 8 Modelo de Gestión Propuesto para el Personal.....	51
Figura 9 Flujo de Recepción de Leche a la Planta Colanta	52
Figura 10 Recepción de Leche a la Planta Colanta	53
Figura 11 Termometría Silos de Almacenamiento.....	53
Figura 12 Filtros Tambor de 0.5 y 0.01 micras.....	54
Figura 13 Intercambiadores de Calor de Placas	54
Figura 14 Intercambiadores de Calor Tubular.....	55
Figura 15 Homogeneizador.....	56
Figura 16 Tanques de Proceso	57
Figura 17 Diagrama funcional Leche UHT.....	60
Figura 18 Diagrama de Flujo de la aplicación RCM.....	64
Figura 19 Diagrama de Decisiones para el establecimiento de Consecuencias.....	67
Figura 20 Hoja de funciones, falla de función, modos de falla y efectos de modos de falla	70
Figura 21 Hoja de evaluación, decisión y tareas propuestas	71
Figura 22 Hoja de Riesgos	73
Figura 23 Grafica del costo óptimo de mantenimiento	83
Figura 24 Costo de adquisición o de compra	86
Figura 25 Existencia promedio $\frac{1}{2} q$	89
Figura 26 Grafica del lote económico	92
Figura 27 Grafica del periodo de aprovisionamiento.	94
Figura 28 Diagrama real de stock.....	95
Figura 29 Esquema ABC.....	98
Figura 30 ciclo del proceso de intercambiador de calor a tubos.....	99
Figura 31 Principio de Funcionamiento Intercambiador de Calor a Tubos.....	100
Figura 32 Unidad de Des aireación Tetra Alrox	101
Figura 33 Número de paradas	115
Figura 34 Horas fuera de servicio	115
Figura 35 Cálculos homogenizador.....	118
Figura 36 Cálculos envasadora	120
Figura 37 Datos de Confiabilidad	121
Figura 38 Datos de Confiabilidad	121
Figura 39 Alineación de tbf por aproximación rango de medidas rry	122
Figura 40 Curva de Confiabilidad.....	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Efectos del Proceso térmico de la Leche	58
Tabla 2 Factores Ponderados a ser evaluados	61
Tabla 3 Factores Ponderados.....	63
Tabla 4 Costo óptimo de mantenimiento	82
Tabla 5 Datos para cálculo de costo de adquisición o compra	87
Tabla 6 Operación del equipo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7 Modelo de mantenimiento para envasadora	111
Tabla 8 Número de paradas.....	114
Tabla 9 Horas fuera de servicio.....	116
Tabla 10 Cálculos correctivos homogenizador	117
Tabla 11 Cálculos preventivos homogenizador	118
Tabla 12 Cálculos correctivos envasadora	119
Tabla 13 Cálculos preventivo envasadora	120

INTRODUCCION

En la actualidad la industria láctea se encuentra en un continuo crecimiento, y tiene como objetivo principal el optimizar sus procesos de gestión de mantenimiento y producción.

Teniendo en cuenta la necesidad que tiene la Cooperativa Colanta de mejorar los procesos de producción, siendo esta una empresa dedicada a la producción de alimentos a base de leche, cárnicos y sus derivados, resulta esencial la elaboración de un modelo de optimización para el mantenimiento proactivo de los equipos para la producción de leche U.H.T

El origen de este proyecto nació tras la iniciativa de mejorar la gestión de calidad, a través de trabajos preventivos y no correctivos, ya que estos últimos producen costos muy elevados de mantenimiento, paradas por fallas en los equipos y largos tiempos de reparación afectando la producción total.

Por lo tanto se optó por la creación e implantación de un modelo de optimización para el mantenimiento proactivo en una de las líneas de producción., que tiene como objetivo principal aumentar la confiabilidad de sus equipos, cumpliendo con los contratos establecidos, para poder tener una situación económica y financiera más eficiente y estable.

Analizando la teoría relacionada con el tema, y estudiando la situación actual de la empresa, se definen los conceptos básicos y se describe el proceso que se desarrolló para crear e implementar un modelo de optimización para el mantenimiento proactivo de los equipos para la producción de leche U.H.T de la cooperativa Colanta s.a. basado en rcm

1 FORMULACION DEL ANTEPROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Inicios del mantenimiento

Al empezar a hablar de mantenimiento es vital introducir el tema de producción, ya que el cliente interno e inmediato de mantenimiento es producción. Por esta razón, es relevante proponer el tema durante la historia del mantenimiento.

Básicamente podríamos hablar de tres períodos o épocas productivas de la humanidad en los últimos dos siglos si de la industria se habla; no con la certeza de especificar un año en particular, pero con la seguridad que en ese tiempo, han ocurrido fenómenos o precedentes que marcan diferencias para resaltar.

Años atrás (dos siglos), existía una forma de producción, de tal manera que se elaboran artículos de consumo de primera necesidad además de alimentos, por tal razón se habla de la "Producción Artesanal": Donde se hace referencia a años anteriores al año 1850, época que se destacó la producción donde la mano de obra se resaltaba por ser un proceso en gran parte artesanal, implicaba el uso de herramientas básicas manuales, hornos, telares y otros. La facilidad de adquisición de las materias primas de dichos procesos era adquirida según la zona geográfica del sector productivo.

Por lo tanto la llamada "época artesanal" aunque no existiera la producción como hoy se conoce, no significa que no existiera en esta época.

Los artículos fabricados en ese entonces, simplemente se basaban en necesidades primordiales para la subsistencia, fuera y muy lejos de pensar en el consumismo.

Posteriormente, se habla de la época de la producción, esta época es la que tuvo un mayor impacto en el contexto mundial, debido al amplio y acelerado crecimiento, que a la vez ha sido marcado drásticamente por eventos como: guerras, impactos ecológicos, sociales y culturales. De los años 1850 al 1975. Durante estos años se comienza a tomar en cuenta la producción en serie de diversos productos, la industrialización se toma como concepto fundamental.

Esta época se caracteriza por tener en funcionamiento equipos y maquinaria robusta, netamente mecánica, de materiales poco tecnificados, de igual manera la cantidad de personal requerida es numerosa y poco calificada. Indudablemente el evento más impactante en el contexto mundial de estos años es la segunda guerra mundial. Hecho que golpeó severamente a países como Francia, Japón, Alemania, Inglaterra, entre otros. Hasta los años treinta (30"S), el mantenimiento de estos equipos era netamente correctivo, y las teorías de fallas de los equipos se consideraban totalmente impredecibles.

Debido a la situación social y económica de los países implicados en la segunda guerra mundial, y al ver la necesidad de reiniciar la actividad económica con los pocos recursos que dicha guerra dejó, se comienza a hablar del mantenimiento preventivo, por lo tanto se inician las teorías de conservación y mantenimiento del equipo para prolongar su vida útil y reducir los costos.

Se comienza a notar por el mismo afán de conservación, que los elementos tienen un comportamiento rutinario y secuencial (concepto de la Vida útil).

Nueva Época: Después del año 1975, acontecen eventos que impactan de forma social y económica las actividades normales en sector industrial: La crisis petrolera de los años setenta (70'S), la contaminación ambiental generada en gran parte por la industrialización desmedida, la introducción abrupta de Computadores, nuevas tecnologías de producción, bloques económicos globalización, normalización de la producción. Estos eventos obligan al mantenimiento a acoplarse a los nuevos y consecutivos cambios del sector industrial. Es así como mantenimiento, y otras áreas de la ingeniería se han visto obligadas a mejorar continuamente, para ofrecer a los productos una calidad que mantenga la competitividad del mercado.

Viéndolo desde el punto de vista empresarial y por departamentos de producción, el mantenimiento es y será siempre un apoyo para producción, pero la producción depende de lo que generen las ventas y dichas ventas dependen del comportamiento del mercado (consumidores). Hoy en día debido a los acontecimientos y a los nuevos modelos económicos, se requiere que todo sector productivo sea:

- Flexible: Para que posea la facilidad de cambiar o variar los productos lo más pronto posible dependiendo del mercado actual.
- Físicamente pequeño: Las plantas pequeñas, son más fáciles de controlar y mantener por costo.
- Altamente Productivo: Se requiere que las plantas produzcan grandes cantidades o volúmenes de producto.
- Al mejor Costo: Con la ayuda e la tecnología los sistemas pueden llegar a ser tal vez costoso en cuanto adquisición, pero económico en operación.
- Poco personal: Las grandes cantidades de personal, llegan a ser difíciles de controlar y la eficiencia del sistema productivo se hace poco sostenible.
- Innovador: Constantemente salen nuevos productos al mercado obligando a ser competitivos.

Al preguntarse, ¿Que tiene que ver mantenimiento con los sistemas productivos y económicos? la respuesta es todo. El mantenimiento es el responsable de facilitar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos para que puedan cumplir las metas en el mercado.

Principios y conceptos básicos del mantenimiento

Desde el día en que se aplicó el mantenimiento preventivo; esta actividad se ejecuta en los equipos para conservarlos como activo y sigan cumpliendo la función por la cual fueron diseñados.

No es difícil observar y darse cuenta que todo elemento, sistema o mecanismo tiene una época o un tiempo en el cual cumple su función, ese momento ocurrió, cuando los mantenedores de los equipos, aquellos que operaban máquinas después de Segunda Guerra Mundial, notaron que éstos duraban un cierto tiempo sin fallar; y esto se repetía de forma cíclica, por tal razón se habla desde ese momento que todo elemento tiene una vida útil.

Al hablar de los conceptos básicos de mantenimiento, es indispensable afirmar que hoy en día el objetivo principal es mantener la función del equipo, anteriormente se le daba más importancia al equipo como activo, pero hoy en día con los modelos productivos actuales del mundo, lo que prima es la función que cumple el equipo dentro del sistema productivo.

Debido a que los sistemas productivos son cada vez más complejos, se requiere pensar una forma de evaluar y considerar el grado de confianza que el equipo pueda brindar, es decir que se entra a hablar de confiabilidad.

La posibilidad que un equipo falle durante un tiempo determinado. De la misma manera se habla, de que tan fácil, en cuanto a tiempo, repuestos y tiempos de intervención requiere un equipo, de esta manera se habla de mantenibilidad. Antes de entrar en el tema específico de mantenimiento, es necesario aclarar y establecer términos técnicos comúnmente usados en este campo, basados en el vocabulario de esta materia.

1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Los problemas evidenciados son los siguientes:

- Media-baja confiabilidad en equipos por mala programación del plan de mantenimiento actual.
- Paros no programados en producción debido a las constantes fallas presentadas en los equipos por motivo de la falta de confiabilidad en cada uno de ellos.
- Estrategias de mantenimiento poco efectivas basándose en el plan de mantenimiento actual.
- Continúo mantenimiento nivel 3.por recomendaciones de fábrica.
- Filosofías de mantenimiento productivo total aplicadas a medias teniendo mediana producción y baja confiabilidad, en el plan de mantenimiento establecido.
- No hay aplicación de filosofías de mantenimiento centrado en confiabilidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se pretende profundizar en los conceptos teóricos del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM bajo el contexto operacional considerado como base para la optimización del mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de un proceso de manufactura.

Por otro lado se pretende profundizar en el ejercicio práctico el análisis de causa raíz de las fallas RCFA, el análisis modal de efectos de fallas y su cuantificación de la criticidad FMECA, bajo las normas SAEJ1739 e ISO14224.

Se delimita este proyecto al proceso de producción de leche U.H.T., con lo cual se pretende modificar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos críticos con el fin de mejorar la confiabilidad del proceso, reduciendo el número de fallas/mes, optimizando la frecuencia y el tiempo del programa de mantenimiento preventivo, reduciendo costos de mantenimiento y los costos improductivos.

1.4 OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos generales y específicos para el proyecto.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar los conceptos de RCM y las herramientas de confiabilidad operacional RCFA y FMECA para optimizar el plan de mantenimiento proactivo de los equipos críticos, en la producción de leche U.H.T para la Cooperativa Colanta s.a.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los equipos críticos del proceso de producción, para priorizar el plan de mantenimiento.
- Definir funciones de los equipos definidos como críticos y sus estándares de operación
- Realizar un análisis de Causa Raíz de las fallas potenciales y recurrentes
- Proponer un Análisis de Modos de y Efectos de Fallas funcionales de los equipos considerados como críticos
- Proponer un plan de mantenimiento de tareas proactivas para los equipos seleccionados.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se compromete a entregar la propuesta del modelo de optimización para el mantenimiento proactivo basado en RCM, sobre una línea de producción para la Cooperativa Colanta, su implementación dependerá única y exclusivamente de las decisiones gerenciales de la empresa.

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 MARCO TEÓRICO

No es difícil observar y darse cuenta que todo elemento, sistema o mecanismo tiene una época o un tiempo en el cual cumple su función, ese momento ocurrió, cuando los mantenedores de los equipos, aquellos que operaban maquinas después de la segunda Guerra Mundial, notaron que estos duraban un cierto tiempo sin fallar; y esto se repetía de forma cíclica, por tal razón se habla desde ese momento que todo elemento tiene vida útil.

Al hablar de los conceptos básicos de mantenimiento, es indispensable afirmar que hoy en día el objetivo principal es mantener la función del equipo, anteriormente se le daba más importancia al equipo como activo, pero hoy en día con los modelos productivos actuales del mundo, lo que prima es la función que cumple el equipo dentro del sistema productivo.

Debido a que los sistemas productivos son cada vez más complejos, se requiere pensar una forma de evaluar y considerar el grado de confianza que el equipo puede brindar, es decir que se entra a hablar, de confiabilidad: es decir la posibilidad que un equipo falle durante un tiempo determinado. Dentro de estas nuevas técnicas, la metodología de gestión del mantenimiento denominada **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)**, constituye actualmente, una de las principales y más efectivas herramientas para mejorar y optimizar el mantenimiento en las organizaciones.

El éxito del MCC a nivel mundial, se ha debido principalmente a que esta filosofía permite establecer los requerimientos necesarios de mantenimiento de los distintos equipos en su contexto operacional, tomando en cuenta básicamente, el posible impacto que puedan ocasionar las fallas de estos equipos: al ambiente, la seguridad humana y las operaciones, aspectos que en el presente, son considerados de vital importancia dentro de cualquier proceso productivo.

Por lo expuesto anteriormente, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, se convierte hoy en día, en una de las principales herramientas utilizadas por las organizaciones de clase mundial.

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de

Los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo.

En otras palabras el MCC es una metodología que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permitan garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

1.7 MARCO CONCEPTUAL:

En un intento por alcanzar el mayor entendimiento posible es conveniente caracterizar todos aquellos elementos que intervienen en el proceso de este proyecto a través de esto se busca en encontrar aquellas definiciones, conceptos y líneas para enmarcar la investigación, a lo largo de este proyecto se encontraran diferentes siglas que se mencionaran a lo largo del documento por ende son renombradas las más importantes y destacadas del documento:

- **MCC:** Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
- **UHT:** Ultra High Temperature, calentamiento a alta temperatura (135-150°C o más) durante pocos segundos.
- **ESL:** Extended shelhlife, vida útil alargada
- **Asepsia:** Condición libre de microorganismos que producen infecciones o enfermedades.

Para lograr el producto final, leche UHT, el producto pasa por diferentes procesos los más importantes son:

- **Pasteurización:** Proceso de tratamiento de leche que permite extender su vida útil, basado en temperatura y tiempo.

- **Normalización:** Proceso que da a la leche un contenido graso definido constante y garantizado.
- **Homogeneización:** Proceso que consiste en desintegrar o distribuir finamente los glóbulos de grasa en la leche con el fin de reducir la formación de la capa de nata.
- **PM .BC: Plan** de mantenimiento basado en confiabilidad.
- **CDM: Análisis** de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de Sistemas.
- **RAM** :(Reliability, Availability and Maintainability)

1.8 MARCO METODOLÓGICO

Se realizará una investigación de tipo cuantitativo partiendo de una problemática definida, llevando a cabo una investigación experimental con el fin de corroborar la hipótesis anteriormente planteada.

- Determinar la situación de mantenimiento actual.
- Recolección de información.
- Recolección y confrontación de datos.
- Documentación completa de procesos y equipos.
- Análisis de datos e indicadores a utilizar.

1.8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Se realizara una investigación de tipo cuantitativo partiendo de una problemática definida, llevando a cabo una investigación experimental con el fin de corroborar la hipótesis aún no mencionada.

1.8.2 METODO DE INVESTIGACION

De acuerdo con los objetivos planteados, se prevé que serán utilizados los métodos básicos como son los inductivos, deductivos, analíticos y sintético indistintamente, ajustándose a la necesidad que cada ítem requiera o se disponga de información, para utilizar el método que sea conveniente.

El método a utilizar será el método Descriptivo ya que se hará una interpretación de las distintas fuentes de información recopilada para su utilización en la solución a los problemas anteriormente planteados.

1.8.3 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Las siguientes son las Normas más utilizadas en este módulo que permite caracterizar componentes eléctricos y no eléctricos:

- SAE J1739
- ISO14224
- NORMAS_ICONTEC 1486

1.9 RECURSOS Y PRESUPUESTOS

1.9.1 Recursos Humanos:

En mantenimiento la fuente primordial de trabajo, y que representa el símbolo de eficiencia es el talento humano. Por lo tanto el personal de esta dependencia es contable en el momento de definir costo de actividades.

Por lo tanto el recurso humano principal es el Ing. Iván Darío Gómez Lozano.

1.9.2 Recursos Físicos:

Para la recopilación de datos e información fue necesario contar con computadores con Microsoft office. Tener conocimiento y estudio de la información suministrada por el departamento de mantenimiento y a su vez contar con recursos como:

- Biblioteca de la universidad Libre.
- Biblioteca Luis Ángel Arango.
- Computadores portátiles.
- Manuales.
- Libros.
- Calculadora.

1.9.3 Recursos Financieros

Recurso humano	\$/Hr	Nro. Hr.	Total	Fuente de financiación
Investigador	5.000	1000	5.000.000	Investigador
Asesor	20.000	20	400.000	Universidad Libre
Total Talento Humano				\$ 5.400.000
Maquinaria y Equipos	Costo Unitario Prueba	Cantidad	Total	Fuente de Financiación
Computadores	250.000	1	250.000	Universidad Libre
Total Maquinaria y Equipos				\$ 250.000
Fungibles	Costo Unitario	Cantidad	Total	Fuente de financiación
Libros	65.000	1	65.000	Universidad Libre
Papelería y Otros	45.000	4	180.000	Investigador
Total Fungibles				\$ 245.000
Servicios Públicos			\$ 50.000	Universidad Libre
Viajes			\$ 100.000	Universidad Libre
Total Otros Gastos			\$ 500.000	Investigador
Subtotal				\$ 5.895.000
Imprevistos				\$ 1.000.000
Costo Total del Proyecto				\$ 6.895.000

Fuente: Guía proyectos de Grado Universidad Libre.

2 LA EMPRESA Y SU ENTORNO

2.1 LOCALIZACION:

COLANTA, se encuentra ubicada en diferentes sectores del amplio y estrecho territorio colombiano.

Figura 1 Ubicación de Plantas¹



¹FUENTE: COLANTA

2.2 RESEÑA HISTORICA ²

En 1964, al norte del departamento de Antioquia, la situación de los pequeños productores de leche era caótica, la minería del oro, lavó los suelos y la subsistencia de sus familias dependía de una producción de 20 litros de leche diarios por familia. En Medellín la situación tampoco era la mejor, la Alcaldía prohibió la venta de leche cruda y un oligopolio controlaba el 95% del mercado lechero, EL VITAL LÍQUIDO SOLO SE VENDÍA, DÍA POR MEDIO Y MÁXIMO 2 LITROS POR FAMILIA.

Aun así los deseos de superación de los pequeños productores siguieron adelante. Sesenta y cuatro campesinos, con la iniciativa de la Secretaría de Agricultura, fundaron en Don Matías. El 24 de junio de 1964, lo que entonces se llamó COOLECHERA. La situación no era fácil para la naciente cooperativa, porque tres veces fue declarada en quiebra legal durante sus primeros 10 años y el gobierno ordenó su liquidación. En 1973 el panorama cambió por completo, cuando Jenaro Pérez, Médico Veterinario y Zootecnista de la Universidad Nacional de Bogotá, ex secretario de Agricultura Departamental, con estudios en Gran Bretaña por tres años, país en el que nació el cooperativismo, cambió el nombre de Coolechera por COLANTA, sigla de Cooperativa Lechera de Antioquia, con la premisa: “haga todo lo que deba, aunque deba todo lo que haga”.

El 25 de julio de 1976 se vendió el primer litro de leche. COLANTA[®] partió la historia económica de Colombia, cuando nadie pensó que La Cooperativa saldría adelante y fue objeto de burlas y de risas por lo utópico del proyecto. COLANTA[®] se impuso con la calidad dada la experiencia profesional del Dr. Pérez en el instituto Zoo profiláctico Colombiano, dirigido por el Instituto Zoo profiláctico de Brescia Italia. También fue auxiliar de la cátedra de microbiología en la Facultad de Medicina Humana de la Universidad del Cauca en Popayán y el primer titular de la Cátedra de enfermedades infecciosas en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Antioquia en Medellín. Todo esto

² Fuente Colanta

servió como punto de partida para desarrollar productos que desde entonces han mejorado la economía de los campesinos y han sido el deleite de los consumidores colombianos, al punto de convertirse en la marca de leche más recordada del país y la más querida, Hoy COLANTA® es patrimonio nacional, sus dueños son más de 10 mil campesinos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Córdoba, Viejo Caldas, Atlántico y Nariño, y más de 4.500 trabajadores también asociados a COLANTA®. La labor de COLANTA® en 35 años en Antioquia – Colombia, ha permitido transformar suelos, modificar costumbres y consolidar la economía de miles de familias colombianas, convirtiendo a Colombia de un país deficitario en leche y por lo tanto importador, en un país autosuficiente: el consumo per cápita pasó de 50 litros a 146 litros-año. COLANTA® es la única empresa lechera del país a la que le ha sido otorgada la Cruz de Boyacá, máximo reconocimiento de la Presidencia de la República de Colombia

COLANTA® sabe más a calidad, innovación y desarrollo, gracias a la solidaridad cooperativa de asociados trabajadores y productores, consumidores y el Estado Colombiano que ha creído en La Cooperativa, porque sin ningún aporte significativo, se convirtió en la empresa láctea más grande de Colombia y en la más querida, según las últimas encuestas de la firma multinacional Raddar y de Inavamer Gallup, para la Revista Dinero.

2.3 POLITICAS DE LA EMPRESA

2.3.1 Misión³:

Somos una cooperativa líder del sector agroindustrial que posibilita el desarrollo y bienestar de los asociados productores y trabajadores, a través de una oferta integral y oportuna de productos y servicios, como la mejor opción en la relación calidad-precio, para satisfacer las necesidades de los clientes en el contexto nacional, con proyección internacional. Para ello contamos con la tecnología apropiada y un talento humano visionario, comprometido con los

³ Fuente Colanta

valores corporativos, la preservación del medio ambiente y la construcción de un mejor país.

2.3.2 **Visión⁴:**

“Seremos una cooperativa altamente comprometida con la internacionalización de la producción del sector agroindustrial y de las actividades complementarias para el desarrollo social y económico de los asociados y las regiones donde realizamos gestión con procesos innovadores, cumpliendo los más estrictos estándares de calidad, productividad y competitividad para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en los mercados nacionales e internacionales.”

2.3.3 **Políticas de Calidad:**

COLANTA es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos lácteos, desarrollando actividades con los siguientes compromisos:

Servicio al cliente: satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes internos y externos.

Mejoramiento Continuo: Mantener una cultura proactiva e innovadora en nuestros procesos y servicios.

Factor Humano: Mantener un equipo humano competente con sentido de pertenencia, compromiso por la empresa y empatía entre el cliente interno y externo.

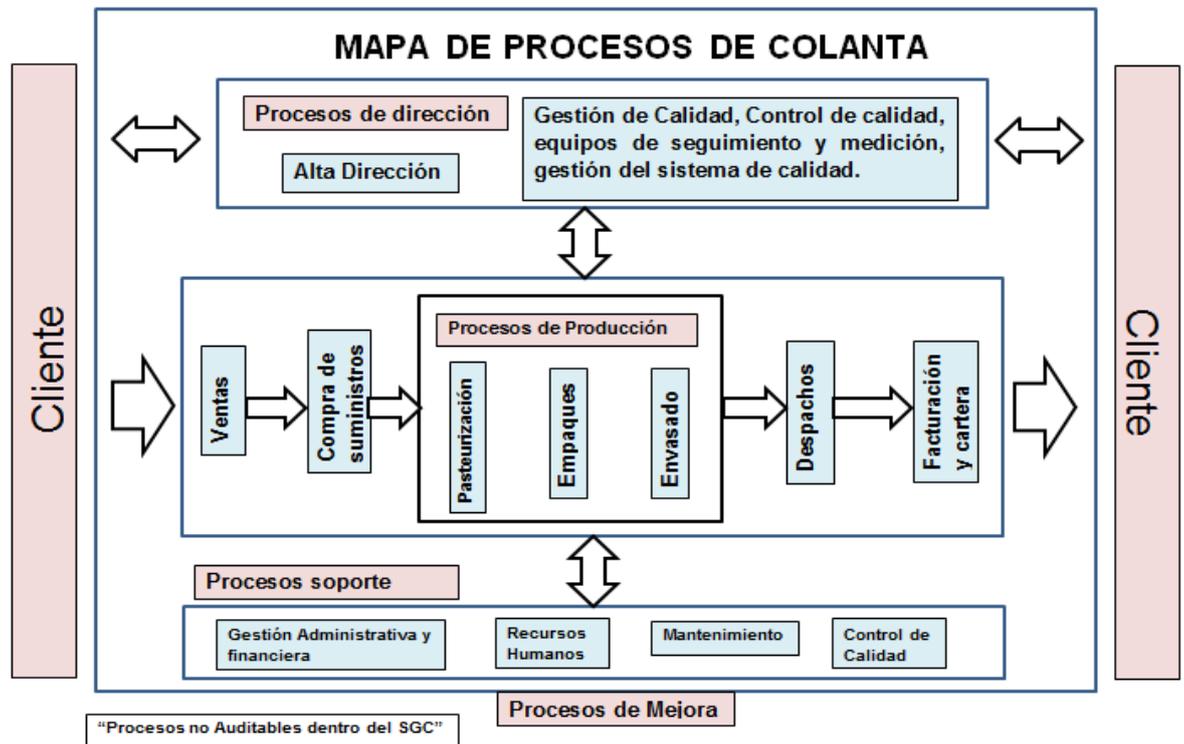
Medio Ambiente: Trabajar continuamente por minimizar los riesgos ambientales.

⁴ Fuente Colanta

2.4 PROCESOS DE LA EMPRESA

2.4.1 Mapa de procesos de Colanta

Figura 2 Mapa de Procesos de COLANTA⁵



En la gráfica se observa los procesos que se deben tener en cuenta para obtener el producto final. Desde la necesidad del cliente de suplir su necesidad (en este caso leche UHT), hasta tener un cliente satisfecho con el producto, teniendo como base todas las etapas de proceso productivo como lo son:

- Procesos de producción: todos aquellos que interfieren en la producción del producto.
- Procesos de soporte: aquellos que me permiten llevar a cabo el proceso productivo sin alteraciones e interrupciones.
- Procesos de dirección: aquellos que aportan las directrices administrativas de control del proceso.
- Procesos de mejora: La retroalimentación que me permite mejorar cada proceso.

⁵FUENTE: COLANTA

la venta del producto para satisfacer la necesidad del cliente, permitirá la retroalimentación de la efectividad de cada uno de los procesos, para esto es importante tener los suministros necesarios para su producción, procesos de pasteurización, empaque y envasado para poder despachar y poner en venta un producto de óptima calidad y competitivo en el mercado.

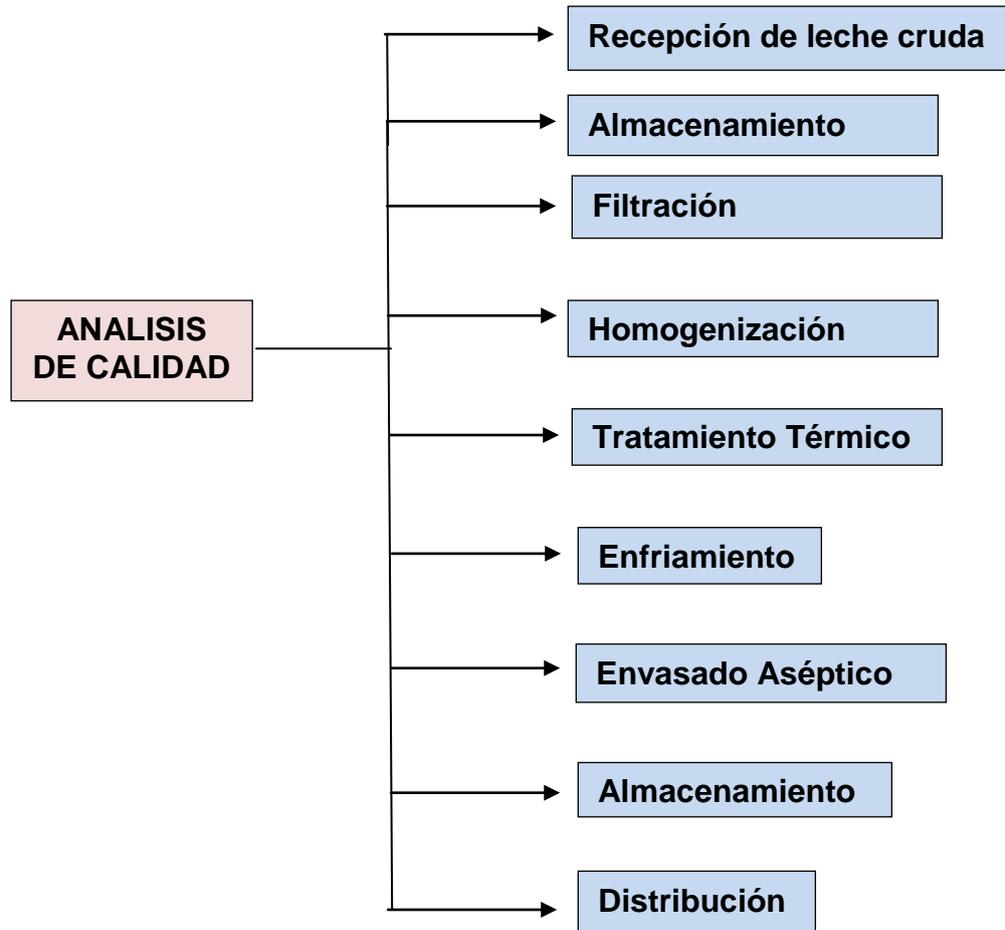
Ligado a este proceso tenemos procesos del soporte productivo como lo son los procesos de dirección para establecer pautas que garantizan la gestión de cada una de las variables que incidan en el proceso y normalizar cada uno de los pasos a seguir y un proceso de soporte que nos permita la consecución del objetivo principal que es lograr poner, tener y atender los requerimientos del proceso productivo.

2.4.2 Diagrama de bloques del proceso de producción de Leche U.H.T.

Este diagrama de bloques corresponde al tratamiento térmico por el cual tiene que ser sometido la leche para llegar a ser leche U.H.T.

Siendo sometida a temperaturas entre 135 -140°C, con esto se asegura que la leche esta 99.99% libre de microorganismos que podrían de una u otra manera afectar a la salud humana.

Figura3 Etapas del proceso de Producción de Leche U.H.T.⁶



Para un análisis de calidad confiable y controlada se deben tener en cuenta cada una de las etapas:

- **Recepción de leche cruda:** recepción de la leche desde sus distintos orígenes hasta la planta.
- **Almacenamiento:** almacenar la leche y tenerla agitada para alimentar los diferentes procesos.
- **Filtración:** primera etapa del proceso productivo para separar la proteína de cualquier impureza.
- **Homogenización:** extracción de lípidos hasta lograr un contenido graso uniforme.
- **Tratamiento térmico:** subir la temperatura determinado tiempo a temperaturas entre 135 -140°C.
- **Enfriamiento:** disminuir a temperaturas de 85-87°C en durante determinado tiempo y etapa del proceso.

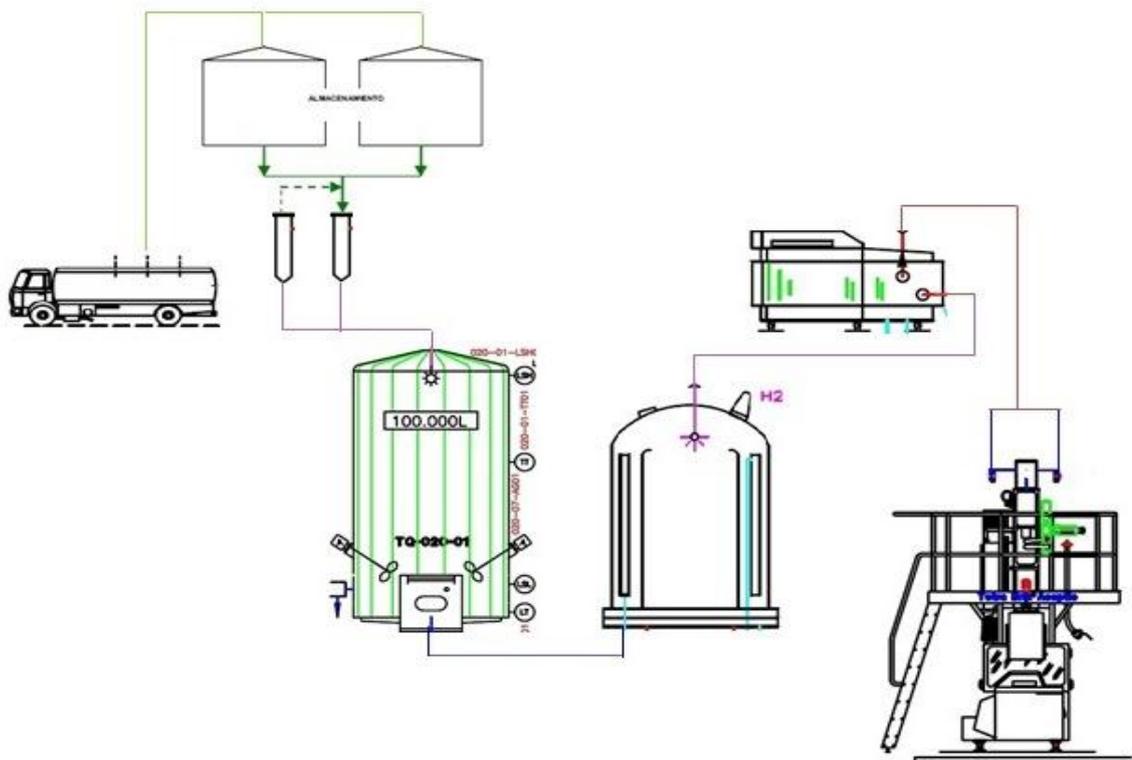
⁶FUENTE: COLANTA

- Envasado: proceso totalmente automatizado donde se realiza el empaque de la leche uht.
- Almacenamiento: almacenamiento de producto listo para ser comercializado.
- Distribución: comercialización del producto.

2.4.3 Diagrama de Flujo del Proceso Productivo de Leche U.H.T.

Dentro de este diagrama encontramos todo el flujo desde el descargue de la leche cruda hasta el punto de envasado aséptico.

Figura 4 Diagrama del flujo del proceso de Producción de Leche U.H.T.



En el diagrama se aprecian claramente cada una de las etapas del proceso productivo.

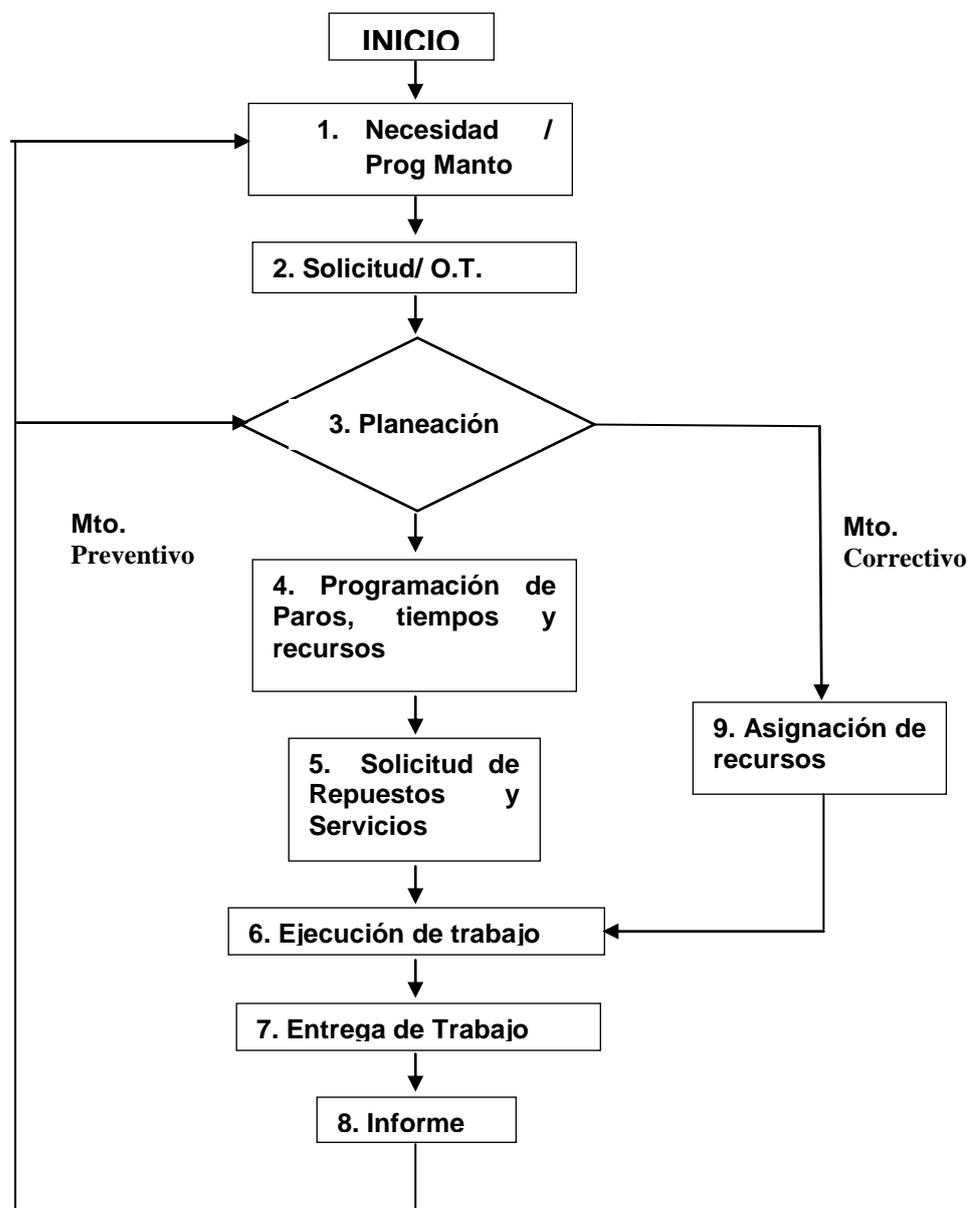
El proceso inicia con la recolección del producto, es recolectado en carro tanques, llevado hasta la planta donde es almacenado, a medida que el proceso lo solicita los silos de almacenamiento alimentan el proceso en cada una de las etapas del proceso pasteurización, homogenización y ultra pasteurización para logara culminar el proceso en la etapa de envasado aséptico donde se convierte en un producto final listo para su comercialización.

2.5 EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA

Actualmente el mantenimiento en la empresa es correctivo y preventivo, se tiene un procedimiento para estos tipos de mantenimiento que está en el sistema de gestión de calidad.

Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento⁷

De acuerdo al modelo planteado se toma como recurso plantearse un diagrama de ejecución de actividades de la siguiente forma:



⁷FUENTE: COLANTA

2.5.1 Correctivo:

Se elabora una solicitud de mantenimiento, cuando se presenten problemas con el equipo por parte de los Jefes de Procesos y se entrega al Jefe de Planta.

El Jefe de Planta coordina el trabajo con los mecánicos de acuerdo a las prioridades y daño que presente el equipo.

Los mecánicos ejecutan los mantenimientos, registrar en la solicitud el trabajo correctivo ejecutado y entregan el equipo al Jefe del Proceso.

2.5.2 Preventivo:

Se elabora por parte del Jefe de Planta un Programa de Mantenimiento anual de los equipos de planta.

Se cuenta con unas listas de chequeo para cada equipo

En el manual de los equipos se observa los programas preventivos de los equipos y los ítems a inspeccionar.

Se tienen hojas de vida para los equipos de la planta donde se registran todas las acciones correctivas y preventivas realizadas al equipo.

2.6. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

La empresa está en un proceso de crecimiento lo que implica que sus procesos deben estar en perfecto estado de funcionamiento.

En el proceso de mantenimiento son más los trabajos correctivos que los trabajos preventivos, lo que implica paradas por fallas en los equipos y largos tiempos de reparación.

Para el sistema de gestión de calidad se tiene como indicador el tiempo de parada de equipo que afecta la producción total. Este es un parámetro que no mide de forma concreta la gestión de mantenimiento pues hay varios equipos que se paran pero no afectan la producción total, en el departamento de mantenimiento se cuentan con 10 mecánicos y 10 electricistas que están capacitados para trabajar con cualquier máquina.

Cuando los procesos están trabajando de manera continua en épocas de cosecha siempre aparecen paradas de equipos, y cuando aparecen de noche se tiene que llamar a los mecánicos para que hagan el trabajo correctivo, y en varias ocasiones al servicio técnico de la propia marca de los equipos (TETRAPAK).

3 EL MANTENIMIENTO Y RCM⁸

El mantenimiento significa preservar algo por ende al mantener un activo, el estado que debemos preservarles es aquel en el que continúe haciendo aquello que los usuarios quieran que haga.

Los requerimientos de los usuarios van a depender de donde y como se utilice el activo (Contexto Operacional). Esto lleva a la siguiente definición formal de mantenimiento centrado en confiabilidad:

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

3.1 RCM: LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

1. Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- 3.Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. Que sucede cuando ocurre una falla?
5. En qué sentido es importante cada falla?

⁸Introducción al mantenimiento estratégico Iván Darío Gómez Lozano Ed. Panamericana 1 edición 2006.

6. Que puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. Que debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

3.1.1 Funciones y Parámetros de Funcionamiento⁹:

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados.

En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

La función de los equipos en su contexto operacional

El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

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

Funciones secundarias: la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que 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 regulaciones ambientales, y hasta de apariencia del activo.

⁹Introducción al mantenimiento estratégico Iván Darío Gómez Lozano Ed. Panamericana 1 edición 2006.

3.1.1 Fallas Funcionales¹⁰

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar como puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones, Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado, Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar que fallas pueden ocurrir.

El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

En primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumando a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable. Evidentemente estas solo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

3.1.2 Modos de Falla:

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Los modos de falla razonablemente posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo

¹⁰Introducción al mantenimiento estratégico Iván Darío Gómez Lozano Ed. Panamericana 1 edición 2006.

contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debería incluir fallas causadas 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 intentando 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 demasiado en los detalles.

3.1.3 Efectos de Falla:

El cuarto paso en el proceso de RCM tiene que ser de los efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta

Descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

Que evidencia existe que la falla ha ocurrido

De qué manera afecta a la producción o a la producción o a las operaciones

Que daños físicos han sido causados por la falla

Que debe hacerse para reparar la falla

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla, y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el rendimiento y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio.

3.1.4 Consecuencias de la Falla:

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso de RCM es preguntar cómo y cuánto importa la falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas.

RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- Consecuencias de las fallas no evidentes

Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que se trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente

Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- Consecuencias operacionales

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción. Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

- Consecuencias que no son operacionales

Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a la falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas, se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

3.1.5 Tareas de Mantenimiento:

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar a máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la segunda generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos supone que la mayoría de los elementos

funcionan con precisión para un periodo y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitiera determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias. RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de las tareas preventivas como siguen:

- Tareas “a condición”

La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas, advertencias se conocen como fallas potenciales y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuándo ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a

condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

- Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aun si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo.

Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas puede ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no está garantizado. Si no es practico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición como nuevos a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

Usted debe reconocer que las fallas no sucederán exactamente cuándo se fueron predichas, de manera que usted debe permitir algún margen de tiempo reconozca también que la información que usted está usando para basar su decisión puede ser errónea o incompleta. Para simplificar el próximo paso, el cual supone el agrupado de tareas similares, ello tiene sentido para predeterminar un número de frecuencias aceptables tales como diarias, semanales, unidades producidas, distancias recorridas o número de ciclos operativos. Seleccionar aquellos que están más cerca de las frecuencias que su mantenimiento y su historia operativa le ordena tiene sentido en realidad.

3.1.6 Acciones a “falta de”

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente solo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una familia múltiple asociado con esta función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores ni puede ser posible monitorear en busca de deterioro por que el sistema esta normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe rediseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta.

Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un

nivel bajo aceptable, entonces la acción a falta de secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, solo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo periodo de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. En otras palabras en el caso de fallas que no estén ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible rediseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afectan la operación pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías es decir, el costo de rediseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.)

De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, solo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un periodo de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo periodo. Si no son justificables, la decisión inicial a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a rediseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba abajo” significa que las tareas sistemáticas solo se especifican para elementos que la necesiten realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con tareas útiles equilibradas llevara a un mantenimiento más efectivo.

Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta que un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento como está funcionando hoy, y no como debería de estar o puede que esté en el futuro.

Después de analizar los modos de falla a través de la logia mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el “producto final” del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

3.2 PERSONAL IMPLICADO

El proceso del RCM incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas estas preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas de las respuestas solo pueden proporcionarlas el personal operativo. Por eso se busca contar con personal que maneje perfiles ya establecidos, como se puede ver reflejado en los anexos.

Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de 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 tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM.

El uso de estos grupos no solo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

3.2.1 Los facilitadores:

Los grupos de revisión del RCM trabajan la asesoría 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, 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 consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore cualquier componente o equipo.
- Que las reuniones progresen de forma razonable.
- Que todos los documentos del RCM se llenen debidamente.

3.2.2 Los auditores:

Inmediatamente de que se haya completado la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal de gerencia que tenga la responsabilidad

total de la planta necesitara comprobar que ha sido hecha correctamente y que está de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas.

Este personal no tiene que efectuar la intervención personalmente, si no que pueden delegarla en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla.

3.3 LOS BENEFICIOS A CONSEGUIR POR RCM

El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años.

Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

3.3.1 Mayor seguridad y protección del entorno, debido:

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

3.3.2 Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.

- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia
- Intervalos más largas entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cotas más fácil de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de desgaste de inicio después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia las fallas inherentes a ellas.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

3.3.3 Mayor control de costos de mantenimiento debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento
- La prevención o eliminación de las fallas costos
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de las plantas.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.
- Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan más arriba bajo el título de “Mejores rendimientos operativos”

3.3.4 Más larga vida útil de los equipos

Debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento a condición.

3.3.5 Una 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 de planos y manuales más exactos.
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes, sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

3.3.6 Mayor motivación de las personas:

Especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión. Eso lleva un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un compartir más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito

3.3.7 Mejor trabajo de grupo:

Motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

- Esto mejor la comunicación y la cooperación entre:
- Las áreas. 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.

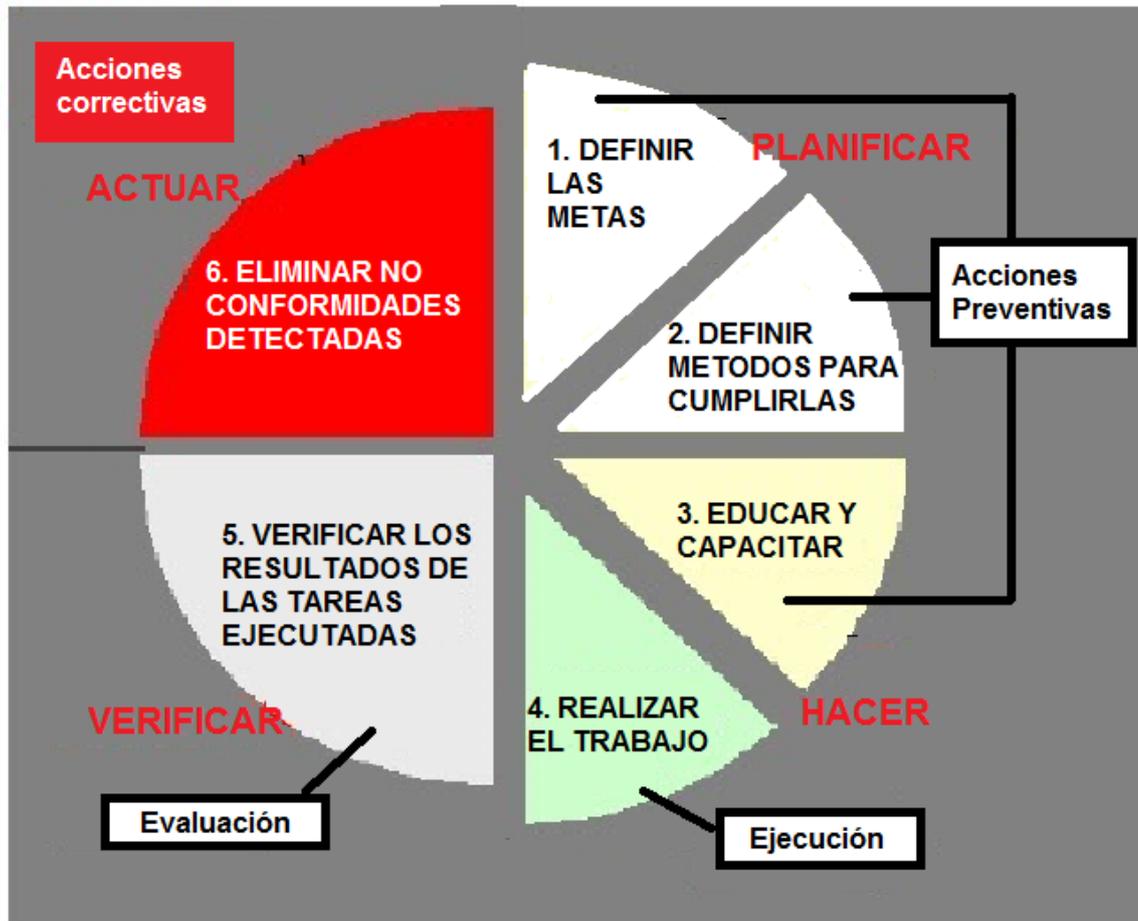
Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

4 MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

4.1 CICLO PHVA

Para organizar el proceso de mantenimiento se va a tomar el modelo de gestión del ciclo PHVA.

Figura 6 Ciclo PHVA



Fuente los autores.

4.1.1 Planear:

Es establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

- Identificar servicios
- Identificar clientes
- Identificar requerimientos de los clientes
- Trasladar los requerimientos del cliente a especificaciones
- Identificar los pasos claves del proceso
- Identificar y seleccionar los parámetros de medición
- Determinar la capacidad del proceso
- Identificar con quien comparase

4.1.2 Hacer:

En el hacer se hace la implementación de lo definido en el planeación, es decir, toda la organización se alinea de acuerdo a las definiciones, se conforman equipos de trabajo para que documenten los procesos con el enfoque de PHVA y con una metodología definida.

- Implementación de los procesos.
- Identificar oportunidades de mejora
- Desarrollo del plan piloto
- Implementar las mejoras

4.1.3 Verificar:

Realizar el seguimiento y medir los procesos y los productos contra las políticas, los objetivos y los requisitos del producto e informar sobre los resultados.

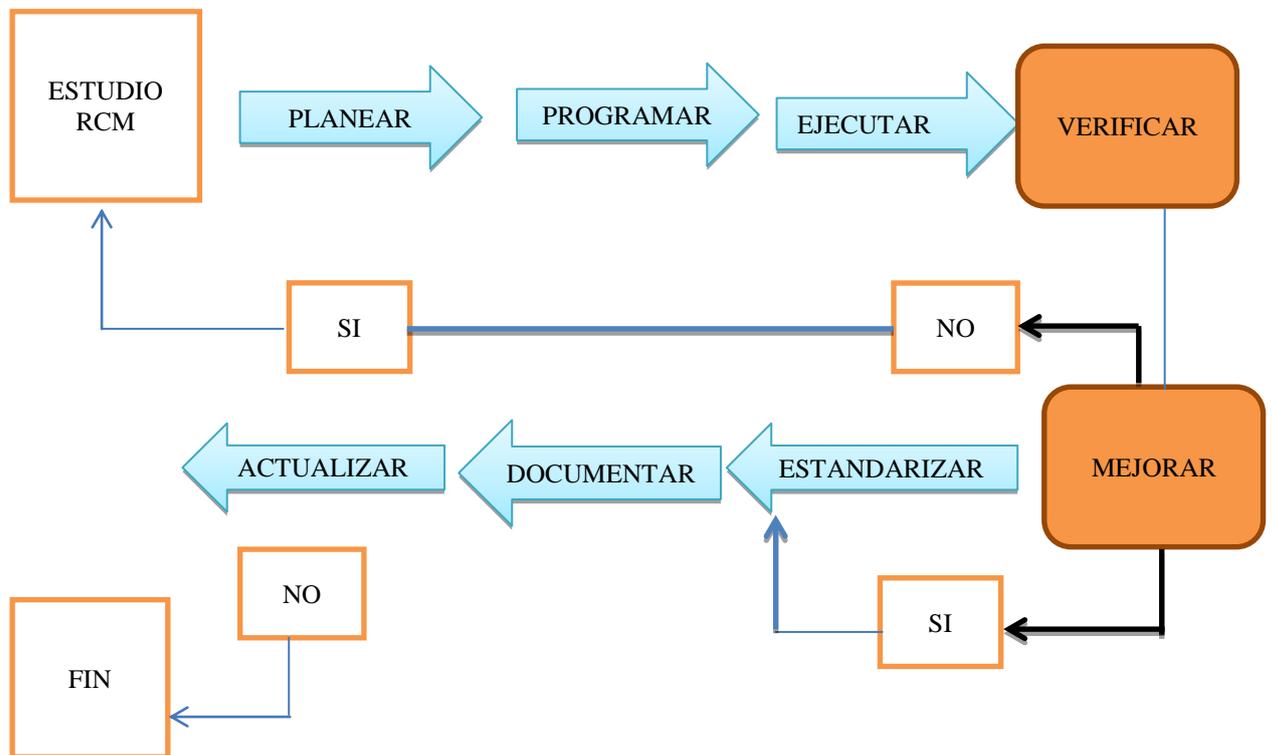
4.1.4 Actuar:

En el actuar, se aplica el subproceso de acciones correctivas, preventivas y planes de mejoramiento como consecuencia de unos informes de auditorías,

adicionalmente se aplica la metodología para análisis y solución de problemas a aquellos subprocesos que necesitan un mejoramiento continuo para luego incorporarlos en los subprocesos y convertirlos nuevamente como parte del día a día.

Como resultado de la aplicación del modelo de gestión propuesto nos arroja como resultado un organigrama para poder ordenar y controlar el proceso en cada una de las etapas, para verlo mejor expuesto tenemos la siguiente gráfica.

Figura 7 Modelo de Gestión Propuesto¹¹

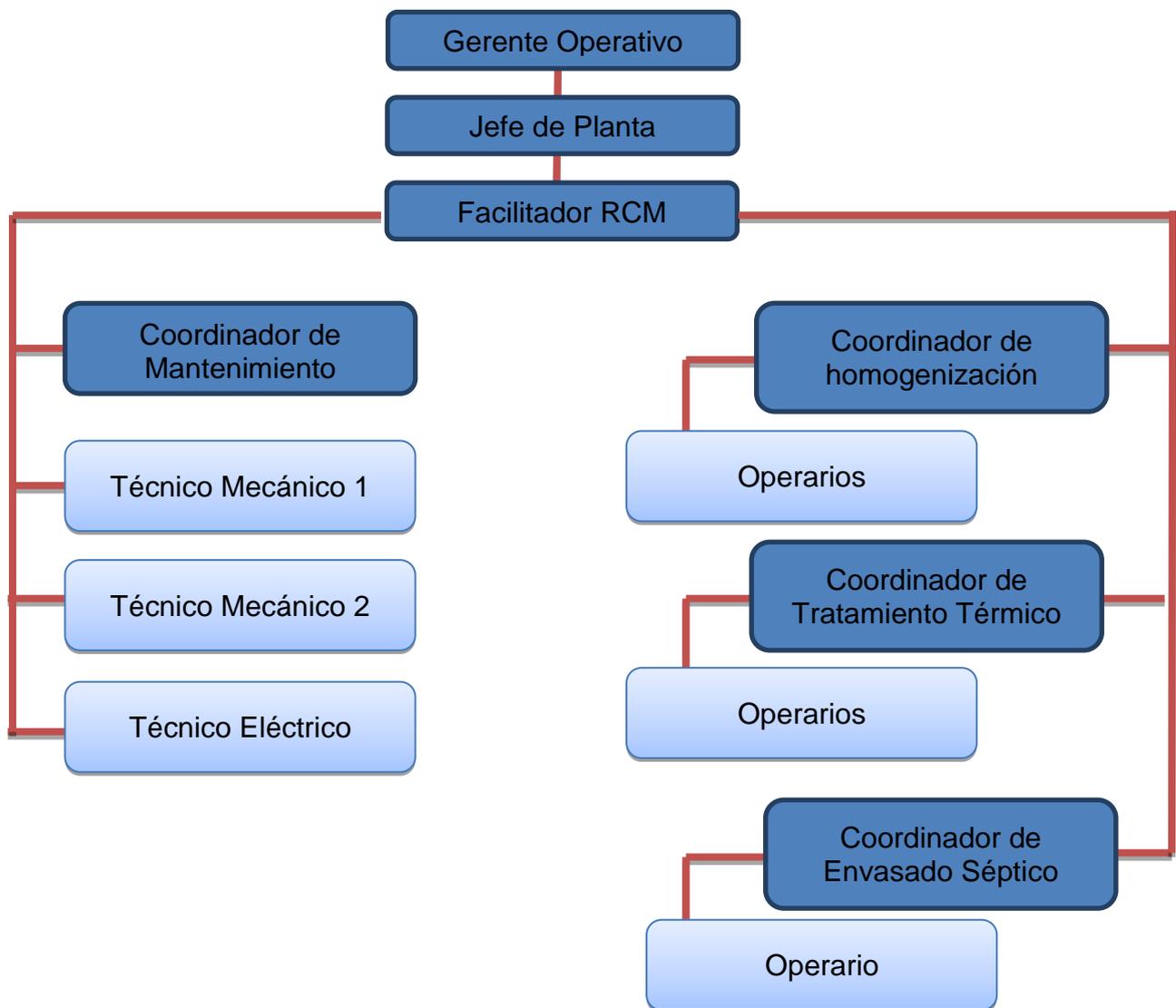


¹¹ Fuente Los Autores

Realizando el estudio de rcm para planear, programar, ejecutar y verificar tareas y actividades que nos permitan evaluar mejoras en el proceso para poder de esta forma tener un proceso dinámico y pasar el proceso a estandarizar, documentar y actualizar siempre en búsqueda de tener tareas proactivas y flexibles dirigidas a la mejora continua.

El modelo de gestión propuesto para llevar a cabo con el personal de Mantenimiento y Producción, es el siguiente:

Figura 8 Modelo de Gestión Propuesto para el Personal¹²



¹²Fuente: Los Autores

El diagrama nos permite una clara identificación de cada una de las directrices del proceso y su organigrama. Para tener claridad de cada una de las tareas a cumplir dentro del proceso.

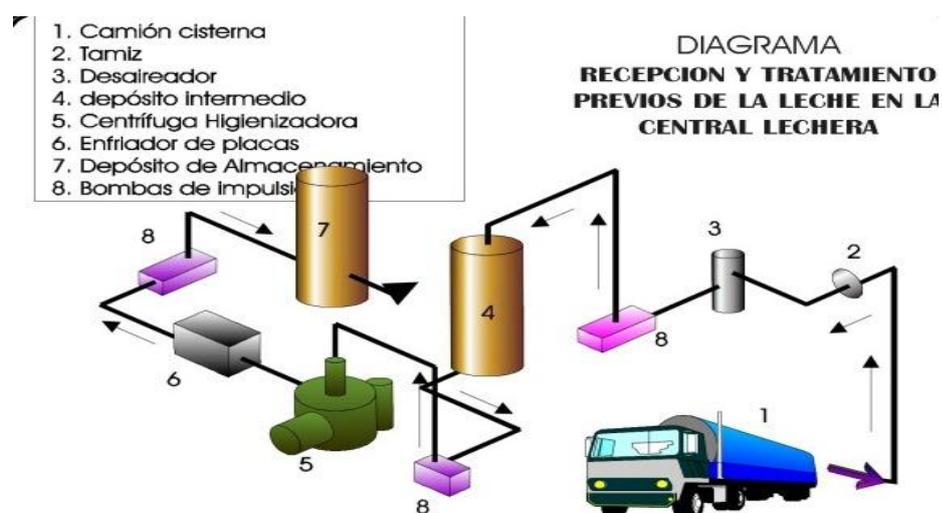
El gerente operativo y el jefe de planta como encargados de la toma de decisiones, el facilitador como encargado de la dirección de todo el proceso en lo que respecta a la organización y puesta en marcha de los grupos propuestos por un lado el de mantenimiento y por el otro el conformado para el proceso productivo. Después de realizar una planeación, programar y llevar a cabo una verificación en cada uno de los grupos poner al tanto a cada uno del desarrollo de las mismas y su resultado.

4.2 APLICACIÓN DEL RCM AL PROCESO DE PRODUCCION DE LECHE U.H.T

4.2.1 Contexto Operacional:

Los camiones cisterna entran a la planta, se recibe se verifica la cantidad de leche que entra; a su vez se descarga la leche en un tanque de recepción y de allí se pasa a un tanque de almacenamiento previamente filtrado.

Figura 9 Flujo de Recepción de Leche a la Planta Colanta¹³



¹³ Fuente Colanta

La compañía Colanta cuenta con 4 silos de almacenamiento, 2 de 100.000 Lts y 2 de 40.000 Lts para un total de 280 m³.

Figura 10 Recepción de Leche a la Planta Colanta



Estos silos cuentan con un sistema de termometría automático que mantiene la Humedad y Temperatura de la leche, con esto evitando que la leche pierda alguna de sus propiedades.

Figura 11 Termometría Silos de Almacenamiento¹⁴



¹⁴ Fuente Colanta

En la gráfica podemos apreciar un pantallazo de la imagen que nos presenta el cuadro de control de termometría en los silos de almacenamiento, el cual nos permite identificar y reaccionar ante cualquier anomalía, así como establecer los parámetros de control de esta etapa.

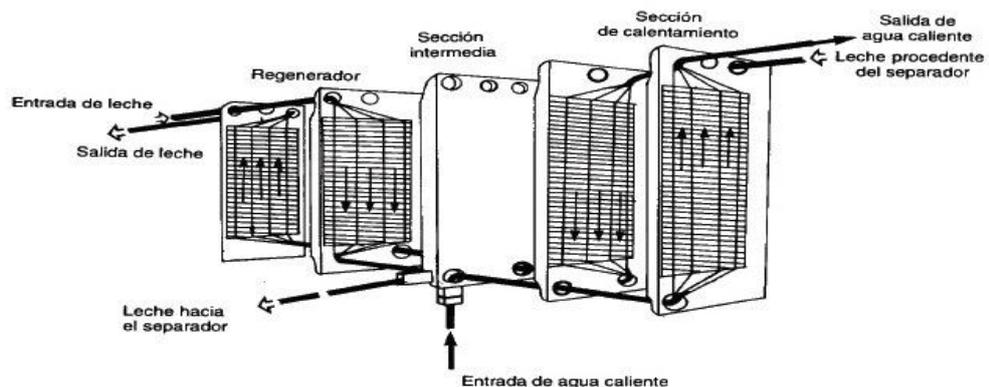
Luego de pasar por los silos de almacenamiento esta leche debe ser filtrada por medio de unos filtros de carcasa y base, llamados tambores, los cuales son de 0.5 y 0.01 micras previniendo con esto cualquier tipo de contaminación por residuos.

Figura 12 Filtros Tambor de 0.5 y 0.01 micras, Filtros, Tambor de 0.5 y 0.01 micras



Luego de ser filtrada pasa al Homogeneizador, manteniendo por medio de intercambiadores de calor de placas y tubulares la temperatura de la leche para evitar cualquier pérdida de sus características.

Figura 13 Intercambiadores de Calor de Placas



Dentro de cada uno de los procesos para elevar la temperatura de la leche vincula los dos métodos de transferencia de calor de los intercambiadores tanto de placas como de tubo y carcaza.

Figura 14 Intercambiadores de Calor Tubular



La homogenización es un proceso utilizado generalmente como medio de estabilización de la emulsión de grasa frente a la separación espontánea que se produce por la gravedad.

La homogenización en primer lugar provoca la ruptura de los glóbulos de grasa en otros muchos más pequeños. Como consecuencia de este proceso, disminuye la tendencia a la separación de la nata y puede también disminuir la tendencia de los glóbulos a agruparse o a producir coalescencia

En un homogenizador como el que aparece en la figura 15; la leche es forzada a pasar a través de un pequeño paso a alta velocidad, la desintegración de los glóbulos grasos se consigue por efecto de varios factores tales como turbulencia y cavitación.

Cuando el producto entra al homogenizador, este pasa al bloque de bombeo y es presurizado por medio del pistón de la bomba que es accionada por un

motor eléctrico de gran potencia a través de una transmisión de cigüeñal y biela que convierte el movimiento de rotación del motor en movimiento alternativo de los pistones de la bomba. La presión que se consigue viene determinada por la contrapresión dada por la distancia entre el embolo y el asiento en el dispositivo de homogenización

El efecto de la homogenización sobre la estructura de la leche presenta muchas ventajas, tales como:

- Glóbulos grasos más pequeños, sin formación de nata en la superficie.
- Color más blanco y atractivo
- Reducción a la sensibilidad a los procesos de oxidación de la grasa
- Sabor con más cuerpo
- Mejor estabilidad en los productos lácteos fermentados.

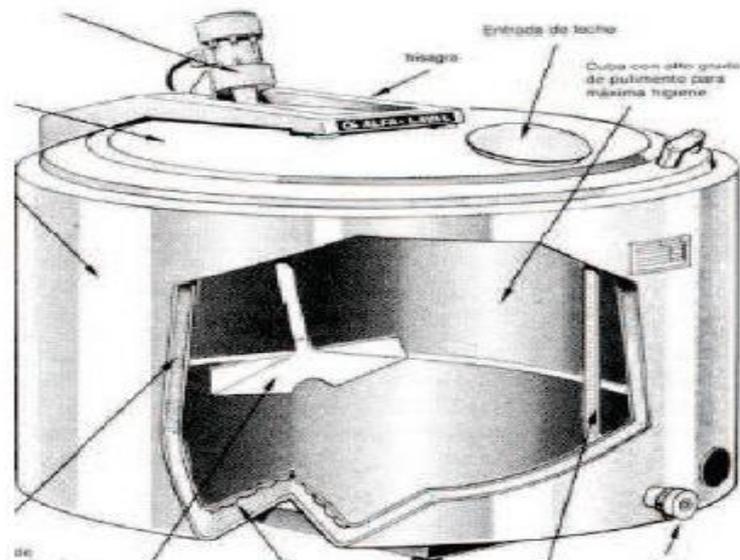
Figura 15 Homogeneizador



Después de haber pasado la leche por el proceso de homogenización se pasan a unos tanques de proceso, en estos depósitos los productos son tratados con

el fin de mantener la característica de la cual salió del homogenizador. Como los mostrados en la figura 16.

Figura 16 Tanques de Proceso



Fuente los autores

PROCESOS TERMICOS INVOLUCRADOS

Después de recibida la leche en la planta industrial, es sometida a una serie de tratamientos que dependerán del destino final de la misma. Estos tratamientos son:

- Enfriamiento
- Higienización
- Homogenización
- Tratamiento térmico (Pasteurización)

Puesto que la leche cruda es un producto con gran cantidad de sustancias nutritivas, también se puede constituir en un medio eficaz para el desarrollo de microorganismos, razón por la cual se toma necesario y obligatorio someterla a algún proceso térmico previo a su utilización a fin de garantizar su total inocuidad.

El proceso térmico no asegura la eliminación total de los microorganismos, lo que busca con esto es poder extender la vida útil del producto con una mínima modificación en sus características físicas y químicas.

Las altas temperaturas que implican estos procesos térmicos producen algunas alteraciones sobre los componentes naturales de la leche, así como también cambios en su sabor; en la tabla 1 se muestran los efectos del proceso térmico.

Tabla 1 Efectos del Proceso térmico de la Leche¹⁵

Componente	Efecto del Proceso Térmico
Grasas	Sin Cambios
Lactosa	Pequeños Cambios
Proteínas	Desnaturalización parcial de la proteína del suero
Sales Minerales	Precipitación Parcial
Vitaminas	Perdidas Marginales

La elección de la combinación de tiempo y temperatura es, una cuestión de optimización, en la cual los efectos microbiológicos y los aspectos que hacen a la calidad deben ser tomados en cuenta.

PASTEURIZACION

Cualquiera sea el destino de la leche, bien sea para la venta en cualquiera de sus tipos, o para la elaboración de derivados lácteos, debe ser sometida a un tratamiento térmico.

El objeto de este tratamiento es, en primer lugar, destruir todos los microorganismos que puedan ser causa de enfermedades y en segundo término, disminuir el número de aquellos agentes microbianos que puedan afectar la calidad de la leche y sus productos derivados.

¹⁵ Fuente Colanta

El proceso de pasteurización debe realizarse en equipo aprobado como tanques pasteurizadores de placas; mismos que deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento, debidamente lavados y esterilizados con anterioridad.

Algunas de las razones por las cuales se realiza la pasteurización son las siguientes:

Eliminar bacterias patógenas que podrían causar enfermedades en el hombre tales como: Brucelosis, Tuberculosis, Fiebre Q, Tifoidea, Salmonelosis, Fiebre Escarlatina, Envenenamiento por estafilococos o botulismo y otras, como lo serian: Eliminar bacterias no deseables .Obtener un producto final más uniforme, Inactivar enzimas, Mejorar actividad de los cultivos, Cumplir con los requisitos de los reglamentos de salud pública, Mejorar y mantener la calidad del producto.

Sin embargo, no se puede afirmar que la pasteurización de la leche asegure completamente la presentación de un producto sano para quien la consuma; ya que el factor humano y las fallas en el equipo de procesamiento juega un papel importante en la seguridad, sanidad y calidad de la leche.

Existen tres modalidades de pasteurización:

LHT (low temperature holding)

HTST (high temperature, short time)

U.H.T. (UltraHigh Temperature)

El tratamiento UHT es una técnica de preservación de alimentos líquidos mediante su exposición a un breve e intenso calentamiento, normalmente a temperaturas en el rango de 135 – 140°C. Esto elimina a todos los

microorganismos que podrían de otra manera afectar a la salud humana y/o destruir productos.

El tratamiento UHT es un proceso continuo que tiene lugar en un sistema cerrado que previene que el producto sea contaminado por microorganismos presentes en el aire. El producto circula a través de pasos de calentamiento y enfriamiento en rápida sucesión. El envasado aséptico para evitar la re infección del producto, es una parte inherente al proceso.

4.2.2 Diagrama funcional de bloques para la producción de Leche UHT¹⁶

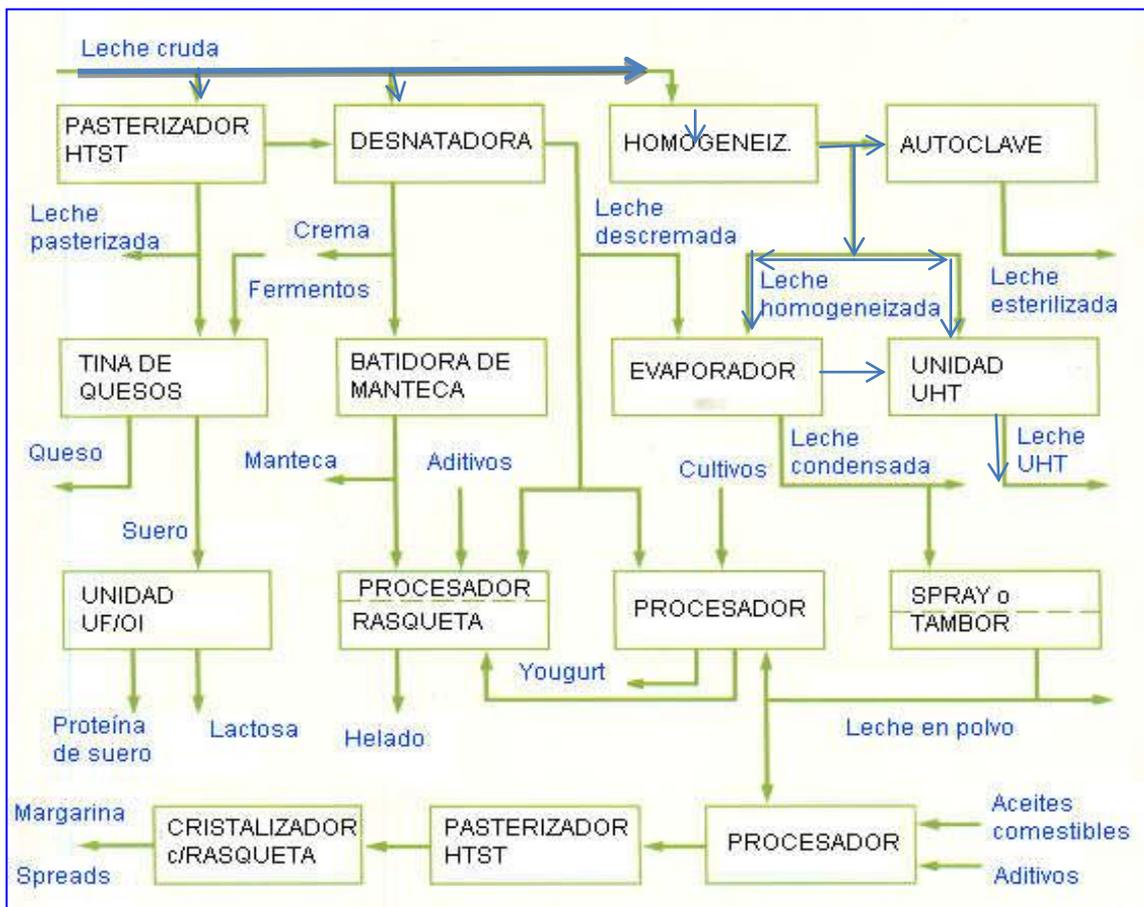


Figura 17 Diagrama funcional Leche UHT

De acuerdo al proceso productivo entrada-proceso-salida y al diagrama funcional para tener como salida leche UHT, entra leche cruda se somete al proceso de pasteurización, desnatado y homogenización para conseguir leche

¹⁶ Fuente Colanta

homogenizada luego se envía al evaporador para conseguir el producto deseado leche UHT, producto bajo las condiciones térmicas exigidas para pasar al área de envasado.

El diagrama brinda información de todos los productos y procesos en los que intervienen los equipos para los distintos productos, se resalta el proceso de estudio que tenemos en cuenta para el desarrollo del trabajo, en este caso la producción de leche UHT.

4.3 ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos).

El método utilizado es un método semi-cuantitativo bastante sencillo y práctico soportado en el concepto de riesgo.

Criticidad Total = Frecuencia X consecuencias de fallas

Frecuencia = Rango de Fallas en un tiempo determinado (Fallas / Años)

Consecuencias = ((Impacto Operacional X Flexibilidad) + Costos de Mtto + Impacto de Seguridad, Ambiente e Higiene) (\$, \$US).

Tabla 2 Factores Ponderados a ser evaluados¹⁷

Frecuencia de Fallas		Costo de Mtto	
Pobre mayor a 2 fallas	4	Mar o igual a 200.000	2
Promedio 1-2 falla/año	3	Inferior a 200.000	1
Buena 0,5 – 1 falla/año	2		
Excelente menos de 0,5 falla/año	1		
Impacto Operacional		Impacto en Seguridad de Ambiente Higiene (SAH)	
Pérdida mayor 2 fallas/año	10		
Parada del sistemas y tienens			
Recuperación en otros sistemas	7	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Impacta en niveles de inventario y calidad	4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta el ambiente y las instalaciones	7
		Afecta las instalaciones causando daños severos	5
		Provoca daños menores(Ambiente Seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el ambiente	1
Flexibilidad Operacional			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		
Hay opción de repuesto			
Compartido/almacén	2		
Función de Repuesto disponible	1		

Una vez halladas la frecuencia y la consecuencia, se introduce en la fórmula de criticidad. "Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencia y se ubican en la matriz de criticidad, valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencia en el eje X (ver Matriz de general de criticidad).

Con esta matriz se permite determinar los equipos críticos que intervienen en la Producción, la cual se utiliza para la realización de análisis modo efecto de falla, Después de asignar valores a cada uno de los factores ponderados se utiliza la siguiente tabla se definen si son críticos, Medio Críticos, No críticos.

¹⁷FUENTE: PARRA, Carlos, Implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en un sistema de producción, Sevilla. Febrero 2005.

- Sistemas No Críticos (NC)
- Sistemas de Media Criticidad (MC)
- Sistemas Críticos (C)

Tabla 3 Factores Ponderados¹⁸

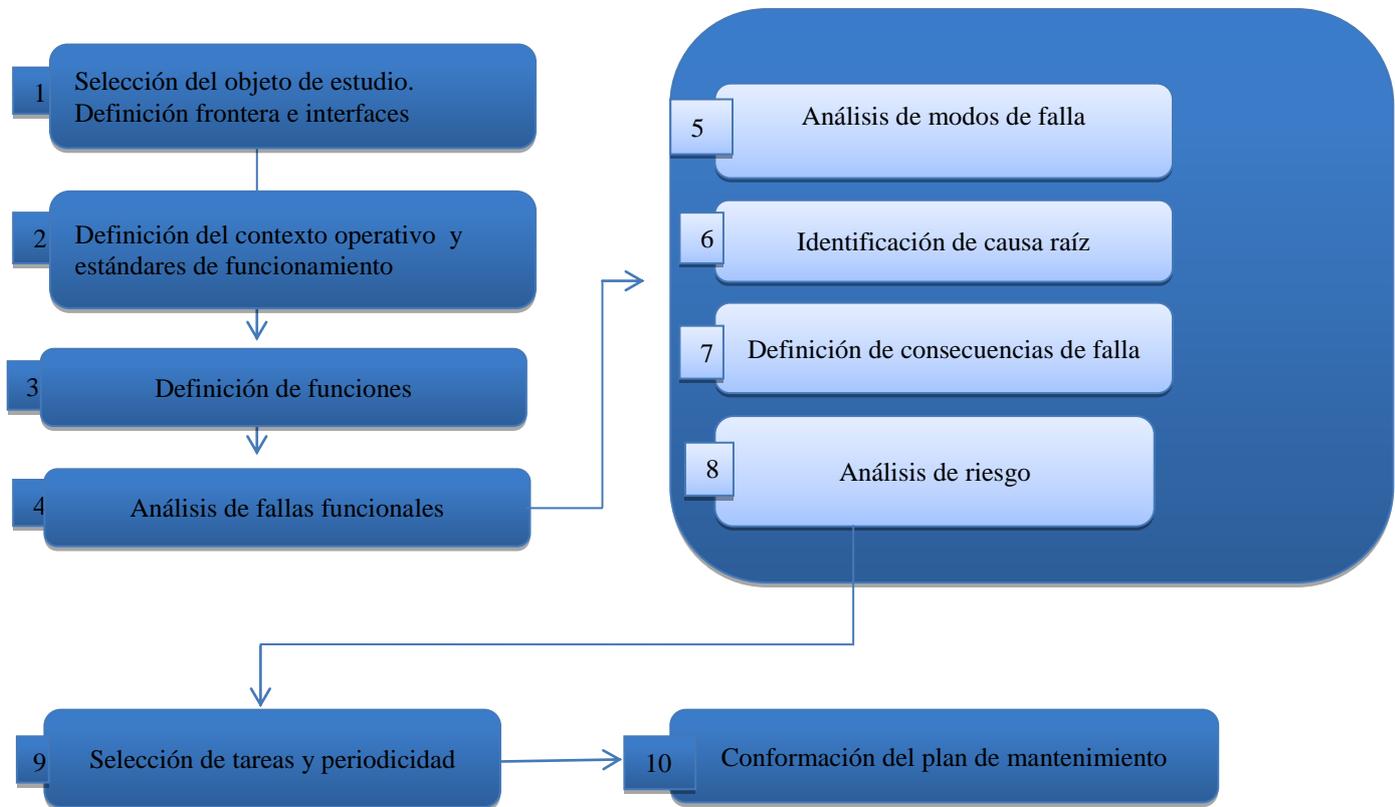
<i>Frecuencia</i>					
4	MC	MC	C	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	MC	C
	10	20	30	40	50

4.4 APLICACIÓN DE RCM AL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Los pasos a seguir para realizar este proceso de mantenimiento con RCM para la compañía COLANTA, se realizara por medio del siguiente diagrama de flujo de la aplicación de la filosofía.

¹⁸Fuente: PARRA, Carlos, Técnicas Modernas Filosofías de mantenimiento RCM

Figura 18 Diagrama de Flujo de la aplicación RCM



Fuente los autores

Mapa de proceso a seguir para cada una de las actividades a programar para en el desarrollo del programa.

Como primera medida se selecciona un objeto de estudio en este caso se tomo el proceso productivo de leche UHT, delimitándolo a una línea de producción y teniendo en cuenta todas las variables, teniendo esto recolectamos información que nos permita determinar el contexto operativo de cada uno de los componentes del proceso y sus estándares de funcionamiento para estableces y/o definir sus funciones y analizar de manera individual las fallas funcionales mediante la utilización del Análisis De Modos y Efectos de Falla propuesto para este proceso, permitiéndonos realizar una selección de tareas con una periodicidad adecuada para conformar un plan de mantenimiento enfocado a la confiabilidad.

4.5 DIAGRAMA DE DECISIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CONSECUENCIAS.

Con este diagrama se toma la mejor decisión según sea la falla, modo de falla y el grado de consecuencia, para con esto dar los mejores parámetros a dicha o dichas fallas.

La metodología propuesta por el RCM parte de un análisis tipo AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla), desarrollado en un formato denominado “Hoja de Información RCM”, donde se describe para cada equipo la siguiente información:

- Función.
- Fallo Función.
- Modo de falla.
- Efecto de la falla.

A partir de la Hoja de Información y utilizando el “Diagrama de Decisión RCM” A través de una secuencia lógica de análisis se obtiene el listado de las tareas de mantenimiento a desarrollar. Para cada Fallo de Función establecido en la Hoja de Información, se recorre el Diagrama de Decisión desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha y hacia abajo respondiendo a las preguntas planteadas en dicho diagrama (Moubray, 1997).

Las actividades o tareas de mantenimiento según RCM pueden ser:

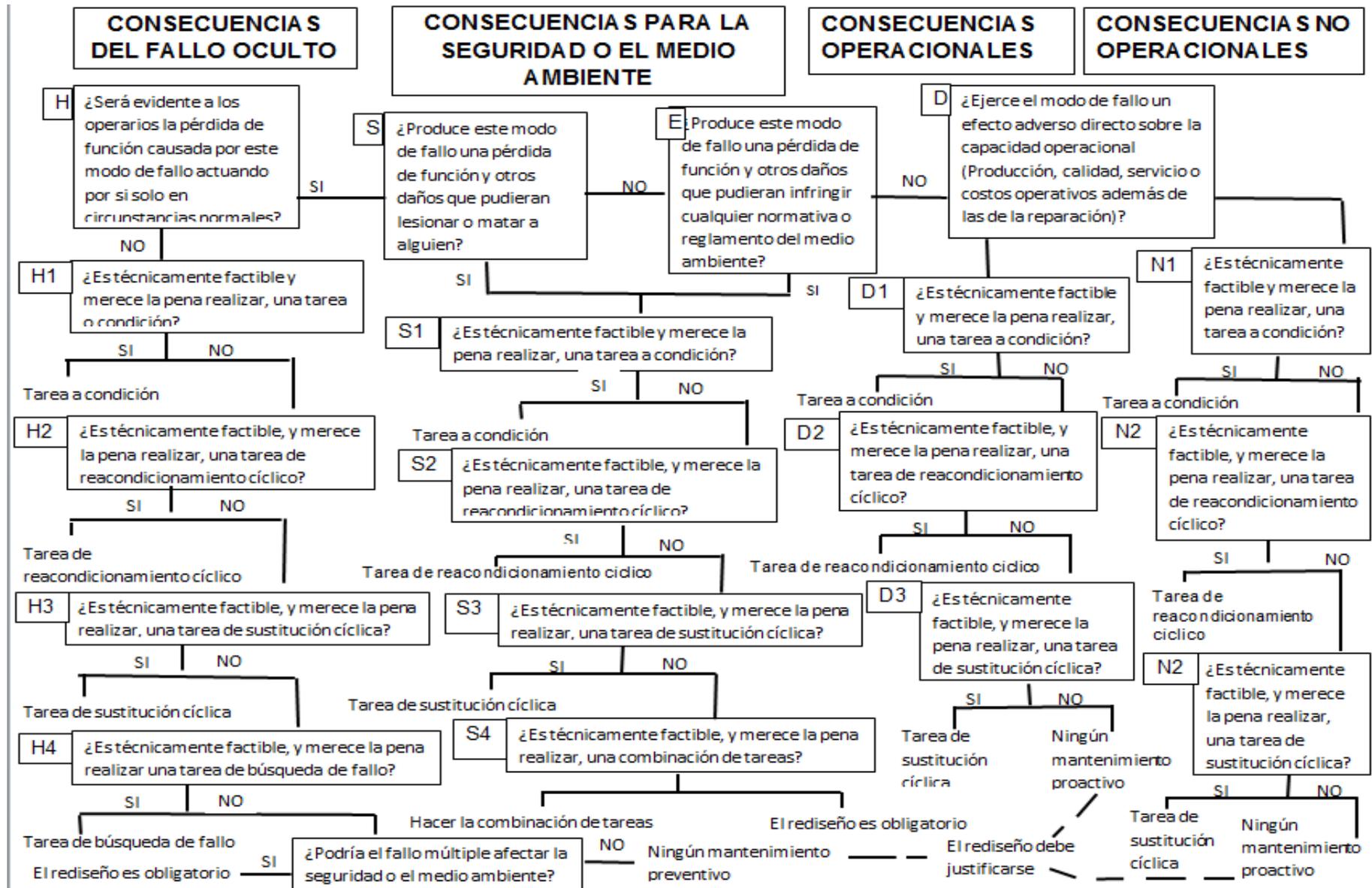
- Tareas Proactivas (preventivas), que corresponden a una estrategia de prevención de fallas:
 - Sustitución y Reacondicionamiento Cíclico (Time Based Maintenance).
 - Condicionales o Predictivas (Conditional Based Maintenance).
 - Acciones a falta de una tarea proactiva efectiva, que corresponden a una estrategia de acción contra la falla:
 - Búsqueda de fallas ocultas.
 - Rediseño.

- Mantenimiento a rotura o avería.

Como resultado de este análisis se elabora la “Hoja de Decisión”, en la cual para cada modo de falla se define la actividad de mantenimiento correspondiente.

Finalmente se establece el “Plan de Mantenimiento” resultante de la aplicación del método, en un formato lo más simple posible, donde se especifica el listado de tareas de mantenimiento, su frecuencia de implementación y la fecha Estimada de ejecución.

Figura 19 Diagrama de Decisiones para el establecimiento de Consecuencias



Ejemplo.

Utilizar el diagrama de decisión para determinar la consecuencia de la siguiente falla funcional.

Cambio de kit sello de bomba alimentación pasteurizadora.

Se toma el diagrama de decisión y se interpreta de la siguiente manera.

CONSECUENCIAS DEL FALLO OCULTO

SERA EVIDENTE A LOS OPERARIOS LA PERDIDA DE FUNCION CREADA POR ESTE MODO DE FALLA ACTUANDO POR SI SOLA EN CIRCUNSTANCIAS NORMALES

Como la falla del sello de bomba de alimentación es evidente se asume si

CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

PRODUCE ESTE MODO DE FALLA UNA PERDIDA DE FUNCION U OTROS DAÑOS QUE PUDIERAN LESIONAR O MATAR A ALGUIEN

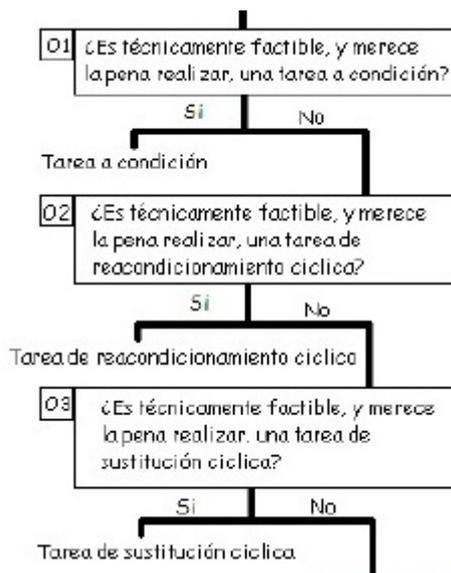
PRODUCE ESTE MODO DE FALLA UNA PERDIDA DE FUNCION U OTROS DAÑOS QUE PUDIERAN INFRINGIR CUALQUIER NORMA SOMETIDA O REGLAMENTO DE MODO AMBIENTAL

Para la consecuencia para la seguridad o el medio ambiente NO produce riesgo hacia la integridad física de ningún individuo y NO produce afectación directa al medio ambiente continuamos.

CONSECUENCIAS OPERACIONALES

EJERCE EL MODO DE FALLA EN EFECTO ADVERSO DIRECTO SOBRE LA CAPACIDAD OPERACIONAL (PRODUCCION, CALIDAD, SERVICIOS O COSTOS OPERATIVOS ADEMAS DE LOS COSTOS DE REPARACION

En este punto la falla SI afecta directamente nuestro proceso de produccion razon por la cual se ampieza a determinar cual seria la mejor forma de tener controlada esta situacion



Fuente los autores

Como es el cambio de un repuesto, dentro de la planeación se puede programar una tarea de sustitución cíclica determinando la frecuencia adecuada de cambio, que nos permita controlar la posibilidad de falla y nos garantice confiabilidad.

Esto permite el desarrollo de cada una de las posiciones, determinaciones o camino a tomar a la hora de encaminar o programar tareas dentro de la planeación de mantenimiento.

4.6 HOJA DE FUNCIONES, FALLA DE FUNCION, MODOS DE FALLA Y EFECTOS DE MODOS DE FALLA.

Figura 20 Hoja de funciones, falla de función, modos de falla y efectos de modos de falla.¹⁹

HOJA DE TRABAJO RCM							
Equipo:			Equipo de trabajo:			Fecha de realización	
Componente:			Aprobado por			Fecha de aprobación	
C.F.	FUNCIÓN	C.F.F.	FALLA DE FUNCIÓN	C.M.F.	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)	
1		1A		1A1			
				1A2			
				1A3			
				1A4			
				1A5			
				1A6			
		1B			1B1		
					1B2		
2		2A		2A1			
				2A2			
				2A3			

Modelo de hoja de funciones, falla de función, modos de falla y efectos de modos de falla diseñado para el proyecto, se diligenciará de la siguiente manera:

- Equipo: nombre del equipo en evaluación.
- Equipo de trabajo: nombre de los encargados de la realización
- Componente: subsistema dentro de un equipo más complejo

¹⁹ Fuente Autores

- Aprobado por: visto bueno del supervisor o jefe de mantenimiento.
- Fecha de realización: fecha para realizar el proceso.
- Fecha de aprobación: fecha de visto bueno a la realización de la labor.
- CF: causa de falla.
- Función: función dentro del sistema.
- Falla de función: falla que afecta el funcionamiento.
- CMF: causa de modo de falla.
- Modo de falla: como se presenta la falla.
- Efectos de los modos de falla: que sucede cuando falla.

4.7 HOJA DE EVALUACION, DECISION Y TAREAS PROPUESTAS

Figura 21 Hoja de evaluación, decisión y tareas propuestas²⁰

HOJA DE TRABAJO RCM																
Equipo							Equipo de trabajo:			Fecha de realización						
Componente							Aprobado por			Fecha de aprobación						
Ref. Información			Evaluación Consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frec. Inicial	A realizar por...	
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4				
							O1 N1	O2 N2	O3 N3							
1	A	1														
1	A	2														
1	A	3														
1	A	4														
1	A	5														
1	A	6														
1	B	1														
1	B	2														
2	A	1														
2	A	2														
2	A	3														

²⁰ Fuente Autores

Este formato ayuda a consignar las tareas y decisiones que de acuerdo al árbol de decisión va generando el cambio de tareas. Lo diligenciamos de la siguiente manera:

- Equipo: nombre del equipo en evaluación.
- Equipo de trabajo: nombre de los encargados de la realización
- Componente: subsistema dentro de un equipo mas complejo
- Aprobado por: visto bueno del supervisor o jefe de mantenimiento.
- Fecha de realización: fecha para realizar el proceso.
- Fecha de aprobación: fecha de visto bueno a la realización de la labor.
- CF: causa de falla.
- F: falla.
- FF: Falla frecuente.
- MF: método de falla
- Evaluación de consecuencias: de acuerdo a la hoja de riesgos figura 22.
- Tareas a falta de: actividades de acuerdo al árbol de decisión.
- Tareas propuestas: cambio en la actividad a realizar.
- Frecuencia inicial: frecuencia anterior al ajuste de esta metodología.
- A realizar por: técnico o encargado de realizar la labor o tarea.

Figura 22 Hoja de Riesgos



MA - Medio Ambiente

No afecta el medio ambiente - 0

Afecta el MA pero se puede controlar. No daña el Ecosistema. - 1

Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares. - 2

Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares. - 3

Afecta los recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares. - 4

OC - Efectos en Clientes

Entre 1 y 50 dólares - 0

Entre 51 y 500 dólares - 1

Entre 501 y 5.000 dólares - 2

Entre 5.001 y 50.000 dólares - 3

Mayor a 50.001 dólares - 4

INDICADORES DE GESTION²¹

²¹Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Un indicador de gestión está formado por la relación de dos dimensiones cuantificadas que pueden ser de naturalezas diferentes. El indicador permite la comprobación de datos externos o internos y se pueden plantear indicadores que miden la gestión dependiendo si son de operación, de costo o de personal.

4.7.1 Indicadores de costo de mantenimiento

Los indicadores de gestión que aquí se plantean son una propuesta para la gerencia de COLANTA S.A., así mismo se toman indicadores a nivel mundial, los cuales en cada proceso deben tenerse en cuenta para poder llegar a indicadores específicos según lo requiera la gerencia.

Indicadores de costo de mantenimiento por facturación. Este índice muestra la relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

$$\text{CMTF} = \text{CTM} / \text{FTEP}$$

Indicador de mano de obra externa. Indica la relación entre gastos totales de mano de obra externa como contratación eventual y/o gastos de mano de obra en proporción a los servicios de contratos permanentes la mano de obra total empleada en los servicios, durante el periodo considerado.

En el cálculo de este, se pueden considerar, todos los tipos de mano de obra externa o por especialización.

La incidencia constante en valores diferentes a cero para este índice puede significar que el cuadro de personal de ejecución es insuficiente o mal preparado para algunas actividades.

$$\text{CMOE} = \text{CMOC (Totalidad)} / \text{FTEP (Totalidad)}$$

Indicador de costo de mantenimiento por producción. Este indicador muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento en el costo final del producto normalmente puede rondar entre el 5 y el 12%.

$$\text{CMPP} = \text{Costos de mantenimiento totales} / \text{Costo de Producción}$$

Indicador de mantenimiento por valor inmovilizado. Este indicador muestra la relación entre el costo de mantenimiento y el valor inmovilizado. Pone de manifiesto el grado de envejecimiento de la instalación a mantener, puede rondar entre el 4% y el 5%.

$$\text{CMPV} = \text{Costo de mantenimiento totales} / \text{Valor inmovilizado bruto (Máquinas y equipos)}$$

Indicador de costos de mantenimiento preventivo por mantenimientos totales.

Este indicador pone en manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas; este puede rondar en el 20%.

$$\text{CPTC} = \text{Costo Preventivo} / \text{Costos Totales (Preventivo + Correctivo)}$$

4.7.2 Indicadores de Mano de obra:²²

Horas de paro por horas realizadas. Este indicador muestra la relación entre las horas empleadas para la producción y las de paro del equipo por averías. Al tomar las horas de paro, en lugar del número de averías, se introduce en la relación, un concepto de gravedad de las averías. Al tomar las horas de producción realizadas,

²²Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

también se consideran la tasa de inutilización del equipo la cual generalmente oscila entre el 1% y el 3%.

$$HP/HP = \text{Horas de paro por mantenimiento} / \text{Horas de producción realizadas}$$

Trabajos en mantenimiento preventivo. Señala la relación entre las horas hombre gastadas en trabajos programados en mantenimiento preventivo y las horas disponibles, entendiéndose por horas hombres disponibles. Aquellos presentes en la instalación y que están físicamente posibilitados para desempeñar los trabajos requeridos.

$$TMP = HHMP (\text{totalidad}) / HHD$$

Trabajo en mantenimiento correctivo. Es la relación entre las horas hombre gastadas en reparaciones de mantenimiento correctivo y las horas hombre disponible.

$$TMC = HHM (\text{totalidad}) / HHD$$

4.7.3 Indicadores de clase mundial.²³

Son llamados indicadores de clase mundial aquellos utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis índices de clase mundial, cuatro son los que se refieren al análisis de la gestión de equipos y dos a la gestión de costos, de acuerdo a la siguiente relación:

²³Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Tiempo medio entre fallas. Es la relación existente entre un periodo de tiempo programado de operación menos el tiempo que duran las fallas en dicho periodo, y el número de fallas presentadas en el periodo mencionado.

$$\text{TMEF} = \text{TP} - \text{TF} / \text{NF}$$

Tiempo medio para reparación. Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$\text{TMPR} = \Sigma \text{HTMMC} / \text{NTMC}$$

Disponibilidad de equipos. Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención del personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo, por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$\text{Disponibilidad} = \Sigma (\text{HCAL} - \text{HTMN}) / \Sigma \text{HCAL} * 100$$

4.8 COSTOS DE MANTENIMIENTO²⁴

Se debe destacar la importancia que tiene en mantenimiento conseguir que los costos sean lo más bajo posible.

El costo de mantenimiento en las reparaciones es un componente entre otros del precio del producto, independientemente de la gestión del mantenimiento, por lo tanto siempre existirán gastos que se deben asumir, y veremos cómo influyen los

²⁴Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

gastos de mantenimiento en los costos generales de las empresas. Los costos de mantenimiento de un producto se sitúan entre el 5% y el 12% del total.

4.8.1 Los costos y su división.

Los costos de mantenimiento según los diferentes aspectos, es posible agruparlos en cuatro bloques:

Costos Fijos. La principal característica de estos costos consiste en que no dependen del volumen de la producción y de las ventas.

Dentro de estos costos se destacan el personal administrativo, el de limpieza, la mano de obra directa, las amortizaciones, los alquileres y el propio de mantenimiento.

Estos costos fijos de mantenimiento están compuestos principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Este gasto tiende a asegurar el estado de la instalación a mediano y largo plazo la disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, limita la cantidad del mantenimiento preventivo, aunque en un primer momento supone un ahorro para la empresa. Este ahorro indica un menor índice de fiabilidad en el estado de las maquinas, equipos, instalaciones y sistemas.

- **Costos Variables.** Estos costos son proporcionales a la producción realizada, es decir que son costos que como su nombre lo indica varían conforme a la producción.

Dentro de estos costos se encuentran los de embalaje, materias primas, energía etc. Y los costos variables de mantenimiento, como por ejemplo la mano de obra directa necesaria para el mantenimiento correctivo. Este mantenimiento puede producirse por consecuencia de las averías imprevistas o por las reparaciones

para poder seguir produciendo; no obstante se puede reducir este tipo de gasto evitando que se produzcan averías en forma inesperada.

- **Costos Financieros.** Los costos financieros referidos al mantenimiento son los que surgen tanto del valor de los repuestos como también las amortizaciones de las maquinas que se encuentran reserva para asegurar la producción.

Los costos de almacenamiento de los repuestos en el almacén, necesarios para poder realizar las reparaciones implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizaos con cierta frecuencia surge un costo financiero bajo, dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo cuando las piezas de recambio tardan mucho tiempo en ser utilizados, se está frente a un costo financiero alto, ya que n producen ningún beneficio para la empresa.

- **Costos por Falla.** Estos costos generalmente implican una mayor significación pecuniaria, premisa que se cumple tanto para empresa productivas como para empresas de servicios.

El costo por falla se refiere al costo o perdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas directamente con mantenimiento.

En empresas productivas, los costos de falla se deben fundamentalmente a:

- Perdidas de materias primas
- Descenso de la productividad de la mano de obra como consecuencia de la realización de reparaciones por parte de mantenimiento.
- Perdida de energía por malas reparaciones o por no realizarlas, como por ejemplo se pueden citar las fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
- Rechazos de productos por falta de calidad adecuada.

- Producción perdida durante la reparación no programada
- Contaminación del medio ambiente, debido a reparaciones realizadas de manera defectuosa, o por no haberlas realizado, estas implican desembolsos importantes de dinero para la empresa.
- Averías que pongan en riesgo a las personas o a las instalaciones.

A los costos que puedan generar estos hechos se les debe adicionar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad, en muchos casos el costo directo de la reparación puede ser pequeño frente al costo por falla que se pueda originar.

El costo de falla en empresas productivas será mayor en la medida que mayor sea la automatización y armonización de la instalación, en una situación más comprometida respecto de estos costos, se encontraran las empresas, que trabajan con el método justo a tiempo cero almacenamiento.

Se podría calcular en forma simplificada el costo por falla, sumando los costos fijos, durante el tiempo de la reparación y el beneficio que deja de obtener la empresa en este mismo periodo.

En empresas de servicios, es difícil cuantificar el costo de falla, no obstante pueden tomarse indicadores como el tiempo necesario para la reparación y el tipo de avería cuantificándolas.

En este tipo de empresas la falta de producción no será un factor dominante del costo de falla, sin embargo puede tener efectos indirectos como por ejemplo: si en una confitería falla continuamente la iluminación, o se rompe frecuentemente la cafetera o la caja registradora, el costo por falla puede originar la pérdida de clientela e imagen.

4.8.2 Costo total de mantenimiento²⁵.

Si se suman estos cuatro costos; Fijos, Variables, Financieros y los que se producen por fallas, se obtiene el costo total de mantenimiento, este costo nos dará una idea global de la gestión de mantenimiento.

CTT = Costo Total de Mantenimiento

$$CTT = CFJ + CV + CFN + CFA$$

4.8.3 Costo Óptimo de Equilibrio.

La gestión de mantenimiento sirve para realizar un control integral de los costos, que contemplen todos los aspectos relacionados con la empresa. No es suficiente conseguir disponibilidades altas o costos bajos este control debe estar dirigido, a todos los aspectos, que de una u otra manera, efectúan el desarrollo de la empresa y están dirigidos a la obtención del máximo beneficio posible.

Se incrementan los costos financieros cuando se dispone de instalaciones, sistemas maquinas o equipos duplicados, pero se reducen los costos por falla. Si se incrementa los costos de mantenimiento preventivo, las fallas reducirán su frecuencia y gravedad, por lo que también lo hará el costo de mantenimiento correctivo. El aumento de los costos del mantenimiento preventivo tiende a disminuir los del correctivo. Este tipo de mantenimiento reduce su costo en la medida en que aumentan las máquinas y equipos que se deben controlar. Es necesario establecer un equilibrio en los costos para llegar a un costo óptimo. La gestión propia de mantenimiento debe buscar el punto de menor costo y adecuar la aplicación de los distintos tipos de mantenimiento para mantenerse en un punto óptimo.

²⁵Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

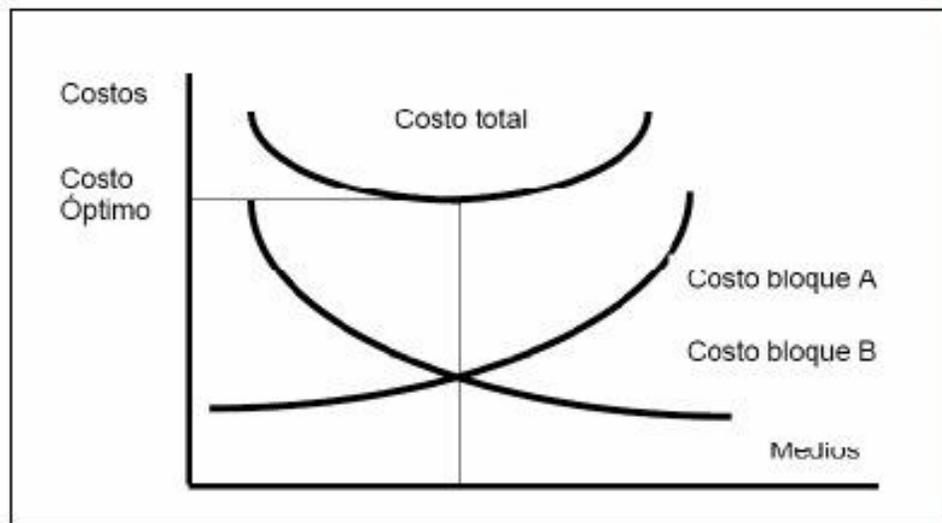
Para encontrar este costo óptimo se pueden desagregar sus componentes, realizar una tabla como la Tabla 4 y graficarlos como en la figura 23 y de esta forma encontrar el punto de menor valor sobre la curva de costos totales, este será entonces el costo óptimo o de equilibrio

Tabla 4 Costo óptimo de mantenimiento

BLOQUE A	BLOQUE B
Mano de obra de mantenimiento preventivo	Mano de obra de mantenimiento correctivo.
Mano de Obra de mantenimiento programado.	Repuestos para Averías.
Repuestos Programados	Costo de Fallo
Mano de obra directa	Costos Energéticos
Pinturas Lubricantes	Costos Ambientales
Costos Financieros	
Parada para mantenimiento preventivo	

Fuente: Colanta

Figura 23 Grafica del costo óptimo de mantenimiento



Fuente: MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se construyen los bloques A y B con la información de la compañía y el punto intercepto lo utilizamos como el punto medio de construcción de la parábola de costo total.

4.9 GESTION DE ALMACEN

Generalmente el departamento de compras es el encargado de gestionar el almacén que suministra elementos a distintos sectores. Bajo el punto de vista de este departamento, se intentara tener un almacén con el mínimo valor posible, en tanto que el departamento de mantenimiento le interesa tener un almacén completo con todas las piezas y repuestos para realizar las distintas actividades de mantenimiento que pudiese surgir. Esto traerá aparejado con un inventario elevado, surgiendo así una oposición de intereses entre los distintos sectores de una misma empresa.

Para gestionar el almacén, debemos tener presente los siguientes criterios:

- Tener un inventario mínimo sin movilizar en el almacén.
- Fijar un valor máximo de rotura de los inventarios.

4.9.1 Stocks.

Se define como stock aquella cantidad de materia prima, materiales y elementos en general que se almacenan, para su posterior empleo, este uso futuro puede destinarse a:

- Alimentación de una línea de producción
- Ventas por mayor y menor
- Mantenimiento de máquinas y equipos
- Abastecimiento de elementos de consumo desde un deposito central

En cualquiera de los casos sería necesario disponer de un gran capital y de hecho esto provoca escasez del mismo para efectuar otras inversiones, además de la necesidad de contar con grandes locales para almacenamiento, corriendo con el riesgo del deterioro del material u obsolescencia del mismo, y cargando además con los costos de mantenimiento del local y su amoldamiento.

Por lo tanto, es necesario analizar y encontrar un punto de equilibrio entre las desventajas ya mencionadas y las ventajas de tener artículos siempre que se los necesite a un costo menor de adquisición, no solo por hacerlo en cantidad, sino también por los gastos directos que ocasiona el acto de comprar. Se advierte, en consecuencia, que las desventajas superan a las ventajas. Sin embargo, como se efectúa el balance económico que permita conocer cuánto y cuando se debe comprar. La teoría de los stocks de a la respuesta a esta pregunta.

Elementos que intervienen en la teoría de los Stock:

Costo de adquisición o de compra. El costo de adquisición o compra depende en general de:

- La elección de los proveedores a quienes solicita precios
- Consultas para averiguar si el proveedor posee el artículo en cuestión
- Confección de los pedidos de precios o elaboración del pliego de condiciones
- Envío de la correspondencia
- Recepción y estudio de cada propuesta
- Colocación de la orden de compra
- Seguimiento del proveedor para que cumpla lo establecido
- Recepción, inspección y control del material que envía el proveedor
- Tramites posteriores a la recepción
- Recepción de facturas de proveedores, verificación y seguimiento de documentos de inspección.
- Sueldo de personal administrativo

La suma total de todos estos valores es el costo total de colocar una orden de compra y se representa por “K”, si se colocan “n” órdenes de compras por año, el costo de adquisición será:

K= costo total de colocar una orden de compra

N = número de veces que se compra en el año o frecuencia de compra

Ca = costo de adquisición anual

$$Ca = K * n$$

Llamando:

D = demanda anual del artículo

q= cantidad o lote a comprar

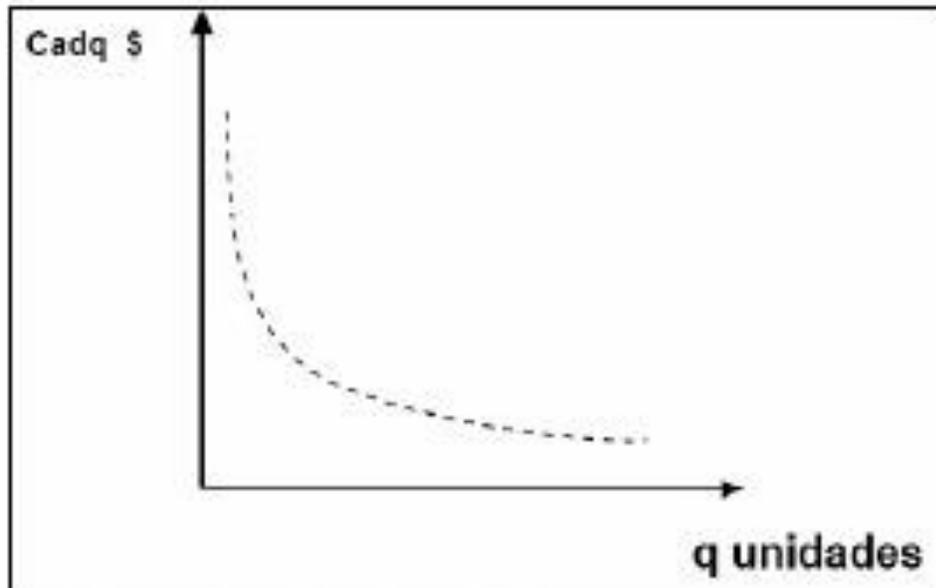
Se tendrá:

$n = D/q$, reemplazando se obtiene

$$C_a = K * D/q$$

En un sistema de ejes coordenados, en la abscisa se tiene como variable la cantidad o lote q , y en las ordenadas el costo de adquisición C_a ; se tendrá que la ecuación es la correspondiente a una hipérbola equilátera como se presenta en la figura 24

Figura 24 Costo de adquisición o de compra



La constante K de adquisición se puede determinar en forma simplificada, considerando los costos mensuales del departamento compra y de las otras actividades relacionadas, importe que sea prorrateado por la cantidad de órdenes realizadas en el mismo periodo. En la tabla 5 se registran los datos para un ejemplo.

Tabla 5 Datos para cálculo de costo de adquisición o compra

Tipo de Costo	Valor \$
Sueldos con cargas sociales oficina compra	3.600.000
Gastos de oficina compra (papelería, Te. Etc.	500.000
Gastos de recepción y administración	1.000.000
Total de gastos promedios por mes	5.100.000

Fuente: Colanta

Los datos aquí registrados son suministrados por los directivos del almacén directamente, no nos es posible obtener más información que la suministrada para evaluar estos conceptos.

$N =$ cantidad promedio de ordenes por mes 45

$K = Ca / n$

$K = \$5.100.000 / 45 = \$ 113.333$

Costos de almacenamiento. El costo de almacenamiento de las existencias incluye todos los gastos que se ocasionan en la empresa por el hecho de disponer de stocks. Por lo general estos costos están integrados por los siguientes elementos:

- Tasa de capital: Los montos inmovilizados en stock, aun cuando no provengan de un préstamo bancario, están gravados por una tasa denominada “costo de oportunidad”.

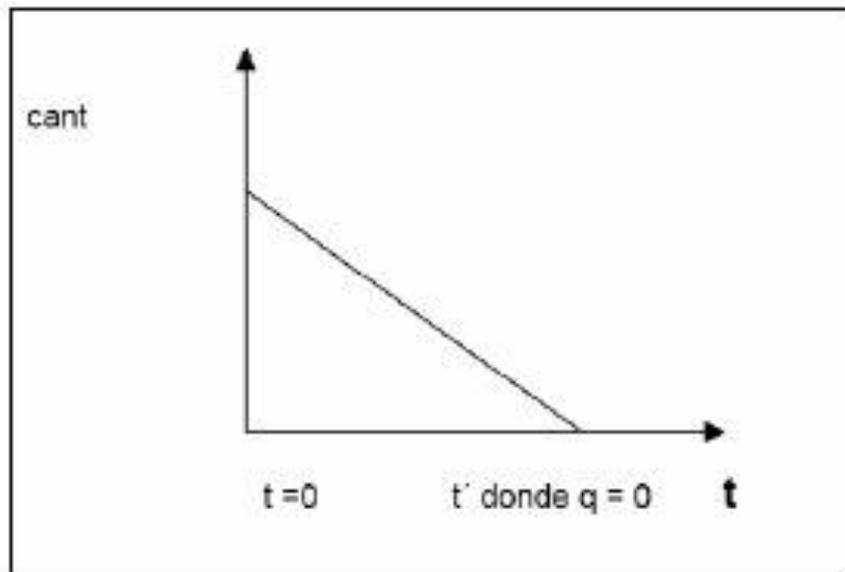
- **Obsolencia:** son los costos en que incurre la empresa debido a que algunas existencias pierden actualidad por los cambios de modelo o avances tecnológicos.
- **Perdidas:** Los materiales almacenados sufren mermas y deterioros por evaporación, humedad, suciedad, y otros efectos.
- **Impuestos:** Los elementos almacenados son activos gravados por impuestos relacionados a la inversión.
- **Seguros:** Los stocks al igual que otros bienes de la industria deben estar cubiertos por seguros contra diversos tipos de riesgos.
- **Edificación e instalaciones:** Requeridas por las existencias.
- **Personal:** Destinado al depósito o almacén.

La suma de estos gastos determina una tasa anual de almacenaje que representa lo que cuesta tener en stock un peso material almacenado durante un año, se identifica como:

$P =$ Tasa de Almacenamiento

Se lo expresa en porcentaje y varía según el tipo de material y el cuidado requerido. Los valores que las empresas toman para la tasa de mercaderías convencionales varían alrededor del 20% anual. En algunas oportunidades coinciden con los grupos de igual costo de adquisición, algunas materias primas como chapas, barras o tubos pueden tener los mismos K_a y P , lo que facilita su estudio. En la figura 25 se representa la existencia promedio $1/2q$.

Figura 25 Existencia promedio $\frac{1}{2} q$



Se puede considerar que en cualquier periodo la cantidad promedio es $q/2$. Si “b” es el valor unitario del material en existencia, el capital inmovilizado será:

Capital inmovilizado = $\frac{1}{2} q * b$ donde tenemos,

$\frac{1}{2} q$: existencia promedio.

b: valor unitario del material en existencia.

Conocida la tasa anual de almacenamiento (P), es posible calcular el costo de almacenamiento (Calm) en función del precio del artículo (b), cantidad que se mantiene en stock (q), y el tiempo (T).

$$\text{Calm} = \frac{1}{2} * q * b * p$$

En donde

q= cantidad o lote a almacenar

b= valor unitario del material

p= tasa de almacenaje

4.9.2 Calculo del costo total esperado (CTE).

El costo total esperado es una suma de tres términos: uno constante y dos variables.

Los costos variables son los que se han definido como costo de almacenamiento y costo de adquisición.

El costo constante es el producto del precio de compra del artículo por su demanda. Entonces siendo:

n= Número de veces que se compra

q= Lote de compra

b= precio de compra del ítem

P=Tasa anual de almacenamiento

D= Demanda Anual

CTE = Costo total esperado

Se tendrá que:

$$CTE = K * D/ q + \frac{1}{2} q * b * P * D$$

4.9.3 Calculo del lote económico.

Cuando el material que se necesita es independiente de otros artículos o subconjuntos, se lo denomina independiente y se utiliza el método clásico de inventarios.

Cuando las pérdidas de material están relacionadas entre sí, la gestión es dependiente, y las cantidades requeridas se obtienen directamente del programa Maestro de Producción, determinado por sistemas como un sistema de Planificación de Necesidades de Materiales.

El método tradicional consiste en determinar la cantidad óptima del pedido en función al menor costo total y se lo denomina lote económico.

Recordando que:

D= Demanda anual del artículo

K= costo de compra

n= Frecuencia de compra

q= cantidad

p= tasa de almacenaje

b= Costo unitario del artículo

y según las expresiones

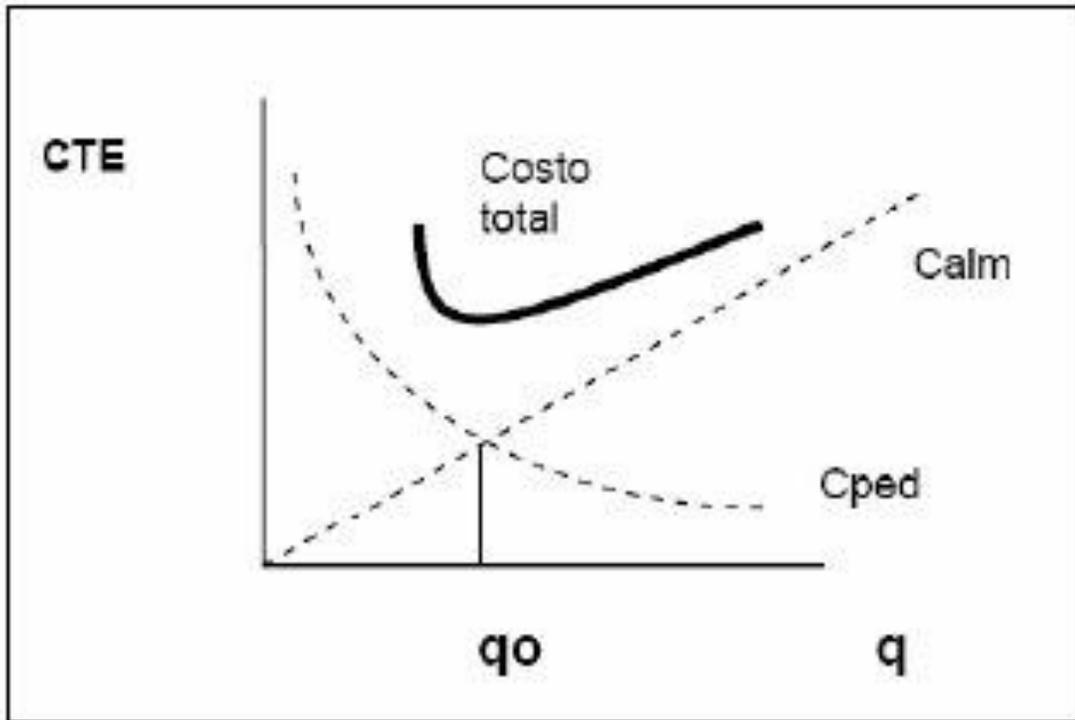
Costo de adquisición $Ca = K * D/q$

Costo de almacenaje = $\frac{1}{2} * q * b * P$

CTE = $Ca + Calm = K * D/q + \frac{1}{2} * q * b * P$

En la figura 26 se representa como se obtiene el lote económico.

Figura 26 Grafica del lote económico



La curva del costo total presenta un mínimo que corresponde al valor del lote económico o lote óptimo, este valor se encuentra a la altura de la intersección de las líneas que lo componen, el valor costo total es menor cuando los costos de pedido y almacenaje se igualan.

Entonces:

$$K * D/q = \frac{1}{2} * q * b * P$$

Es aconsejable efectuar pocas compras de un ítem, porque así se limitan a gastos derivados de las compras, pero además se sabe que es beneficioso efectuar un

número elevado de adquisiciones dado que redundaría en menor costo de almacenamiento.

La teoría del lote económico conduce a un equilibrio entre estas dos políticas contemplando los factores positivos de ambas.

Despejando q de la fórmula se obtiene la fórmula del lote óptimo o económico:

$$q^e = \sqrt{2KD / b * P}$$

Dónde:

q^e = Lote Económico

K = costo total de colocar una orden de compra

D = demanda anual de cada ítem

b = Precio unitario de adquisición de cada ítem

P = tasa anual de almacenamiento

4.9.4 Determinación de las zonas de igual periodo de reposición.

Ha quedado establecido anteriormente que, conocido el valor del lote económico (q^e), es posible calcular el periodo de reaprovisionamiento (n), por medio de la expresión:

$$n = D / q^e$$

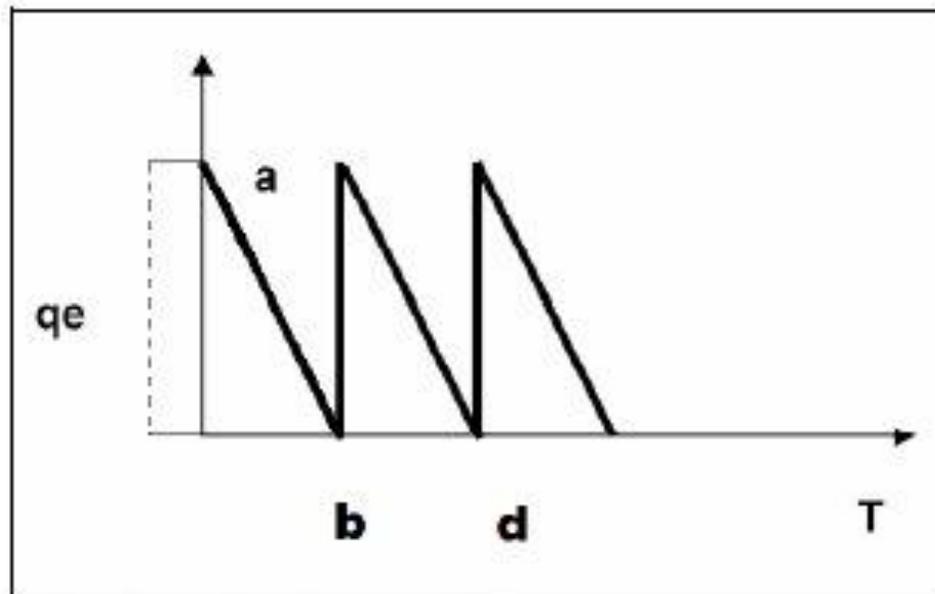
Dónde:

q^e = Lote Económico

n = Periodo de reaprovisionamiento

D = demanda

Figura 27 Grafica del periodo de aprovisionamiento.



Partiendo de una situación en la cual el stock es igual al q_e (punto a), se consume hasta $q = 0$ (punto b). En este momento se realiza el reaprovisionamiento instantáneo de una cantidad q_e y el stock se eleva hasta C , para volver a repetir n veces.

Pero en realidad influyen sobre el esquema dos factores:

- Demora de reaprovisionamiento
- Consumo distinto del previsto

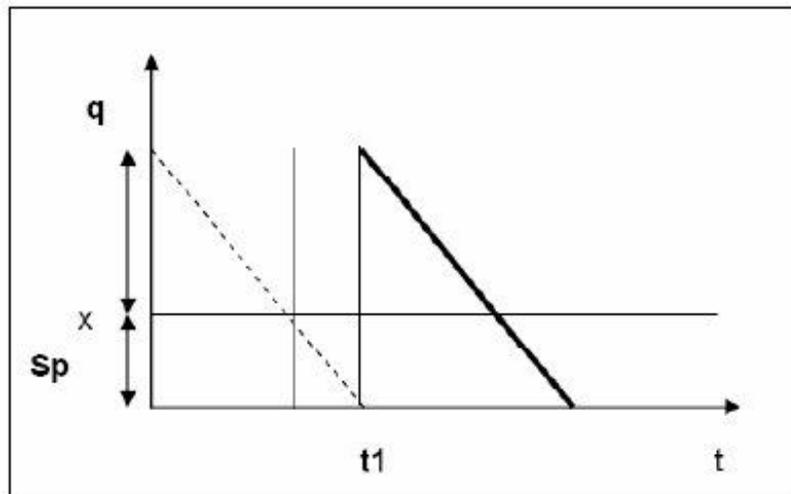
La demora de reaprovisionamiento X (variable de tiempo que puede tener el reaprovisionamiento), puede subdividirse en tres etapas:

- Tiempo que transcurre desde cuando se detecta la necesidad de efectuar la reposición hasta que el pedido llega al proveedor.

- Tiempo que media desde el proveedor recibe la orden de compra hasta que entrega el material.
- Tiempo que transcurre desde que el proveedor entrega el material hasta que llega a depósito.

Como el aprovisionamiento no es instantáneo se genera el problema que ocasiona la ruptura del stock. El diagrama real de stock toma la forma de la figura 28

Figura 28 Diagrama real de stock



En la figura citada se aprecia que el stock se ha incrementado en una cantidad S_p llamada “Stock de Protección”, que tiene por objeto absorber las variaciones producidas por el segundo factor.

Cuando el stock cae por abajo del nivel x se realiza un nuevo pedido, transcurre un tiempo t_1 ; es este el tiempo que se tiene calculado para realizar el aprovisionamiento. Entonces cuando el stock llega a cero, se tendría en ese momento un nuevo aprovisionamiento; este proceso se repite en forma consecutiva, debido a la existencia del stock de seguridad.

4.9.5 Determinación del stock de protección o de seguridad.

Es conveniente calcular este stock en función de algún parámetro que permita asignar diversos valores a distintos ítems en función de su importancia.

El stock de protección es un seguro para cubrir imprevistos y su importancia debe estar de acuerdo con la del ítem.

La fórmula para determinar el stock es la siguiente:

$$S_p = H \cdot (\sqrt{c \cdot d})$$

Dónde:

H = factor que depende del riesgo que se asume y es función de:

- Costo de paralización de líneas
- Eficiencia de la inspección
- Calidad final del producto
- Comportamiento del proveedor
- Agotamientos admitidos

C= consumo diario

D= demora de reaprovisionamiento

El factor H depende también de las frecuencias de pedidos, lo cual permite construir otra tabla que suministra valores de H al igual que la anterior, pero se trabaja con dichas frecuencias de compra, se evita determinar el riesgo en forma arbitraria. Para ello es necesario fijar la orientación de la empresa en cuanto a lo que de agotamientos permitidos se refiere, creando una política aplicada a

artículos muy importantes o críticos, cuya carencia ocasionaría grandes perjuicios como parada de línea, pérdida de clientes, etc.

4.9.6 Diagrama ABC.

El diagrama ABC es una representación gráfica de un hecho, es una relación entre la cantidad de artículos que componen un inventario, con su consumo anual y su costo unitario y permite determinar cuántos son los artículos verdaderamente representativos en función de la inversión total a efectuar.

Los elementos necesarios para la construcción de un diagrama ABC son:

- Lista de todos los artículos que se consumen
- Precio unitario de adquisición de cada ítem
- Demanda anual de cada ítem. Esta estimación puede llevarse a cabo partiendo de los consumos anteriores o con base en la producción o venta estimada para el corriente año en base a datos estadísticos oficiales.
- Monto total del capital invertido anualmente
- Determinación de los consumos o demandas anuales valorizadas, se obtiene multiplicando el precio de cada ítem por su demanda anual.
- Listado según orden decreciente, colocando en primer lugar el artículo cuya demanda actual valorizada (producto de $b * D$) sea máxima. Se continúa con el elemento siguiente, según este criterio, y se suma al valor anterior obteniendo la suma acumulada, hasta llegar al artículo de menor demanda anual valorizada, la suma deberá ser, para este artículo igual al monto total invertido.

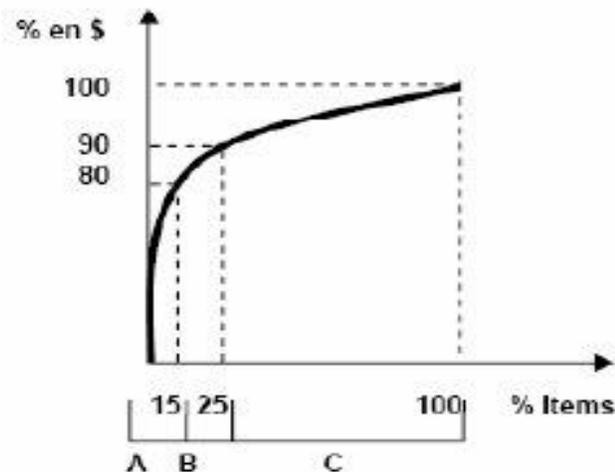
- Determinación de las zonas ABC, se considera que en general el 85% del monto invertido está controlado aproximadamente por el 10 o el 15% de los ítems del inventario. De modo que controlando el 15% de los artículos, se puede apreciar el correcto desembolso de aproximadamente el 85% del monto total.

Los ítems que caen dentro de esta categoría son llamados “ítems de clase A”

Si se prosigue el análisis y se calcula el 90% del monto invertido se comprobara que solo el 25% de los artículos del inventario son responsables de él. Estos son los ítems de “clase B”.

Queda un 10% del monto invertido, y esta pequeña parte esta manejada por el 75% de los ítems. Estos son los llamados “Clase C”. Se dibuja empleando un par de ejes coordenados, cuyas unidades son: cantidad o porcentaje de ítems y monto o porcentaje de monto. En la figura 29 se aprecia el esquema de un diagrama ABC.

Figura 29 Esquema ABC.



Fuente Introducción al mantenimiento estratégico Iván Darío Gómez Lozano Ed. Panamericana 1 edición 2006

5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCION DE LECHE U.H.T.

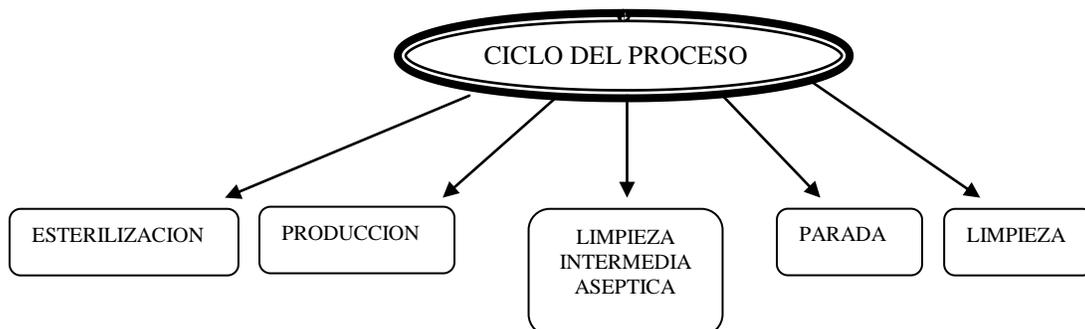
Según el estudio de criticidad que se hicieron a los equipos de la planta los equipos más críticos en su respectivo orden son:

Intercambiador de calor a tubos
Homogenizadora
Pasteurizadora
Envasadora

5.1. INTERCAMBIADOR DE CALOR A TUBOS

5.1.1. Identificación y descripción del intercambiador de calor a tubos.

La tetra therm o unidad de procesamiento continuo para el tratamiento térmico UHT de lácteos y otros productos alimenticios puede estar diseñada para llenado directo de las maquinas envasadoras o llenado a través de un depósito de almacenamiento aséptico. La diferencia principal estriba en que por llenado directo siempre hay un exceso de producto que se devuelve desde las maquinas envasadoras al depósito de compensación de producto, mientras que por llenado a través del depósito de almacenamiento, todo el producto se descarga en el depósito.



Fuente los autores

Figura 30 ciclo del proceso de intercambiador de calor a tubos.

5.1.1. Descripción pasó a pasó de operación del intercambiador de calor a tubos

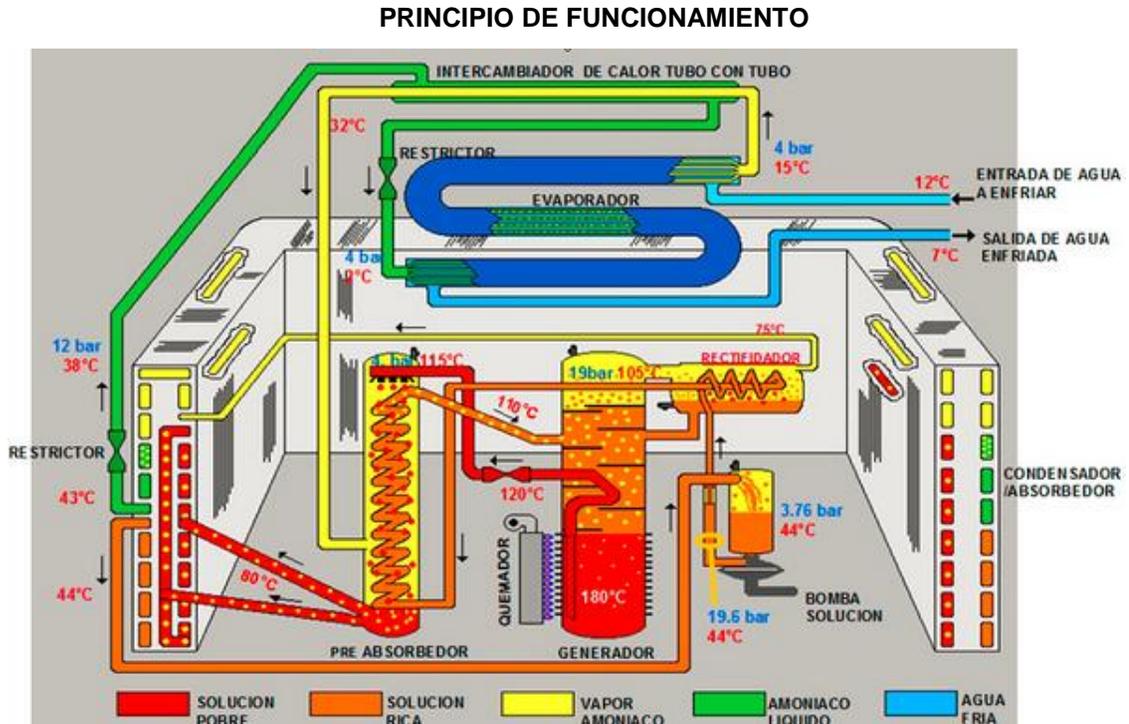


Figura 31 Principio de Funcionamiento Intercambiador de Calor a Tubos

El tetra Therm Aseptic Flex 1, la unidad de proceso para tratamiento UHT indirecto de leche y otros productos alimenticios, se esteriliza al circular agua caliente durante 30 minutos. Después de la esterilización, el Tetra Therm Aseptic Flex 1 se enfría paso a paso hasta las temperaturas de producción. Finalmente, el agua estéril circula a través del circuito de producto. Un proceso de producción comienza con el llenado del Tetra Therm Aseptic Flex 1 con producto a través del depósito de compensación. El producto empuja la mezcla de agua/producto al drenaje o depósito de rechazo. Cuando una máquina de llenado está lista, puede comenzar la producción.

Si falla el suministro del producto o se produce una parada en la máquina de llenado, el agua estéril reemplaza el producto y el Tetra Therm Aseptic Flex 1 entra en circulación.

El producto se precalienta e forma regenerativa en el intercambiador de calor a tubos antes de homogenizarse en el homogeneizador. El calentamiento final tiene lugar en el intercambiador de calor a tubos el producto se mantiene en un tubo de retención durante el periodo de tiempo requerido. Enfriamiento de forma regenerativa a la temperatura de envase. El calentamiento final tiene lugar por medio de un circuito de agua caliente indirecto. La regeneración se efectúa en intercambiadores de calor a tubos con regeneración de producto a producto, con el fin de prolongar el periodo de producción entre las CIP completas puede efectuarse una limpieza intermedia aséptica, después de cada proceso de producción, el Tetra Therm Aseptic Flex 1 se limpia con soda y ácido.

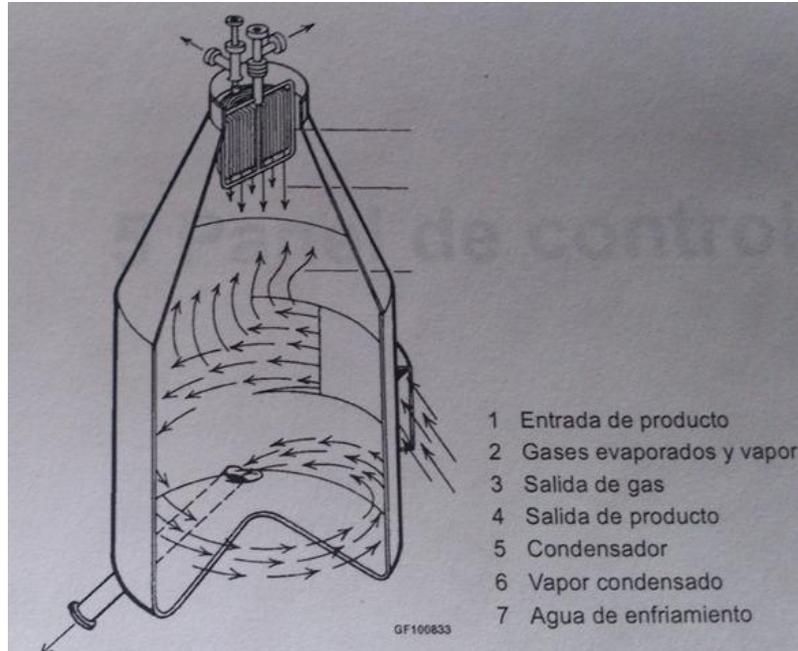


Figura 32 Unidad de Des aireación Tetra Alrox¹ Fuente Autores

El producto es alimentado tangencialmente a la vasija de vacío que está a un vacío que corresponde al punto de evaporación del agua por debajo de la temperatura de entrada del producto. Los vapores y los gases ascienden a la parte superior de la cámara.

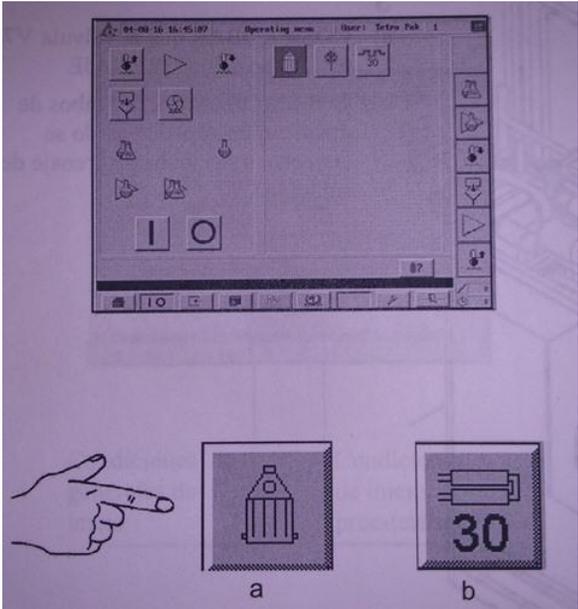
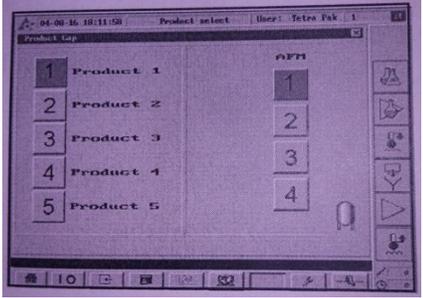
Los gases se descargan a través de la parte superior mientras que los vapores se condensan en el condensador de espiral y caen de nuevo en el producto líquido, después del tratamiento, el producto se descarga a través de la salida inferior de la cámara para un procesamiento ulterior.

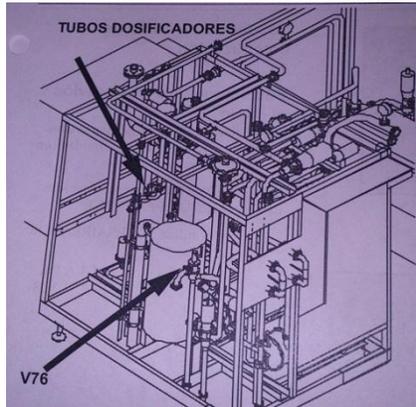
Secuencia del inicio de esterilización

5.1.2. Alarmas y localización de fallos

TABLA 6. OPERACIÓN DEL EQUIPO.

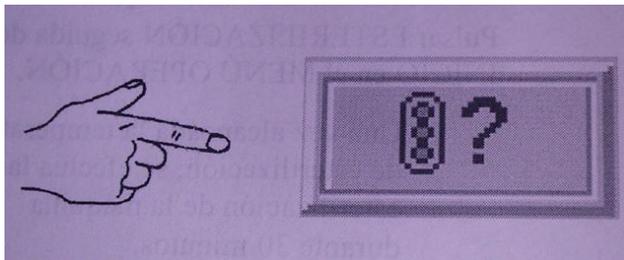
El siguiente cuadro con diagramas tiene como objetivo brindarnos la información de tallada de cómo realizar las actividades de mantenimiento correctas dentro de la envasadora para que nos permita llevar a cabo las tareas asignadas al equipo de manera correcta.

	<p>1. Selecciones / ajustes previos al inicio. Estas selecciones deben adaptarse a los equipos conectados de conformidad con el capítulo de preparaciones.</p> <p>Seleccionar los equipos deseados desde el menú operativo.</p> <p>Si se utiliza un des aireador pulsar a</p> <p>Si se utiliza una célula de retención 30 segundos pulsar b.</p>
	<p>2. Seleccionar producto. La capacidad puede seleccionarse /modificarse en cualquier momento durante agua estéril y producción.</p>



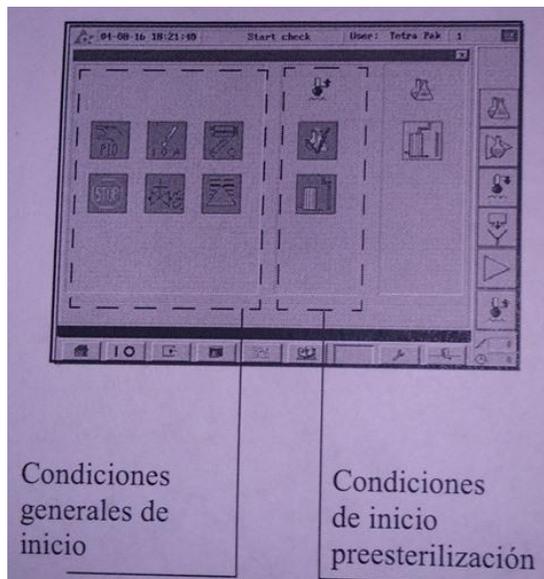
3. Comprobar que la válvula v76 está en posición drenaje.

Comprobar que los tubos de dosificación caustico /acido se conectan a los tubos de drenaje de solución CIP



4. CONDICIONES PARA EL ARRANQUE.

Pulsar condiciones para el inicio en el menú operativo.

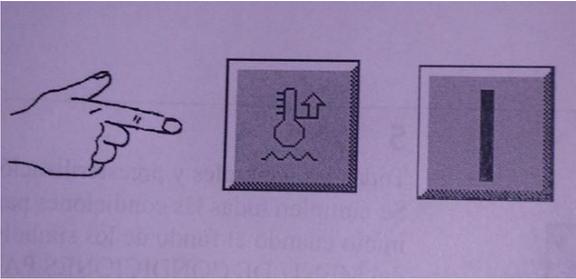
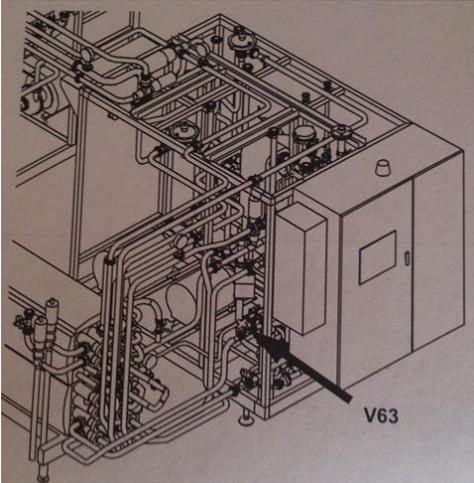
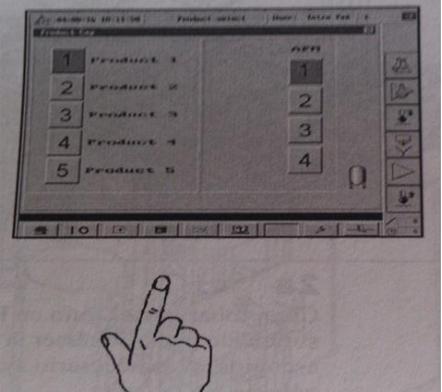


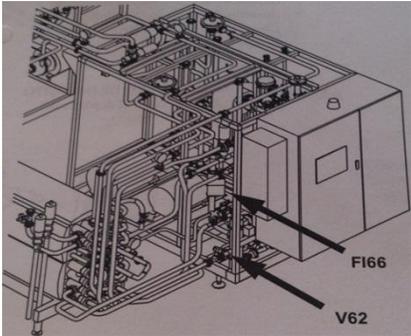
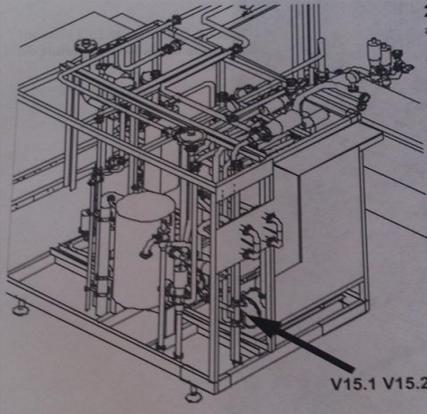
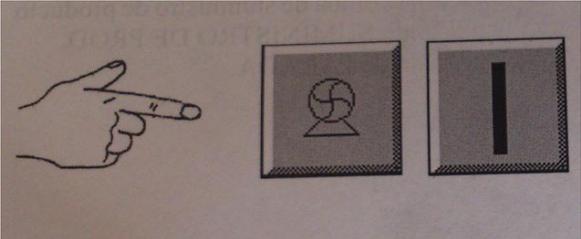
5. Todas las generales y pre esterilización se cumplen todas las condiciones para el inicio cuando el fondo de los símbolos del menú de condiciones para el inicio se muestra en verde.

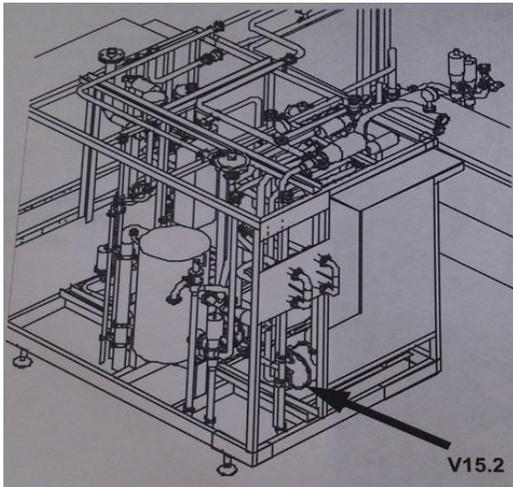
Además de lo anterior, también deben cumplirse las siguientes condiciones:

- El plc debe estar en el paso 0.
- No debe haber nivel bajo en el depósito de compensación.
- La presión de aire en el panel debe ser correcta.

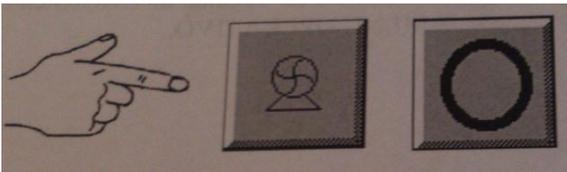
Ahora puede iniciarse la secuencia de esterilización.

	<p>6. Secuencia de arranque Pulsar esterilización seguida de inicio en el menú operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una vez alcanzada la temperatura de esterilización, se efectúa la esterilización de la máquina durante 30 minutos. - La máquina se enfría mediante la ejecución de los pasos del programa enfriamiento 1 – 3 y estabilización. - Una vez enfriada la máquina, se indica agua estéril en la pantalla.
	<p>7. Comprobaciones durante la secuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar la presión en PO7 (4bar) si se debe producir HTP. - Comprobar que la temperatura (TE1) antes del homogenizador es 85°C, ajustar con V63
	<p>8. Inicio de la secuencia de producción. Selecciones/ajustes previos al inicio 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pulsar el botón pulsador 1 – 4 deseado en el menú AFM/ capacidad para seleccionar la máquina de llenado aséptico o la capacidad de producción. - Pulsar el símbolo de depósito para la

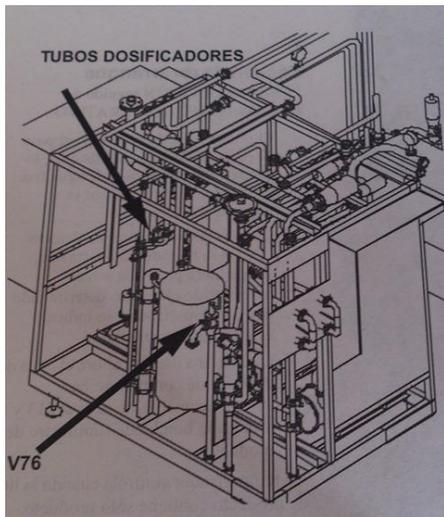
	<p>producción al depósito del Tetra Alsafe.</p>
	<p>9. Comprobar que el flujo en F166 es suficiente para satisfacer la capacidad escogida, si es necesario ajustar con la válvula V62.</p>
	<p>10. Comprobar que V15.1 (retorno CIP) esté cerrada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abrir la válvula V15.2 hacia el drenaje.
	<p>11. Pulsar bomba de suministro de producto seguido de inicio en el menú operativo.</p>



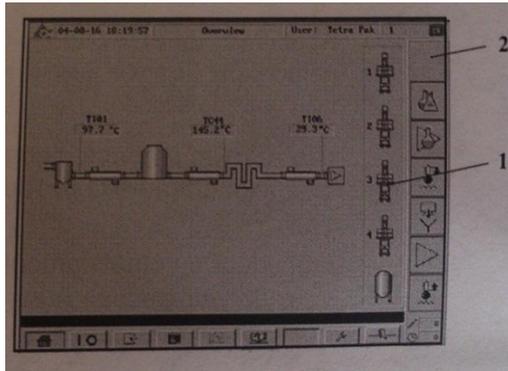
12. Cerrar la válvula V15.2 cuando el producto es visible en la salida de drenaje.



13. Parar la bomba de suministro de producto pulsando suministro de prod. Seguido de parada.

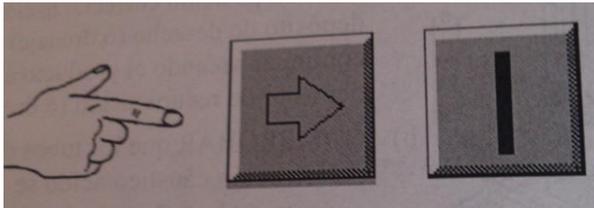


14. Comprobar que la válvula V76 están en posición correcta, hacia el depósito de desecho para continuar sacando el producto al depósito de recuperación.



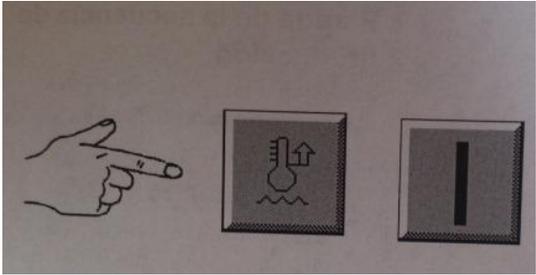
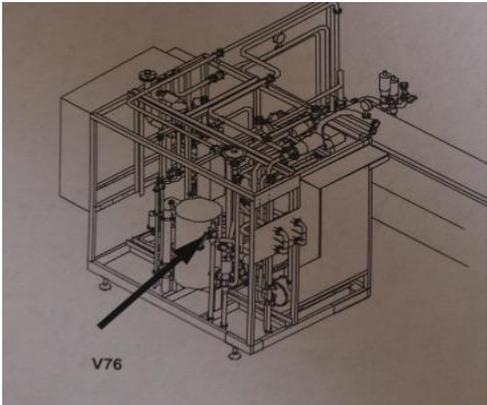
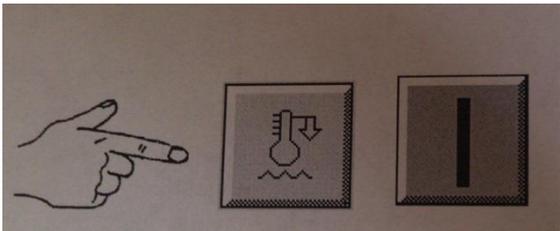
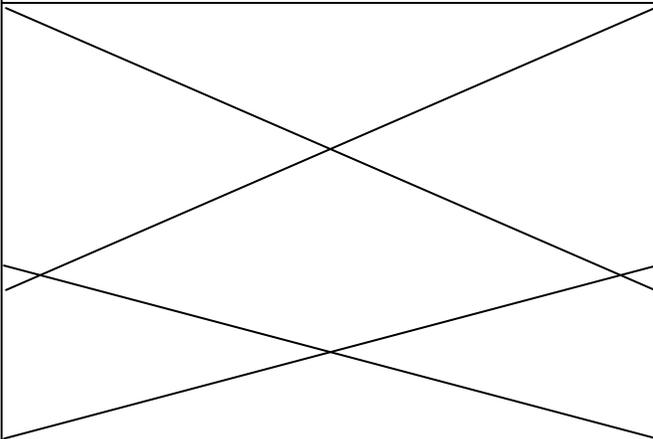
15. Condiciones para el Arranque

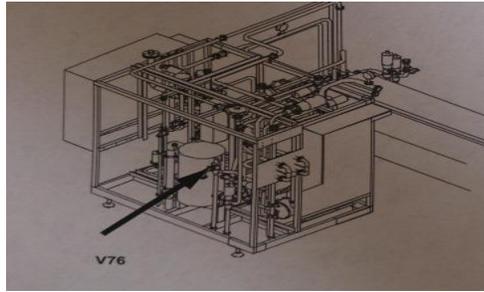
- Indicación AFM/Alsafe listo.
- No haya alarmas



16. Secuencia de Arranque

- El primer paso de llenado es el paso de preparación de la producción, lo que significa la entrada de agua fría en la máquina para reducir la temperatura de llenado.
- Cuando la temperatura de llenado (TT71) se ha reducido hasta una temperatura prefijada o ha transcurrido el tiempo determinado por un temporizador, se indica llenado en la pantalla.
- La máquina drenara ahora el agua del depósito de compensación automáticamente, se activa V13 y se arranca la bomba de suministro de producto.
- Un temporizador controla cuando la línea de producto contiene solo producto. La válvula V75 Re direcciona el flujo al depósito de compensación para la recirculación.
- Ahora la maquina esta

	<p>lista para producción. Se envía una señal a las máquinas de llenado.</p>
	<p>17. Vuelta agua Estéril En lugar de continuar la circulación de producto durante cualquier tipo de alteración, es posible revertir la máquina a Agua estéril.</p>
	<p>18. Condiciones para el Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - No haya alarmas. - Si se selecciona de producción comprobar que la válvula V76 están en posición correcta, hacia el depósito de desecho para continuar sacando el producto al depósito de recuperación.
	<p>19. Secuencia de Arranque Pulsar parada seguido de inicio en el menú operativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El tanque de balance se desecha y se inicia la secuencia de lavado con agua fría. El enfriamiento termina en posición de aparcamiento.
	<p>20. Limpieza aséptica Intermedia</p> <ul style="list-style-type: none"> - La AIC puede efectuarse con el fin de prolongar el periodo de producción antes de que sea necesario efectuar una limpieza, CIP. - La AIC tarda aproximadamente 40 minutos. La máquina permanece estéril en su parte aséptica.



21. Selecciones/ajustes previos al inicio.

- Conectar los tubos de dosificación caustico/ acido al depósito de compensación.
- Comprobar que la válvula V76 está en posición de drenaje.

22. Secuencia de Arranque

- Seleccionar la AIC apropiada seguida de inicio en 15 Seg.
- Si se solicita la AIC desde el paso del programa de producción, se efectúa automáticamente una secuencia de vaciado y lavado antes del inicio de la limpieza intermedia.
- Una vez completada la limpieza, la indicación de AIC se apaga agua estéril

5.2. MODELO DE MANTENIMIENTO PARA ENVASADORA AREA 15-03²⁶

Tabla 6 Modelo de mantenimiento para envasadora

Área	código equipos	Equipo	código de la actividad	Descripción	frecuencia ajustada	Observaciones
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/EL/008	REVISAR SISTEMA FOTOCENTRADO Y CODIFICACIÓN	168 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/EL/009	REALIZAR MANTENIMIENTO DIARIO A PRENSAS	168 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/EL/010	REALIZAR MANTENIMIENTO ELECTRICO SEMANAL LLENADORA	168 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/LU/012	REALIZAR LUBRICACIÓN GENERAL Y AJUSTE GENERAL	168 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/001	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE DESARROLLO	2016 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/002	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PREDESARRROLLO	2016 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/003	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PRINCIPAL	2016 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/004	REALIZAR MANTENIMIENTO SISTEMA DE LLENADO	672 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/007	REVISAR PUERTAS,PLACAS FORMADORAS Y TOBOGAN	672 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/011	LIMPIAR CANALES DE ENFRIAMIENTO PRENSAS VERT Y HOR	2016 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/013	REVISAR SOPORTE DE ROLLO	4032 HORAS	
32	311320001	ENVASADORA IS6 (1A)	311/MC/014	ALISTAMIENTO DIARIO ENVASADORA IS6	168 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/EL/008	REVISAR SISTEMA FOTOCENTRADO Y CODIFICACIÓN	168 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/EL/009	REALIZAR MANTENIMIENTO DIARIO A PRENSAS	168 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/EL/010	REALIZAR MANTENIMIENTO ELECTRICO SEMANAL LLENADORA	168 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/LU/012	REALIZAR LUBRICACIÓN GENERAL Y AJUSTE GENERAL	168 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/001	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE DESARROLLO	2016 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/002	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PREDESARRROLLO	2016 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/003	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PRINCIPAL	2016 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/004	REALIZAR MANTENIMIENTO SISTEMA DE LLENADO	672 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/007	REVISAR PUERTAS,PLACAS FORMADORAS Y TOBOGAN	672 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/011	LIMPIAR CANALES DE ENFRIAMIENTO PRENSAS VERT Y HOR	2016 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/013	REVISAR SOPORTE DE ROLLO	4032 HORAS	
32	311320002	ENVASADORA IS6 (1B)	311/MC/014	ALISTAMIENTO DIARIO ENVASADORA IS6	168 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/EL/008	REVISAR SISTEMA FOTOCENTRADO Y CODIFICACIÓN	168 HORAS	

²⁶ Fuente Autores

Área	código equipos	Equipo	código de la actividad	Descripción	frecuencia ajustada	Observaciones
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/EL/009	REALIZAR MANTENIMIENTO DIARIO A PRENSAS	168 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/EL/010	REALIZAR MANTENIMIENTO ELECTRICO SEMANAL LLENADORA	168 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/LU/012	REALIZAR LUBRICACIÓN GENERAL Y AJUSTE GENERAL	168 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/001	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE DESARROLLO	2016 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/002	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PREDESARRROLLO	2016 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/003	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PRINCIPAL	2016 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/004	REALIZAR MANTENIMIENTO SISTEMA DE LLENADO	672 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/007	REVISAR PUERTAS,PLACAS FORMADORAS Y TOBOGAN	672 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/011	LIMPIAR CANALES DE ENFRIAMIENTO PRENSAS VERT Y HOR	2016 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/013	REVISAR SOPORTE DE ROLLO	4032 HORAS	
32	311320005	ENVASADORA IS6 MC (2A)	311/MC/014	ALISTAMIENTO DIARIO ENVASADORA IS6	168 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/EL/008	REVISAR SISTEMA FOTOCENTRADO Y CODIFICACIÓN	168 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/EL/009	REALIZAR MANTENIMIENTO DIARIO A PRENSAS	168 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/EL/010	REALIZAR MANTENIMIENTO ELECTRICO SEMANAL LLENADORA	168 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/LU/012	REALIZAR LUBRICACIÓN GENERAL Y AJUSTE GENERAL	168 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/001	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE DESARROLLO	2016 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/002	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PREDESARRROLLO	2016 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/003	REALIZAR MANTENIMIENTO EMBRAGUE PRINCIPAL	2016 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/004	REALIZAR MANTENIMIENTO SISTEMA DE LLENADO	672 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/007	REVISAR PUERTAS,PLACAS FORMADORAS Y TOBOGAN	672 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/011	LIMPIAR CANALES DE ENFRIAMIENTO PRENSAS VERT Y HOR	2016 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/013	REVISAR SOPORTE DE ROLLO	4032 HORAS	
32	311320006	ENVASADORA IS6 MC (2B)	311/MC/014	ALISTAMIENTO DIARIO ENVASADORA IS6	168 HORAS	
32	311320007	ENVASADORA CREMA DE LECHE	311/MC/005	MANTENIMIENTO MENSUAL ENVASADORA LIQUI BOX	672 HORAS	
32	311320007	ENVASADORA CREMA DE LECHE	311/MC/006	REALIZAR ALISTAMIENTO ENVASADORA LIQUI BOX	168 HORAS	

Área	código equipos	Equipo	código de la actividad	Descripción	frecuencia ajustada	Observaciones
32	311320007	ENVASADORA CREMA DE LECHE	311/MC/008	CAMBIAR FILTROS DE VAPOR CADA 250 CICLOS	12096 HORAS	
32	311320007	ENVASADORA CREMA DE LECHE	311/MC/009	CAMBIAR FILTRO SISTEMA ESTERIL CADA 100 CICLOS	4032 HORAS	
32	562320005	TRANSF. ENVASADORA AS6	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320006	TRANSF ENVASADORA TBA21	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320007	TRANSF ENVASADORA TBA22 N1	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320008	TRANSF ENVASADORA TBA22 N2	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320009	TRANSF ENVASADORA TBA19 N1	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320010	TRANSF ENVASADORA TBA19 N2	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320011	TRANSF ENVASADORA BUANLIR 1	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	562320013	TRANSF. ENVASADORA BUANLIR 2	562/EL/001	INSPECCIONAR TRANSFORMADOR SECO	8760 HORAS	
32	652320001	MESA EN INOX MTTO ENVASADO	652/MC/001	MANTENIMIENTO MENSUAL MESAS DE PROCESOS	672 HORAS	
32	663320006	SECADOR DE MANOS ENVASADO IS6	663/MC/001	MANTENIMIENTO EQUIPOS DE HIGIENE	1344 HORAS	
32	921320007	RED VAPOR ENVASADORA LIQUI BOX	921/MC/001	DESARMAR,REVISAR Y VERIFICAR TRAMPAS DE VAPOR	672 HORAS	

En base a la recolección de información que nos permite realizar revisar el plan de mantenimiento actual, las tareas y las frecuencias de cada actividad obtenemos:

La recolección de información de cada una de las actividades se realiza teniendo en cuenta la experiencia de cada uno de los técnicos, la reorganización de actividades y tareas con el objetivo de convertirlas en eficientes para equilibrar desde aquí el concepto de confiabilidad.

5.3 Número de paradas

Tabla 7 Número de paradas

Estos datos se obtienen teniendo en cuenta tareas realizadas, paros de mantenimiento por correctivos y preventivos en los historiales de mantenimiento que maneja el área.

MAQUINA	NUMERO DE PARADAS
Pasteurizador de 30,000 Lts	117
Envasadora Leche	44
Envasadora leche y Chocolate	38
Envasadora de Yogurt	30
Homogenizador de 10,000 Lts	45
Bactofugadora	11
Calderos	12
Aséptica	6
Clarificador	4
Banda Incl. de despacho	2
Bomba de la Llovedera	1
Bomba de Agua Natural	1
Termoencogible	2
Bomba 3,6	1
Bomba de leche recepción	1
	315

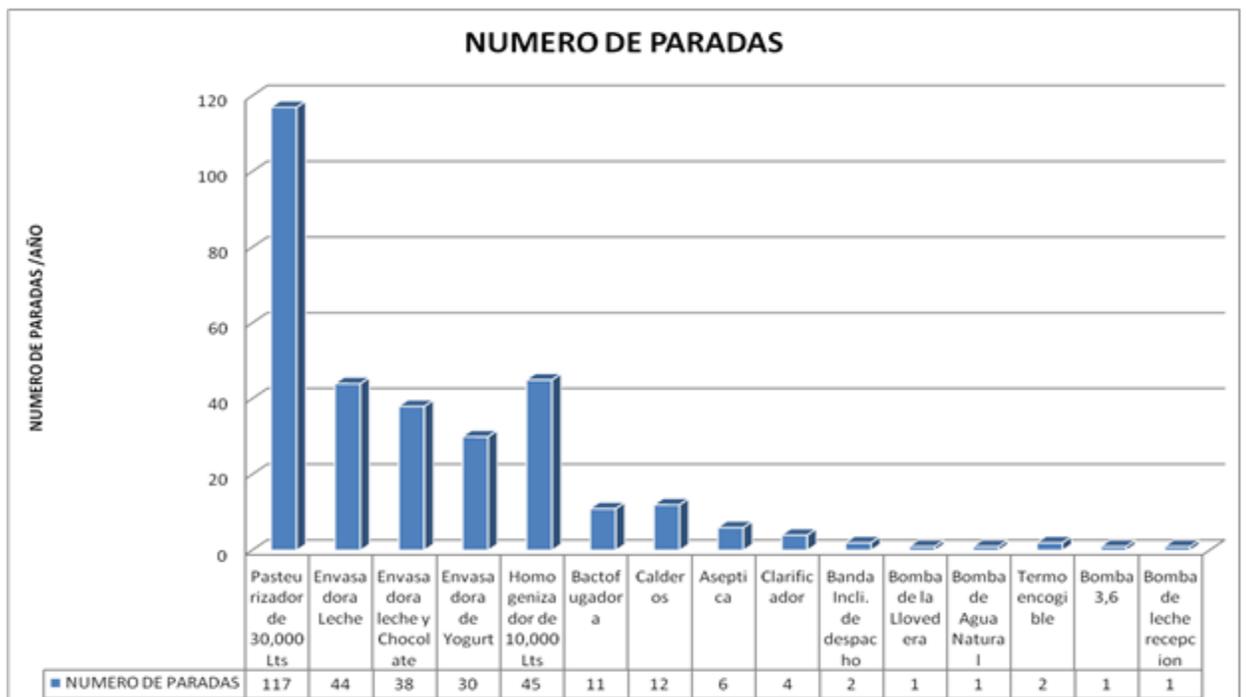


Figura 33 Número de paradas

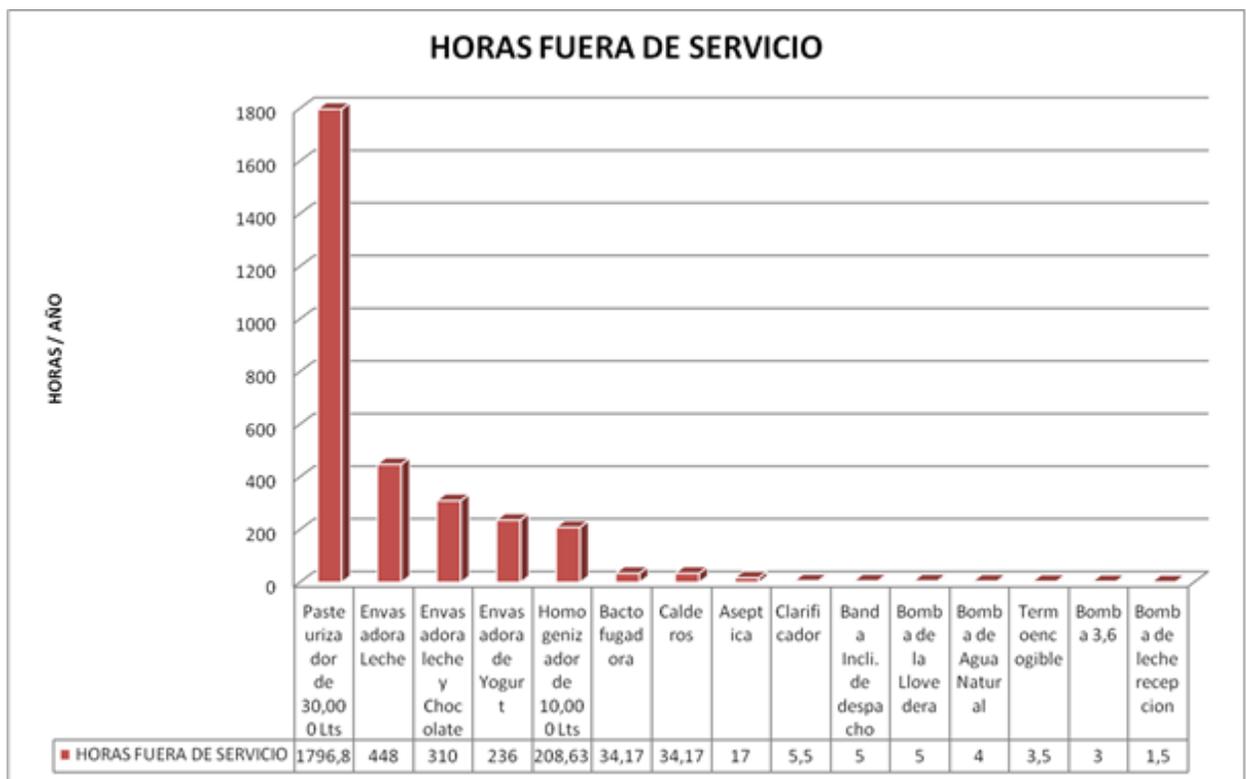


Figura 34 Horas fuera de servicio

5.4 Horas fuera de servicio

Tabla 8 Horas fuera de servicio

Las horas fuera de servicio se obtiene claramente información de cuáles son los equipos en los que se debe revisar las actividades, tareas y frecuencias de acuerdo a la manipulación de la información que se observa en las gráficas de número de paradas y horas fuera de servicio.

MAQUINA	HORAS FUERA DE SERVICIO
Pasteurizador de 30,000 Lts	1796,85
Envasadora Leche	448
Envasadora leche y Chocolate	310
Envasadora de Yogurt	236
Homogenizador de 10,000 Lts	208,63
Bactofugadora	34,17
Calderos	34,17
Aséptica	17
Clarificador	5,5
Banda Incl. de despacho	5
Bomba de la Llovedera	5
Bomba de Agua Natural	4
Termoencogible	3,5
Bomba 3,6	3
Bomba de leche recepción	1,5
	3112,32

6. CALCULOS

Para el análisis de los cálculos es necesario cumplir con los procedimientos exigidos por la planta y los exigidos por la estrategia, los cuales consisten en evaluar la criticidad de cada una de las maquinas que componen la línea de producción de leche UHT, con el fin de priorizar el plan de mantenimiento.

El propósito del Análisis de Criticidad como técnica, es establecer la prioridad en los procesos, sistemas y equipos de una planta compleja.

En el diseño de este proyecto, se conformo un equipo para el análisis de las hojas de vida de cada una de las maquinas de la línea de producción esto con el fin de evaluar los equipos más críticos según fallas obtenidas cada determinadas horas.

6.1. Cálculos homogenizador

Tabla 9 Cálculos correctivos homogenizador

SUMATORIA	EVENTOS	HORAS
4989	38	131,289
233,6	38	6,14737

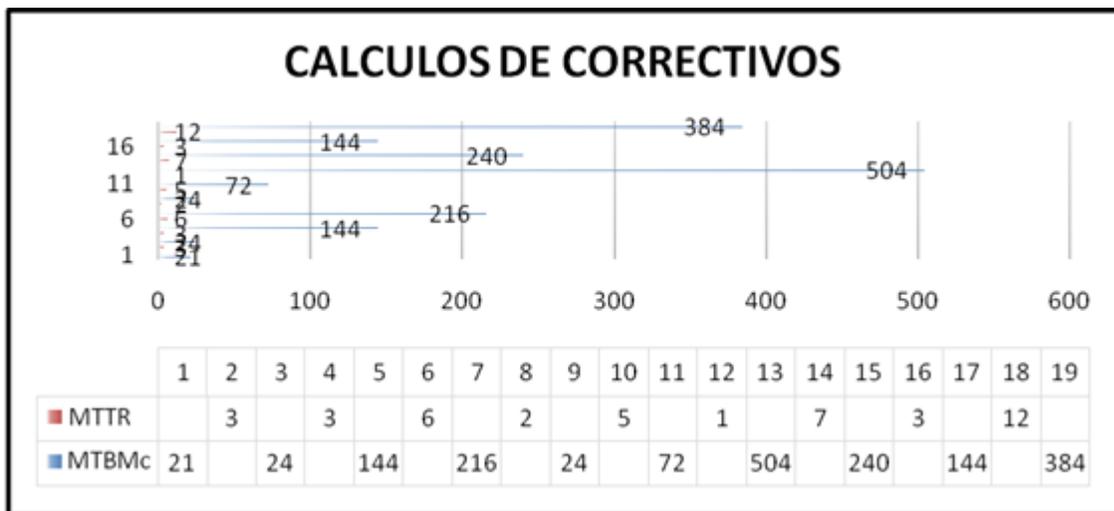
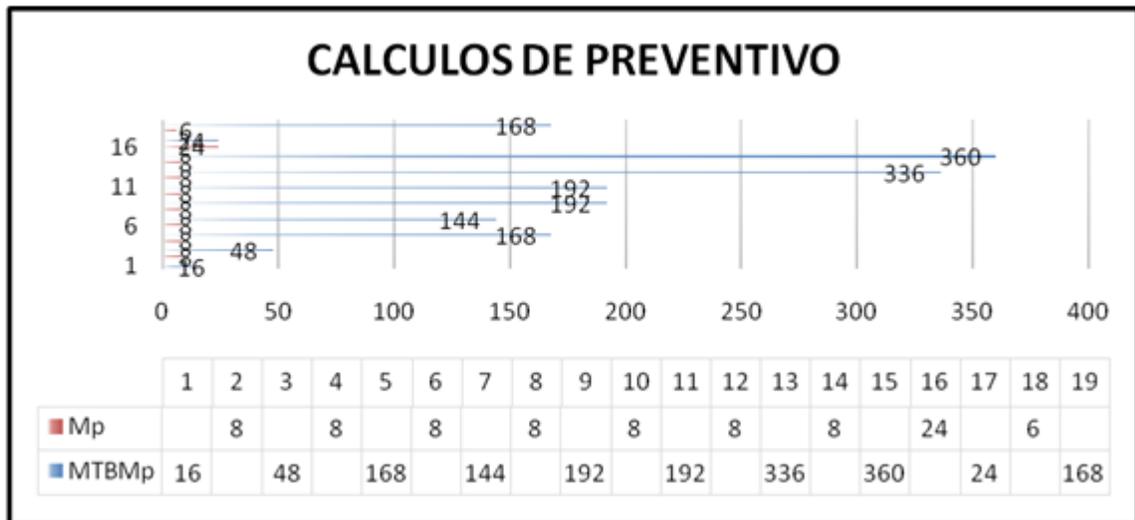


Tabla 10 Cálculos preventivos homogenizador

SUMATORIA	EVENTOS	HORAS
5728	26	220,308
432	26	16,6154

De acuerdo al ajuste de las frecuencias en los procesos obtenemos la nueva frecuencia en horas de acuerdo a las tareas y/o eventos que en la sumatoria tenida en cuenta arrojan como resultado esta frecuencia de horas para cada uno de los preventivos.

Figura 35 Cálculos homogenizador

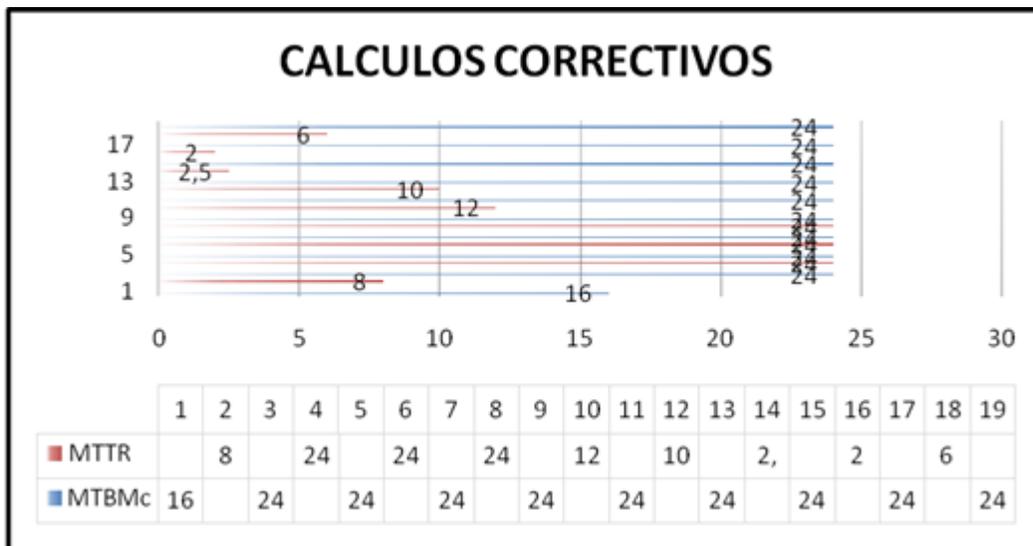


MTBM =	1		=	1		=	82,10 horas	
	1	+	1	=	1	+	1	
	MTBMc		MTBMp		131,3		220,3	
M	=	MTTR	+	Mp	=	6,14	+	16,61
		MTBMc		MTBMp		131		220,3
		1	+	1		1	+	1
		MTBMc		MTBMp		131		220
								10,16 horas

6.2. Cálculos envasadora

SUMATORIA	EVENTOS	HORAS
6796	118	57,59322034
1361,23	118	11,53584746

Tabla 11 Cálculos correctivos envasadora



SUMATORIA	EVENTOS	HORAS
3067	28	109,5357143
192,49	28	6,874642857

6.2 Datos de Confiabilidad

Figura 37 Datos de Confiabilidad

De acuerdo a las figuras 39 y 40 donde se tomaron los valores del intercepto) generalmente para efectos de cálculo debe ser negativo= tenemos el punto de encuentro entre los valores de las frecuencias según lo trabajado actualmente y los cambios de acuerdo a los factores de confiabilidad que se proponen, teniendo como resultado el tiempo promedio entre fallas para cada proceso.

Intercepto	-5,2986	
β - Beta	1,1559	horas
Alpha o Eta	97,9074	η
r	0	Ro
MTBF Tiempo promedio de	93,0412	horas
MTBF = η * Gamma Γ (1+ 1/β)		

Tomando como base los datos obtenidos entre la información existente y los resultados que pretendemos obtener mediante la aplicación de este método encontramos que al graficar, teniendo en cuenta

Figura 38 Datos de Confiabilidad

Intercepto	-6,3387	
β - Beta	1,29326	
Alpha o Eta	134,4668	H
r	0	Ro
MTBF Tiempo promedio de funcionamiento sin fallas	124,3216	Horas
MTBF = η * Gamma Γ (1+ 1/β)		

ALINEACION DE TBF POR APROXIMACION RANGO DE MEDIANAS RRY

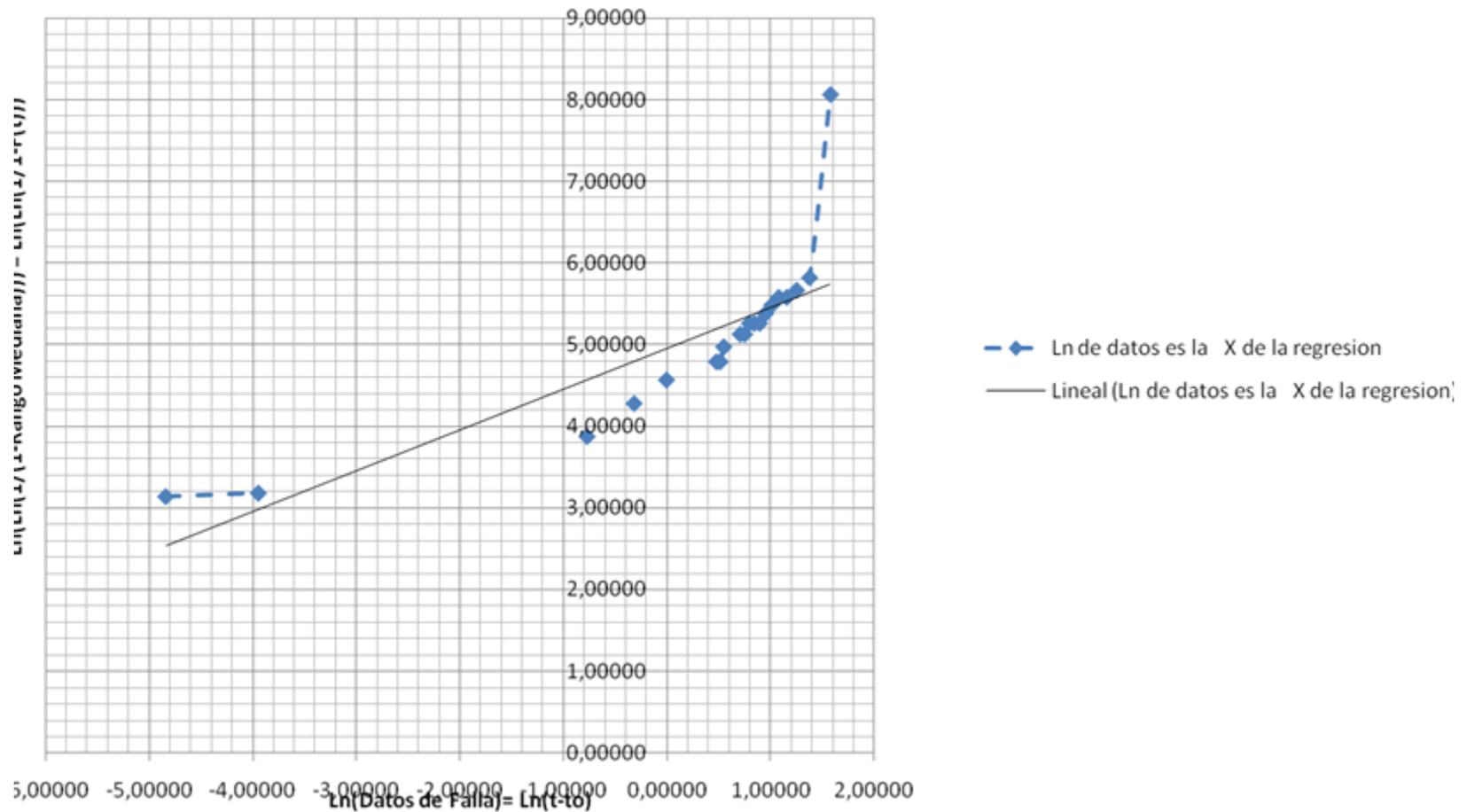
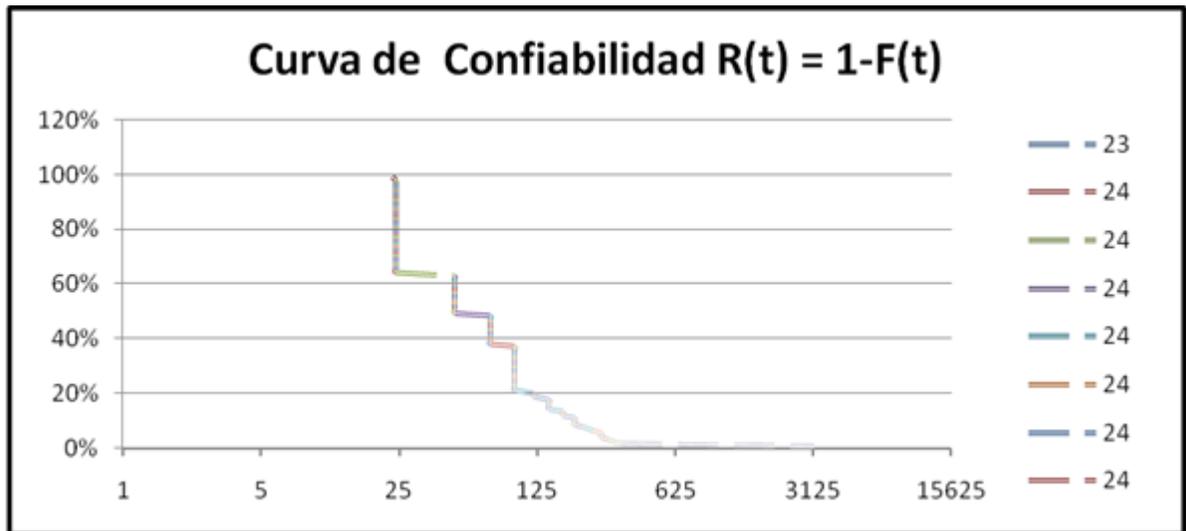


Figura 39 Alineación de tbf por aproximación rango de medidas rry

6.3 Alineación de tbf por aproximación rango de medidas rry

6.4 Curva de Confiabilidad

Figura 40 Curva de Confiabilidad



7. CONCLUSIONES

Después de recolectar la información suficiente para aplicar los conceptos de RCM y las herramientas de confiabilidad operacional RCFA y FMECA se logra la elaboración de un plan piloto de mantenimiento proactivo que permita optimizar el mantenimiento actual de los equipos críticos, en la producción de leche U.H.T para la Cooperativa Colanta s.a.

Manejando la información recolectada se logra determinar e identificar los equipos críticos del proceso de producción definiendo funciones y estándares de funcionamiento gracias a la utilización de métodos como análisis de Causa Raíz de las fallas potenciales, análisis de Modos de y Efectos de fallas función al exponer, establecer el cronograma de las tareas proactivas.

De esta manera aportar el plan piloto de mantenimiento propuesto para la mejora continua del proceso y lograr confiabilidad en el sistema.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el desarrollo de este proyecto, la información recolectada y todo el sinnúmero de actividades desarrolladas para la obtención y organización de la misma, en este como en otros proyectos a través de su realización se presentaron elementos difíciles de incluir en la planeación que retrasaron el proceso de realización del mismo. De igual forma su implementación solo dependerá de la decisión tomada por los directivos de la compañía.

- La falta de talento humano y colaboración, no porque el personal de mantenimiento no sea adecuado para realizar las labores que venían desempeñando, sino porque todos los recursos se destinan a la realización de mantenimientos de tercer nivel y a una apatía del personal a entregar información ya existente que facilite el avanza del proyecto.

- El contraste presentado en la carga laboral es demasiado alta, en ocasiones se presenta demasiado trabajo en otras se encuentra personal sin nada que hacer, como en momentos se emplea en hacer mantenimientos correctivos y rutinarios y se dejan de lado actividades de mantenimiento programadas.
- El stock de repuestos no se encuentra organizado, ya que en el inventario de repuestos, no se discrimina de acuerdo a la maquinaria industrial existente, debido a esto todo se dificulta de una manera enorme llevar un control adecuado de los repuestos de las maquinas.
- A pesar de que se evidencia todas las falencias que sufre la planta en cuanto a mantenimiento, no es imposible la reestructuración de mantenimiento industrial para mejorar el porcentaje de cumplimiento, para este cambio se tomaría el tiempo necesario para la implementación y puesta en marcha para acomodar el proceso a lo planteado dentro del proyecto.
- Se deduce mediante cálculos y análisis que la planta se encuentra en un porcentaje medio de confiabilidad que lo único que va a generar son costos elevados y desangrar la parte económica por más ingresos que se tengan y entre más tiempo pase y no se tomen las medidas correctivas, menos confiabilidad se tendrá y más aumento tendremos en los costos y se tomara más tiempo del que se predice en este proyecto.
- La confiabilidad del proceso se encuentra entre el 50.8% y 70% la cual, para una planta de tan alta producción, es baja y más para una empresa alimenticia y si sabemos que realizando los ajustes necesarios podemos obtener confiabilidad por arriba del 85%.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que no hay un promedio ni una frecuencia de parada de en cada línea.
- Nivel de cumplimiento de producción no se cumple por baja mantenibilidad.
- Mantenibilidad por debajo del 50 %.
- El anterior es un concepto por el cual se castigan todos los indicadores de mantenimiento.

- implementar el RCM en la Cooperativa Colanta puede hacer que, la confiabilidad y la mantenibilidad se encuentren por sobre el 70% lo que genera que los indicadores del el departamento de mantenimiento se mantengan con un alto cumplimiento, esto de ser aprobada su implementación por parte de sus directivas y parte administrativa.
- Tener en cuenta que el éxito o mejoras de la implementación del RCM se verá en los tipos de fallas no recurrentes, para este tipo de falla tener en cuenta la utilización de otra metodología, podría ser efecto causa raíz.
- De acuerdo a los resultados de la implementación de RCM y su porcentaje de aplicabilidad tener en cuenta una revisión y reinversión en el stock de repuestos, que partiendo del estado actual, puede estar en un promedio del 47% por encima.
- Por parte del departamento administrativo tener en cuenta la inclusión de estas variables para el incremento del presupuesto destinado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Introducción al mantenimiento estratégico Iván Darío Gómez Lozano Ed. Panamericana 1 edición 2006.
- Manual RCM - Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla-España 2005, Archivo PDF.
- Análisis del Modo y Efecto de Falla, cartilla curso introductorio RCM, COLANTA 2009-09-02.
- Manual de análisis financiero; Rubio Domínguez, P. (2007).
- ICONTEC. Tesis y otros trabajos de grado 2009.
- MORA ALBERTO, Mantenimiento, planeación, ejecución de control, Alfa Omega, 2009.
- MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Edición en español editorial Aladon.
- PARRA, Carlos, Implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en un sistema de producción, Sevilla. Febrero 2005.
- [http// www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com) m – ptm.htm
- SMITH, DAVID J. - Reliability and Maintainability in Perspective: Practical, Contractual, Commercial & Software Aspects.
- DHILLON, Balbir S. - Sistemas de Confiabilidad: Gestión Mantenibilidad - PBI - PetrocelliBooks Inc., 1983.
- Curso de Engenharia da Confiabilidade - Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, COPPE-UFRJ - Laboratorio de Análise de Segurança.
- SMITH, CHARLES O. - Introduction to Reliability in Design - McGraw Hill Kogakusha Ltd.,