

**SISTEMA DE GESTION Y ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO
CONFIABLE PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.**

**JUAN CARLOS HERRERA C.
AGUSTIN PIMIENTA SIERRA.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2.005**

**SISTEMA DE GESTION Y ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO
CONFIABLE PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.**

**JUAN CARLOS HERRERA C.
AGUSTIN PIMIENTA SIERRA.**

**Monografía de Grado para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: *JONH TORRES RAMIREZ.*
Ingeniero Mecánico.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2.005**

DEDICATORIA

A nuestro Dios padre que nos permitió tomar esta especialización y nos dio la fuerza para seguir adelante y no decaer en momentos difíciles en el transcurso de esta especialización.

A nuestros padres que incondicionalmente siempre estuvieron presentes para darnos cualquier ayuda que nos permitiera desarrollar tanto el proyecto de esta nueva etapa como también en aportes que realizaron para el desarrollo de este documento.

A nuestras personas más queridas y amadas que siempre estuvieron apoyándonos para darnos firmeza y fuerza, con la cual debíamos proseguir para culminar con éxito esta nueva etapa de nuestras vidas.

Y en general a todos los Docentes que formaron parte importante durante esta especialización dándonos una gran formación y una gran filosofía de cómo debíamos enfrentar la vida profesional dándonos todas las herramientas necesarias para el desarrollo de nosotros mismos.

Juan Carlos Herrera C.
Agustín Pimienta Sierra.

AGRADECIMIENTOS

A Lighting de Colombia, en especial a los ingenieros que conforman el departamento técnico, los cuales nos apoyaron en el transcurso del proyecto dando así un desarrollo e implementación del proyecto en la compañía, generando grandes expectativas de desarrollo tanto personales como para Lighting de Colombia.

A Carlos Ramón y en general a los docentes que de una u otra forma nos asesoraron en partes del proyecto para la culminación exitosa de este.

A todos mis compañeros del postgrado, que compartieron con nosotros todo el proyecto de grado dedicando momentos de estudio y de esparcimiento dando así una buena alianza y un excelente grupo de trabajo logrando de esta forma una culminación exitosa.

A la parte Gerencial de la empresa que colaboro de manera intachable para la realización y la implementación del proyecto en mención.

Juan Carlos Herrera C.
Agustín Pimienta Sierra.

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION	1
1. EMPRESA LIGHTING DE COLOMBIA S.A	3
1.1. INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO	3
1.2. ANALISIS DEL PROBLEMA.	4
1.3. SISTEMA ACTUAL.	5
1.4. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA.	6
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	8
1.6. JUSTIFICACIÓN	9
1.7. OBJETIVOS	14
1.7.1. Objetivo General	10
1.7.2 Objetivos Específicos	10
2. RESEÑA HISTORICA DE LIGHTING DE COLOMBIA S.A.	11
2.1. EQUIPOS DE PRODUCCION EN LINEA LIGHTIG DE COLOMBIA S.A.	16
2.2. COMPONENTES DE UN EQUIPO DE PRODUCCIÓN.	17
2.2.1. Maquina electrostática.	19
2.2.2 Maquina de estemes.	19
2.2.3 Maquina de montaje.	21
2.2.4 Maquina marcadora de sello.	22
2.2.5 Maquina de sellaje.	23

2.2.6	Maquina de Bombeo.	24
2.2.7	Dosificador de cemento.	25
2.2.8	Encasquilladora.	26
2.2.9	Maquina de producto terminado y empaque.	27
2.3.	CAMBIOS DE TIPO O ESPECIFICACION DE LAMPARA	28
2.3.1.	Line reject	28
2.3.2.	Registros de control.	29
2.3.3.	Toma de acciones para control de calidad	29
3.	MODOS DE GESTION DE MANTENIMIENTO.	32
3.1	DEFINICIONES DEL MANTENIMIENTO	32
3.2.	EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	32
3.3.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	35
3.4.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	38
3.4.1.	Importancia del mantenimiento preventivo en Lighting de Colombia S.A.	39
3.4.2.	Objetivos específicos del mantenimiento preventivo para Lighting de Colombia S.A	39
3.4.3.	Importancia del mantenimiento preventivo en Lighting de Colombia S.A	39
3.4.4.	Método Smed	39
3.4.5.	Desarrollo del mantenimiento Preventivo	41
3.4.6.	Sistema de Lubricación	43
3.4.7.	Lubricación de maquinas G.L.S (lámparas incandescentes).	43
3.4.8.	Condiciones específicas	43
3.4.8.1.	Frecuencia	44

3.4.8.2. Lista de lubricantes	44
3.4.8.3. Inspección de equipos.	47
3.4.8.4. Limpieza de equipos	47
3.4.8.5 Actividades de lubricación e inspección	48
3.4.8.6. Evaluación del Programa de mantenimiento preventivo.	49
3.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	50
3.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).	51
3.6.1 Nacimiento del RCM	53
3.6.2 Definición de RCM	54
3.6.3 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento	56
3.6.4 Fallas Funcionales	57
3.6.5 Modos de Falla (Causas de Falla)	57
3.6.6 Efectos de Fallas	57
3.6.7 Consecuencias de las Fallas	57
3.6.8 Tareas de mantenimiento centrado en confiabilidad	59
3.7 MODOS DE FALLAS EN MANTENIMIENTO.	62
3.7.1. Fallas funcionales	64
3.7.2 Patrones de falla	64
3.7.2.1 Falla A normal por desgaste tradicional	65
3.7.2.2 Falla B tradicional de la curva de la bañera	65
3.7.2.3 Falla C por aumento de la probabilidad	66
3.7.2.4 Probabilidad D de aumento por falla aleatoria	66

3.7.2.5	Probabilidad E de falla constante	66
3.7.2.6	Falla F aleatoria por infancia	66
3.7.2.7	Fallas ocultas	67
4.	PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICO DE EQUIPOS.	71
4.1.	HISTORIA DEL RCM.	71
4.2.	CONCEPTOS DEL R.C.M	71
4.3	FILOSOFIA DE RCM.	73
4.4.	PASO A PASO DE LA PROPUESTA Y ESTRATEGIA DE INVESTIGACION	74
4.4.2.	Selección de la facilidad de R.C.M	75
4.4.3.	Presentación del modelo R.C.M	75
4.4.4.	Propósito del proceso	76
4.4.5.	Análisis y Alcance potencial	76
4.4.5.1.	Requisitos e implicación del personal	76
4.4.5.2.	Participantes De la Facilidad	76
4.4.5.3.	Horarios tentativos.	77
4.4.5.4.	Carga estimada / Costos	77
4.4.5.5.	Redefinir el análisis , su alcance y su priorización	77
4.4.5.6.	Participantes de R.C.M	78
4.4.5.7.	Participantes De la Facilidad	78
4.6.	DESARROLLO DEL HORARIO	79
4.7.	Recolección y organización de la información.	79
4.7.1.	Antecedentes de trabajo en el software.	79

4.7.2.	Instalación y configuración del software.	79
4.8.	R.C.M Y SU EJECUCION	80
4.8.1.	Distribución de la documentación.	80
4.8.2.	Ejecución del análisis.	81
4.8.3.	Papel de los facilitadores.	81
4.8.4.	Generación de reportes.	81
5.	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.	83
5.1.	ESTRATEGIA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.	87
5.2.	OBJETIVO.	87
5.3.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO R.C.M	87
5.4.	EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	88
5.5.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	88
5.6.	REVISIÓN CRÍTICA DEL PLAN	90
5.7	INDICADORES DE DESEMPEÑO	91
5.7.1	Horas Parada Total	91
5.7.2.	MTBF (Mean Time Between Failures) Tiempo Medio Entre Fallas.	91
5.7.3.	MTRH (Mean Time To Repair) Tiempo Medio Para Reparación.	91
5.7.4.	Disponibilidad de Máquina.	91
5.7.5.	Índice de Fiabilidad de Máquina.	91
5.7.6.	Horas de Parada por Falta de Repuestos.	92
5.7.7.	Resumen de indicadores de desempeño y parámetros de equipos para producción.	92
5.7.8	Indicadores de desempeño área de mantenimiento	93

5.7.9. SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	96
5.8 SOLICITUD DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y CRITICIDAD DE EQUIPOS.	97
5.8.1. Clasificación de criticidad de equipo según metódica de criticidad	97
5.8.2. Revisión de indicadores de mantenimiento	99
6. METODOS DE GESTION PARA EL ALMACÉN.	106
6.1 OBJETIVO	106
6.2 DEFINICIONES	106
6.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL ALMACEN GENERAL	106
6.3.1 Organización del almacén de repuestos.	106
6.3.2 Estratégicos.	107
6.3.3 No Estratégicos.	107
6.3.4 Especial.	107
6.3.5. Método Máximo o Mínimo	108
6.3.6 Salida de Repuestos de Almacén	109
6.3.7 Entrada de Repuestos al Almacén.	109
6.3.8 Control de Recepción de Repuestos	109
6.3.9 Identificación y Separación	110
6.3.10 Registro y Notificación.	110
6.3.11 Tratamiento de No-Conformes.	110
6.3.12 Control y Aprobación de Salida de Repuestos.	111
7. PROCEDIMIENTO GENERAL DE PLANTA	112
7.1 OBJETIVO	112

7.2 DESCRIPCIÓN	112
7.1 HOUSEKEEPING	112
7.2 MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS	112
7.5 FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DE SEGURIDADES	113
7.5.1 SISTEMA DE RED HIDRÁULICA	113
7.5.2 AGUA PARA CONSUMO HUMANO	113
7.6 CRONOGRAMA MANTENIMIENTO SEGURIDAD	115
8. PROCEDIMIENTO PARA CODIFICACION DE EQUIPOS	117
8.1 OBJETIVO	117
8.2 CAMPO DE APLICACIÓN	117
8.3 CODIGO 12NC	117
8.4 Estructura sistema 12nc philips.	117
8.5. IDENTIFICACION LIGHTING DE COLOMBIA	118
8.6 Codificación interna para el departamento de producción.	122
9. ESTUDIO ANALISIS Y EVALUACION FINANCIERA	123
9.1 ESTUDIO FINANCIERO DEL PROYECTO	123
9.1.2 Costos de Operación	124
9.1.3 Evaluación financiera del proyecto	126
9.1.4 Proyección del estado de resultados	127
9.1.5 Evaluación final	128
9.2. ANALISIS DE SENSIBILIDAD	129
CONCLUSIONES	130

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama del sistema.	4
Figura 1. Operaciones en Latino América	11
Figura 2. Ubicación geográfica	12
Figura 3. Estructura actual de mantenimiento.	13
Figura 4. Organigrama General de Lighting de Colombia S.A.	14
Figura 5. Propuesta estructura de mantenimiento.	15
Figura 6. Equipos de producción en línea.	16
Figura 7. Estructura del proceso de fabricación.	18
Figura 8. Maquina para recubrimiento electrostático.	19
Figura 9. Maquina de Estemes.	20
Figura 10. Maquinas componentes de línea.	21
Figura 11. Maquina de Montaje.	22
Figura 12. Maquina Marcadora de sello.	23
Figura 13. Maquina de Sellaje.	24
Figura 14. Maquina de Bombeo.	24
Figura 15. Maquina dosificadora de Cemento.	25
Figura 16. Maquina Encasquilladora.	26
Figura 17. Maquina Empacadora.	27

Figura 18. Maquina de Encitando Final y Paletizado	27
Figura 19. Maquina Empacadora.	28
Figura 20. Diagrama de toma de acciones.	30
Figura 21. Evolución del Mantenimiento	33
Figura 22. Flujograma de mantenimiento correctivo.	37
Figura 23. Análisis de causa-Efecto.	41
Figura 24. Simbología de frecuencias de lubricación.	42
Figura 25. Carta de lubricación para una maquina de sellaje y bombeo.	46
Figura 26. Capacidad de funcionamiento	63
Figura 27. Nivel de funcionamiento	63
Figura 28 Falla parcial	64
Figura 29 Falla completa	64
Figura 30. Ciclo normal de desgaste	67
Figura 31. Falla etapa infantil por desgaste normal	67
Figura 32. Incremento posibilidad de falla	67
Figura 33. Incremento posibilidad de falla aleatoria	67
Figura 34. Probabilidad de falla constante	67
Figura 35. Falla etapa infantil disminución aleatoria	67
Figura 36. Proceso para implantar R.C.M	85
Figura 37. Procedimiento Final de R.C.M	86
Figura 38. Cronograma de actividades de mantenimiento por líneas.	95

Figura 39. Formato de solicitud de mantenimiento.	96
Figura 40. Indicadores de mantenimiento.	99
Figura 41. Detalle de detenciones, análisis y acciones.	104
Figura 42. Efectividad del sistema.	105
Figura 43. Flujo grama Mantenimiento de planta. Mecanización.	114
Figura 44. Cronograma de Mantenimiento mecanización	115

LISTA DE CUADROS.

	Pag.
Cuadro 1. Lubricantes usados en las líneas de producción de Lighting de Colombia S.A.	44
Cuadro 2. Participantes típicos	78
Cuadro 3. Indicadores de desempeño	91
Cuadro 4. Resumen de indicadores de desempeño.	92
Cuadro 5. Metas Indicadores de desempeño área de mantenimiento.	93
Cuadro 6. Indicadores por maquina.	103
Cuadro 7. Codificación interna área de mantenimiento.	122
Cuadro 8. Codificación interna área de líneas de producción	122
Cuadro 9. Inversiones requeridas en el proyecto	124
Cuadro 10. Ingeniería del Proyecto.	124
Cuadro 11. Mano de Obra administrativa de Mtto. Requerida en el Proyecto.	125
Cuadro 12. Otros costos de operación requeridos en el proyecto.	125
Cuadro 13. Proyección de producción y consumo hasta el 2006.	126
Cuadro 14. Estado de Perdidas y Ganancias.	128
Cuadro 15. Análisis de Sensibilidad sobre el Estado de Resultados.	129

RESUMEN

TITULO: SISTEMA DE GESTION Y ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO CONFIABLE PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.*

AUTORES: JUAN CARLOS HERRERA C, AGUSTÍN PIMIENTA SIERRA. **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Modelo Integral, Método RCM, Método SMEAD, Índices de Gestión del Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN: La finalidad de este estudio es proporcionar a Lighting de Colombia S.A. las herramientas necesarias para mejorar la gestión de mantenimiento debido a que las rutinas son implementadas por frecuencia y no por estado en los diferentes equipos con que cuenta la compañía haciendo necesario crear estructuras de mantenimiento mas sólidas, rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo mas agresivas con el fin de implantar un modelo integral llamado R.C.M.

Teniendo una gestión organizada basada en conocimiento y experiencia se irán escalando etapas consiguiendo confiabilidad y mantenibilidad de los equipos al 100% identificando variables críticas en procesos productivos que pueden basarse en modelos de organización, planeación, verificación y ejecución de mantenimientos preventivos y predictivos aumentando confiabilidad y disponibilidad de equipos.

La prioridad es la mejora continua, eficiencia mecánica global, y eficacia del personal involucrado usando herramientas importantes como análisis de Índice de gastos de mantenimiento que por medio de criticidad de los equipos involucrados en líneas productivas se irán ajustando según prioridades de máquina y rutinas de mantenimiento propias que se deben realizar buscando minimizar gastos de mantenimiento, obteniendo eficiencias productivas, estableciendo presupuestos necesarios y justos para la intervención de cada equipo que conforma la línea de producción determinando la cantidad de mantenimiento preventivo y predictivo que requiere cada uno de estos. También se propone la aplicación de análisis de modos de falla, método SMED, con el fin de reducir la tasa repetitiva de fallas, volviéndolo mas técnico, eficaz y eficiente en las labores propias de mantenimiento buscando una solución de problemas.

De esta forma se le da un enfoque a la empresa Lighting de Colombia S.A. desarrollando índices de gestión de mantenimiento analizando tiempo medio entre fallas "MTBF", tiempo medio para reparación "TMRH", tiempo medio para la falla "TMPF" y disponibilidad de los equipos "DISP", los cuales son esenciales para determinar el desempeño de los activos productivos. La efectividad y rendimiento del personal de mantenimiento logran de esta forma la calidad en la ejecución de sus labores con el cual llevamos a la compañía a un alto grado de confiabilidad de equipos basado en¹ mantenimiento centrado en confiabilidad.

¹ Monografía.

** Facultad de ingeniería Físico-Mecánica. Especialización de Dirección de mantenimiento.
Director: JONH TORRES RAMIREZ, Ingeniero Mecánico,

SUMMARY

TITLE: SYSTEM OF ADMINISTRATION AND ADMINISTRATION OF RELIABLE MAINTENANCE FOR LIGHTING DE COLOMBIA S.A.*

AUTOR: JUAN CARLOS HERRERA C, AGUSTÍN PIMIENTA SIERRA. **

KEY WORDS: Maintenance, Integral Model, RCM, FMEA Method, Maintenance Management Indexes.

DESCRIPTION: The purpose of this study is to provide to Lighting of Colombia S. A. the necessary tools to improve the maintenance administration because the routines are implemented by frequency and not for state in the different teams with which it counts the company making necessary to create maintenance structures but solid, routines of preventive maintenance and predictivo but aggressive with the purpose of implanting a called integral model R. C. M.

Having an organized administration based on knowledge and experience stages was climbed getting dependability and mantenibilidad from the teams to 100% identifying critical variables in productive processes that can be based on organization models, planeación, verification and execution of preventive maintenances and predictives increasing dependability and readiness of teams.

The priority is the continuous improvement, global mechanical efficiency, and the involved personnel's effectiveness using important tools as the Analysis of index of maintenance expenses that are adjusted by means of critical of the teams involved in productive lines priorities of it schemes and routines of own maintenance that should be carried out looking for to minimize maintenance expenses, obtaining productive efficiencies, establishing necessary and fair budgets for the intervention of each team that conforms the production line determining the quantity of preventive maintenance and predictivo that it requires each one of these. She/he also intends the application of the analytic method of flaw (method SMEAD), with the purpose of reducing the repetitive rate of flaws, returning him but technician, effective and efficient in the works characteristic of maintenance looking for a solution of problems.

This way she/he is given a focus to the company Lighting of Colombia S. A. developing indexes of maintenance administration analyzing half time among flaws " MTBF ", half time for repair " TMRH ", half time for the flaw " TMPF " and readiness of the teams " DISP ", which are essential to determine the acting of the productive assets. The effectiveness and the maintenance personnel's yield achieve this way the quality in the execution of their works with which we take to the company to a high degree of dependability of teams based on maintenance centered in dependability.

2

² * Monograph.

** Faculty of Physical-Mechanics Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: JONH TORRES RAMIREZ, Mechanical Engineer

INTRODUCCION

En Lighting de Colombia S.A. una empresa productiva de lámparas incandescentes se ha tomado la decisión de desarrollar un nuevo proceso de reestructuración en cuanto a la gestión de mantenimiento se refiere, y por tanto ha venido desarrollando una serie de proyectos con el fin de aumentar la disponibilidad de equipos y así mismo dar el grado de confiabilidad de estos con el fin de garantizar una producción continua y a un alto grado de calidad del producto terminado.

De esta forma minimizaremos costos e implementaremos diferentes herramientas de calidad como análisis de fallas, reducción de tiempos y movimientos, por medio del método SMED, practicando continuamente las 5'S, analizando índices de gestión, realizando un análisis de criticidad de equipos, los cuales llevaremos a un alto grado de confiabilidad empleando para ello nuevas tecnologías que permitirán ofrecerle a la compañía en corto tiempo una mayor certeza de producción bajo condiciones absolutamente confiables y seguras.

Lighting de Colombia S.A. una empresa dedicada a producir lámparas incandescentes y por medio de PHILIPS de Colombia encargada de la parte logística y comercial del producto terminado, realizan un sistema organizativo elaborando diferentes estrategias de mercado con el fin de ser competitivos a nivel mundial, y por tanto lograr la excelencia que se deben crear en procesos competitivos que deleiten al cliente y que satisfagan a cabalidad a todos y cada uno de los miembros de la compañía.

Para conseguir lo planteado se efectúa una reestructuración en el área de mantenimiento involucrando a todo el personal de la planta, para esto se crea una estructura basada en herramientas de calidad muy bien fundamentadas, creando una concientización de mejora continua basada en planear, hacer, verificar y actuar, y estructurando un modelo basado en la confiabilidad de maquina en el cual proporcionando una fusión muy fuerte entre las diferentes áreas de la planta se obtendrá un mejoramiento continuo de los procesos de trabajo, dotando al personal en un proceso acelerado de capacitación.

En el primer capitulo realizamos una descripción completa de la empresa, su objetivo, estructura y sus sitios de operación tanto a nivel nacional del 10% como a nivel internacional el 90% del producto terminado. Se realiza también una descripción clara de los diferentes componentes de una línea productiva de lámparas incandescentes.

Posteriormente se describen los problemas observados en la compañía, con el fin de proponer las respectivas soluciones y el análisis de causa-efecto, dando así soluciones efectivas e inmediatas. Para ello se realizarán análisis de criticidad de equipos involucrados en el proceso los cuales disminuyen o aumentan el mantenimiento que le corresponde a cada equipo principal o secundario. Se debe disminuir de esta forma planteada los gastos de mantenimiento, y se deberán utilizar herramientas como el sistema de información para tener una mayor confiabilidad del proceso administrativo de mantenimiento. Se plantearán métodos de análisis de falla, de índices de gestión de mantenimiento y de esta forma se evaluará la gestión realizada en un lapso de tiempo muy corto, también se evaluará la disponibilidad de equipos y su grado de confiabilidad.

Analizando los efectos producidos por Fallas frecuentes y ocultas, analizando la criticidad de los equipos productivos, empleando los métodos con las herramientas de calidad conocidas y creando sistemas efectivos los cuales exigen el alto grado de confiabilidad de trabajos de mantenimiento los cuales deben ser enfocados básicamente en su valor agregado buscando que estos sean siempre mayores que su costo generado se obtendrá un sistema de gestión de mantenimiento dando un orden y una continuidad al proyecto planteado.

El principal análisis para un seguimiento de lo que se está haciendo es el cálculo de índices de gestión de mantenimiento y filtrando los trabajos de mantenimiento preventivo con el fin de definir si se deben clasificar como trabajos de mantenimiento importantes o como trabajos de monitoreo el cual reconoce los mantenimientos preventivos por tiempo, por condición y por búsqueda de fallas como son tiempo medio para reparación, tiempo medio para la falla y fallas ocultas.

En este proyecto el Mantenimiento basado en la confiabilidad de equipos surge como una alternativa de solución a muchos de los problemas planteados, ya que mejora los resultados finales (utilidades), reduce desperdicios, fomenta el compromiso del empleado basado en resultados tangibles y reales, apoya iniciativas de calidad total y mejora sus objetivos.

Todo esto es lo anhelado para la compañía Lighting de Colombia, pero realmente qué implica el mantenimiento centrado en la confiabilidad de equipos, qué sacrificios se deben hacer para obtener sus beneficios? cuánto cuesta implantarlo en la organización? o está la compañía preparada para lograr con éxito su implantación? Interrogantes cómo éstos hay que

plantearlos antes de abordar un programa de las características de la envergadura del proyecto planteado.

Su éxito sólo se logra en la medida en que cada uno se comprometa a mejorar la eficiencia y eficacia del equipo, la calidad de vida dentro de la empresa, pero no con esfuerzos aislados sino con trabajo en equipo y coordinados por un grupo comprometido y debidamente especializado en el tema con objetivos definidos, con mentalidad corporativa y con un alto grado de calidad creciente.

1. EMPRESA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.

1.1. INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO

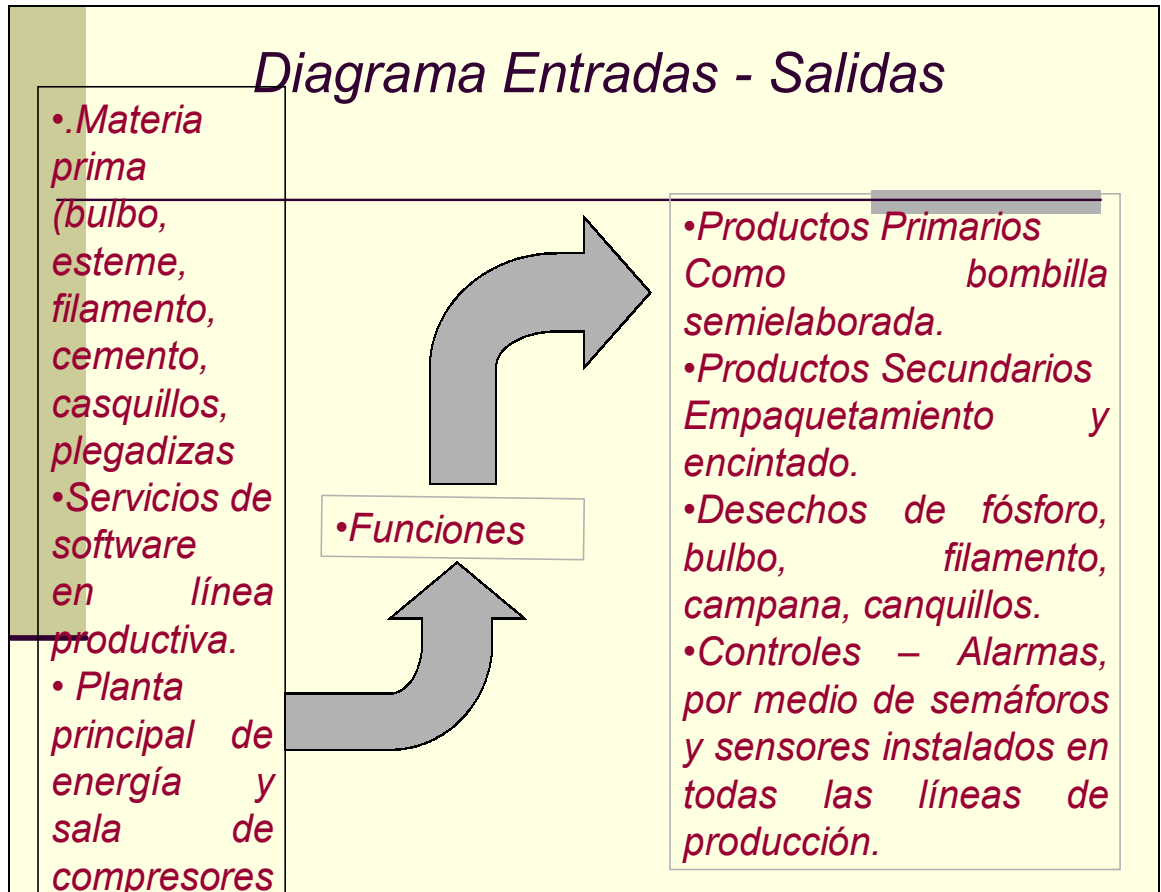
El proyecto se llevará a cabo bajo la dirección, revisión y verificación del Gerente Técnico, Gerente de Calidad, Ingeniero de Sistemas de Calidad y avalado por el Gerente General el cual llevara a Junta Directiva para su respectiva aprobación y posteriormente se direccionara la nueva estructura organizacional de la compañía involucrando a todas las personas de planta, mantenimiento, producción y calidad.

El levantamiento de datos históricos, la ejecución de BENCHMARKING (Referenciación competitiva), soporte técnico extranjero y capacitaciones permitirán la elaboración e implementación de dicho proyecto atendiendo los problemas significativos en la compañía resolviendo así problemas como el alto porcentaje de desecho, la baja eficiencia en las líneas de producción, el alto índice de rechazo por no conformidad en especificaciones de la lámpara y el paro de maquinas por eventualidades operativas y correctivas.

El departamento de producción y el área de mantenimiento manejaran todas las herramientas de calidad y con la ayuda de Gerencia Técnica darán cumplimiento de este proyecto facilitando toda la información contenida por manuales y planos de origen externo (Holanda, Brasil). También se realizara un Análisis del sistema como son los que deben elaborar los ingenieros expertos en la metodología a implantar son:

- A. Elaborar el expediente del sistema analizando funcionalmente el impacto de la falla total de la planta o sistema y efectuar una medición de criticidad de los sistemas y subsistemas (planta de producción y sistemas complejos generales de la planta), definiendo específicamente los equipos que componen el sistema.
- B. Análisis de Modos y Efectos de Fallas funcionales.
- C. Evaluación del impacto de las fallas y su procedencia.
- D. Selección de las diferentes actividades de mantenimiento.
- E. Elaboración de informes especiales.
- F. Acuerdo final del proceso y monitoreo y ajuste al plan elaborado.

Figura 1. Diagrama del sistema.



1.2. ANALISIS DEL PROBLEMA.

Un problema de mal direccionamiento en el enfoque actual del mantenimiento es generado en algunas ocasiones por ciertos inversionistas, quienes consideran dinero perdido el destinado al mantenimiento, sin percatarse que la imagen, la comodidad y la seguridad que caractericen a la compañía Lighting de Colombia S.A. constituyen la mejor garantía de que los clientes fortalezcan el producto fabricado por Lighting haciéndolo mas atractivo comercialmente y de una mejor calidad que los competidores inmediatos.

Un segundo problema en este sector de la industria es que pocos gerentes se hallan conscientes respecto a la importancia que reviste el mantenimiento, pues la mayoría de ellos cuentan con amplios conocimientos de mercadeo,

relaciones publicas, ventas, etc., y están enterados de todos los aspectos comerciales; sin embargo, algunas veces desconocen las ventajas que conlleva un mantenimiento programado y confiable por lo cual no lo efectúan, de manera que a corto o largo plazo sufren las consecuencias.

Esto suele ocurrir en compañías de las más diversas categorías y que son muy competitivas a nivel mundial.

Durante mucho tiempo el mantenimiento se ha considerado un asunto de importancia secundaria y no se le ha conferido la relevancia que realmente tiene, tanto en el orden económico como el de imagen y seguridad de la compañía productora.

En el momento se encuentra la compañía con 10 líneas para la fabricación de lámparas incandescentes, 5 bombas de vacío en proceso de reparación, y conjuntos de mecanismos para verificación y reparación las cuales conforman las diferentes maquinas que involucran las líneas productivas.

La disponibilidad de las máquinas herramientas y los trabajadores calificados con frecuencia no satisface las actividades de reparación requeridas.

Por ejemplo, durante ciertos días algunas reparaciones se retardan debido a la no disponibilidad de los taladros, tornos, sierra eléctrica, elementos de calibración, mientras que en otros días estas máquinas o elementos de calibración permanecen libres y sin trabajo.

Esta condición persiste inclusive con esfuerzos diligentes de planear las actividades de las máquinas y las reparaciones requeridas.

Durante mantenimientos mayores el trabajo normal de reparación programado no se ejecuta debido a la necesidad de tener listas las piezas o conjuntos de determinada maquina, esto es debido a que se realizan trabajos emergentes entre el 60 a 70% acarreado en errores de planeacion, esfuerzos por el personal y perdidas de tiempo innecesarias, las cuales no suplen las necesidades de la compañía y por tanto no se afrontan reparaciones a tiempo presentando paradas continuas, mantenimientos no confiables y por tanto causando perdidas económicas a la compañía.

La cantidad de tiempo de ingeniería necesaria para evaluar y determinar el alcance de las reparaciones requeridas para las maquinas y/o conjuntos mecánicos, eléctricos o electrónicos resultan en un retardo en el proceso.

Adicionalmente, al utilizar el personal de ingeniería para solamente determinar el alcance de la reparación de las maquinas en proceso nos aleja de las actividades de soluciones preactivas como el análisis de la causa raíz.

1.3. SISTEMA ACTUAL.

Mencionaremos los siguientes problemas específicos de la planta:

- Actualmente solamente existe mantenimiento Correctivo y preventivo.
- No existe un mantenimiento preventivo ni predictivo organizado y planeado.
- No existe un Sistema de Gestión que permita asegurar la calidad del producto.
- No hay coordinación y conocimiento de nuestro proceso.
- No se cumple con los parámetros y especificaciones técnicas del producto.
- No hay una formalización Organizacional definida.
- No hay documentación de fichas técnicas de equipos.
- No existe Control del proceso adecuado.
- Presencia de Alto porcentaje de rechazo de producto terminado.
- Baja disponibilidad de maquina, no es confiable la operación.
- Existe un alto índice de paradas de maquina
- Existe desconocimiento de puntos críticos de cada maquina y del proceso.
- Hay bajo Volumen de producción / incumplimiento entregas
- Alto porcentaje de desecho / Desperdicio.
- No existe Codificación de equipos.
- Existe Índices altos de defectos por fabricación.
- Falta identificación de los Indicadores de gestión.
- Mala atención a problemas presentados en producción.
- Baja eficiencia de Maquinas.
- Vida Baja de las Lámparas. (Menor a 1000 horas)
- Análisis de fallas y cambios de tipo.
- Análisis de presupuesto.

1.4. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA.

Para la ejecución de este proyecto se tendrá en cuenta lo siguiente:

- 1 Identificación de fallas operativas en las maquinas.
- 2 Identificación de puntos críticos del proceso e identificación de defectos del producto.
- 3 Solución de problemas por parte del responsable de cada maquina.
- 4 Se establecerá la solución de problemas de calidad correctiva a eventualidades presentes en el producto no conforme.
- 5 Capacitación al personal involucrado con las maquinas productivas del proceso. (Maquinistas de Línea, Reservas, Estemistas, Jefes de Turno y Supervisores de Producción).
- 6 Identificación y recolección de datos para más del 50% de los equipos productivos asegurando una correcta adecuación del proceso de fabricación de lámparas G.L.S.
- 7 Definición de responsabilidades, objetivos y alcances por cada persona involucrada en el proyecto.
- 8 Clasificación de repuestos como estratégicos y no estratégicos.
- 9 Establecer y realizar hojas de especificación de producto terminado y producto en proceso, para homologar criticidad en el rechazo y aprobación de lámparas terminadas y en proceso.
- 10 Cumplir con los deberes de las normas establecidas por la empresa para la realización del producto, donde establece el compromiso del mantenimiento como proceso de soporte que permite garantizar la elaboración de un producto con las especificaciones y parámetros de calidad establecidos por la norma NTC 189 y por los requerimientos del cliente.
- 11 Realización de formatos de control y medición que se ven reflejados más adelante en este documento, donde se lograra evidenciar un buen sistema de gestión y administración en nuestra empresa.
- 12 Elaboración del procedimiento general de producción que describirá como se analiza y controla el programa de producción efectuado por la empresa.
- 13 Realización del procedimiento de inspección y ensayo en el proceso, el cual permite asegurar y establecer acción oportuna al proceso productivo y producto en proceso para detectar alguna no conformidad.
- 14 Describir rutina de actividades con el fin de garantizar el correcto funcionamiento (Eficiencia y Desechos) y liberación del producto (Calidad), de una máquina al entrar nuevamente a producción en masa.
- 15 Asegurar la continuidad del proceso productivo a través de la

prevención de correcciones de fallas de los aspectos mecánicos y eléctricos de equipos de la fábrica de lámparas incandescentes.

- 16 Establecer procedimientos de almacén de repuestos para realizar el adecuado control de stock, el control de entradas y salidas, la emisión de requisiciones de compra, la recepción de repuestos y el manejo de la información para el gerenciamiento del almacén de repuestos.
- 17 El mantenimiento de edificios e infraestructura, ha sido estructurado como valor agregado en este proyecto de grado, abarcando puntos como el cuidado, la manutención, preservación del medio ambiente y housekeeping.
- 18 PHILIPS mundial ha creado una base datos en función de la codificación interna de la organización, que permitirá identificar productos, materiales, países de incidencia según fabricación de productos, servicios y sector de la empresa a la cual pertenece dentro de la organización.
Por este motivo dentro de la empresa Lighting de Colombia no se ha creado formalmente una codificación de equipos que permita identificar a que línea de producción pertenece alguna maquina. La creación de esta codificación se revisará dentro del panorama de realización de este documento.
- 19 Estructurar el departamento de mantenimiento eficaz y eficiente.

En la organización Lighting de Colombia S.A basada en una auditoria a su gestión de mantenimiento, a través de un grupo que pertenece a la casa matriz de Holanda la cual es la encargada de realizar las auditorias de todas las empresas de Philips a encontrando deficiencias en mantenimiento y producción permitiendo comparar el estado actual de la gestión de mantenimiento, con relación a un estado deseado por la organización y específicamente en el área de confiabilidad de equipos, registrándose oportunidades para la optimización total de la eficiencia de mantenimiento.

La evaluación de mantenimiento fue realizada en ocho aspectos básicos a considerar:

Liderazgo, relación con clientes y proveedores, planeación y programación, confiabilidad de los equipos, utilización de tecnología, gestión en materiales, control de costos y gestión en contratos.

Los resultados de la evaluación donde se compararon los valores de auto evaluación, los valores de los evaluadores y el promedio de la compañía Lighting de Colombia S.A en sus unidades de negocio de Latino América nos llevo a considerar la implementación de una filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad en las áreas de mantenimiento, producción y gestión de calidad donde para una buena fusión entre estas con el fin de un buen desarrollo del proyecto planteado.

1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Según lo anteriormente descrito, el interrogante que se convierte en eje directriz de esta investigación, es:

- ¿Cómo implantar la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad, en la compañía Lighting de Colombia S.A en las áreas de mantenimiento, producción y calidad?
- ¿Qué estrategia permitirá fortalecer la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad, en la compañía y especialmente en el área de mantenimiento?
- ¿Cómo dar a conocer a los grupos de operaciones y mantenimiento de la compañía, la necesidad de crear y hacer una filosofía muy fuerte de mantenimiento centrado en confiabilidad en las líneas de producción específicamente y en sus equipos alternos como son los compresores, generadores y bombas de vacío?
- ¿Qué nivel de confiabilidad se generaría a nivel de gestión de mantenimiento en la compañía y especialmente en las líneas de producción?

1.6. JUSTIFICACIÓN

El gerenciamiento en mantenimiento requiere un continuo esfuerzo para implementar la confiabilidad y maximizar su eficiencia en las áreas operacionales.

Es así como en años recientes, la industria se viene alejando de las estrategias de mantenimiento tradicionales (preventivos y correctivos) al seleccionar otras estrategias de mantenimiento centrado en confiabilidad y para ello se requiere no solo un cambio en las estrategias de mantenimiento, sino en el modo de pensar de todo el personal con el fin de generar un verdadero cambio cultural en relación con la filosofía de gestión del mantenimiento.

No siendo ajeno a esta preocupación, la organización Lighting de Colombia ha desarrollado una estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad llamada La

Estrategia Común de Mantenimiento (CMS), la cual contiene una colección de herramientas diseñadas para enfocar las actividades de mantenimiento de la organización en la gestión de confiabilidad y optimización de costos.

Aunque la evaluación realizada por los interventores de la casa matriz de Holanda presenta una empresa por encima del estándar mundial, también presenta puntos de mejoramiento a desarrollar que consolidarían al Equipo de Lighting de Colombia S.A. Como una compañía de clase mundial.

Con base en lo anteriormente descrito y adicionando la experiencia de los autores en la Gestión de mantenimiento y específicamente en las áreas de mantenimiento de las líneas de producción de lámparas incandescentes, nace la idea de construir una propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad mediante la aplicación de un grupo especializado en CMS como una estrategia capaz de dar respuesta a las necesidades diagnosticadas y sobre todo a crear un cambio en la cultura de gestión de mantenimiento.

Esta propuesta cobra importancia, en la medida en que sus directos beneficiarios, equipo de la compañía Lighting de Colombia S.A, puedan obtener mejores índices de confiabilidad, menores costos de mantenimiento, menores impactos ambientales y la estandarización de las tareas de mantenimiento desarrolladas a nivel mundial en este tipo de negocio.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Construir una propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en las líneas de producción de Lighting de Colombia S.A y en sus equipos alternos como son compresores centrífugos, unidades generadoras, subestaciones de energía.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar un equipo especializado CMS como una estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad y a su vez desarrollar un modelo de gestión llamado mantenimiento centrado en confiabilidad de maquina y una estructura nueva del departamento de mantenimiento donde este involucrado el equipo de especialistas para el desarrollo de este proyecto planteado, ofreciendo la posibilidad de disminuir costos totales y generar confiabilidad de equipos 100%.
- Dar a conocer a los grupos de operaciones y mantenimiento, el equipo CMS y sus técnicas como estrategia de mantenimiento

centrado en confiabilidad, mediante un programa de capacitación estricto y debidamente planeado.

- Evaluar el nivel de confiabilidad que genera la aplicación del equipo CMS como estrategia que puede fortalecer la filosofía, en la gestión de mantenimiento en las áreas de las líneas de producción y en sus equipos alternos como son compresores centrífugos, unidades generadoras, subestaciones de energía.

También se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Establecimiento de indicadores de gestión.
- Cumplimiento de los deberes y los requisitos de la Compañía.
- Ajuste del plan de mantenimiento.
- Mantener, establecer e implementar procedimientos de control de material, mantenimiento, control del proceso productivo.
- Revisar y actualizar planes de mantenimiento, ajuste y verificación de cartas de lubricación.
- Formalizar la operación de cada maquina en el proceso productivo destacando sus puntos críticos, recolectando datos para todos los equipos involucrados en línea de proceso

2. RESEÑA HISTORICA DE LIGHTING DE COLOMBIA S.A.

Lighting de Colombia S.A es una empresa dedicada a la producción de lámparas incandescentes, es filial de Phillips de Colombia la cual presta los servicios de comercialización del producto terminado, importación de materia prima y en general del área logística de la compañía Phillips. Lighting de Colombia, exporta su producto terminado a nueve países en latino América.

Figura 1. Operaciones en Latino América.



Su sucursal en Colombia, produce lámparas incandescentes exportando el 80% de su producción a países de Latino América y el 20% de su producto terminado en Colombia, teniendo su sede principal en la zona franca de Bogotá ubicada en la Carrera 106 No. 15-25 Interior 134 A- Zona Franca – Bogota – Colombia.

Figura 2. Ubicación Geográfica.



Lighting de Colombia nació en 1990 donde se empezó a realizar el proceso comercialización de lámparas incandescentes entre la compañía multinacional Phillips y Colombia, la cual a medida que la gestión comercial se afianzaba empezaba a realizar exportaciones a otros países. Esta empresa inicio el proceso de producción de lámpara incandescente en la ciudad de Barranquilla donde fue cerrada en 1995 y trasladada para la ciudad de Santa Fe de Bogotá. Se realizó un proyecto de comercialización y producción entre la compañía comercial Philips y la planta de producción Lighting de Colombia la cual es encargada solamente de la parte productiva de lámparas incandescentes y en general del abastecimiento a la parte comercial que es Philips.

Lighting cuenta con talleres propios de rectificado, donde fabrica piezas en serie para las maquinas en línea cuyo proceso fundamental es la fabricación de lámparas incandescentes de diferentes tipos y clases; también cuenta con laboratorios propios

para realizar análisis de vida útil de las lámparas y de la calidad de producto terminado.

Lighting de Colombia cuenta en promedio con 800 empleados, organizados en turnos ordinarios (7:00 a.m. a 5:00 p.m.), turno A (6:00 a.m. a 2:00 p.m.), turno B (2:00 p.m. a 10:00 p.m.) y turno C (10:00 p.m. a 6:00 a.m.). Existen trabajadores asignados a los equipos de producción para cada línea son 12 los cuales están perfectamente distribuidos en 11 líneas, una es dedicada para fabricar especialidades, tres son totalmente automáticas y las siete restantes semiautomáticas. El departamento de mantenimiento como se muestra en la figura 3 es atendido por un director de mantenimiento, un ingeniero de planta, tres ingenieros Mecánicos, tres ingenieros eléctricos y tres ingenieros electrónicos, nueve técnicos mecánicos, siete técnicos eléctricos y siete técnicos electrónicos que soportan el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo tanto en las líneas de producción como a toda la planta. El departamento de mantenimiento cuenta con un grupo de 5 personas para la parte de planeación estratégica, análisis de vibraciones, Análisis de aceites, y en general del mantenimiento predictivo.

Figura 3. Estructura actual de mantenimiento.

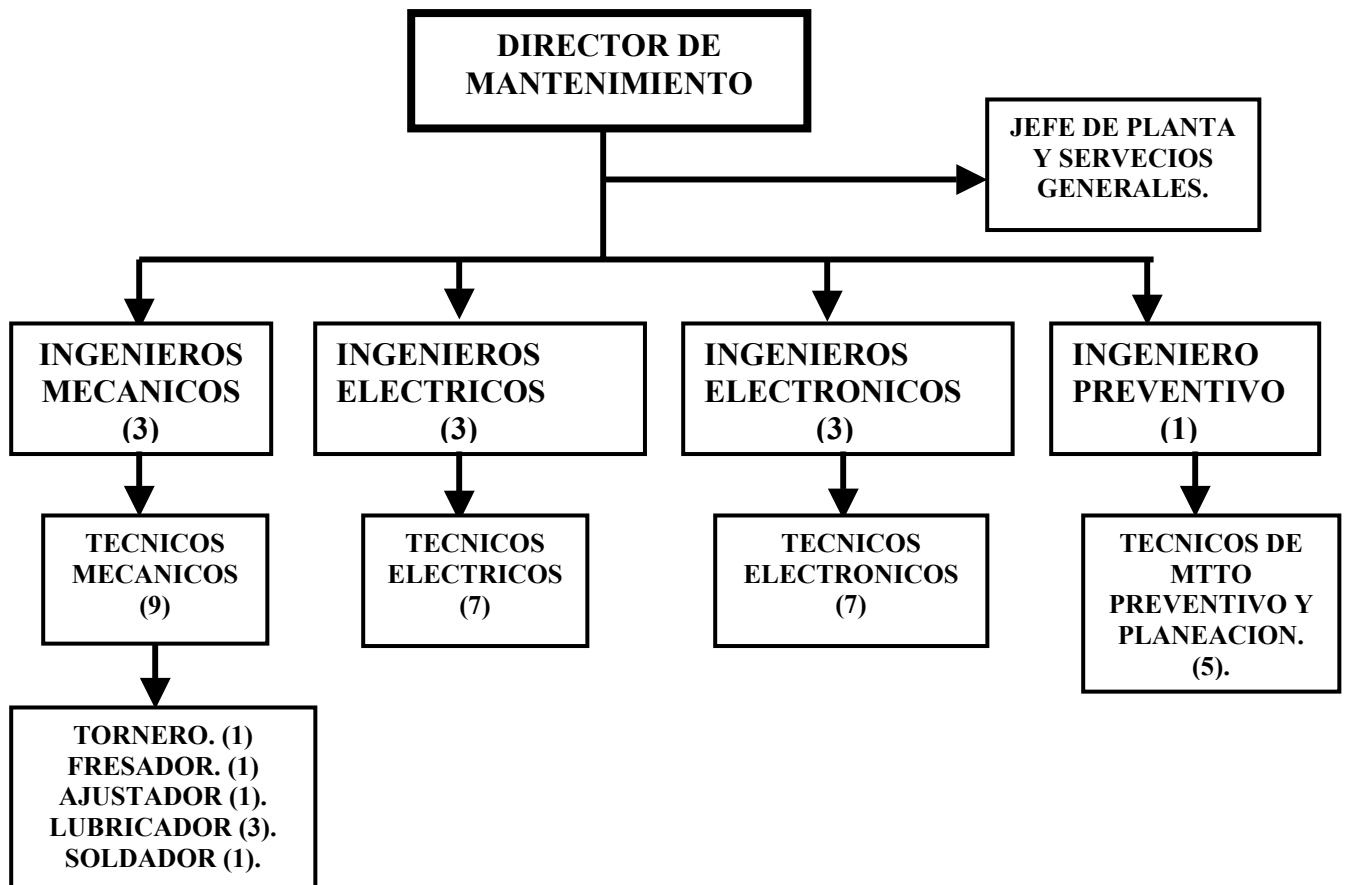
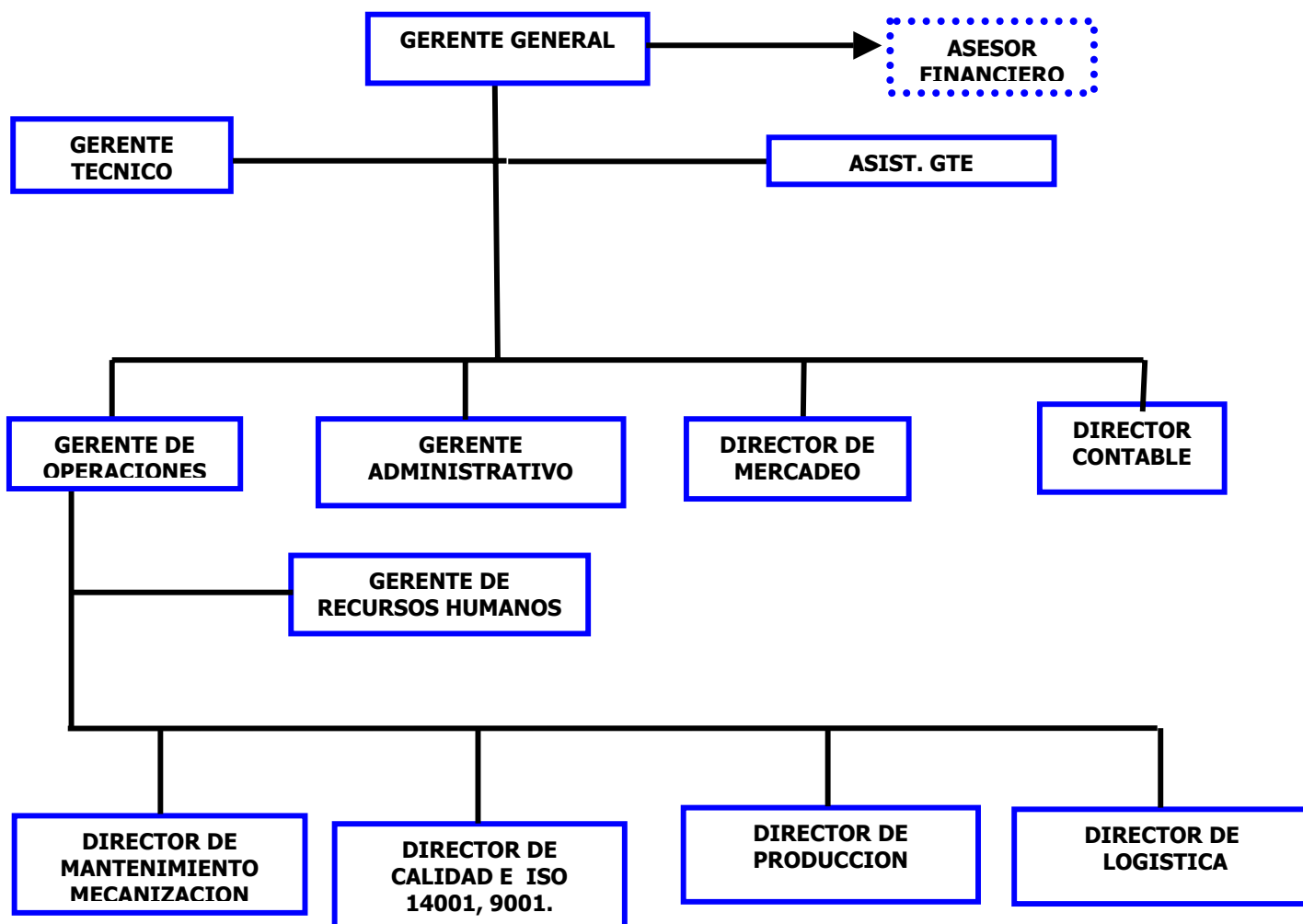


Figura 4. Organigrama General de Lighting de Colombia S.A.



En el organigrama general mostrado en la figura 4 se puede explicar de la siguiente forma:

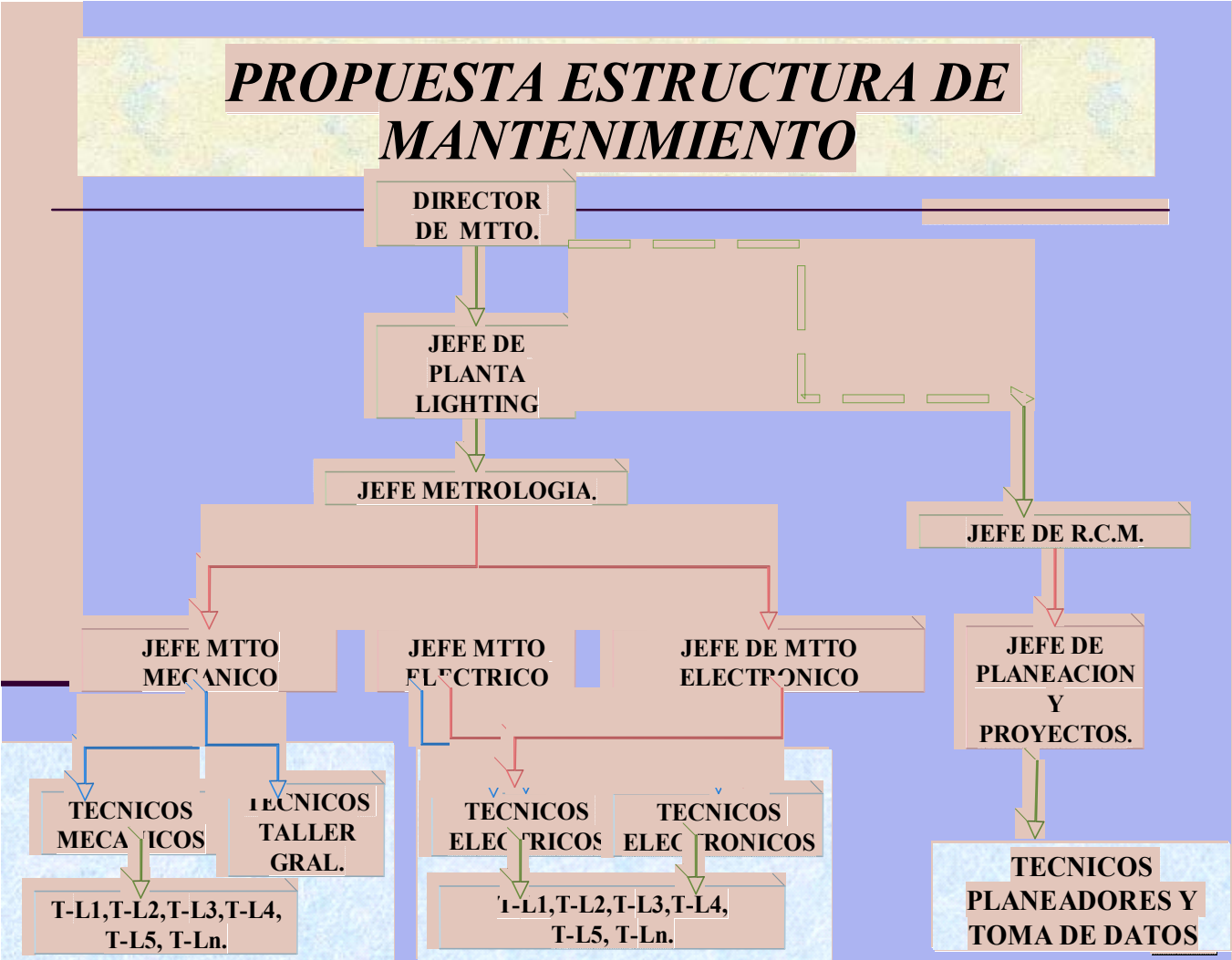
Un Gerente General el cual es la persona encargada de informarle a la junta de accionistas o a la junta directiva de la compañía sobre los nuevos proyectos a todo nivel, sobre los estados financieros y en general sobre la situación actual de la empresa.

Posteriormente hay una línea de Gerentes que apoyan a la gerencia general en el proceso financiero, administrativo, productivo y en general sobre todas las operaciones que genera la planta de Lighting de Colombia S.A.

Luego encontramos una línea de Directores encargados de las áreas o departamentos que componen la compañía. Estos a su vez están apoyados por los jefes de departamentos los cuales responden por las áreas donde se encuentran distribuidos los departamentos de producción, mantenimiento, control de calidad, medio ambiente, seguridad y servicios generales.

En la figura 5 se mostrará la propuesta que se tiene para implantar una nueva estructura en el área de mantenimiento y de esta forma involucrar el nuevo proyecto planteado en esta monografía, el cual se basa en mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Figura 5. Propuesta estructura de mantenimiento.



Podemos observar en la figura 5 se propone involucrar en el área de mantenimiento a la sección de metrología pues debe haber una estructura muy bien fundamentada en el proceso de actualizar e innovar equipos de medida con márgenes de error mínimos y con planes bien estructurados para las labores de calibración de piezas para equipos productivos y para poder asegurar la medida exigida para el producto terminado y semielaborado.

También se propone involucrar la sección de mantenimiento basado en confiabilidad con su respectivo equipo de apoyo, los cuales se encargaran de estructurar, gestionar y apoyar en todo momento al personal involucrado en este proyecto planteado.

Esta nueva estructura será implantada en el área de mantenimiento, pues en el anterior organigrama estructural del departamento no se contemplaba la nueva sección de mantenimiento centrado en confiabilidad y tampoco la sección de metrología, la cual es fundamental en el proceso de elaboración de lámparas incandescentes.

2.1. EQUIPOS DE PRODUCCION EN LINEA LIGHTIG DE COLOMBIA S.A.

La función principal de los equipos de Lighting de Colombia S.A. es producir en línea lámparas incandescentes como se observara en la figura 6. Los equipos que forman parte de una línea de producción de lámparas incandescentes son los que mostraremos a continuación:

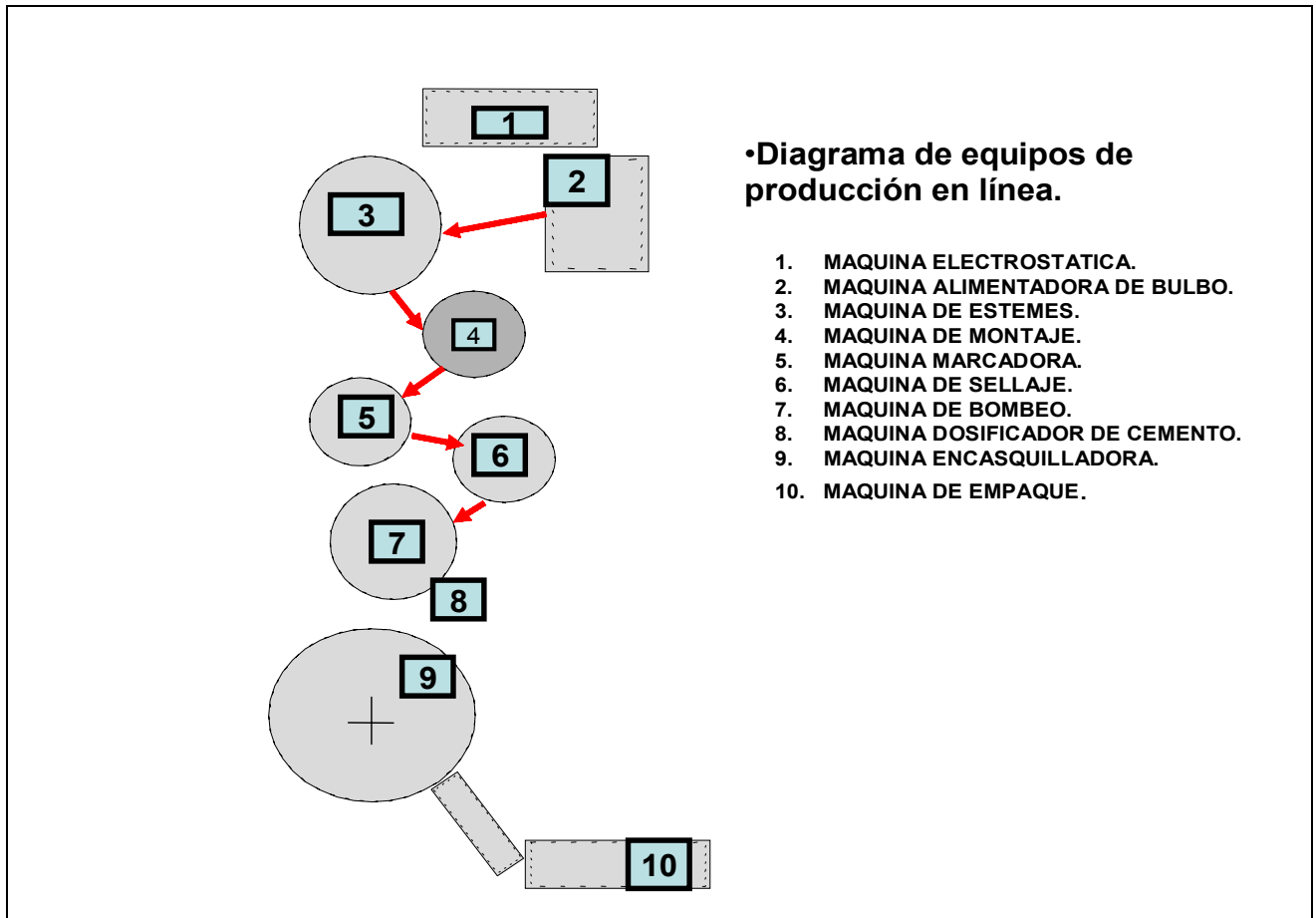
En el equipo 1 es la maquina encargada de recubrir internamente el bulbo con un polvo químico especial, el cual le da el aspecto azul claro, blanco intenso o blanco claro.

Este a su vez es alimentado por un cargador automático de bulbos que esta conectado mediante cadenas eslabonadas y alineadas perfectamente hacia la parte de sellado o sello Philips, watts los cuales van ubicados en la parte superior del bulbo, para posteriormente ir a la zona de la maquina de Estemes que es la maquina encargada de instalar el estemes en la parte interna del bombillo el cual esta formado por una campana previamente elaborada en una maquina especial fuera de línea y un tubo de vacío con dos electrodos laterales.

Posteriormente el estemes hace un recorrido por el horno de recocido que es donde se da la dureza y el torque estipulado para la formación especifica de este y se guía hacia la maquina de montaje donde se fusiona con el bulbo por medio de

llamas a una temperatura de 76°C, para luego llegar a una maquina llamada dosificadora de cemento, encargada de instalar en la lámpara semielaborada a un casquillo con cemento que posteriormente es curado en la maquina encasquilladora y que además es la encargada de verificar la tensión de corriente a la que esta pasando el producto terminado.

Figura 6. Equipos de producción en línea.



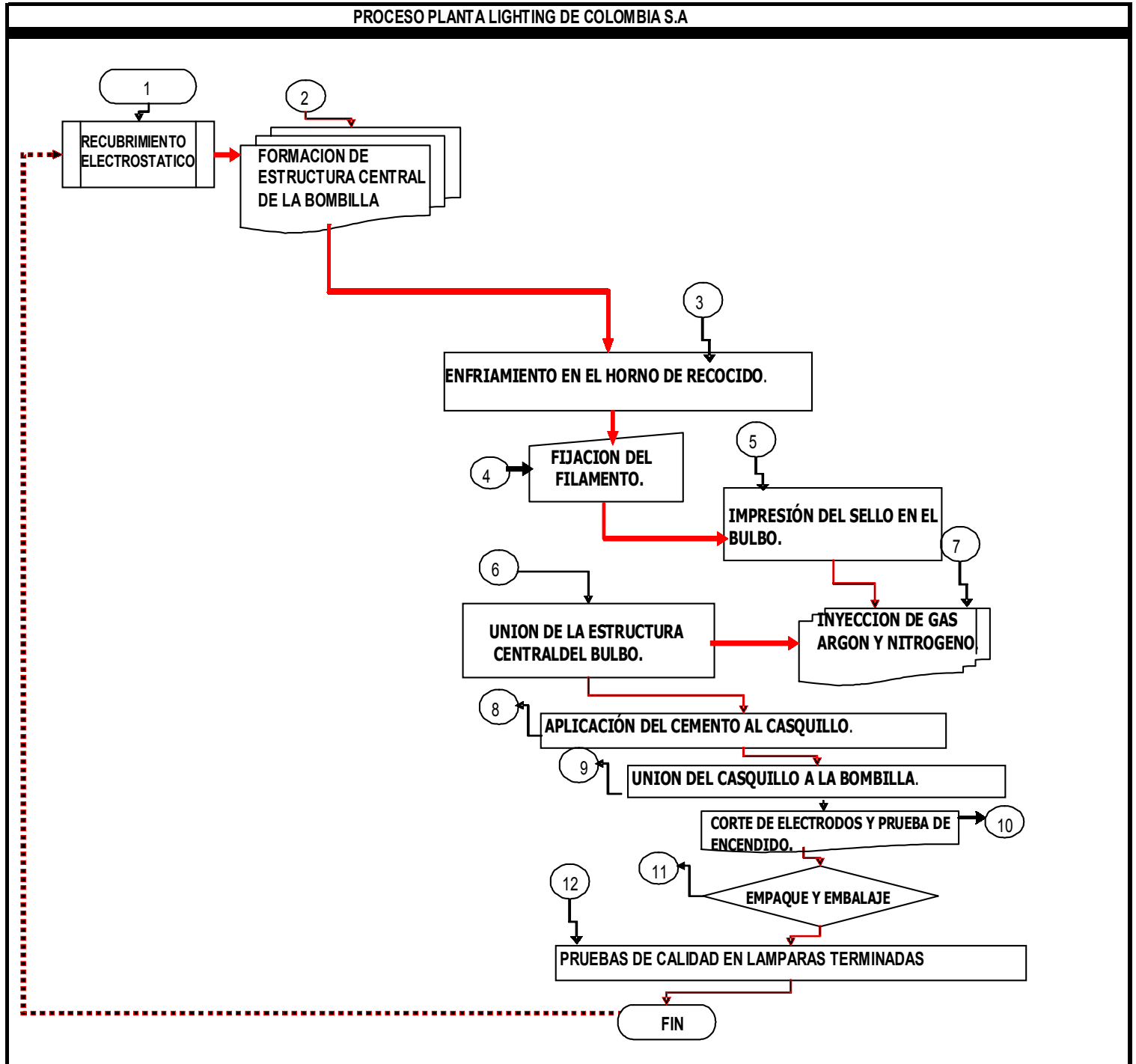
Por ultimo la bombilla es llevada a la zona de empaque y embalaje donde posteriormente es verificada por control de calidad como lo veremos en la figura 7 el cual muestra el proceso de fabricación de la lámpara incandescente.

2.2. COMPONENTES DE UN EQUIPO DE PRODUCCIÓN.

Se debe controlar cada uno de los ítems y registrarlos en el formato de chequeo a líneas de producción bajo el código (F-LCT 9304-CP-0481/01-001).

Para enunciar cada proceso de elaboración en el cual se registra uno a uno el ciclo completo para la fabricación de lámparas incandescentes será enunciado con detenimiento en el siguiente gráfico mostrado en la figura 7:

Figura 7. Estructura del proceso de fabricación



2.2.1. Maquina electrostática.

En la figura 8 veremos la maquina electrostática la cual consta de 32 posiciones que se encuentran girando continuamente a 90 r.p.m y que es alimentada por la maquina automática de bulbos.

Esta maquina pasa a través de un campo eléctrico el cual genera un campo magnético en el bulbo acondicionándolo para el proceso de fusión con el polvo químico blanco o azul, para posteriormente ser llevado mediante un mecanismo de banda transportadora hacia la maquina de montaje.

Figura 8. Maquina para recubrimiento electrostático.



- **Aspecto de limpieza cuello:** Verificar el corte con base al manual de defectos.
- **Aspecto cubierto:** Verificar el aspecto de la cobertura y comparar con base al manual de defectos y/o vitrina de muestras limites.
- **Voltaje de alta tensión:** Registrar el voltaje según el medidor de la maquina electrostática.

2.2.9 Maquina de estemes.

Esta maquina tiene 64 posiciones y es la encargada de fusionar un tubo de vacío, dos electrodos y una campana prefabricada fuera de línea.

Figura 9. Maquina de Estemes.



Esta fusión la realizan dos llamas laterales dejando una perforación inferior para posteriormente inyectar Nitrógeno y Argón.

- **Aplaste Estemes:** Verifica la unión de la campana, tubo de vacío y electrodos además se encarga de la formación del agujero central para la inyección de gas.
- **Alivio de tensión del esteme:** Se debe verificar visualmente en el polariscopio y tomar acciones correctivas si se presenta tensión.

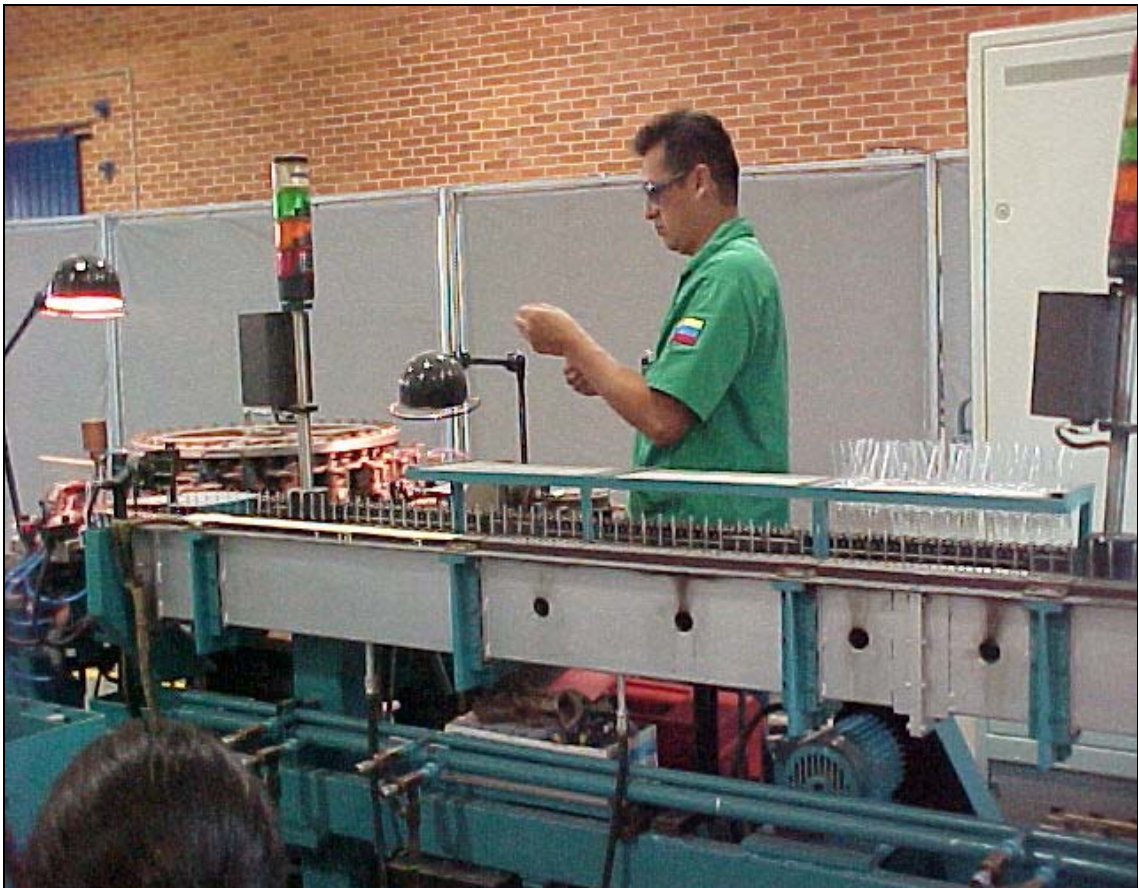
- **Torque Esteme:** Se mide el torque de acuerdo a lo estipulado en el cumplimiento de la norma NTC 189, este proceso se ve en el horno de sostenimiento como muestra en la figura 10.

- **Maquina de Estemes y Horno de sostenimiento**

Esta maquina es controlada mediante sensores de temperatura en la zona de entrada al horno, en la zona intermedia y en la zona final.

El operador es encargado de la revisión de calidad de este producto, pues es la parte principal del bombillo.

Figura 10. Maquinas componentes de línea.



2.2.10 Maquina de montaje.

Esta maquina de montaje como se puede observar en la figura 11 consta de 24 posiciones y es la encargada de instalar entre los dos electrodos un filamento con su eje central para posteriormente llevarlo al proceso de fusión con el bulbo el cual según la clase de este se tendrá que efectuar el cambio de herraduras, alturas, filamento, electrodos y altura del casquillo.

Figura 11. Maquina de Montaje.



- **Abertura de electrodos:** Se debe verificar de acuerdo a los manuales de fabricación de lámparas dependiendo el tipo de lámpara.

- **Grapado del Filamento:** Se debe verificar la presentación y doblez del grapado.
- **Concentración de Fósforo:** Se debe verificar de acuerdo a la tabla la preparación de fósforo con el fin de eliminar las posibles tensiones que tenga el estemes.

2.2.11 Maquina marcadora de sello.

Esta maquina es la encargada de poner un sello en automático con la marca de Philips, el cual identifica a la compañía.

Posteriormente el bulbo es llevado mediante una cadena hacia la rampa de quema con el fin de fijar el sello al bulbo por medio de llamas incandescentes como se puede observar en la figura 12 la cual se observa la alimentación de bulbo, la impresión del sello y quemado del sello o fijación de este.

Se puede observar que el sello de marcación ha sido anotado en la parte superior del bulbo y es movido bajo mecanismos sincrónicos los cuales tienen continuidad justa con las levas encargadas de ajustar tiempos y movimientos exactos.

Luego del proceso mencionado es llevado por medio de la misma cadena hacia el proceso de fusión con el estemes.

Figura 12. Maquina Marcadora de sello.



5. IMPRESION DEL BULBO



Alimentación de Bulbos



Impresión del Sello



Quemado del Sello



Bulbo con Sello Impreso (Traza bilidad)

- **Lectura y quemado del sello:** Se debe verificar el quemado del sello en el bulbo, verificar características de estampado del sello (Logo, voltaje, año, mes watts).
- **Impresión del Sello:** Debe realizar la impresión en el espacio del formato de chequeo a líneas de producción.

2.2.12 Maquina de sellaje.

El esteme montado se une con el bulbo formando una sola pieza, la cual se moldea en la garra para asegurar que la lámpara semielaborada este perfectamente concéntrica a su eje principal.

Para esto la maquina cuenta con un mecanismo llamado Yunque el cual se encarga de lo enunciado anteriormente y que podemos observarlo en la figura 13.

Figura 13. Maquina de Sellaje.

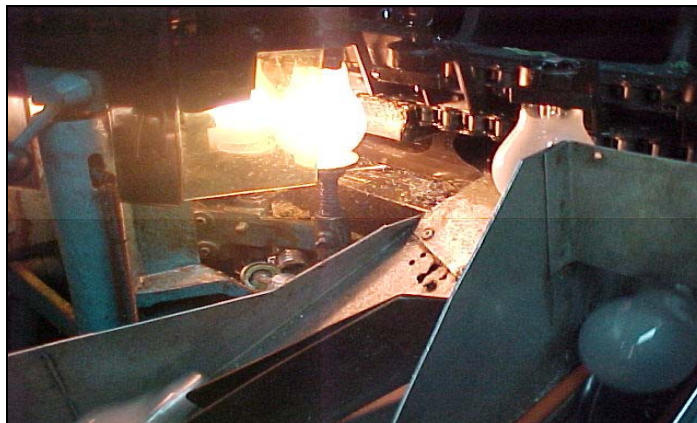


- **Calidad del Sellado:** Se debe verificar que la unión entre el bulbo y la campana no presente fisuras ni burbujas en la formación de la garra que es la parte inferior de la lámpara semielaborada y será donde se alojara posteriormente el canquillo.
- **Temperatura del Bulbo:** Se debe verificar la temperatura con la cámara de Temperatura apuntando al centro de luz de la lámpara después del ultimo quemador cola de pez de la maquina de sellaje.

2.2.13 Maquina de Bombeo.

Maquina encargada de medir la presión de Llenado Ni-Ar de la lámpara por medio de una bomba de vacío y a una presión estipulada según el tipo de bulbo.

Figura 14. Maquina de Bombeo.



- **Tipo de Mezcla Argon –Nitrógeno (%):** Se debe verificar la abertura de la válvula de argon-nitrógeno en la línea ya sea (85/15 psia o 92/8 psia) dependiendo el tipo de vatiaje.
- **Prueba 32 posiciones:** Se debe inspeccionar y verificar la frecuencia y encendido de las lámparas que toma el maquinista al inicio de cada turno, las cuales deben ser en el bulbo claro y encasquilladas.
- **Calidad del tip:** Se debe verificar con lupa de acuerdo a patrón de fotos que se encuentra a la salida de bombeo. Según capítulo Sellaje y Bombeo en el manual de producción.
- **Temperatura del Bulbo:** Se debe verificar la temperatura con la cámara apuntando al centro de luz de la lámpara a la salida del horno de la máquina de bombeo.
- **Prueba del automático:** Se debe verificar que cuando una posición esta vacía en la maquina de bombeo, la presilla este cerrada estrangulando el sistema, clausurando la comunicación entre el medio ambiente y la bomba evitando así una posible contaminación.

2.2.14 Dosificador de cemento.

Esta maquina es la encargada de dosificar el cemento al casquillo por medio de una lanza automática que es controlada en base a los tiempos y velocidad de la línea.

A este mecanismo se le denomina macera la cual la podemos observar en la figura 15. Debemos tener en cuenta para este proceso lo siguiente:

Figura 15. Maquina dosificadora de Cemento.



- **Fecha:** Debe registrar la fecha de preparación del cemento y verificar que no sea mayor a 7 días la preparación.
- **Distribución del cemento:** Verificar dosificación y distribución uniforme del anillo de cemento en el casquillo a la salida de la masera.
- **Peso del cemento:** verificar de acuerdo a la instrucción peso de cemento.

2.2.15 Encasquilladora.

Esta maquina tiene 84 posiciones en la cual el proceso puede ser automático o manual como se aprecia en la figura 16. Este proceso consta del proceso de encasquillado en el cual el casquillo es instalado a la lámpara semielaborada para posteriormente tener un proceso de curado de cemento, de corte lateral y superior de los electrodos, del proceso de soldado de estos electrodos al casquillo y de la prueba de encendido de las bombillas. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

Figura 16. Maquina Encasquilladora.



- **Torque de cemento:** Realizar prueba de torsión de las lámparas.
- **Chequeo rampa de quema:** Verificar encendido de las 7 posiciones en la maquina encasquilladora.

- **Chequeo cortador de electrodos:** Verificar funcionamiento de las cuchillas de corte superior y lateral.
- **Chequeo tester de corriente:** verificar los valores de voltaje y corriente en los indicadores de la línea de acuerdo a las tablas de voltaje y test de corriente del manual de producción.

2.2.9 Maquina de producto terminado y empaque.

Esta maquina como se puede observar en la figura 17 se encarga de llevar el producto hacia el proceso de empaque por medio de una banda transportadora y realizar el empaque automático insertando la bombilla dentro de la funda o plegadiza para posteriormente ser llevada hacia las cajas principales para terminar con el proceso de encintado.

Figura 17. Maquina Empacadora.



Figura 18. Maquina de Encitando Final y Paletizado



- **Verificación de plegadiza y corrugada:** Verificar que corresponda los datos de acuerdo al tipo de lámpara.
- **Estabilización de lámparas:** Como se puede observar en la figura 18 la estabilización de lámparas se debe realizar al 40% de sobre tensión mínimo una vez por turno y con dos lámparas de cada línea como mínimo con el fin de determinar posibles contaminaciones y escapes.

Figura 19. Maquina Empacadora.



El departamento de control de calidad es el encargado de tomar la decisión final de la calidad del producto terminado, bien sea para realizar un examen minucioso de la producción o para aceptar el producto terminado del día.

2.4. CAMBIOS DE TIPO O ESPECIFICACION DE LAMPARA

Para garantizar el proceso durante un cambio de tipo se debe diligenciar el formato F-LCT 9304-CP-0481/01-003. Esto se refiere a hacer ajustes dimensionales a la máquina para la fabricación de lámparas con bulbos de diferentes clases o lámparas de diferentes formas, para esto se deben

verificar las especificaciones de construcción de la lámpara de acuerdo a los manuales establecidos por la casa matriz de Holanda tanto para producto en proceso como para producto terminado e igualmente se debe ajustar todo el equipo mecánico a la dimensión de un bulbo específico.

2.4.1. Line reject

Se debe realizar mínimo una vez por turno en un periodo de 10 minutos haciendo un barrido total de las bandejas de desechos de lámparas, y debe hacer el control respectivo de cada una de las partes de la línea referente al desecho que esta arrojando la máquina en el instante de análisis de line-reject y registrarlo en el formato F-LCT9304-CP-0481/01-002 y calcular el porcentaje de desecho y/o rechazo que esta presentando la línea e informar al maquinista de línea. Para el caso de los escapes encontrados durante el análisis se deben registrar en el reverso del formato reportando la causa específica.

Para esto se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Se debe realizar line-reject tanto en el proceso productivo, como en los arranques de línea después de una parada por mantenimiento.
2. Si por algún motivo el índice de rechazo y/o desecho están por encima de lo establecido por la Gerencia Técnica, se debe informar de forma oportuna al jefe de turno y maquinista de línea, para tomar la acción correctiva o preventiva pertinente de acuerdo al problema presentado durante el proceso.
3. Sí durante el análisis de line-reject se encuentra una desviación respecto al porcentaje establecido y se realizan ajustes ya sean operativos o de máquina, se debe realizar posteriormente una verificación de la corrección durante un tiempo no menor a 5 minutos e informar al maquinista de línea si se encuentra dentro de los parámetros establecidos o no.

2.4.2. Registros de control.

Al iniciar el turno el controlador de proceso debe recorrer las líneas de producción por las cuales es responsable de mantener bajo control y requerir la información acerca del funcionamiento de los turnos anteriores y debe:

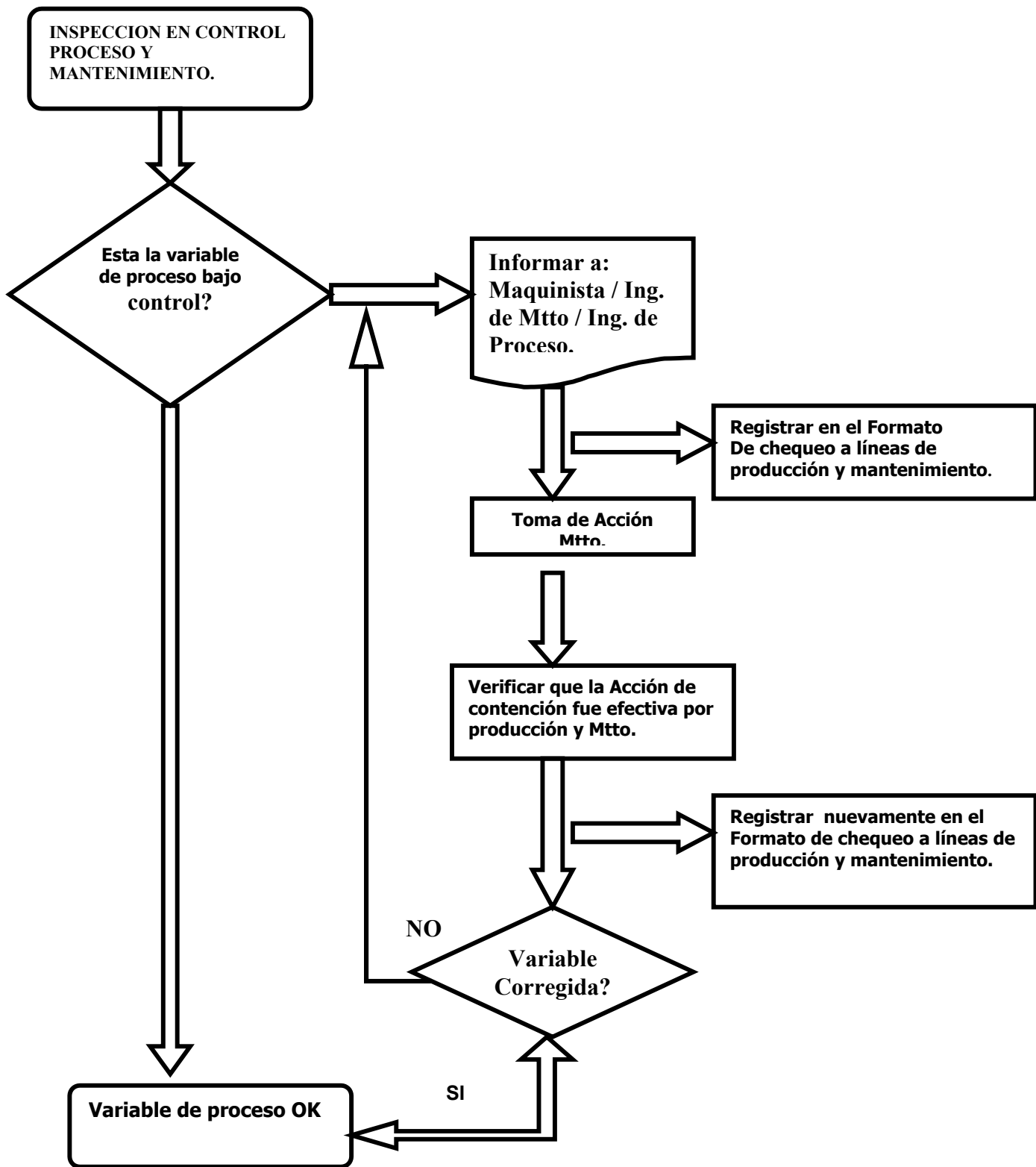
- 1 Verificar las lámparas envejecidas del turno anterior.
- 2 Revisar el formato de **“Chequeo a Líneas de Producción”** del turno anterior.
- 3 Realizar los controles descritos en el formato **“Chequeo a líneas de producción”** (F-LCT9304-CP-0481/01-001).

- 4 Para el caso de Arranque de línea después de una parada por mantenimiento debe verificar que se cumplan los pasos establecidos. Arranque de máquina luego de una parada por mantenimiento.
- 5 Cada una de las personas involucradas en la liberación de una línea debe registrar los ajustes realizados en el formato F-LCT9304-CP-0488/01-001 Liberación de línea producción en masa.

2.3.3. Toma de acciones para control de calidad

A continuación podemos observar el proceso para la toma de decisiones en Lighting de Colombia S.A, las cuales después de analizado por control proceso y el área de mantenimiento, se realizara una orden de entrada a este departamento con el fin de realizar ajustes, calibraciones de maquina y revisiones minuciosas.

Figura 20. Diagrama de toma de acciones.



En el formato de chequeo siempre esta realizando este proceso un técnico mecánico, un eléctrico, un electrónico y el supervisor de línea.

Una vez establecida la unidad de producción o servicio sobre la cual se desea implantar mantenimiento basado en confiabilidad, se formaran y entrenaran los equipos de implantación multidisciplinarios conformados por:

- Operadores y supervisores de operación: representando la experiencia de quienes escuchan, sienten, ven y sufren la operación de los sistemas. Aportando conocimientos sobre el efecto y las consecuencias de las posibles fallas.
- Técnicos y supervisores de mantenimiento: representaran la experiencia de quienes previenen y corrigen los problemas de operación, aportando conocimientos sobre las causas y modos de prevención de las fallas presentadas.
- Los ingenieros expertos y especialistas en el tema resolverán aspectos específicos asociados a seguridad, protección industrial, costos, normatividad y estatutos, como también coordinaran el aseguramiento de los insumos y recursos para que funcione debidamente el equipo de trabajo en RCM, también serán responsables por analizar la planta de producción de Lighting definiendo claramente:
- Unidades de Proceso, sistemas, subsistemas, equipos críticos y Componentes o partes.

De esta forma se establecerán por prioridades un estudio de criticidad integral basado en riesgos, costos, impacto en la producción, tasa de fallas.

3. MODOS DE GESTION DE MANTENIMIENTO.

3.1 DEFINICIONES DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento se define, como el conjunto de actividades realizadas a una máquina o instalación de un proceso productivo, con el fin de que conserve las funciones de operación para las cuales fue diseñado.

3.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

El desarrollo de la gestión del mantenimiento, como se ilustra en la figura 21, ha pasado por varias etapas. Inicialmente, el mantenimiento era totalmente correctivo, dedicándose a la reparación de averías y desgastes de los equipos.

Posteriormente mantenimiento evita las paradas imprevistas, generando planes de reparaciones periódicas y programadas, considerado esto como Mantenimiento Preventivo.

La aparición de nuevas tecnologías, tales como Termografía, Análisis de aceites, Análisis de vibraciones, balanceo, etc. Incide en el surgimiento del mantenimiento Predictivo. Hacia los años 70, la calidad y el costo del producto toman gran importancia y es allí donde se integran producción y mantenimiento para generar una nueva filosofía llamada TPM.

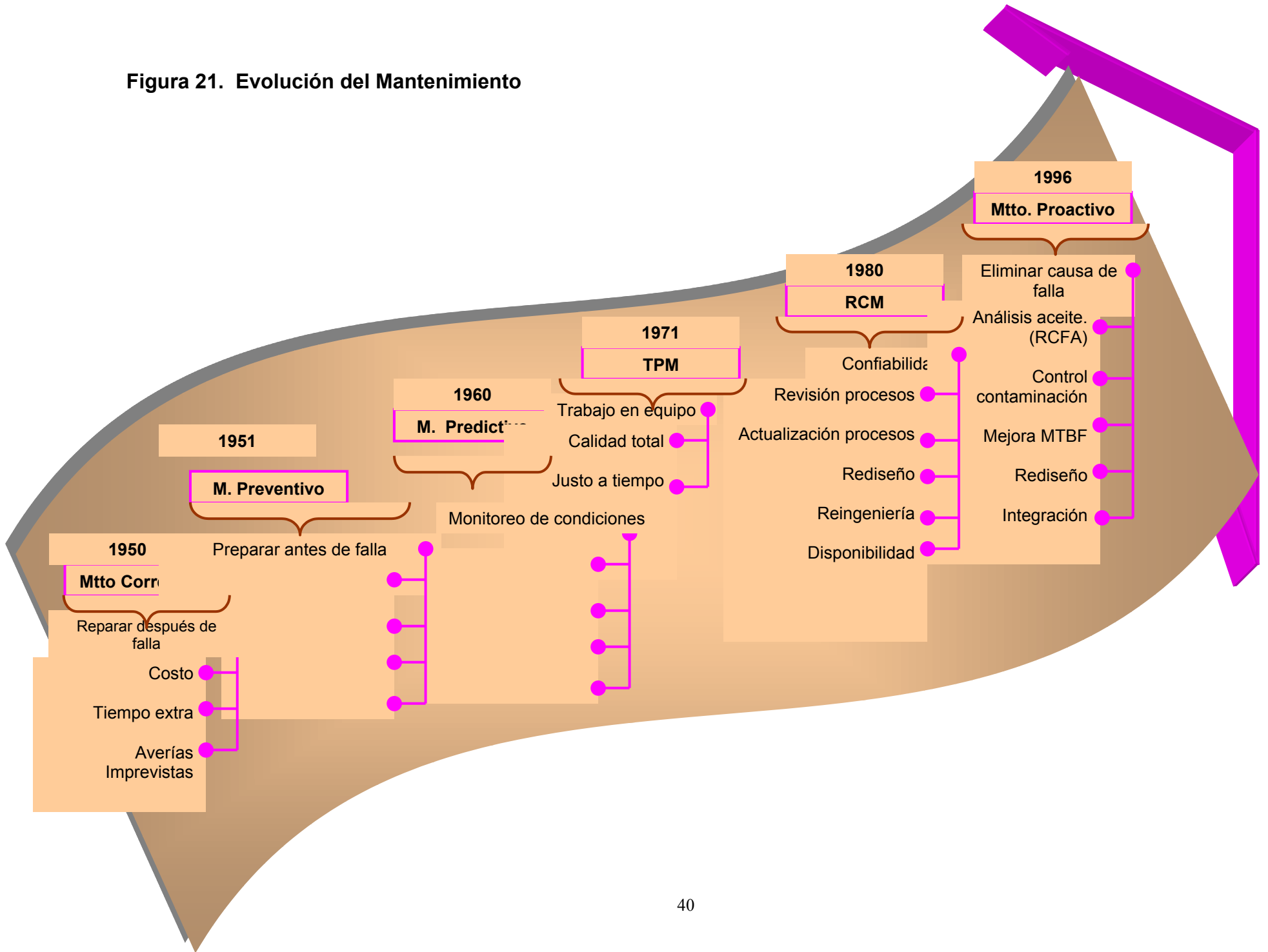
En aras de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, aparece entonces el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y finalizando el siglo 20, donde la globalización la competitividad y el desarrollo sostenible toman fuerza, aparece el Mantenimiento Proactivo. La aparición y combinación de las filosofías de mantenimiento da como resultado las estrategias de mantenimiento.

Un programa de mantenimiento bien diseñado, contiene una combinación de estas filosofías de mantenimiento. Es decir, hay equipos a los que es adecuado y económico aplicar el mantenimiento de falla y preventivo, pero

en los componentes críticos, la combinación del predictivo y el proactivo es la mejor alternativa.

- ◆ Cerca del 25% de los rodamientos utilizados en equipo rotatorio fallan prematuramente debido principalmente a instalación defectuosa y/o pobres prácticas de lubricación.

Figura 21. Evolución del Mantenimiento



- ◆ Cerca del 70% de las fallas en sistemas hidráulicos se deben a fluidos contaminados.
- ◆ Del 25 al 45% del presupuesto de operación de industria de la construcción se gasta en mantenimiento de equipo mecánico.
- ◆ La lubricación inconsistente o las pobres prácticas de lubricación, son la principal causa de falla de componentes mecánicos (60%)

En el ejercicio de mantenimiento existen muchas definiciones las cuales están definidas en un marco de beneficio económico para la organización, basado en un servicio que se realiza a un proceso productivo, o a un elemento que desempeña una función que satisface una necesidad. El servicio de mantenimiento que se realiza tiene características que lo clasifican, cuantifican e identifican en un rango de conceptos normalizados, que entregan unos resultados de acuerdo al tipo de gestión que se realice, y pueden ser comparados económicamente para determinar si se busca un mejor servicio o llena las expectativas de la organización según sus metas tarazadas, sus objetivos definidos y si esta de acuerdo con la visión planteada por la compañía.

Para llegar a definir el tipo de mantenimiento a ejecutar en una organización o en un sector de la misma, es conveniente detectar las necesidades técnicas y administrativas que realmente quiere la organización, y que va asociado con el sector económico, la actividad desarrollada, capital bruto que posea, los recursos humanos disponibles en la organización o fuera de ella, las estadísticas de comportamiento de los equipos, importancia en el proceso productivo, y otra cantidad de variables externas e internas de la organización.

Todo esto lleva a definir que mantenimiento no es una función independiente del sector productivo, sino que esta comprometida directamente con los objetivos de los otros departamentos en todo proceso de producción. Por tanto en términos productivos mantenimiento es:

Realizar actividades que garanticen que el equipo en el proceso de producción este disponible, cuando se requiera, con la confiabilidad total durante el tiempo solicitado para operar, con los parámetros de funcionamiento adecuados para producir los bienes o servicios, con calidad y cantidades especificados por el cliente; en los momentos oportunos y esperados al menor valor posible. Para esto podemos encontrar los tipos de mantenimiento básicos los cuales podemos definir uno a uno como se presenta a continuación.

3.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Cuando se realiza una actividad conocida por todo el personal involucrado con el mantenimiento la cual se basa en realizar con frecuencia una actividad de emergencia, que consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto límite de no poder desempeñar normalmente su función normal de trabajo se denomina mantenimiento correctivo, siendo su principal característica la corrección de las fallas a medida que se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados o por paro del equipo, instalación; es el tipo de mantenimiento más generalizado, quizá por ser el que requiere menos conocimientos y organización aparentemente. Cuando se aplica un sistema de mantenimiento correctivo se realizan operaciones como limpieza y lubricación, típicas del mantenimiento preventivo.

Las actividades dentro de un sistema de mantenimiento correctivo pueden agruparse en dos clases desde el punto de vista técnico: mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia. El grueso de los recursos en este sistema se emplea en mantenimiento correctivo de emergencia y el resto en mantenimiento rutinario, que es la corrección de fallas que no afectan mucho a los sistemas.

El mantenimiento correctivo de emergencia se origina generalmente por las fallas ocurridas en equipos, instalaciones, edificios, etc., que requieren ser corregidos en el mínimo plazo posible. En el medio institucional y empresarial aún prevalece, lamentablemente, este tipo de mantenimiento correctivo. Si se exceptúan los gastos de aseo, la gran mayoría de la pequeña y mediana industria destina cinco veces más a este mantenimiento que al preventivo.

Las acciones en el mantenimiento correctivo en todo suceso, y con todos los problemas de mantenimiento que acarrea no son la excepción a la respuesta frente a una condición o fenómeno que por cualquier razón se encuentre fuera de control es similar.

Primero se deben realizar acciones inmediatas para reencauzar la condición u operación. Una vez iniciada (puede no haberse concluido) esta primera o primeras acciones se debe empezar en cuanto sea posible, previo análisis, la toma de decisiones sobre acciones mediatas que conduzcan a la solución del problema.

Generalmente las condiciones resultantes del primer grupo de acciones son de carácter temporal, ya que el control logrado es sólo momentáneo y de no tomarse otras providencias, el fenómeno quedará nuevamente fuera de control.

Las condiciones que resultan del segundo grupo de acciones deben conducir a soluciones tan permanentes o definitivas como sea posible.

La palabra permanentemente sólo lo es en cuanto lo sea la vida útil de las condiciones.

Se debe aclarar que en algunos casos resulta posible (aunque no es probable) que con las primeras acciones se resuelva por completo el problema.

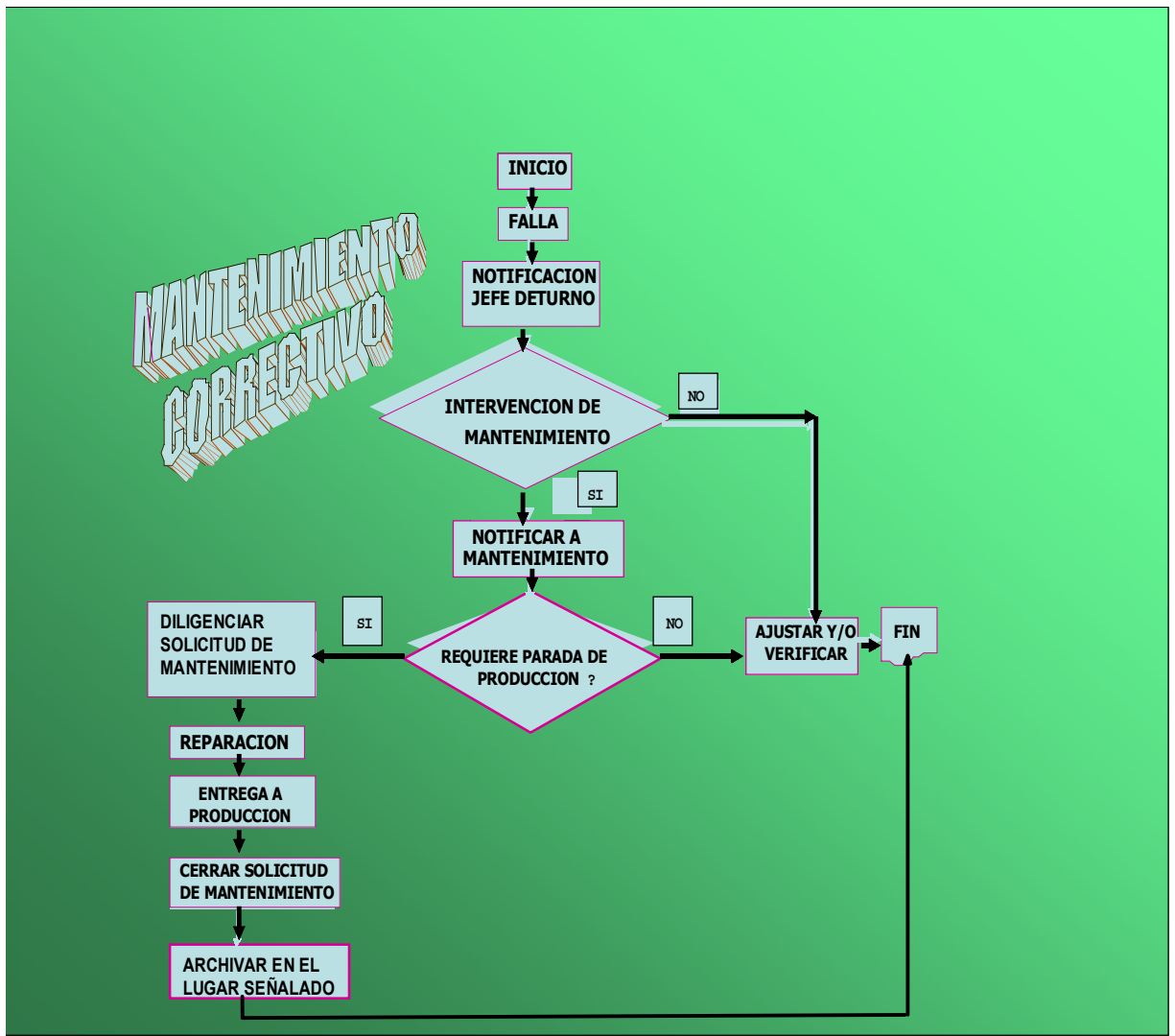
Podemos mencionar algunos casos presentados en la industria al emplear este tipo de mantenimiento y no a implantado ninguna otra solución para esta área y que generalmente tiene la estructura mostrada en la figura 19 y que generalmente se encuentra con los siguientes problemas los cuales se mencionarán a continuación:

1. Existe una falta de control sobre el comportamiento de los equipos.
2. No se sabe si la operación del mecanismo esta dentro de rangos permisibles.
3. No se puede determinar si la vida útil de los mecanismos es la adecuada.
4. No se puede anticipar problemas asociados con los equipos y sus

componentes.

5. No permite determinar si las posibles causas de falla son originadas en el mecanismo que sale de servicio ó es un problema asociado.
6. Genera altos costos por periodos de paro de los equipos en falla.
7. Genera perdidas por paro en el proceso asociado.
8. Adiciona un costo a la mano de obra necesaria por la inmediatez.
9. Genera sobre costo en la obtención de los repuestos por la inmediatez.
10. Ocasiona altos inventarios de repuestos para suplir estos imprevistos.
11. Genera perdidas por dejar de producir, ocasionando caos en la compañía por equipos inactivos.
12. Se refleja un alto estrés en el personal del grupo de mantenimiento disminuyendo su eficiencia y desarrollo personal.

Figura 22. Flujograma de mantenimiento correctivo.



3.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Su característica es evitar que las fallas ocurran mediante el servicio y reparación o reposición programada, o, en última instancia es la detección de las fallas en su fase inicial y la corrección en el momento oportuno. En la práctica es imposible realizar un sistema de mantenimiento 100% correctivo o 100% preventivo.³

Este mantenimiento debe ser programado el cual generalmente se efectúa para prever las fallas con base en parámetros de diseño y condiciones de

³ MORA, Luis Alberto y TAMAYO Carlos Mario. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Ediciones UIS. 1999, 313p

trabajo supuestas. Su característica principal es evitar que las fallas ocurran mediante el servicio y reparación o reposición programada, o, en última instancia, es la detención de las fallas en su fase inicial y la corrección en el momento oportuno.

La necesidad de trabajo o servicio en forma interrumpida y confiable obliga a ejercer una atención constante sobre el grupo de mantenimiento para que, en caso de que surjan problemas imprevistos sean lo menos frecuentes o trascendentes posibles.

Por lo anterior, es necesario realizar acciones para mantener el equipo durable en buena condición de operación y evitar las fallas repetitivas las cuales se logran mediante inspecciones periódicas y armónicamente coordinadas, de los elementos o mecanismos propensos a fallas y aplicar la corrección antes que ocurra.

Un buen método de evaluar el rendimiento del programa es la comparación por medio de registros exactos, indicadores de gestión de tiempos de parada de producción antes y después del programa, de eficiencias del sistema, de control de calidad de materia prima y de índices de insumos para dicha producción.

En conclusión el mantenimiento preventivo programa intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados (estadísticamente) o según eventos regulares (horas de servicio, número de piezas producidas, kilómetros recorridos, vacaciones colectivas), siendo su único objetivo la reducción y la probabilidad de falla o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación, planeando intervenciones que se ajusten al máximo de la vida útil del elemento intervenido.

Resulta muy costoso cuando no hay planeación ya que involucra reparaciones, mano de obra, cambio de lubricantes, y pérdidas de energía.

3.4.1. Importancia del mantenimiento preventivo en Lighting de Colombia S.A.

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una preparación previa de actividades con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por fallas y en consecuencia disminuir los costos de las mismas.

- Regularidad de la producción
- Seguridad de la operación
- Continuidad del servicio
- Economía al máximo.

3.4.2. Objetivos específicos del mantenimiento preventivo para Lighting de Colombia S.A

- Generar métodos y estrategias para un seguimiento confiable y estricto del modelo gerencial de mantenimiento preventivo.
- Revisar y/o modificar la documentación para aplicar a los procesos de mantenimiento preventivo.
- Revisar y/o modificar técnicas de control de costos en el mantenimiento.
- Revisar y/o modificar los perfiles técnicos y humanos del personal que se encarga del mantenimiento preventivo.
- Revisar y/o modificar técnicas de control para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

3.4.3. Importancia del mantenimiento preventivo en Lighting de Colombia S.A

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una preparación previa de actividades con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por fallas y en consecuencia disminuir los costos de las mismas.

- Regularidad de la producción.
- Seguridad de la operación.
- Continuidad del servicio.
- Economías totalitarias.

3.4.4. Método Smed:

Es la teoría y técnica diseñada para realizar las operaciones de cambio de especificaciones de las maquinas en línea de acuerdo a la clase o tipo de lámpara, de acuerdo al vatiaje, la cual se debe producir en el mínimo tiempo posible.

Las clases de lámparas incandescentes que produce Lighting de Colombia son:

- **Tipo Watts Voltaje**

A60 Clara	25-100	120-220
-----------	--------	---------

• Tipo	Watts	Voltaje
A60 Esmeril	25-100	115/120-220

• Tipo	Watts	Voltaje
T60 Argenta	25-100	120-220

• Tipo	Watts	Voltaje
E60 Argenta	25-40	120

• Tipo	Watts	Voltaje
A60 Argenta	25-100	120-220

• Tipo	Watts	Voltaje
A60 Luz Día	60-100	120.

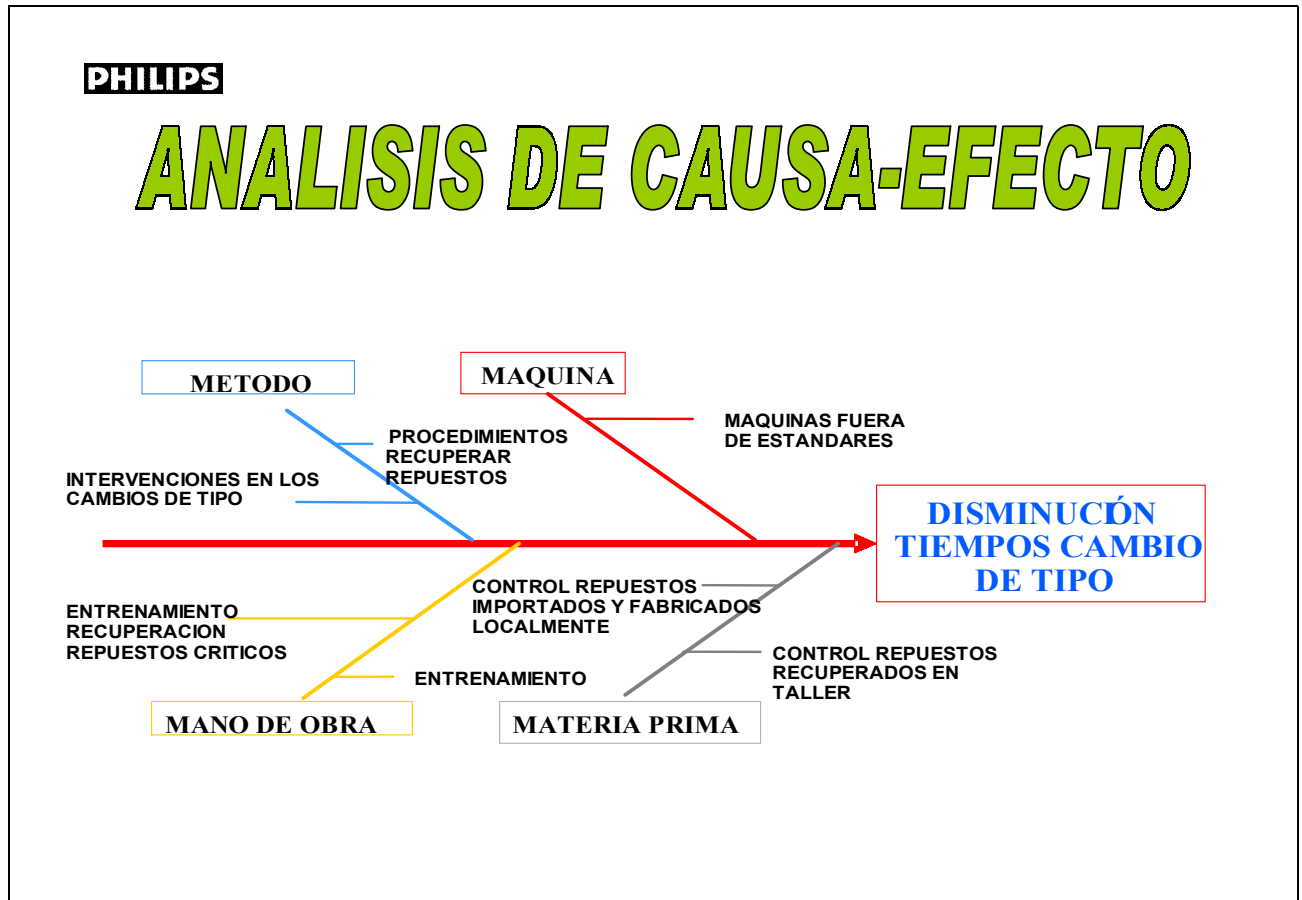
Este método surge de la necesidad del mercado la cual solicita mayor variedad de productos y menores lotes de fabricación; con un nivel adecuado de competitividad.

El objetivo es analizar todas estas operaciones analizando el problema específico por medio de análisis de causa/efecto como se puede observar en la figura 20, clasificándolas, y observando la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortarlas con la menor inversión posible.

Es una herramienta que ayuda a realizar cambios de tipo rápido y confiable, ayudando a reducir inventarios, transporte de materia prima, transporte de producto terminado, tiempo de alistamiento de equipos y por consiguiente se obtendrá de esta forma una baja considerable de desperdicio de materia prima y un aumento de productividad en la planta.

En la figura 22 podemos observar que por medio del Análisis de causa efecto se puede llegar a la conclusión del por que ocurren demoras en los cambios de tipo o especificación de clase de bombillo a producir.

Figura 23. Análisis de causa-Efecto.



3.4.5. Desarrollo del mantenimiento preventivo

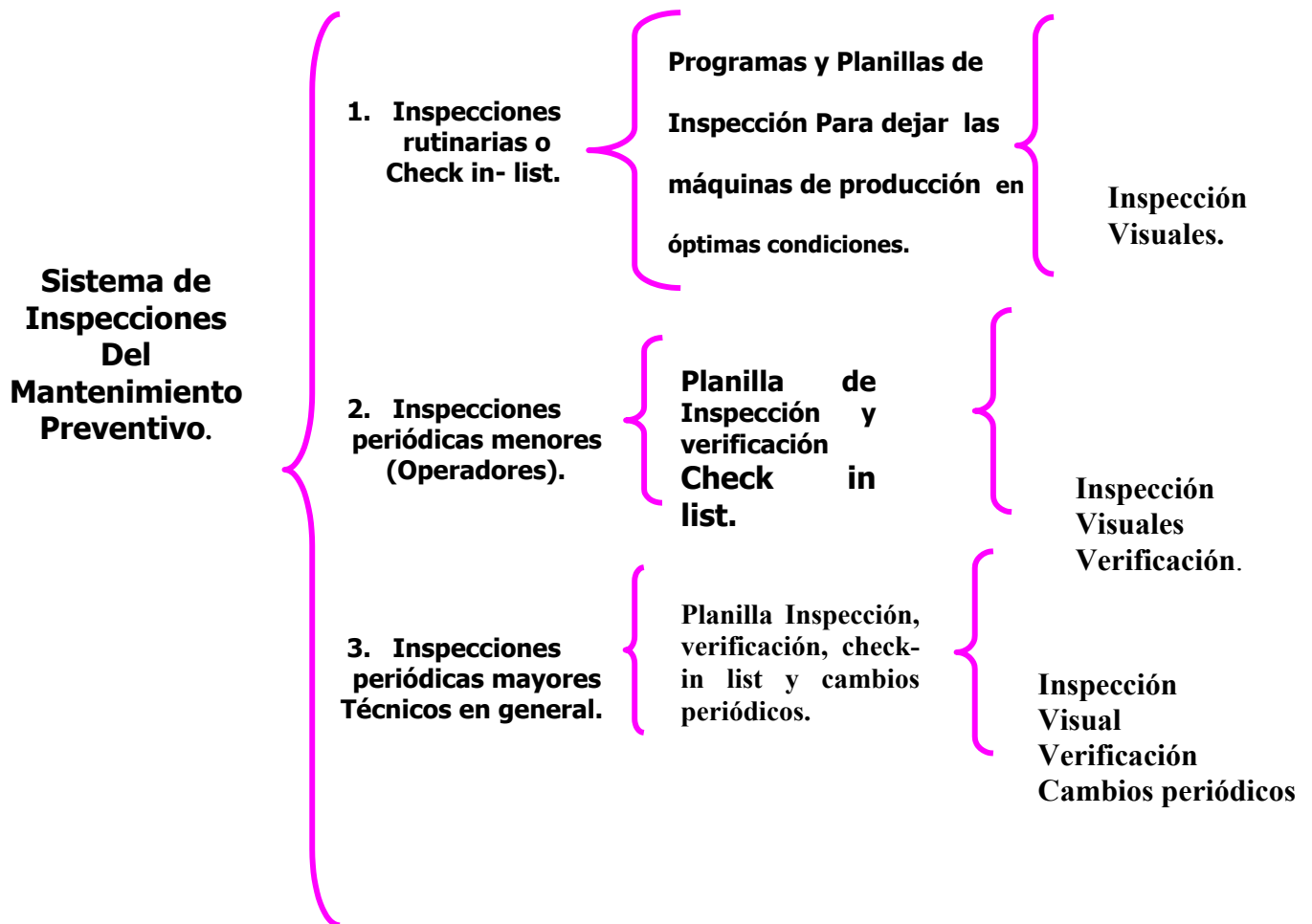
La filosofía del mantenimiento preventivo se basa en el concepto de límite de vida útil en servicio de los diversos elementos controlados por el sistema mantenimiento preventivo y que se ha definido como el lapso durante el cual es posible esperar una operación aceptable eficiente y razonable exenta de fallas imprevistas de todos los elementos o mecanismos que componen las maquinas, bienes o activos de las compañías.

El valor del límite de vida útil dependerá fundamentalmente según el criterio con que se elija el factor determinante del mantenimiento. Si el factor determinante es exigente como ocurre en el caso de la seguridad, los límites

de vida útil se verán reducidos considerablemente, y la frecuencia de las inspecciones periódicas aumentará notablemente. Si el factor determinante es la continuidad del servicio, los límites de vida útil podrán ser aumentadas y la frecuencia de las inspecciones periódicas, reducidas.

Los Sistemas de Inspecciones periódicas se van cumpliendo, con una frecuencia adecuada, 3 tipos fundamentales de inspecciones, como se observa la figura 24.

Figura 24. Sistema de Inspecciones



Las inspecciones de rutina pueden quedar establecidas por una planilla de inspección de cumplimiento regular y donde cada ítem de planilla debe quedar sellado y firmado una vez este cumplido por el supervisor encargado del grupo de Mantenimiento Preventivo.

En otros casos puede tratarse de una simple lista de chequeo donde debe cumplirse una secuencia de verificaciones. Una inspección de rutina puede incluir lubricación, limpieza o ajustes periódicos, mientras la máquina este en marcha y realizando el proceso de producción continua o en su proceso normal. Durante estas inspecciones es posible realizar cambios menores de ajuste.

3.4.6. Sistema de Lubricación

El plan de lubricación consiste en una ficha que contiene las instrucciones de lubricación en las cuales se recopilan los puntos a lubricar en cada uno de los equipos, su naturaleza (control, engrase, cambio), frecuencia, tipo y cantidad de lubricante, herramientas requeridas (bomba, pincel, aceitera). Descripción del equipo, homologación y selección de lubricantes, análisis periódico de lubricantes.

El análisis periódico de lubricantes es necesario para determinar los cambios que puede sufrir el lubricante en servicio y poder tomar medidas correctivas para protegerlos de la contaminación y programar su cambio.

3.4.7. Lubricación de maquinas G.L.S (lámparas incandescentes).

La lubricación es de gran importancia para obtener un eficiente trabajo de las maquinas y por ende reducir los paros inadvertidos de producción.

La cartas de lubricación son suministradas por la planta WEERT que fabrico las líneas de producción de lámparas G.L.S, identificando así los puntos críticos a tener en cuenta para cada maquina.

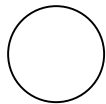
3.4.8. Condiciones específicas

1. Permitir a la maquina trabajar 5 minutos después de su lubricación.
2. Después de su lubricación, se debe limpiar el exceso de grasa o aceite de las partes de la maquina.

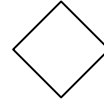
3.4.8.1. Frecuencia

La frecuencia con la cual las diversas partes de la maquina deben ser lubricadas es indicada por unos símbolos internos de la compañía, y representados así:

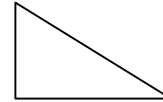
- **Simbología de frecuencias de lubricación.**



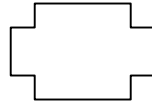
Diariamente
Mensualmente



Semanalmente



Cada tres Meses



Cada Seis meses.

3.4.8.2. Lista de lubricantes

El siguiente cuadro contiene los lubricantes que son usados para la aplicación de líneas de producción en la compañía.

Cuadro 1. Lubricantes usados en las líneas de producción de Lighting de Colombia S.A.

CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN DEL LUBRICANTE PHILIPS	NOMBRE TRADICIONAL	CODIFICACIÓN PHILIPS 12NC
A	Aceite de Maquina. 100 Cst. (40 C).	Carnea 100	1322 – 504 – 95801
L4	Aceite hidráulico para rodamientos. 37 Cst. (40 C).	Tellus 37	1322 – 502 – 23201
L6	Aceite hidráulico para rodamientos. 68 Cst. (40 C).	Tellus 68	1322 – 502 – 23601
V3	Grasa para cojinetes.	Albania R2	1322 – 501 –

	Rodamientos de Bola y Platillo. 182 C.		02401
L2	Aceite hidráulico para rodamientos. 10 Cst. (40 C).	Tellus C10	1322 – 502 – 23001
T36	Engranajes y Transmisiones 680 Cst. 40 C.	Omala 680	1322 – 512 – 75601
-	Aceite de Silicona	Shell P32	1322 – 503 – 08601
-	Aceite Parafina		1322 – 503 – 07801

Las cartas de lubricación llevan la siguiente estructura:

- 9 **Maquina:** Maquina a lubricar (Línea de Producción).
- 10 **Historial / Ilustración:** Bibliografía. Documento de externo.
- 10 **Versión:** Vigencia de la Última carta de lubricación.
- 11 **Departamento / Área:** Departamento y Área de la Compañía responsable por la ejecución de la lubricación.
- 12 **Frecuencia:** Rutinas de operación en el tiempo.
- 13 **Código Interno:** Codificación interna del lubricante a utilizar.
- 14 **Ítem:** Punto de lubricación ubicado en el plano.
- 15 **Parte de la Maquina a Lubricar:** Parte a ser lubricada.
- 16 **Puntos de Lubricación:** Cantidad de puntos a lubricar en función del Ítem.
- 17 **Lubricante:** Lubricante a utilizar.
- 18 **Método y Cantidad:** Aplicación del lubricante.

Figura 25. Carta de lubricación para una maquina de sellaje y bombeo.

LIGHTING DE COLOMBIA S.A.		MAQUINA		HISTORIAL / ILUSTRACION	
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION		SELLADORA Y BOMBEO		LV 080 - 016 - 111	
AREA DE MANTENIMIENTO		20 / 32 POSICIONES		VERSION CARTA 1	
FRECUENCIA	CODIGO INTERNO	PARTE DE LA MAQUINA A LUBRICAR	PUNTOS DE LUBRICACION	LUBRICANTE	METODO Y CANTIDAD
	L4	Ejes deslizantes y centros de Rotacion	7	Tellus 37	Algunas Gotas
	DC7 10	Moldes y Dispositivos de Proteccion	1	Fluido de Silicona	Algunas Gotas
	L6	Centros de Rotacion	1	Tellus 68	Algunas Gotas
	L6	Centros de Rotacion y Puntos de Deslizamiento	Diversos	Tellus 68	Con Bomba de Aceite
	L6	Grasera	3	Tellus 68	Con Bomba de Aceite
	V3	Grasera	14	Alvania 2	Con Grasera
	V3	Engranajes	Diversos	Alvania 2	Engrase Ligero
	L6	Cabezas	20	Tellus 68	Con Bomba de Aceite
	L6	Freno (Patines) de las Cabezas	20	Tellus 68 (75%) Kerosene (25%)	Con Bomba de Aceite

3.4.8.4. Inspección de equipos.

Consiste en una verificación manual, visual y auditiva de los equipos y sus respectivos elementos para determinar el estado de funcionamiento.

La información recopilada producto de estas inspecciones periódicas programadas sirve para actualizar la ficha histórica, el programa y el plan de mantenimiento preventivo.

Estas inspecciones se le realizan a todos los equipos del área de producción y del sistema de energía de la empresa y consisten en:

✓ **Verificaciones manuales:**

- Apriete de tornillos.
- Alineamiento de ejes.
- Correas correctamente tensionadas.
- Poleas alineadas.
- Juegos radiales- axiales en ejes.

✓ **Verificaciones visuales:**

- Limpieza del equipo.
- Accesibilidad.
- Desgaste anormal de empaques y piezas mecánicas.
- Fugas de aceite.
- Desgaste de correas.
- Funcionamiento de indicadores de presión.
- Niveles de aceite.

✓ **Verificación auditiva:**

- Se presta atención a los ruidos anormales del equipo durante la operación, para determinar, tal vez, mal estado de rodamientos, desbalanceos, etc.

✓ **Mantenimiento y control:**

- Limpieza general
- Apriete de tornillos.
- Cepillar superficies de contacto.
- Cambio de sellos mecánicos.
- Remoción de suciedad.

3.4.8.4. Limpieza de equipos

El propósito principal es eliminar las anomalías y prevenir la suciedad y las partículas extrañas. Se hace énfasis en que el proceso de limpieza es inspección. La limpieza diaria y la inspección de los equipos es la columna vertebral del plan de mantenimiento preventivo.

El plan de limpieza que apoya las actividades iniciales, contiene los formatos de:

- Ordenes de trabajo.
- Elementos de seguridad para desarrollar la labor.
- Instructivos de limpieza.

3.4.8.5 Actividades de lubricación e inspección

Estas actividades describen los pasos de todo el proceso que implica cada actividad, consiste en formatos, en donde se registra toda la información que suministre la actividad de mantenimiento las cuales contienen las actividades siguientes:

- Formatos de lubricación, inspección y limpieza
- Fichas de seguridad. Describe la manera correcta de cómo desarrollar la tarea asignada y los elementos de seguridad.
- Fichas técnicas de los equipos
- Pasos que se deben seguir para la ejecución de una tarea asignada.
- Esquema de los equipos.

El esquema servirá para conocer con certeza, que puntos de la máquina hay que lubricar, limpiar o inspeccionar, además sirve para localizar de una manera fácil y rápida los componentes de un equipo.

Con el análisis de aceites podemos detectar, analizar, especificar a que equipos aplicar y que equipos utilizo para este análisis adecuado y dar un diagnostico acertado para el cual es informado al equipo de mantenimiento preventivo.

En la industria, el proceso del análisis de aceite tiene varios niveles dentro del mantenimiento preventivo.

El primer nivel se limita a la vigilancia de la posible degradación del aceite usado, mediante pruebas físico-químicas. El segundo nivel se utiliza para extraer información sobre la condición de lubricación; ya que la técnica entrega un registro del proceso de formación de cada partícula de desgaste o del tipo de contaminante, con lo cual se puede prevenir una lubricación anormal o insuficiente y elegir el mejor método de lubricar.

El tercer nivel es el diagnóstico y la predicción de fallas que afectan a la máquina o acortan su tiempo de vida útil.

A medida que el aceite lubricante cumple su función a través de los distintos dispositivos que posee la máquina, recoge información muy valiosa, como son: partículas originadas por el desgaste de los mecanismos, entrada de impurezas del medio ambiente y compuestos procedentes de la

descomposición del lubricante; los cuales si se analizan en el laboratorio e interpretan, darían un diagnóstico completo de lo que sucede en el interior del mecanismo, es decir mostrarían la condición del equipo.

El desgaste de los componentes de una máquina bien regulada y que tenga un mantenimiento adecuado, es progresivo y presenta una variación constante del contenido de metales en partículas por millón (ppm), el cual es característico de cada equipo, debido a que hay múltiples factores que lo afectan de forma individual.

Por lo tanto, cada equipo o mecanismo tiene su propia tendencia normal al desgaste, mientras se mantengan las mismas condiciones de funcionamiento y aspecto ambiental.

Para obtener dicha tendencia y poder concluir si una variación en el contenido de metales es anormal, es necesario hacer análisis periódicos al aceite usado y registrar o recopilar información de una manera consistente sobre el comportamiento de los datos y estado de las máquinas.

Todo este desarrollo se fundamenta en la información técnica contenida en los catálogos de los equipos, condiciones de operación y estado actual. El instructivo describe las condiciones de funcionamiento, operación y datos técnicos a tener en cuenta para la operación.

3.4.8.6. Evaluación del Programa de mantenimiento preventivo.

Debe evaluarse el rendimiento del sistema en uso y continuamente el del programa de aplicación. Para ello se hace la estadística y estudio correspondiente a:

- Mano de obra y material requerido por el departamento de mantenimiento.
- Tiempo de producción perdido por inadecuado programa de mantenimiento.
- Paradas de mantenimiento por reparación, por fallas repetitivas o por eventualidad y por falta de repuestos.

Planificadamente, un programa de inspecciones similares al desarrollado hasta aquí deberá ser introducido en forma progresiva y gradual, usando la

experiencia acumulada de cada uno de los integrantes del departamento de mantenimiento, producción y control de calidad. Anualmente debe procederse a una revisión del programa para asegurarse de la exactitud de las frecuencias y del contenido de las planillas de control con el fin de verificar si cumple o no con las expectativas esperadas.

3.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es la tecnología mediante la cual se determinan las condiciones de los equipos y máquinas sin interferir su funcionamiento. Se basa en el conocimiento de tales condiciones, determinadas mediante monitoreo periódico (off-line) o permanente (on-line) de vibraciones, temperaturas o variables de proceso y el diagnóstico de los problemas de la máquina. Sólo se hace mantenimiento cuando el proceso de monitoreo, análisis y diagnóstico indica que es necesario hacerlo.

El desarrollo tecnológico y los avances científicos han introducido nuevas técnicas de mantenimiento que con la ayuda de herramientas especiales facilitan el diagnóstico del estado de los equipos y la predicción de las fallas. Un buen programa de mantenimiento debe contemplar la implementación de estas tecnologías con el objetivo primordial de que la función del mantenimiento sea más eficiente y eficaz evitando en lo posible las paradas de producción prolongadas y por ende su vida útil.

Esta gestión se basa en la medición de todas las variables que afecten la vida útil de los equipos, por lo tanto la conclusión o determinación de un cambio estará sujeto a la medición de estas variables y su condición de estar fuera de un rango establecido con antelación.

El mantenimiento predictivo será generado por un monitoreo constante de las diferentes variables importantes del sistema.

El establecimiento del rango permisible de la variable solo se basará en aspectos técnicos y de calidad los cuales se encuentran generalmente definidos en normas nacionales o internacionales o los catálogos y recomendaciones de los fabricantes de los equipos; en este tipo de mediciones el concepto de costo pasa a un segundo plano y su implementación (ejecución) deberá basarse en el método científico.

En este tipo de mantenimiento es donde en forma más científica es posible practicar todo tipo de análisis deseado. Es la mejor gestión que permite detectar posibles fallas, permitiendo el mejor análisis experimental y concluyente.

Los métodos de mantenimiento predictivo se han constituido en una parte indispensable de la planeación del mantenimiento en la industria mundial y en la toma de acciones correctivas o mejorativas que garanticen la confiabilidad y vida útil del sistema.

Este tipo de mantenimiento consistirá en realizar mediciones o ensayos no destructivos con equipos especiales a cada uno de los componentes de la compañía con el propósito de obtener información que permita crear una base de datos mediante la cual se establezcan los programas de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento predictivo en Lighting de Colombia S.A están dirigidas básicamente en técnicas de monitoreo y control del estado de las máquinas en línea productiva, con el objetivo primordial de determinar la probabilidad de ruptura y/o falla que causa posibles paros emergentes en las líneas de producción y que derivan en fallas catastróficas en las cuales pueden verse involucradas la integridad de la población humana cercana a la instalación por la característica inflamable del gas ya que este uno de los insumos principales con el que trabajan las líneas de producción(gas Argon y Nitrógeno).

Otros de los objetivos del mantenimiento preventivo es la ampliación de la vida operativa de los equipos y facilitar la planeación adecuada de la realización del trabajo.

Los datos recolectados y extrapolados con la tecnología de equipos de alineación láser, equipos de medición de temperatura láser, equipos de nivel láser y en si un sistema de red de datos ASI, intercomunicado a un P.L.C en línea y que es monitoreado constantemente, creando un ambiente confiable ya que la probabilidad de falla es incipiente y por tanto hay tiempo para efectuar la respectiva programación del mantenimiento.

3.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).

La confiabilidad se define como una medida del sistema que habilita la función en forma consistente para mantenerla en su más alto nivel de desempeño. Esta definición extiende la confiabilidad más allá de la falla de un proceso de manufactura o equipo e incluye el impacto de la

disponibilidad, mantenibilidad, producción menor y el objeto central de la producción.

Con esta definición, la confiabilidad puede ser aplicada para cualquier sistema donde se requiera medir el efecto de las desviaciones del diseño u óptimo desempeño. El sistema puede ser observado en toda la cadena de valor, los componentes de la cadena de valor incluyen el proceso de compra, puntos de fabricación, un área operacional con el sitio de fabricación, equipos individuales con un área operacional. Las fallas en la cadena de valor incluyen los errores en los proveedores, como también en la funcionalidad de los equipos del fabricante que estén por debajo del nivel óptimo de desempeño.

El desempeño de la confiabilidad puede ser severamente dañado por asunciones preconcebidas en el personal de staff de la compañía. Es importante que la planta maneje los mitos (Siempre se puede confiar en talleres de fabricación certificados, lo anterior no es importante porque se puede demandar, los Ingenieros mecánicos saben de todo, Confiabilidad es un proyecto, La destreza esta únicamente en las reparaciones no en la confiabilidad, La gerencia siempre puede soportar el programa, se puede confiar cualquier cosa en una pantalla electrónica, la clave para la confiabilidad son las reparaciones rápidas.

El desempeño de la confiabilidad esta en los niveles de súper intendencia, si trabaja una vez puede trabajar en cualquier servicio del gerenciamiento de la confiabilidad los cuales pueden dañar el desempeño. Confiabilidad esta basada en el sentido común, en programas a largo plazo, la continuidad del personal, invertir en mantener la planta en buenas condiciones y en su mayoría tratar la confiabilidad como la seguridad, de esta manera se mantiene control de una planta y no la planta control de la gerencia.

Otro concepto de confiabilidad relacionado por el seminario “Principios de mantenimiento óptimo” con respecto a los equipos rotativos (caso de análisis en la monografía) y lo define como una función total de la calidad del programa de mantenimiento.

Con algunas excepciones, la confiabilidad “inherente” construida con el equipo por el fabricante no es un factor significativo.

Obviamente el equipo debe ser bien preparado para el servicio. El equipo es sustancialmente más confiable de lo que nosotros como profesionales del mantenimiento le permitimos demostrar.

La parte humana de la interfase Humana/Maquina es el problema y no la maquina misma. Si vamos a mejorar la confiabilidad tenemos que trabajar en

la parte humana de la interfase. Por “Humana” indicamos la filosofía de mantenimiento, políticas, prácticas, estructura organizacional, personal, niveles de habilidades, entrenamiento y los factores relacionados con la gente como opuestos a los factores relacionados con el equipo.

Las Mejoras en confiabilidad desarrollan ventajas competitivas debido a que reducen las penalidades ocultas por la indisponibilidad.

El primer paso para fortalecer la confiabilidad está en definir la penalidad oculta de la indisponibilidad, la cual ocurre de tres maneras:

- Pérdida de tiempo de producción.
- Costos de mitigar las consecuencias de la indisponibilidad.
- Penalidades puestas por los clientes.

Resultando todas ellas en pérdida de oportunidad.

Las herramientas de simulación por computador se requieren para enlazar la confiabilidad con el mejoramiento desarrollado para incrementar la producción, reducir los tiempos perdidos, o las reducciones de inventario, dependiendo de la complejidad de los sistemas los cuales son soportados en hojas electrónicas o modelos de simulación de eventos discretos, estos comparten capacidades que definen la relación entre confiabilidad, capacidad de producción, inventarios, calidad, fallas de envío y pérdidas de tiempo, este tipo de simuladores normalmente requiere como mínimo de la siguiente información:

- Definir la probabilidad de falla.
- Definir la consecuencia de una falla.
- Definir el tiempo que toma normalizar los procesos después de falla.

3.6.1 Nacimiento del RCM

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. En el presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por cada millón de despegues realizados. Esto corresponde a cerca de un accidente cada 3 o 4 semanas en el mundo. De éstos, cerca de 1/6 son causados por fallas en los equipos.

Al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por cada millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más).

Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad.

El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. En esos días, “mantenimiento” significaba una cosa: reparaciones periódicas. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones: después de que el desgaste se había iniciado.

Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducía y por el contrario se incrementaban. La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

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

De estos procesos, el RCM es el más directo. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centered Maintenance” (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), el libro que dio nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo los documentos llamados:

- Guía MSG 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa (1968).

- El documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes/Aerolíneas.

Ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Asociación de Transportadores Aéreos de los USA).

Tal como se menciona anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenía sobre el mantenimiento.

3.6.3 Definición de RCM

Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento.

Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes e importantes empresas industriales, y aunque no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica o empresas, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento centrado en confiabilidad. No es que las bases teóricas globales, estén vedadas a las fábricas u otras empresas, pero a la vista de la situación general y a la necesidad de atender prioritariamente los problemas inmediatos y de medio plazo, la experiencia es el mejor camino.

Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y de sus misiones. Son los mismos parámetros que se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. El plan así diseñado, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinado y retocado con aportaciones de mayor nivel.

Algunos diccionarios definen mantener como la causa para continuar o para mantener en un estado existente. Ambas definiciones ponen de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo.

Pero cuando se tiene que tomar la decisión de mantener algo, ¿qué es lo que se desea causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que se desea preservar?

La respuesta a estas preguntas puede encontrarse en el hecho de que todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas. Por lo tanto, cuando se mantiene un equipo, el estado en que se desea preservarlo debe ser aquel en el que se desea que continúe para cumplir la función determinada llamada mantenimiento el cual su función

principal es asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

Claramente, para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir esas funciones previstas.

Esto es porque el mantenimiento, el proceso de “causar que continúe” solamente puede entregar la capacidad incorporada (confiabilidad inherente) de cualquier elemento. No puede aumentarla.

En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, debemos modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado, o por el contrario reducir nuestras expectativas.

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente. La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (el contexto operacional).

Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las políticas de mantenimiento deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto operacional presente.

Esto lleva a la siguiente definición formal de RCM:

Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Una definición más amplia de RCM podría ser “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”⁴⁵.

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes hay en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM³. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe realizar un registro de equipos completos.

3 PARRA, Carlos “Metodología de implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Refinería de Amuray”, Universidad de los Andes – Postgrado en Ingeniería de Mantenimiento, Venezuela 1997.

Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- Cuáles son las funciones?
- De qué forma puede fallar?
- Qué causa que falle?
- Qué sucede cuando falla?
- Qué ocurre si falla?
- Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- Qué sucede si no puede prevenirse el falla?

3.6.3. Funciones y sus Estándares de Funcionamiento

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 de 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.

3.6.4 Fallas Funcionales

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo 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.

3.7.5 Modos de Falla (Causas de Falla)

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué se está tratando de prevenir. Cuando se está realizando

este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

3.7.6 Efectos de Fallas

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario. El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

3.7.7 Consecuencias de las Fallas

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 se debe realizar el próximo paso en el proceso del RCM y es preguntar cómo y (cuánto) importa cada 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 y que a menudo son catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolas 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 (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). 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 falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático.

Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

3.7.8 Tareas de mantenimiento centrado en confiabilidad

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al 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 período y luego se deterioran rápidamente.

El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá 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 tareas preventivas, como siguen:

- **Tareas por Condición tipo A.**

La necesidad se basa en 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 cuando 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 Re acondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica**

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo.

Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM.

El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

- **Tareas de acciones de falta**

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 sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa 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.

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.

Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo 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 período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo).

De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período.

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 diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan 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 unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

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 que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos y no de mantenerlos como deberían de estar o puede que esté en el futuro.

La Figura 26 muestra el punto de vista acerca de las fallas las cuales en un principio eran simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”.

Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino seis diferentes.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complejos en comparación a lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se muestra en la Figura 27.

El gráfico muestra la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

El modelo A es la conocida “curva de la bañera”. Comienza con una incidencia de falla alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste.

El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.

El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante,

mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria).

Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante.

Siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional y es la creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla.

Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo.

De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

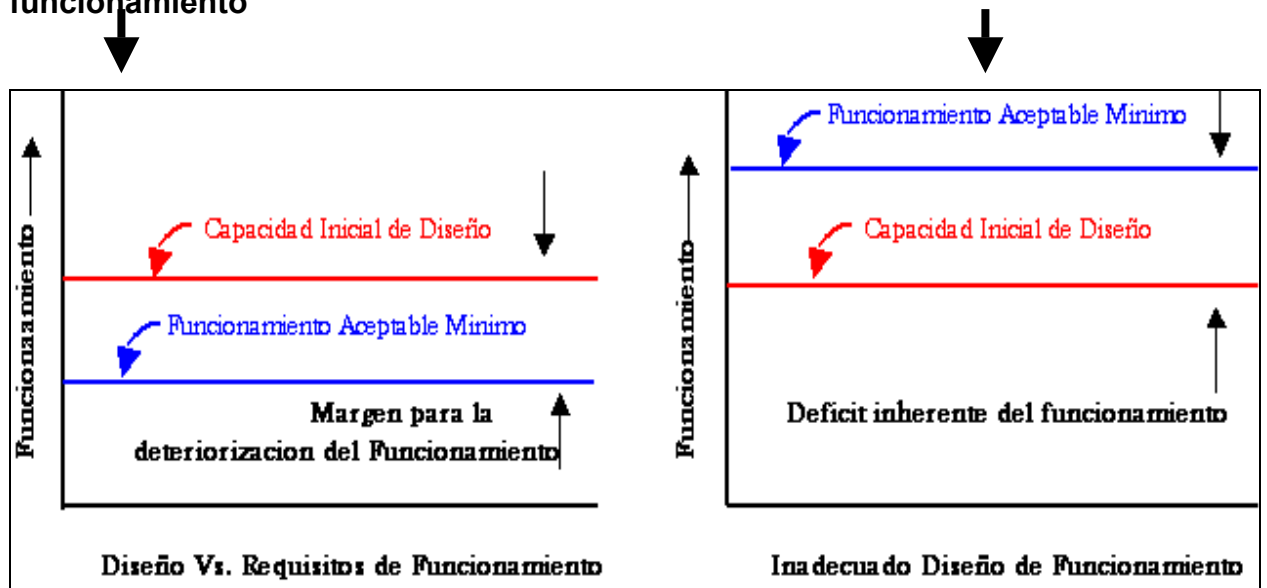
3.8 MODOS DE FALLAS EN MANTENIMIENTO.

La capacidad de funcionamiento de un equipo, o capacidad de diseño, es establecida por el fabricante, y ningún mantenimiento puede rendir más allá de ella.

A la hora del diseño, se establecen los mínimos y máximos estándares de funcionamiento, por lo tanto, operaciones no debe tener expectativas que la ejecución de tareas del mantenimiento pueda proporcionar cualquier mejora más allá de la capacidad diseñada original del equipo, sin embargo, las oportunidades se pueden desarrollar para modificar el diseño, y alcanzar metas más altas de la producción.

Figura 26. Capacidad de funcionamiento.

Figura 27. Nivel de funcionamiento



La Figura 26 muestra la capacidad de funcionamiento del equipo contra el nivel de funcionamiento requerido.

Hay sitio para el deterioro del equipo sin que afecte la operación.

La Figura 27 muestra un caso donde el nivel de funcionamiento mínimo aceptable nunca se puede alcanzar con el diseño actual del equipo, debido a las expectativas crecientes todo esto más allá del diseño original.

3.7.1. Fallas funcionales

Hay dos maneras en las cuales los sistemas de proceso pueden no resolver expectativas de funcionamiento.

La figura 28 representa una falla funcional parcial.

La figura 29 representa una falla funcional completa.

La falla funcional completa es obviamente la peor para la planta de proceso.

En operaciones del tipo diario, la falla de un equipo o de un sistema puede tener menos efecto total, dependiendo del tiempo disponible antes de que se afecte la jornada siguiente de la producción.

Si hay un efecto sobre la producción será basado en la velocidad de respuesta a la falla, de la disponibilidad de piezas, y de la duración de la reparación.

En los dos casos expuestos la instalación de equipos redundantes o medios alternativos pueden eliminar la pérdida potencial, también hay la posibilidad de realizar un bypass a los equipos en forma temporal, aunque ello puede reducir la capacidad o disminuir las especificaciones de calidad, considerada también una falla funcional parcial.

3.7.2 Patrones de falla

Una discusión de la identificación del tipo de la falla se incluye para complementar la comprensión general de la teoría de la confiabilidad del equipo.

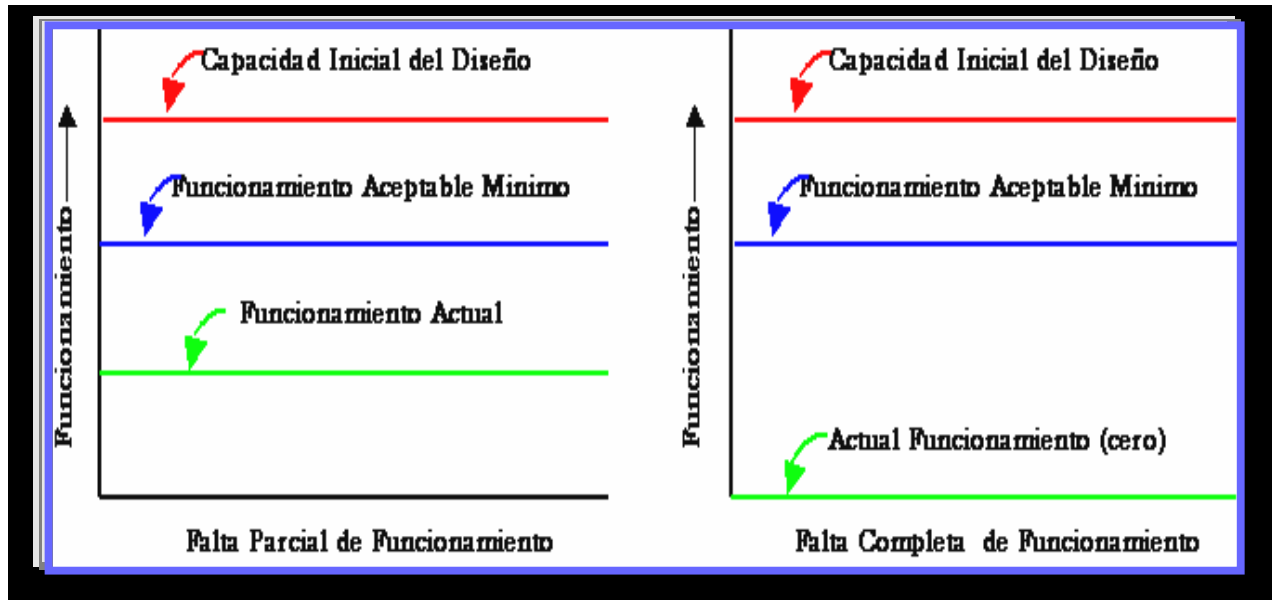
La probabilidad de la falla de equipo varía con diversos tipos de equipo. Saber el tipo más probable de falla podría ayudar al equipo que conforma el grupo de análisis en el dictamen de la probabilidad de ciertos modos de fallas, especialmente cuando hay una carencia de la historia en el equipo, por ejemplo en las plantas recientemente comisionadas. La capacidad de entender y de clasificar tipos de falla tiene valor para el uso en la determinación del tipo de inspección o de supervisión requerida para detectar y para evitar una falla inminente.⁶

Por ejemplo, se piensa que la mayoría de las fallas del equipo deben ocurrir debido al desgaste. Esta es la razón a que las inspecciones visuales internas se han prescrito extensamente para determinar la condición del equipo en muchos casos.

⁶ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS. ACIEM CUNDINAMARCA. Seminario Internacional. Análisis de Fallas y Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Septiembre 23-25 de 1999. Santa Fe de Bogotá.

Figura 28 Falla parcial

Figura 29 Falla completa



Sin embargo, los estudios de las aerolíneas y otras industrias han encontrado que las fallas ocurren generalmente sobre una gama del tiempo y no muy a menudo por terminación de vida útil.

Por lo tanto, las inspecciones internas visuales son a menudo ineficaces en la determinación de cuando una falla puede ocurrir, y en muchos tipos de equipo puede aumentar realmente la probabilidad de una falla debido a los procedimientos de mantenimiento incorrectos introduciendo una falla prematura a los equipos.

3.7.2.1 Falla A normal por desgaste tradicional

La falla relativa por la edad es representada por una constante o una probabilidad de aumento gradual de esta, seguida por una probabilidad creciente de la falla después de un período nominal de la operación como se observa en la figura 30. Este período nominal se refiere a menudo como la "vida útil" del equipo.

Esta falla es predecible y se puede tratar por varios procedimientos de mantenimiento incluyendo la supervisión de condición, técnicas predictivas del mantenimiento, o la reparación o el reemplazo programando antes de alcanzar la curva final de vida útil.

Este tipo de falla típica se piensa que se representa en la mayoría de los equipos, en realidad se han encontrado una porción pequeña de estas. Es

de poco valor utilizar tiempo medio de fallas para establecer la reparación o intervalos de reemplazo a menos que el impacto a las operaciones sea considerable, pues la vida de servicio media sería más corta. Sin embargo, las altas consecuencias de la falla deben considerarse, si no habría indicación de una falla inminente.

3.7.2.2 Falla B tradicional de la curva de la bañera

En la figura 31 la falla representa la gama entera de los tipos de falla que pueden ser encontrados. Comienza con una alta probabilidad (conocida como mortalidad infantil).

Una declinación a una constante o la probabilidad gradual de aumento de la falla, entonces una probabilidad altamente creciente de falla después de un período nominal de la operación.

Aunque el agrupar los porcentajes de averías de una variedad de equipos puede emparejar esta curva, no se encuentra con frecuencia con la mayoría del equipo individual, según lo indicado por el porcentaje bajo de falla encontrada en la industria aeronáutica.

3.7.2.3 Falla C por aumento de la probabilidad

Este tipo de falla tiene a través del tiempo una probabilidad cada vez mayor de ocurrencia a través de la vida útil del equipo como se puede observar en la figura 32, pero no son identificables fuera de la zona de desgaste. Es normalmente relacionado con las fallas por fatiga. Este tipo de falla no es frecuentemente vista en la mayoría de los equipos.

3.7.2.8 Probabilidad D de aumento por falla aleatoria

En la figura 33 se puede observar el tipo de falla el cual comienza con una probabilidad muy baja de falla que sigue a la instalación inicial o reparación, con un aumento gradual que se nivela a una probabilidad constante de falla. Este tipo de falla no es frecuentemente en la mayoría de los equipos.

3.7.2.9 Probabilidad E de falla constante

Este tipo de falla ocurre en una base aleatoria o constante sin identificar la zona fuera de desgaste como se puede observar en la figura 34.

La probabilidad de ocurrencia de la falla en cualquier punto del tiempo es la misma que en cualquier otro punto en el tiempo.

Normalmente este tipo de falla ocurre sin advertencia y no es generalmente predecible. Este tipo de falla se puede tratar a través de la instalación de

sistemas seguros redundantes o realizando cambios a los diseños de los equipos. Los instrumentos y componentes electrónicos caen a menudo en esta categoría, pues están normalmente en un estado inactivo activándose por alguna desviación del proceso o condiciones del equipo.

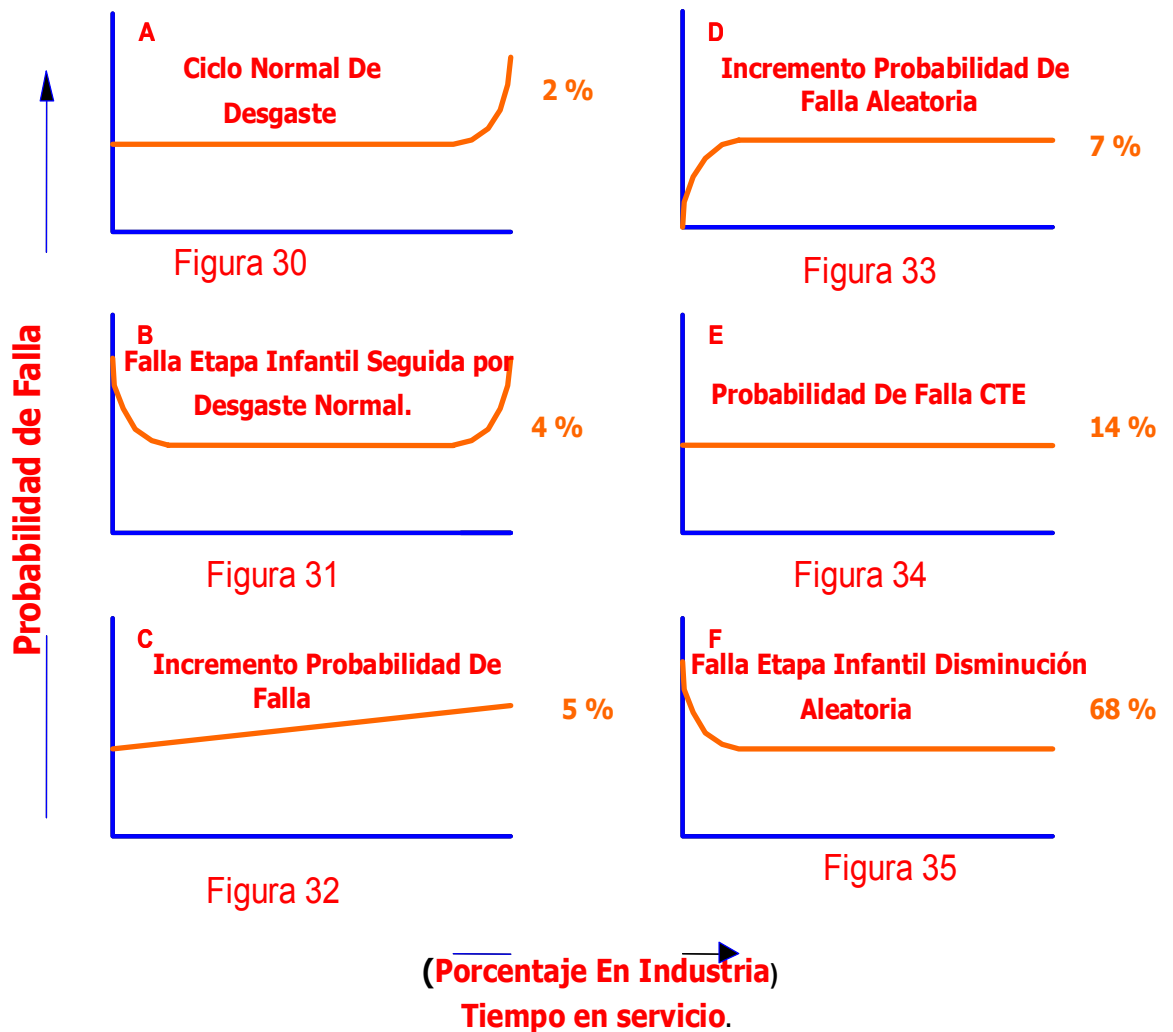
3.7.2.10 Falla F aleatoria por infancia

En este tipo de la falla como se puede observar en la figura 34 y 35 tiene la probabilidad más alta de falla ocurre cuando el equipo es nuevo o después que ha sido realizado un mantenimiento mayor, seguido de un tipo de falla aleatoria o constante.

Este tipo de falla ocurre generalmente como resultado de pobres diseños, fabricación de mala calidad, instalación incorrecta, operación o arranque incorrecto, y piezas de recambio de mala calidad.

El excesivo desmontaje o ensamble del equipo con el fin de inspeccionar y/o de reparar también pueden aumentar la probabilidad para que esta falla ocurra.

La falla de mortalidad infantil no es normalmente predecible y se previene generalmente con un diseño apropiado del equipo, entrenamiento del personal, control de calidad de las piezas de recambio, y evitando cuando sea posible el desmontaje del equipo para propósitos de mantenimiento y/o inspección.



3.7.2.11 Fallas ocultas

Se encuentra que existen dos tipos distintos de falla, la funcional que podemos ver dentro de nuestros activos y las fallas ocultas que se convertirán en fallas evidentes cuando aparezcan en los equipos con un mal funcionamiento y por tanto desestabiliza la normal operación de la planta, las fallas ocultas requieren una segunda falla coincidente para que revelen la falla inicial.

Las fallas evidentes son las que, por la definición, los operadores o al personal de mantenimiento las conocen y las entienden, por ejemplo

alarmas, indicaciones, variable de proceso. Las fallas evidentes pueden ser fijas y sus efectos llegan a ser obvios.

El resto de esta sección será dedicado a las fallas ocultas. Las fallas ocultas consisten en que el equipo deja de trabajar sin alguna advertencia externa. Hay dispositivos que nos indican la detección de fallas como apertura de interruptores, alarmas, la sobrecarga en un circuito, velocidad excesiva, sobre intensidad de corriente, la presurización, la descompresión, el equipo de seguridad, los botones de paro de emergencia, etc. Sin estos dispositivos los que evidencian que los equipos normalmente cambian de estados de funcionamiento si no están trabajando correctamente o cuando ocurre una desviación de proceso fuera del diseño o preestablecido sin poderse detectar. Un ejemplo sería una válvula de descarga que no proporciona ninguna indicación externa de su condición ocurre una sobre presurización.

En este caso, la válvula de descarga funciona dentro de los límites del diseño, esta no registra la sobrecarga sino hasta que la falla ocurre sin poder tomar medidas al respecto para corregir esta anomalía en el proceso.

Las fallas ocultas no tienen ningún impacto directo por sí mismas, sino que exponen personal, el equipo, y el ambiente a otras fallas múltiples o secundarias que podrían tener consecuencias muy serias y potencialmente más catastróficas, por eso se debe instalar un dispositivo protector diseñado para proteger los sistemas.

Algunos dispositivos protectores también están instalados para preservar la producción en curso.

En el sistema de protección, una falla múltiple ocurre solamente si la función protegida falla mientras que el dispositivo que protege se encuentra en mal estado.

La probabilidad de una falla múltiple es igual a la probabilidad de que falle la función protegida, analizando el tiempo muerto medio del dispositivo protector.

Los sistemas de protección se utilizan para reducir o para eliminar y proteger al equipo de cualquier posible falla. Trabajan de las siguientes maneras:

- Mostrar y atender las condiciones anormales.
- Disparar el equipo si se produce la falla.
- Eliminar y corregir condiciones anormales.
- Asumir el control de la falla colocando en funcionamiento el equipo redundante.
- Evitar que las fallas ocurran en sitios estratégicos para la operación.

Los sistemas de protección deben asegurar de que los efectos de la falla sean mucho menos que si no actuaran.

La presencia de la protección significa que los requisitos de mantenimiento de una función protegida pueden ser menos rigurosos que sin ella. Sin embargo, el dispositivo protector se debe probar periódicamente para asegurar disponibilidad, y por lo tanto confiabilidad.

Algunos dispositivos protectores son a prueba de averías. Esto no significa que no pueden fallar, pero fallarán a una condición segura y los resultados de esto serán inmediatamente evidentes en el funcionamiento del equipo.

Hay varias combinaciones de las posibilidades que puedan ocurrir entre una función protegida y un dispositivo protector:

Lo primero es que se exceda la condición de proceso el diseño y que ambas continúen funcionando normalmente.

El segundo es que la función protegida falle y el dispositivo protector lleve el sistema al estado diseñado extremo. Esto es una falla evidente.

El tercero es que el dispositivo protector es a prueba de averías y falle, que lleve el proceso una condición segura con un cierto tipo de advertencia que proporcione la indicación de la demostración de la falla, aunque las condiciones de proceso de diseño no fueran excedidas.

Si el último es el caso, el mantenimiento se realiza rápidamente para reducir al mínimo la duración del tiempo sin la disponibilidad del dispositivo, y los procedimientos adicionales de las operaciones pueden ser atendidos principalmente por la posibilidad de exceder las condiciones del diseño. Esto no es una falla oculta.⁷

El cuarto es que el dispositivo protector no es a prueba de averías y no falla, pero las condiciones de proceso del diseño no se exceden antes de la detección de la falla. Se debe programar su mantenimiento preventivo y se decide reparar o sustituir. Esto es una falla oculta.

El quinto es que el dispositivo protector no es a prueba de averías y no falla. Aunque no hay ninguna consecuencia inmediata, después de un cierto punto en el tiempo, las condiciones de proceso no deben ser excedidas, y el proceso entonces fallará en la condición como si el dispositivo protector nunca hubiera sido instalado.

Esto es una falla oculta seguida por una falla evidente. También se puede analizar como una falla múltiple, aunque puede haber tiempo extendido entre las dos fallas.

⁷ BIRD, Frank E Jr. Y GERAIN George L “Liderazgo práctico en el control de pérdidas”

Una falla múltiple se define como la protección del proceso mientras que el dispositivo protector está en un estado defectuoso.

El objetivo de un programa de mantenimiento para buscar una falla oculta es reducir la probabilidad de las fallas múltiples. Una vez que el dispositivo protector haya fallado, la ocasión de las fallas múltiples es igual que cuando el dispositivo protector ha fallado.

La probabilidad múltiple de la falla puede ser reducida, realizando mantenimiento proactivo. Para reducir el porcentaje de averías en el dispositivo protegido se debe cambiar el diseño de la función protegida, aumentando la disponibilidad del sistema protector con mantenimiento proactivo al dispositivo, crear tareas periódicas para determinar si el dispositivo protector está disponible, o cambiando el diseño protector del dispositivo.

Los pasos que reajustan una falla oculta pueden desarrollarse bajo los siguientes conceptos:

- Haga la función oculta evidente agregando otro dispositivo.
- Sustituya una función para que sea más evidente la función oculta.
- Sustituya por un dispositivo más confiable.
- Duplique la función oculta.

Esto demuestra obviamente la necesidad de realizar tareas de mantenimiento preventivo que se encuentra en los dispositivos a prueba de no averías, o donde hay la posibilidad de una falla oculta.

El estándar de funcionamiento para una función oculta (porcentaje de averías aceptable) es la disponibilidad necesitada para reducir el riesgo de la falla múltiple asociada a un nivel aceptable, que es proporcionado por la frecuencia de realizar una tarea para detectar la falla (prueba funcional).

Para las fallas ocultas, una tarea preventiva vale hacerla si se asegura la disponibilidad necesaria para reducir la probabilidad de una falla múltiple a un nivel aceptable.

4. PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICO DE EQUIPOS.

4.1. HISTORIA DEL RCM.

La historia del RCM parte la historia del mantenimiento en la década de los 80. La Fuerza Aérea Americana ha usado los conceptos de RCM desde 1978 y en 1984 las plantas de generación de energía realizan su aplicación en proyectos pilotos. Desde entonces el RCM ha sido utilizado en forma continua en la mayoría de la industria mundial. RCM será utilizada en forma continua en facilidades de Lighting de Colombia S.A durante los próximos años, sin embargo, RCM ha presentado fallas (Al ser totalmente utilizado o al realizar el análisis de lo implementado) al requerir análisis intensivos en el análisis de proceso, pérdida de personal entrenado durante largos periodos de tiempo, pérdida de interés de los analistas participantes, pobres resultados al implementar el modelo, y el uso extensivo a menudo de mantenimientos costosos e infructuosos los cuales resultan de una calidad pobre de un análisis RCM.

La metodología y filosofía del Plan de Mantenimiento Especifico de Equipos fue obtenido Inicialmente por el personal de Lighting de Colombia S.A con el fin de permitir un desarrollo sistemático de las condiciones de monitoreo y los programas de mantenimiento preventivo, también como un esfuerzo para estandarizar ciertos grupos y tipos de tareas de mantenimiento enfocándolas en el incremento de confiabilidad, disponibilidad, utilización de planta, los cuales disminuyen los costos de mantenimiento.

El R.C.M reemplazara al previamente usado mantenimiento de Planta correctivo y preventivo debido a sus múltiples limitaciones.

El R.C.M estará disponible para usar en cualquier compañía de philips International, para ello se debe recibir entrenamiento en su metodología y/o asistencia en el momento inicial.

4.2. CONCEPTOS DEL R.C.M

Un programa de mantenimiento efectivo es esencial para la seguridad siempre teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente y operación efectiva de una planta, el no cumplimiento del mantenimiento puede resultar en fallas continuas y múltiples de los equipos. En algunas circunstancias llevar un mantenimiento hasta que ocurra la falla puede resultar en operaciones no seguras y/o afectar el prestigio de la compañía. En otras circunstancias un mantenimiento hasta que ocurra la falla es una práctica aceptable. Sin embargo, excesivas tareas de mantenimiento pueden resultar en una falla indeseable del equipo y afectar la seguridad y prestigio de la facilidad de producción en continuo como es el caso de Lighting de Colombia S.A. El punto clave aquí que determina el correcto balance de las tareas de mantenimiento y cuando es apropiado realizarlas es entender los modos de falla y sus efectos, determinando las tareas de mantenimiento apropiadas para predecir, prevenir o mitigar las consecuencias de las fallas de los equipos.

El proceso del R.C.M es un método para sistemáticamente analizar las “Áreas Funcionales Mayores” (Grupos de equipos con un propósito específico) de un proceso, estas áreas funcionales mayores posteriormente se llaman una función.

Esto se realiza para determinar la Criticidad o necesidad de la función para el total de la facilidad. Un “Contexto Operacional” se desarrolla para la función que deberá incluir la estrategia de operación del equipo y definir los estándares de desempeño, los cuales se requieren para posteriormente determinar si la falla de un equipo podría afectar la función. Una vez definidos el contexto operacional y los estándares de desempeño, los equipos individuales, los cuales constituyen la función, pueden ser analizados en sus modos de falla, efectos de falla y determinar la criticidad individual de los equipos.

La criticidad o riesgo esta determinada por una combinación de probabilidad y consecuencia de falla en cada una de las categorías relevantes para la compañía:

- Impacto en Seguridad.
- Impacto en el medio ambiente.
- Perdida Operacional.
- Costos de Reparación.

La criticidad de la pérdida de la función del equipo deberá ser determinada prioritaria para que debido a ella se consideren algunas tareas de mantenimiento potenciales. Si la consecuencia de la falla en la función da baja en todas las categorías, entonces las tareas de mantenimiento pueden no ser necesarias, si es al contrario equipos con alta criticidad requieren tareas de mantenimiento a las frecuencias determinadas por los equipos, como también pueden identificar las oportunidades para rediseñar las frecuencias de mantenimiento ó los efectos sobre la función. Si la función bajo consideración puede ser temporalmente removida de servicio sin un efecto adverso para el proceso, entonces otra función mandataria puede tomar el nivel de criticidad determinada.

El resultado final del análisis del R.C.M es un programa de Mantenimiento/Operaciones que optimiza el monitoreo por condición, incluyendo el mantenimiento predictivo para todos los equipos en una facilidad como el primer paso en la obtención de mejores desempeños en disponibilidad, confiabilidad y máxima utilización de los equipos resultando de las tareas de mantenimiento preventivo los cuales se utilizan para predecir, prevenir o mitigar los efectos de cada falla, basados en la criticidad de los equipos.

Los mantenimientos correctivos son producto de los resultados del mantenimiento basado en condición, los mantenimientos preventivos y predictivos, como un esfuerzo para que las fallas no ocurran. Los mantenimientos mayores de los equipos basados en tiempo (Overhaul), los cuales a menudo han sido realizados sin tener en cuenta el modelo R.C.M, son eliminados.

Cuando se reenfoca la inspección, mantenimiento, ingeniería y las actividades de operación en la confiabilidad inherente de los equipos, los costos de mantenimiento drásticamente disminuidos, al mismo tiempo que se mantiene o incrementa la confiabilidad, disponibilidad, mayor utilización de los activos, en este proceso también se identifican las oportunidades de rediseño de la planta, reemplazo de equipos, modificación de procedimientos y los entrenamientos necesarios para el personal de operaciones, mantenimiento y staff.

EL R.C.M es la tecnología desarrollada para el mantenimiento predictivo que se encarga del cuidado de los activos, la cual dice QUE y CUANDO se requiere realizar una tarea de mantenimiento, también enfatiza el buen uso de las tareas de mantenimiento predictivo, siendo la base de los buenos indicadores de gestión. Cuando el R.C.M es utilizado correctamente proporciona:

- Las condiciones de operación actuales en línea.
- Tiempo para planear y programar los mantenimientos correctivos que han sido identificados por las condiciones de operación.
- Identificación de la vida útil de los sistemas de la planta y sus equipos.

4.3 FILOSOFIA DE RCM.

Específicamente esta filosofía del mantenimiento basado en la confiabilidad total de equipos estudia los diferentes pasos a tratar:

- Esta filosofía del R.C.M se desarrollara usando un grupo de trabajo y un grupo de facilitadores especialmente entrenados.
- El mayor esfuerzo y concentración lo requiere el análisis el cual esta en la profundidad y amplitud de estos. RCM algunas veces analiza los equipos modos de falla, Causas, Efectos, y criticidad hasta el nivel de sub. Componentes si es necesario.
- RCM es a menudo realizado sobre equipos seleccionados de una planta, con respecto a la planta total, debido al análisis extensivo de tiempo el cual a veces requiere horas y a veces años.
- El RCM es algunas veces altamente estadístico, con decisiones realizadas basadas en ratas de fallas genéricas de la industria en lugar del histórico de la planta especifica.
- El proceso de R.C.M también observa la interacción a altos niveles y determina la criticidad funcional, de tal manera que las tareas de mantenimiento no son necesariamente aplicadas en los equipos con baja consecuencia de falla y se aplican más rigurosamente donde la criticidad es alta.
- La filosofía del R.C.M es específica para Lighting de Colombia S.A y varia sustancialmente de algunos de los competidores industriales quienes desarrollan su propia versión de este método.

4.4. PASO A PASO DE LA PROPUESTA Y ESTRATEGIA DE INVESTIGACION

La implementación de la metodología esta descrita en un orden lógico, desde los pasos preliminares de la selección de la facilidad hasta el paso final de la implementación de las tareas y el seguimiento.

El modelo de R.C.M contempla todos los pasos desde un nivel gerencial donde se realiza la gestión de mantenimiento e involucra a todos los integrantes de las unidades de negocio (Operaciones, Mantenimiento, Costos, Repuestos) y utiliza herramientas que contribuyen a la obtención de resultados en forma segura, adicionalmente permite la estandarización de tareas y procesos en las áreas. Posteriormente en la Figura se muestra la

carta de flujo de implementación y análisis del R.C.M el cual es un resumen de los procedimientos a desarrollar en las áreas de la compañía, especialmente en mantenimiento, ella se configura para seguir el proceso de valor común de Lighting de Colombia S.A que es de Philips International proporcionando una descripción de los pasos típicos que se deben tener para iniciar con eficacia el proceso de R.C.M y las tareas a ejecutar que resulten. Aunque el proceso variará de operación en operación este depende preferiblemente de los facilitadores y del cliente Lighting de Colombia S.A.

4.4.1. R.C.M Valoración

El R.C.M es la etapa de valorización del proceso de este método o esta nueva filosofía a implantar la cual consiste en la divulgación del programa como tal, en el conocimiento en el área de análisis, los simposios de la confiabilidad, el uso de redes de información de mantenimiento, el conocimiento sobre RCM.

La valoración incluye una auditoria realizada por la casa matriz de Philips Holanda y el personal de mantenimiento de la planta Lighting de Colombia S.A para determinar si R.C.M es la herramienta correcta a aplicarse a la facilidad basada en sus necesidades y expectativas.

El método R.C.M fue definido como la herramienta a utilizar por equipo de Mantenimiento y Gerencia Técnica de Lighting de Colombia S.A en la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en las Facilidades Centrales de Producción de las líneas para proceso continuo de lámparas incandescentes, ello resultado de la recomendación de la auditoria externa realizada por la casa matriz de Philips Holanda en Julio del 2004 a la gestión de mantenimiento desarrollada por esta dirección, el cual influirá directamente en la gestión al estandarizar los procedimientos de mantenimiento, incrementar los niveles de disponibilidad y confiabilidad y disminuir los costos de mantenimiento.

4.4.2. Selección de la facilidad de R.C.M

Se Selecciono la propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en los sistemas de compresores centrifugos de las áreas de inyección de gas nitrógeno (Ni) y argon (Ar), en las líneas de producción de lámparas incandescentes y en la sub.- estación de energía debido a los factores de alto impacto en los niveles de producción, medio ambiente, seguridad, costos de repuestos, factores de desempeño del departamento de mantenimiento,

del conocimiento del área y de todos los sistemas que poseen los investigadores.

Se definió el presupuesto y los participantes para el entrenamiento en R.C.M el cual los cursos o seminarios con sus respectivas prácticas se realizarán en la casa matriz de Holanda, siendo ellos después los que servirán de facilitadores al resto de la organización.

4.4.3. Presentación del modelo R.C.M

Los resultados y recomendaciones de la auditoría realizada a la gestión de mantenimiento fue presentada a la Gerencia General de Lighting de Colombia S.A y a la Gerencia General de Philips quienes dieron el aval de la implementación del modelo R.C.M y su desarrollo como filosofía de mantenimiento en las demás empresas de Philips Corporation.

4.4.4. Propósito del proceso

El propósito básico de R.C.M es mejorar la confiabilidad, la disponibilidad, y la optimización de la planta, reduciendo costos anuales de mantenimiento. Los modos y las causas comunes de falla se identifican para todo los equipos importantes, determinando la criticidad del equipo, la supervisión por condición, e incluyendo el mantenimiento predictivo, y el mantenimiento preventivo ejecutándolo para predecir, prevenir, o atenuar las causas y efectos de los modos de falla.

4.4.5. Análisis y Alcance potencial

El análisis y alcance en cada facilidad es dependiente de los factores que están enumerados para su selección, aunque la disponibilidad de los participantes es también importante, puede ser ventajoso realizar una valoración de mantenimiento de las facilidades para determinar el alcance potencial de trabajo y para obtener un dato exacto del actual programa . Esto permitirá que el programa de R.C.M sea adaptado a las necesidades de la empresa dando la prioridad a los problemas más críticos.

4.4.5.1. Requisitos e implicación del personal

El modelo de R.C.M será implementado por el grupo de confiabilidad del departamento de mantenimiento el cual busca confiabilidad total de equipos, mediante el uso de herramientas RCFA, CMMS, Matriz de Evaluación de Eventos de Falla, Utilización de códigos de productividad, Sistema de

Seguimiento de Falla, Monitoreo de vibración, Inspección por termografía infrarroja, análisis de aceite lubricante, Monitoreo de variables de proceso y Otros teniendo siempre en cuenta que contamos con equipos de tecnología de punta en el cual el área de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad debe asegurar el cumplimiento de objetivos (incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y la utilización de planta, disminuir los costos de mantenimiento, cumplir los mas altos estándares de seguridad, asegurar la integridad de las plantas y la protección del medio ambiente, propiciar el trabajo conjunto de mantenimiento y operaciones y estandarizar los procesos de mantenimiento), gracias al compromiso y experiencia de sus integrantes.

4.4.5.2. Participantes De la Facilidad

Para que el R.C.M sea un éxito, la facilidad que presta la compañía en el proceso de capacitación de ingenieros y técnicos que serán enviados a Holanda y que deberán proporcionar un equipo experto en la operación y centros de mantenimiento de Lighting de Colombia S.A y de Philips International. Los requisitos de los participantes dependerán del tipo de planta y del alcance del análisis.

El grupo de confiabilidad tiene como su objetivo la implementación del R.C.M y parte de su estructura esta en forma permanente trabajando en ello, cuando requiere de otras áreas de mantenimiento y/o operaciones, coordina estos eventos con anticipación, de tal manera que las facilidades conocen el avance y su participación en la implementación. Los requisitos típicos de los participantes se describen en la sección siguiente.

4.4.5.3. Horarios tentativos.

Un horario tentativo general se debe convenir para que el Facilitador comience a realizar las sesiones del análisis. El horario de la sesión es altamente dependiente del alcance del análisis, de la disponibilidad de los participantes, y del estado actual de la confiabilidad del mantenimiento.

Debido a la continuidad de la operación (24 Horas) en las líneas de producción de lámparas incandescentes y a la disposición permanente de los grupos operativos y de mantenimiento, los horarios son flexibles y coordinados entre los involucrados.

4.4.5.4. Carga estimada / Costos

El grupo corporativo del departamento de mantenimiento y Lighting de Colombia S.A evaluó la propuesta de conformación del grupo de confiabilidad, desarrollada por la gerencia general de Philips y Lighting las cuales aprobaron este modelo al igual que su presupuesto. Dentro de la estrategia planteada por el departamento de mantenimiento y gerencia

Técnica para la conformación del Grupo de Confiabilidad, no se inquirió en costos adicionales, debido a que las personas que integran el grupo fueron ubicados en cargos que existían en la organización y también a la filosofía de bajar a la línea de ejecución la planeación de cada área.

4.4.5.6. Redefinir el análisis , su alcance y su priorización

El análisis y su alcance deben ser definidos más a fondo. ¿Esta la planta completa? Qué hace la planta, pues los sistemas podrían potencialmente incluir todo el equipo de proceso (equipo fijo, equipo que rota, instrumentación), sistemas informáticos de proceso, sistemas eléctricos, sistemas de comunicación, sistemas constructivos del mantenimiento, etc. Los límites deben ser descritos completamente para poder elegir los participantes específicos con el conocimiento directo de la operación y del mantenimiento definido en su alcance.

Se deben analizar los sistemas específicos y los sistemas más críticos se deben priorizar. Estos se pueden basar en las áreas de confiabilidad más bajas, el costo de mantenimiento más alto, o el impacto más alto en la planta. No obstante se eligen éstos, y se recomienda para utilizar el proceso de R.C.M en sistemas completos y no en equipos individuales, pues la confiabilidad de un sistema es mejor que la combinación de la confiabilidad de los componentes.

Aunque se poseen equipos que rotan se piensa a menudo en como solucionar los problemas de confiabilidad de muchas plantas y es a menudo la instrumentación y los sistemas auxiliares que contribuyen a las interrupciones del equipo.

4.4.5.6. Participantes de R.C.M

R.C.M participa únicamente en el entrenamiento y es quien desarrolla las auditorías externas para determinar el cumplimiento de los planes y la gestión de mantenimiento desarrollada por el equipo de mantenimiento de confiabilidad en las líneas de producción de Lighting de Colombia y en las demás filiales de Philips.

4.4.5.8. Participantes De la Facilidad

La facilidad necesitará seleccionar a los participantes para el proceso de R.C.M. Los participantes requeridos dependerán del alcance de los análisis. La selección de los participantes se debe basar en su conocimiento y

experiencia pero deben tener también una buena disposición de trabajo, y actitud entusiasta para participar en el proceso. Preferiblemente, los participantes deben tener un nivel apropiado de autoridad en la organización y facilidad para aceptar las tareas de los grupos que representan. Éstos serán convenidos durante la selección y análisis de tareas de mantenimiento por condición, predictivo y preventivo. Para las oportunidades se determinan que, el personal que dirige y la gerencia puedan decidir cuáles de las tareas seleccionadas serán estudiadas e implementadas más a fondo para la puesta en práctica después de que se publiquen los informes de R.C.M. La lista siguiente proporciona un resumen de los participantes típicos:

Cuadro 2. Participantes típicos.

➤ Coordinador de la facilidad en R.C.M.	Ingeniero de inspección.
➤ Especialista en corrosión.	Ingeniero de proceso.
➤ Ingeniero de confiabilidad. mantenimiento.	Planeador de
➤ Representante en el área de operaciones. rotativos	Técnico en equipos
➤ Especialista en equipos Rotativos. Instrumentación.	Supervisor eléctrico e

Debido a que los investigadores no pertenecen actualmente al grupo de confiabilidad, pero que participaron del entrenamiento, y que han desempeñado las funciones de operación y mantenimiento del área de investigación, acordaron con el grupo de confiabilidad, desarrollar la investigación y realizar la propuesta con los lineamientos establecidos por el grupo de confiabilidad, de tal manera que la propuesta realizada agilice el proceso de mantenimiento a establecer en esta área de operación, la investigación se realizó con participación de los grupos de mantenimiento y operaciones.

4.6. DESARROLLO DEL HORARIO

El Facilitador desarrolla un Plan conveniente que trata de lo siguiente:

- Recolección de información.
- Análisis de datos y requisitos de los participantes.
- El proceso fue desarrollado por los investigadores, durante tiempo no laboral, realizando análisis de los datos existentes y de las lecturas realizadas en los manuales de mantenimiento de los fabricantes.

4.7. Recolección y organización de la información.

El Facilitador debe obtener toda la información específica para ser colocada en el software de R.C.M el cual puede trabajar en un sitio alejado con toda la información recopilada por el coordinador de la facilidad.

Las funciones del facilitador fueron realizadas por los investigadores y los datos recolectados y organizados para luego ser instalados en el software de aplicación R.C.M que es S.A.P y que esta intercomunicado con Bann IV.

4.7.1. Antecedentes de trabajo en el software.

Se Realiza la implementación inicial e instalación según manual proporcionado por el administrador del software de R.C.M implementado en S.A.P. Esto consiste en realizar la configuración requerida del software de R.C.M aplicado a la facilidad.

El resumen electrónico de la información se debe compilar e incorporar preferiblemente en el software de R.C.M antes de que las sesiones reales del análisis comiencen. Mucha de la información se toma en el sitio específico y por lo tanto requerirá ayuda del coordinador de la facilidad.

La información restante se puede tomar durante las sesiones del análisis, aunque algunas no necesitan ser introducidas, dependiendo del alcance del análisis. R.C.M posee un manual del usuario donde encontrara la información de cómo puede incorporar la información en el paquete del programa.

4.7.2. Instalación y configuración del software.

- Instalación y análisis del software S.A.P 4.6
- Se Instala la ultima versión del programa S.A.P 4.6 siempre intercomunicado con Bann IV.
- Localización y participantes.
- Repasar y poner puesta en práctica de la matriz criticidad y de oportunidad.
- Listado de los equipos importantes.
- Escribir la importancia de los sistemas.
- Historia de los mantenimientos correctivos (opcional).
- Programa existente de los mantenimientos preventivos (Opcional).
- Recomendaciones sobre los repuestos críticos a ser importados (opcional)

- Recomendación del fabricante sobre el mantenimiento de los equipos. (opcional).
- Esta coordinación fue realizada por el Ingeniero de Confiabilidad del grupo de confiabilidad, el software R.C.M y es propiedad de Lighting de Colombia S.A y para ser usado solo en las facilidades de la compañía, su instalación en los computadores del grupo de confiabilidad, fue coordinada y desarrollada directamente con la casa matriz de Holanda.

4.8. R.C.M Y SU EJECUCION

Al realizar la sesión inicial el facilitador realizará una introducción sobre lo más relevante y explicará brevemente el propósito del análisis de R.C.M a los participantes. Esto debe incluir la metodología básica del análisis, alcance, y el porque fueron escogidos. Realizará una cierta discusión sobre la teoría y las definiciones de los términos comunes de la confiabilidad y lo beneficioso que estos pueden ser.

Se realiza esta etapa básicamente con una presentación donde se explica la historia del R.C.M, Funciones y Fallas, las fallas funcionales, los puntos desarrollados anteriormente sobre la conformación de grupos, horarios de trabajo y la explicación de términos y conceptos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

4.8.1. Distribución de la documentación.

El facilitador distribuye el horario de las sesiones a los participantes, distribuye copias de la documentación que se ha compilado previamente, y asigna una cierta responsabilidad de traer la documentación adicional para discusiones futuras. Los documentos típicos se describen en documentos de R.C.M, y pueden incluir:

- Manuales de los procesos.
- Documento a cada participante sobre las funciones del R.C.M.
- Documento de la matriz de criticidad.
- Documento sobre la importancia de la puesta en marcha del programa R.C.M.
- Entregar documentos sobre los mantenimientos preventivos, predictivos, reportes diarios semanales realizados en la planta.

La investigación requerirá de los planos de proceso e instrumentación, Planos resumen de balance de materia, planos esquemáticos de los equipos involucrados en las líneas de producción, planos de potencia de la sub.

Estación eléctrica, planos del compresor centrífugo, planos de bombas de vacío, manuales de operación, matriz de jerarquización de eventos, reportes de falla históricos, reportes de mantenimientos actuales, procedimientos de mantenimiento, todo ellos en el área de inyección de gas nitrógeno y argon y de los sistemas turbo compresores centrífugos.

4.8.2. Ejecución del análisis.

Se realiza un entrenamiento sobre el manejo práctico del software S.A.P 4.6.

4.8.3. Papel de los facilitadores.

El papel de los facilitadores es conducir la sesión y es por lo tanto los responsables de mantener un paso progresivo del análisis y de dirigirlo en la dirección apropiada.

La manera más eficaz de lograr esto es haciendo preguntas pertinentes sobre desarrollo del proceso de confiabilidad, del equipo y observar las tareas actuales del mantenimiento realizadas. Aunque la capacidad del facilitador es la de realizar esta función, dependerá considerablemente de su conocimiento técnico, se espera que los participantes entiendan el propósito del proceso de R.C.M de modo que puedan proporcionar la entrada constructiva.

Es por lo tanto esencial que el Facilitador proporcione la orientación apropiada.

4.8.5. Generación de reportes.

Desarrollando las expectativas para los requisitos del informe final y de la distribución, todos los informes se pueden generar, convenidos al plan de la puesta en práctica. Los informes típicos son:

- Tareas específicas asignadas a cada parte del equipo.
- Tareas asignadas a cada persona.
- Informes detallados y completos que demuestran modos de falla, causas, criticidad, efectos, etc.
- Detalles de la función.
- Participantes
- Matriz de criticidad.
- Puesta en práctica.
- Implementación de la matriz

5. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.

EL primer paso llamado **START o COMIENZO**, es donde se define el alcance del análisis a realizar, para la investigación consistió en definir el área de inyección de gas Argón y Nitrógeno con sistemas automáticos y por medio de compresores centrífugos, en el área de líneas de producción de lámparas incandescentes, en el área de sub. Estación eléctrica de la compañía Lighting de Colombia S.A

Aunque el R.C.M es la filosofía a implementar por Equipo de Mantenimiento de Lighting de Colombia S.A y Supervisada por Philips Internacional, la monografía solo se realizará en las áreas mencionadas anteriormente. El modelo de R.C.M es desarrollado por el grupo de confiabilidad, departamento creado como una recomendación de la auditoria externa realizada por Philips casa matriz ubicada en Holanda la cual define al grupo como función de aplicación de todas las herramientas de gestión de mantenimiento utilizadas por Philips y que son a su vez utilizadas por Lighting de Colombia S.A y que son aplicadas en todas las unidades de negocio de Philips Internacional con el fin de incrementar los niveles de disponibilidad, confiabilidad, utilización de planta, disminución de costos y estandarización de procedimientos y programas de mantenimiento, y los pasos importantes para implantar esta nueva metodología es:

1. Manifestar a gerencia general sobre la decisión de introducir el modelo de R.C.M en la compañía. La decisión de la Compañía de adoptar el modelo deberá ser comunicada a todos los empleados, pues todos deberán prepararse psicológicamente para cooperar en la consecución de las expectativas y metas a ser alcanzadas con el programa en cuestión.

Es en la dirección donde se gesta la filosofía de trabajo del modelo propuesto. Su convicción y compromiso son fundamentales para el éxito o fracaso del programa. Una visión clara hacia donde dirigir los esfuerzos económicos, de tiempo y de personal ayudan para abordar el programa.

- ▣ El comité de dirección deberá declarar su decisión para la introducción del modelo.
- ▣ Organización de eventos, como seminarios y reuniones sobre el modelo, orientado a todos los mandos de la empresa.
- ▣ Publicación de esta declaración en el boletín interno de la empresa.

- ▣ Es recomendable que el modelo de R.C.M sea desarrollado a nivel de mantenimiento, producción y control de calidad como un sistema con el cual se trabaja arduamente para la consecución de un único fin.

2. El papel de la dirección del sistema:

- ▣ Exponer a la compañía los objetivos y resultados del modelo para conseguir que este se transforme en una idea entusiasta, los cuales serán comparados en la medida en que se este implantando el proyecto.
- ▣ Es necesario recordar que para alcanzar un perfeccionamiento verdadero de las personas y equipos a través del modelo, será necesario la decisión de disponer de tiempo y recursos financieros para este fin.

3. Campaña de divulgación y entrenamiento para la introducción del modelo

Este modelo ayuda a mejorar las condiciones de la empresa a través del mejoramiento de las personas y equipos. Así, en la medida que se va introduciendo el modelo en todos los niveles jerárquicos, se consigue una mayor comprensión sobre el proyecto mejorando notablemente la eficiencia y la eficacia tanto a nivel personal como a nivel de línea productiva. Se debe efectuar un entrenamiento del modelo siguiendo la escala jerárquica, de acuerdo a lo siguiente:

- ▣ Personal directivo.
- ▣ Personal de mandos medios.
- ▣ Personal técnico, líderes de grupo y otros.
- ▣ Empleados en general. Podrán recibir información sobre el modelo a través de seminarios ayudados por medios audiovisuales.

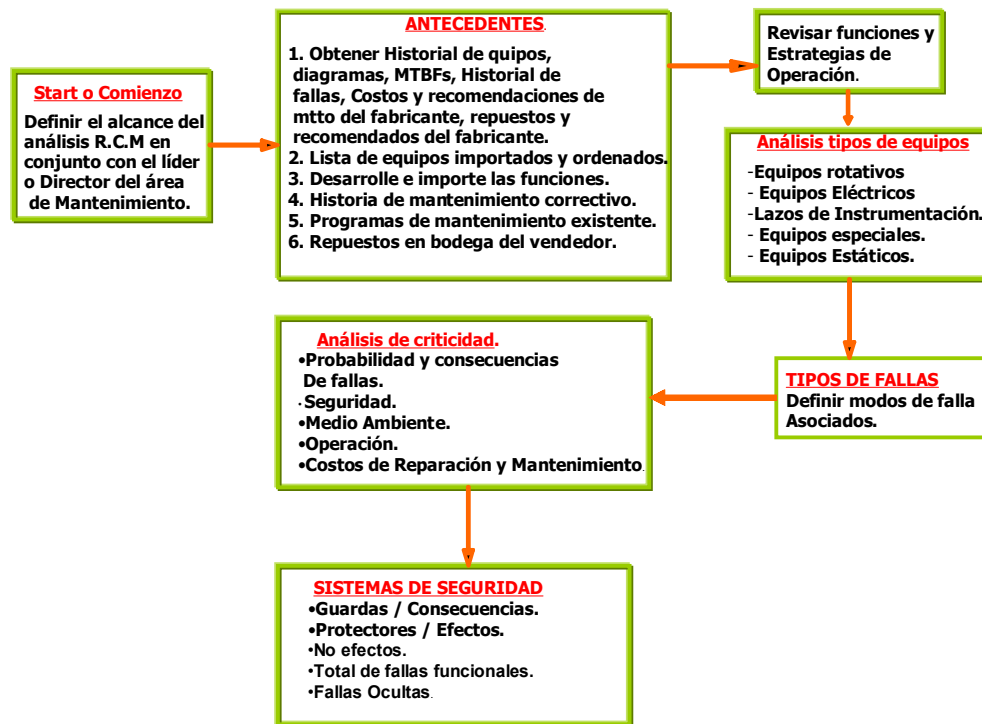
El siguiente paso es llamado por la compañía como antecedentes como se observa en la figura 30, los cuales básicamente son la recolección de datos necesarios para el desarrollo de la investigación, para tener todos los elementos que permiten realizar un análisis objetivo y confiable de la Estrategia de mantenimiento.

Para esta Estrategia, fue necesario agrupar varios sets de planos de proceso, control e Instrumentación, eléctricos y mecánicos, reportes del CMMS, análisis de bases de datos, listados de repuestos, etc. Obtenidos los documentos actuales del sistema se procedió con el paso de formatearlos en las tablas que recomienda el sistema de tal manera que puedan ser introducidos en bloque al sistema S.A.P el cual esta intercomunicado con el software de mantenimiento llamado Bann IV. La Jerarquía en la compañía se identifica en tres niveles básicamente:

- Nivel de Sistema: Identifica un área funcional de la planta.

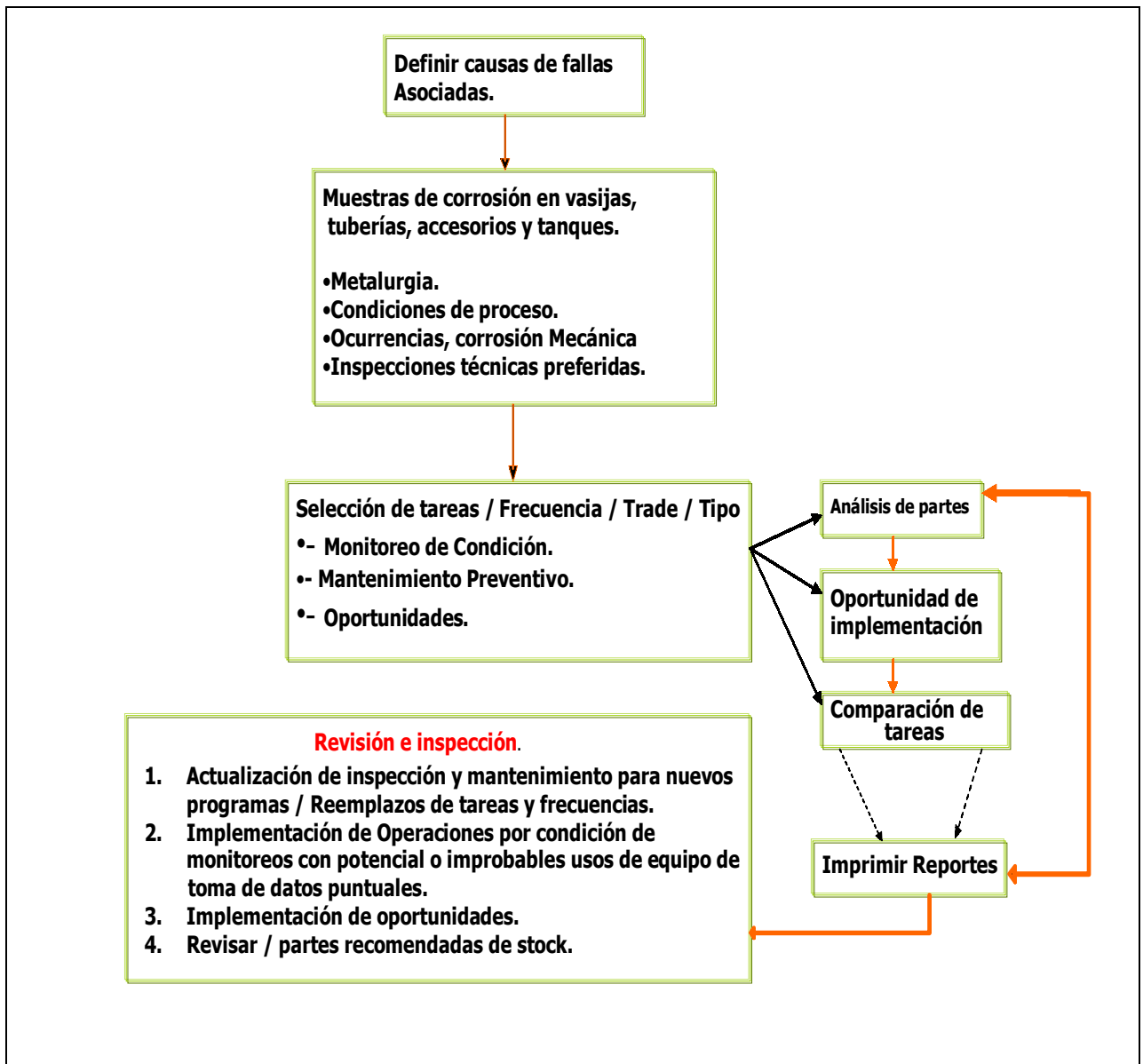
- Nivel de Tag: Identifica un equipo mayor.
- Nivel de Asset: Identifica los componentes mantenibles de un equipo.

Figura 36. Proceso para implantar R.C.M



Teniendo en cuenta este proceso podemos delimitarlo y complementarlo con el siguiente procedimiento final como se observa en la figura 31, cuyo fin es la obtención de una buena consecución del proceso y consiste en complementar lo expresado anteriormente el cual es expuesto a continuación:

Figura 37. Procedimiento Final de R.C.M



5.1. ESTRATEGIA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PARA LIGHTING DE COLOMBIA S.A.

5.2. OBJETIVO.

El objetivo de esta estrategia es asegurar la continuidad del proceso productivo a través de la prevención de correcciones de fallas de los aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos de cada uno de los equipos de la fábrica de lámparas incandescentes.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO R.C.M

- **Plan de mantenimiento UBM: Mantenimiento basado en la condición.**

Este es realizado sobre la base de la periodicidad de actividades, determinada por los siguientes criterios.

- 1 Recomendaciones técnicas declaradas por el fabricante.
- 2 Revisión y análisis de historial disponible del equipo.
- 3 Criticidad de equipos (Según tabla de criticidad FLCT9304 – MM – 0340/01-006).
- 4 Definición de listas de materiales para actividades.
- 5 Inventarios de piezas y partes.
- 7 Recursos humanos disponibles.

La emisión de la orden de trabajo se genera a partir de la planificación de actividades que corresponde realizar según calendario, considerando recursos materiales (Inventario de partes), Recursos humanos disponibles, Criticidad de Máquina. Este plan se encuentra calendarizado en el registro. FLCT9304 – MM –340/01-001.

La reprogramación, postergación o suspensión de actividades del plan de Mantenimiento pueden ser realizadas cuando:

1. Por solicitud de producción cuando sea necesario contar con la línea

para dar cumplimiento a las entregas de producto comprometidas.

2. Cuando, previo análisis, sea necesario priorizar otros mantenimientos a otros grupos de producción o otras actividades de mantenimiento.
3. Cuando las intervenciones correctivas realizadas previamente, cubran la mayoría de las actividades involucradas en el plan de mantenimiento para los grupos de producción. Y sean validadas en la orden de trabajo correspondiente.

Para todos los casos, descritos, se realizará la reprogramación, postergación o suspensión del mantenimiento previa solicitud por parte del jefe de mantenimiento mecánico o eléctrico y aprobado por el jefe de mecanización y el gerente técnico. Esta solicitud puede ser tramitada vía sistema lotus notes o memorando interno.

- **CBM: Mantenimiento Basado en Condición.(Condition Based Maintenance).**

Se realiza como resultado de la revisión historial de fallas y observaciones producto de la realización de trabajos correctivos.

1. Trabajo correctivo Inmediato.
2. Trabajo Correctivo programado.
3. Incorporación al plan de mantenimiento preventivo.

5.5. EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

La ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo son realizadas a través de la emisión y cierre de “Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo”, registro FLCT9304-MM-0340/01-008.

El ciclo de orden de trabajo se representa en el “Diagrama de flujo de activación de órdenes de trabajo preventiva”.

5.5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

- **FBM: Failure Based Maintenance**

Esta se realiza cuando se detecta la ocurrencia de un defecto o de falla que afecte uno de los siguientes aspectos:

- 1 Continuidad del proceso productivo (Detención no programada).
- 2 Seguridad del personal.
- 3 Calidad de los productos.
- 4 Parámetros del proceso (Niveles de desechos).

Cada uno de estos factores puede generar:

1 Trabajo Correctivo Inmediato

Que involucra detención inmediata de los equipos de producción y que es solicitado a través del registro: FLCT9304 – MM- 0340/01-002 y queda registrado en el reporte de producción del turno, el cual es avalado por el Maquinista de línea y firmado por el Mecánico de turno.

2 Trabajo Correctivo Programado

Que consiste en la realización de las actividades de corrección de las fallas o defectos encontrados y que según su naturaleza y recursos disponibles pueden ser realizados posteriormente en forma programada. Estos trabajos son programados a través de una Orden de trabajo Correctiva. FLCT9304 – MM –0340/01 – 005 por el jefe de mantenimiento Mecánico o Eléctrico, para ser realizados de acuerdo a la planificación y disponibilidad de recursos.

3 Solicitudes de Mantenimiento

Se generan a partir de “Solicitudes de Mantenimiento Programado “ FLCT9304 – MM – 0340/01 –003 que son generadas y analizadas por producción, en conjunto con Mtto. Según el resultado del análisis esta actividad será realizada a través de:

- 1 Trabajo Correctivo Inmediato.
- 2 Trabajo Correctivo Programado.
- 3 Incorporación al plan de Mantenimiento Preventivo.

4. Plan de Control

El plan es controlado por el jefe de mecanización vía electrónica, la cual consta de los siguientes módulos.

- 1 Planificación.
- 2 Control Mantenimiento Preventivo.
- 3 Control Mantenimiento Correctivo.
- 4 Control de inventario.
- 5 Control de ejecución actividades.
- 7 Historial de fallas.
- 8 Informes de gestión (Sumarios de costos, Estadísticas, etc.).

5.6. REVISIÓN CRÍTICA DEL PLAN

El plan de mantenimiento esta sujeto a modificaciones constantes, debido a que el sistema es retroalimentado con base en los siguientes aspectos:

1. Experiencias Obtenidas de la realización de las actividades, informadas por el mecánico de turno.
2. La revisión de los factores que intervinieron en la planificación y la emisión de Órdenes de trabajo.
3. El análisis del programa de mantenimiento y de la actividad de mantenimiento será llevado a cabo a través de la revisión crítica de los componentes del programa de mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo

- o Plan de mantenimiento UBM: User Based Maintenance.*
- o CBM: Condition Based Maintenance*

Mantenimiento Correctivo

- o FBM: Failure Based Maintenance*

La revisión realizada de estos aspectos basada en la revisión del KPI's, informes de gestión (Índices, Sumarios, Gráficas, Estadísticas, etc. Esta revisión quedará evidenciada en el registro FLCT9304 – MM – 340/01 – 007 que será emitido semanal y mensualmente para ser presentado en reunión de seguimiento en conjunto con producción semanalmente y quedará evidenciando en a minuta correspondiente.

5.7 INDICADORES DE DESEMPEÑO

5.7.1 Horas Parada Total. Representa el porcentaje correspondiente a las horas de detención de equipos de producción en comparación al total de horas disponibles en las líneas de producción en un periodo de tiempo y que ocasionan la interrupción o afectan la continuidad del proceso productivo.

El indicador esta descompuesto en 3 sub. – Indicadores, que reciben el mismo tratamiento a como son el área Mecánica, el área Eléctrica, el área Electrónica y el área productiva:

Cuadro 3. Indicadores de desempeño.

Indicador
Horas de Parada Mecánicas
Horas de Parada Eléctricas
Horas de Parada Electrónicas
Horas de Parada Operativas

5.7.2. MTBF (Mean Time Between Failures) Tiempo Medio Entre Fallas.

Representa el Tiempo medio entre los eventos de fallas presentadas en los equipos de producción y que ocasionan la interrupción o afectan la continuidad del proceso productivo.

5.7.3. MTRH (Mean Time To Repair) Tiempo Medio Para Reparación.

Representa el tiempo medio para la realización de intervenciones y reparaciones de fallas presentadas en los equipos de producción y que ocasionan la interrupción o afectan la continuidad del proceso productivo.

5.7.4. Disponibilidad de Máquina.

Porcentaje de disponibilidad de Máquina para producción del proceso productivo.

5.7.5. Índice de Fiabilidad de Máquina.

Índice adimensional obtenido estadísticamente y representa la probabilidad de buen funcionamiento de un equipo con base en el historial de fallas en un periodo determinado.

5.7.8. Horas de Parada por Falta de Repuestos.

Representa el porcentaje correspondiente a las horas de detención de equipos de producción por causas de la falta de repuestos en comparación al total de horas disponibles en las líneas de producción en un periodo de tiempo.

5.7.7. Resumen de indicadores de desempeño y parámetros de equipos para producción.

Cuadro 4. Resumen de indicadores de desempeño.

Indicador	Un.	Frecuencia de Registros	Agrupación de Indicador	Revisión y Análisis
Horas Paradas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
Horas Paradas Mecánicas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
Horas Paradas Eléctricas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
Horas Paradas Operativas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
MTBF (Mean Time Between Failure)	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
MTTR (Mean Time To Repair)	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
Disponibilidad de Máquina	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral

Índice de Fiabilidad de Máquina	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Semanal Mensual Trimestral
Horas Paradas por Falta de Repuestos	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea GLS. Planta	Mensual Trimestral

Las metas de estos indicadores son definidas por la Gerencia Técnica para cada periodo productivo y se encuentran descritas en el siguiente anexo.

5.7.8 Indicadores de desempeño área de mantenimiento

En este cuadro indica la meta a la que tiene que llegar el departamento de mantenimiento por horas paradas de mantenimiento y teniendo en cuenta las periodicidades estipuladas.

Cuadro 5. Metas Indicadores de desempeño área de mantenimiento.

Indicador	Un	Frecuencia de Registros	Agrupación de Indicador	Revisión y análisis	Meta
Horas Paradas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	4%
Horas Paradas Mecánicas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Grs. Planta	Semanal Mensual Trimestral	2.1%
Horas Paradas Eléctricas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	0.4%
Horas Paradas Operativas	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	1.5%
MTBF (Mean Time Between Failure)	Hrs.	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	7.5 hrs. 20 hrs
MTTR (Mean Time To Repair)	Hrs.	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls.	Semanal Mensual Trimestral	0.5 hrs.

			Planta		
Disponibilidad de Máquina	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	96%.
Índice de Fiabilidad de Máquina	%	Mensual Acumulado	Equipo Línea Gls. Planta	Semanal Mensual Trimestral	0.95
Horas Paradas Por Falta de Repuestos	%	Mensual Acumulado	Planta	Mensual Trimestral	0.05%

En la grafica 38 se podrá apreciar el programa de mantenimiento que se debe realizar a cada línea durante un mes señalado o estipulado por el departamento de mantenimiento.

Figura 38. Cronograma de actividades de mantenimiento por líneas.

5.7.9. SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Figura 39. Formato de solicitud de mantenimiento.

LIGHTING DE COLOMBIA S.A. SOLICITUD DE MANTENIMIENTO				9999
FECHA:	MAQUINA:	LINEA:	MAQUINISTA LINEA:	
AREA INTERVENIDA:				
* MANTENIMIENTO: MECANICA <input type="checkbox"/> ELECTRICA <input type="checkbox"/> ELECTRONICA <input type="checkbox"/> VACIO <input type="checkbox"/> VERIFICACION <input type="checkbox"/>				
DESCRIPCION RESUMIDA DEL PROBLEMA:				Vo.Bo. MAQUINISTA:
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
DESCRIPCION RESUMIDA DE SOLUCION: (Causa /Defecto / Solución)				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
REPUESTOS EMPLEADOS:	CODIGO 12NC:	CANTIDAD:	DESCRIPCION:	
	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>	
PARADA DE MAQUINA:				
ATENDIDO POR:	TIEMPO DE EJECUCION:	HORA INICIO:	HORA FIN:	TIEMPO PARADA:
	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>
	HORA LLAMADA:	HORA ENTREGA MANTO:		HORA ARRANQUE:
	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>		<hr/> <hr/>
OBSERVACIONES:				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
F-LCT9304-MM-0340/01-002				

5.8 SOLICITUD DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y CRITICIDAD DE EQUIPOS.

Métodica para Definir Criticidad de Equipos:

Se define:

A.- El equipo afecta a la continuidad del proceso productivo

B.- El equipo afecta directamente a la calidad del producto

C.- Recomendaciones técnicas declaradas por el fabricante

D.- Historial de fallas

E.- El equipo afecta directamente el Medio Ambiente

Se evaluarán los equipos en cada uno de estos aspectos, de acuerdo a:

4 Muy alto

3 Alto

2 Medio

1 Bajo

0 Nulo

La suma de la puntuación obtenida en los aspectos A - B - C - D, dará la siguiente clasificación:

13 _ 16 Altamente Critico

8_12 Critico

0-7 Criticidad Baja

La puntuación en el punto E dará la siguiente clasificación:

4 Altamente crítico.

3 Crítico

0 - 2 Criticidad baja.

La definición de la criticidad de equipo determinará las siguientes consideraciones:

a) Intervalo de Actividades de revisión y Mtto.

b) Prioridad de realización de actividades.

c) Definición de stock mínimo en Inventario de piezas y partes

5.8.1. Clasificación de criticidad de equipo según metodica de criticidad.

La criticidad esta clasificada para cada línea de producción en la cual se involucran todas las maquinas para su estudio y para su análisis final para su efectividad en su desarrollo.

	A	B	C	D	E	Total	Clasif	Target HP
A 1								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 2								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 3								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 4								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 5								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
Embaladora	1	1	1	1	1	5	CB	
A 6								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 7								
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 8								
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
A 9								
Esc	3	3	3	2	4	15	AC	4
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
B 10								
Estemes	3	3	3	2	1	12	C	0.7
Montaje	3	4	4	3	1	15	AC	0.7
Selladora & Bomba	4	4	4	4	3	19	AC	2
Macara	2	1	2	2	2	9	C	0.3
Fijar Casquillos	3	2	3	2	1	11	C	0.3
Embaladora	1	1	1	1	1	5	CB	

5.8.2. Revisión de indicadores de mantenimiento

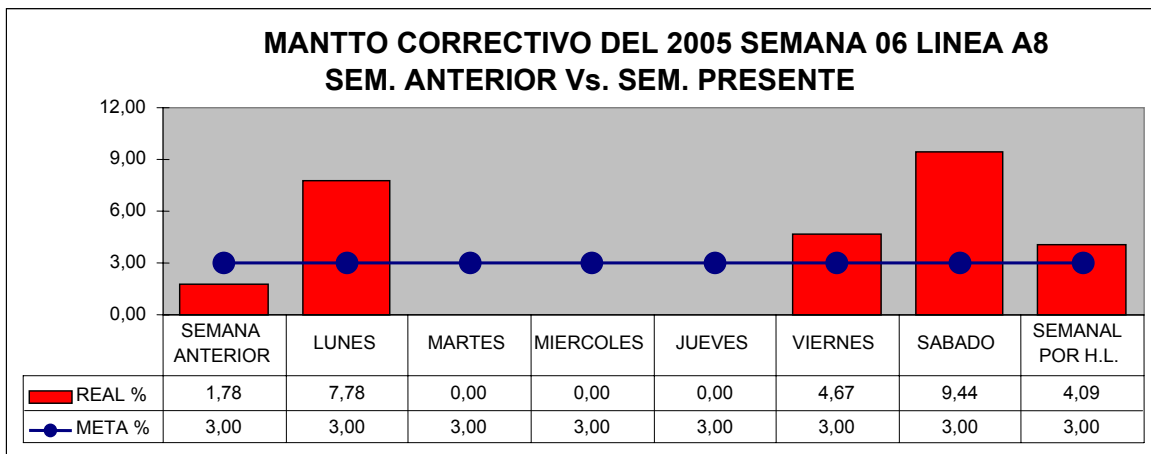
Figura 40. Indicadores de mantenimiento.

Análisis de Priorización de línea:

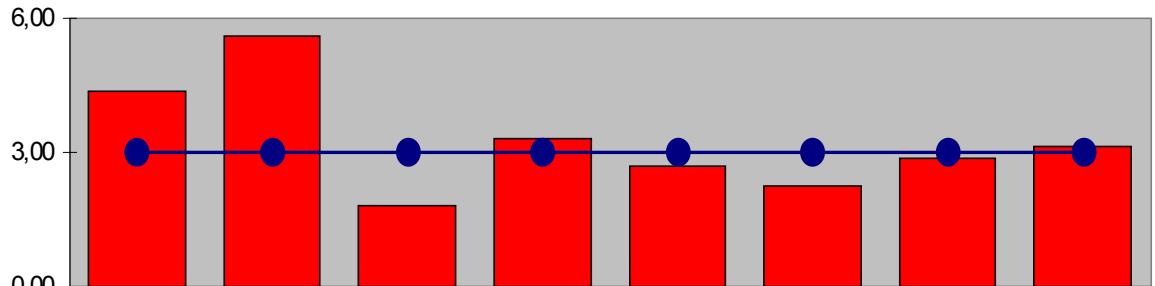
LINEA	% Hrs Parada	MTBF
A09	15,6	4,481
A04	4,6	12,067
B10	3,2	20,407
A01	2,5	10,909

VoBo. Director de mantenimiento. Fuente: el autor.

- 1 Indicadores y análisis por maquinas.

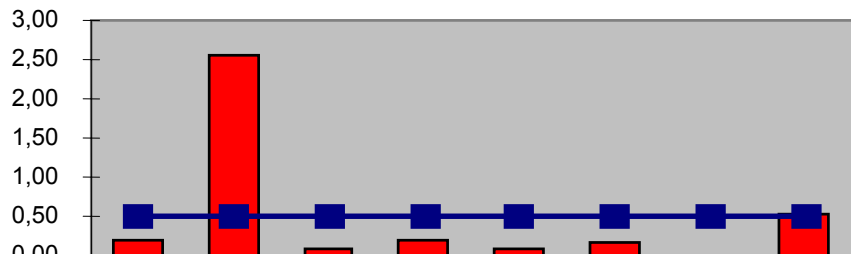


**MANTTO CORRECTIVO SEMANA 06 GENERAL
SEM. ANTERIOR Vs. SEM. PRESENTE**



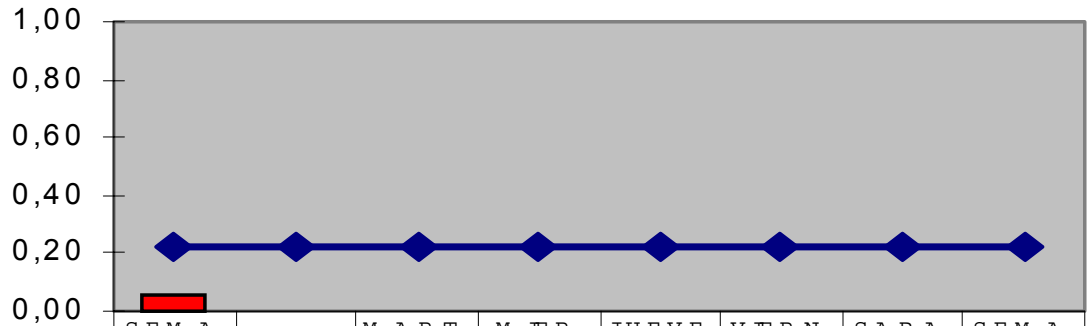
	SEMANA ANTERIOR	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	SEMANTAL POR H.L.
REAL %	4,37	5,61	1,80	3,32	2,68	2,26	2,85	3,12
META %	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

**CORRECTIVO DEL 2005 ELECTRONICO GENERAL
SEM. ANTERIOR Vs. SEM. PRESENTE**



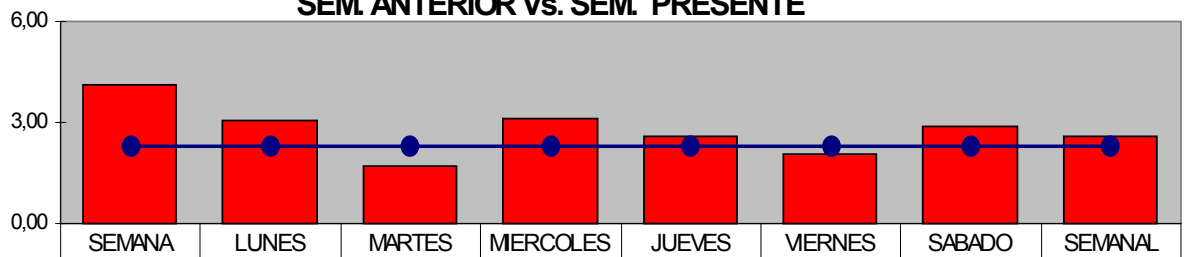
	SEMANA ANTERIOR	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	SEMANTAL
REAL %	0,1	2,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5
META %	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

CORRECTIVO VACIO GENERAL SEM. ANTERIOR Vs. SEM. PRESENTE



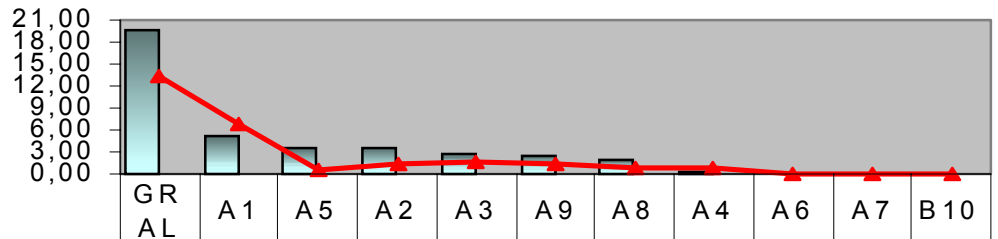
	SEM A NA	LUNES	MART ES	M IER COLE	JUEVE S	VIERN ES	SABA DO	SEM A NAL
■ R E A L %	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
◆ M E T A %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

CORRECTIVO MECANICO GENERAL SEM. ANTERIOR Vs. SEM. PRESENTE



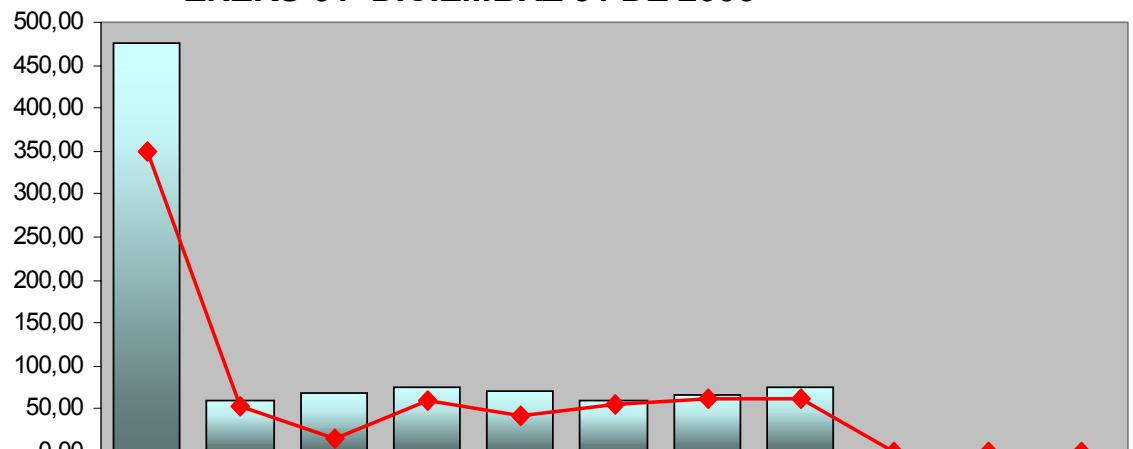
	SEMANA	LUNES	MARTES	MERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	SEMANAL
■ REAL %	4,12	3,06	1,71	3,13	2,59	2,09	2,85	2,58
● META %	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28

ESTIMATIVO MANTTO CORRECTIVO GENERAL ENERO 01- DICIEMBRE 31 DE 2005



PAROS EN HORAS	19,6	5,25	3,67	3,42	2,75	2,50	1,93	0,17	0,00	0,00	0,00
PORCENTAJE	4,14	8,82	5,28	4,56	3,91	4,15	2,96	0,22	0,00	0,00	0,00
P. H. SEM. ANTERIOR	13,33	6,72	0,42	1,33	1,75	1,42	0,95	0,75	0,00	0,00	0,00

ESTIMATIVO MANTTO CORRECTIVO GENERAL ENERO 01- DICIEMBRE 31 DE 2005



HORAS LABORADAS	475,35	59,50	69,50	75,00	70,25	60,30	65,30	75,50	0,00	0,00	0,00
H.L. SEM. ANTERIOR.	350,50	53,00	16,25	60,75	41,00	55,75	61,00	62,75	0,00	0,00	0,00

Cuadro 6. Indicadores por maquina.

5.- Indicadores Por Máquina

LINEA	MAQUINA	Min Parada	N Event	Hrs Parada	% Hrs Parada	MTBF	MTR
A 01	A01 ENH01	340	11	5.67	1.15	44.26	0.515
A 01	A01 SLL01	200	8	3.33	0.68	61.15	0.417
A 01	A01 FCS01	105	13	1.75	0.36	37.75	0.135
A 01	A01 MNT01	60	5	1.00	0.20	98.31	0.200
A 01	A01 BMB01	47	6	0.78	0.16	81.96	0.131
A 01	A01 ELE01	0	1	0.00	0.00	492.55	0.000
A 04	A04 BMB01	560	9	9.33	2.73	36.91	1.037
A 04	A04 SLL01	335	12	5.58	1.64	27.99	0.465
A 04	A04 FCS01	45	2	0.75	0.22	170.37	0.375
A 04	A04 ELE01	0	2	0.00	0.00	170.74	0.000
A 04	A04 EST01	0	1	0.00	0.00	341.48	0.000
A 04	A04 MNT01	0	1	0.00	0.00	341.48	0.000
A 09	A09 SLL01	455	9	7.58	4.61	17.44	0.843
A 09	A09 ENH01	330	5	5.50	3.34	31.80	1.100
A 09	A09 MNT01	330	6	5.50	3.34	26.50	0.917
A 09	A09 BMB01	235	5	3.92	2.38	32.12	0.783
A 09	A09 FCS01	186	4	3.10	1.88	40.35	0.775
A 09	A09 ELE01	0	1	0.00	0.00	164.50	0.000
A 09	A09 EST01	0	1	0.00	0.00	164.50	0.000
B 10	B10 BMB01	365	5	6.08	1.15	104.18	1.217
B 10	B10 SLL01	241	10	4.02	0.76	52.30	0.402
B 10	B10 ENH01	210	2	3.50	0.66	261.75	1.750
B 10	B10 MNT01	169	5	2.82	0.53	104.84	0.563
B 10	B10 FCS01	24	3	0.40	0.08	175.53	0.133
		4237	127	70.62	2.64	20.52	0.556

6.- Análisis y priorización por Máquina

LINEA	MAQUINA	Min Parada	N Event	Hrs Parada	% Hrs Parada	MTBF	MTR
A 01	A01 ENH01	340	11	5.67	1.15	44.26	0.515
A 01	A01 SLL01	200	8	3.33	0.68	61.15	0.417
A 01	A01 FCS01	105	13	1.75	0.36	37.75	0.135
A 04	A04 BMB01	560	9	9.33	2.73	36.91	1.037
A 09	A09 SLL01	455	9	7.58	4.61	17.44	0.843
A 09	A09 ENH01	330	5	5.50	3.34	31.80	1.100
B 10	B10 BMB01	365	5	6.08	1.15	104.18	1.217
B 10	B10 SLL01	241	10	4.02	0.76	52.30	0.402

7.- Pareto Hrs. Paradas por Máquina

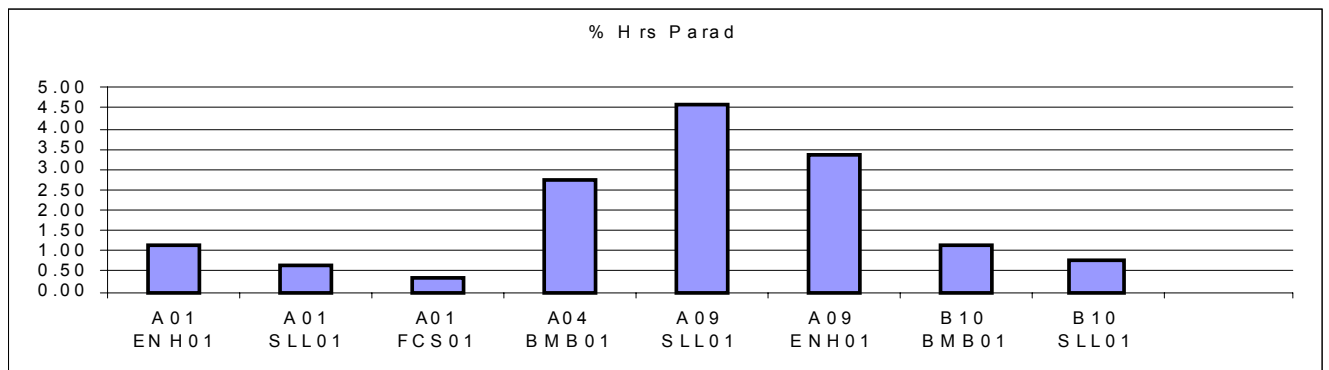


Figura 41. Detalle de detenciones, análisis y acciones.

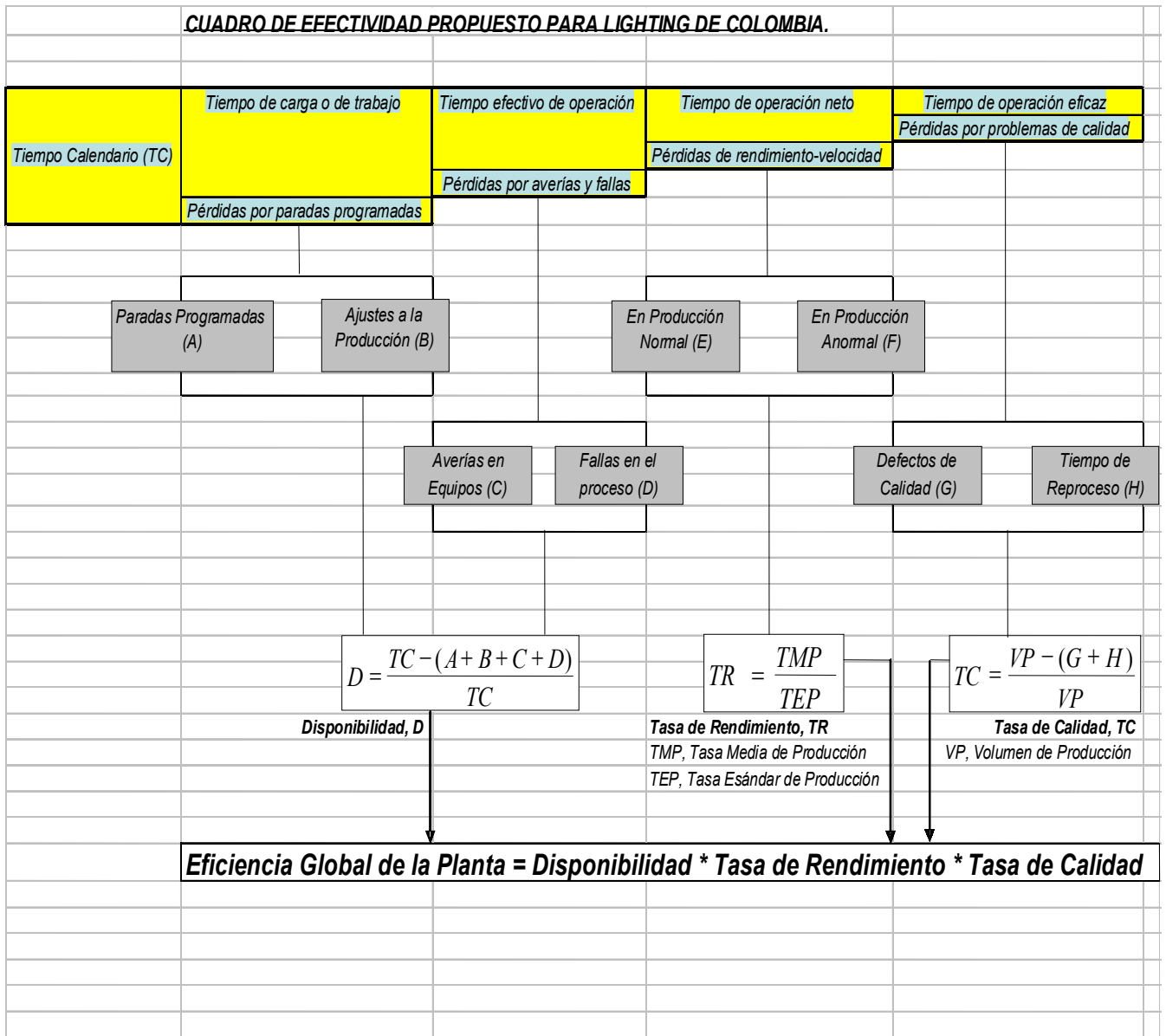
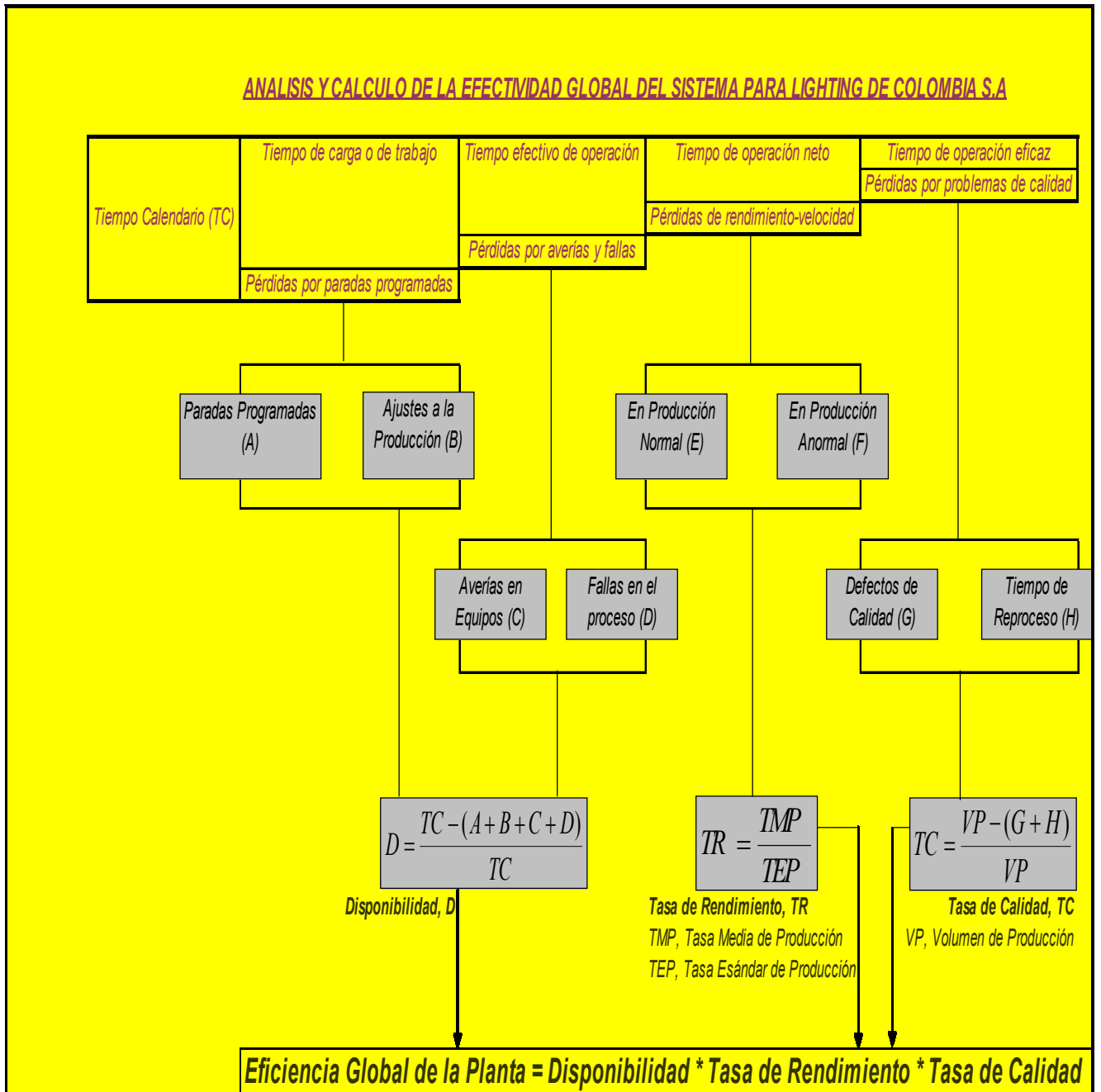


Figura 42. Efectividad del sistema.



6. METODOS DE GESTION PARA EL ALMACÉN.

6.1 OBJETIVO

Establecer el procedimiento de almacén de repuestos para realizar el adecuado control de stock, el control de entradas y salidas, la emisión de requisiciones de compra, la recepción de repuestos y el manejo de la información para el gerenciamiento del almacén de repuestos.

7.2 DEFINICIONES

Nacionalización: Proceso de fabricación local de piezas y repuestos con diseño de la casa matriz Philips Holanda.

6.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL ALMACEN GENERAL

7.3.1 Organización del almacén de repuestos.

En la bodega de repuestos se almacena las piezas y partes de los equipos que conforman las líneas de producción y los equipos de principales de la compañía. Estas piezas y partes se dividen en:

- 1 Repuestos Importados.
- 2 Repuestos Nacionales.
- 3 Repuestos Comerciales.
- 4 Insumos y Materiales de Mantenimiento.

Estos repuestos serán controlados con el manejo del modelo de control de repuestos en BAAN IV donde se encontrara registrada por cada ítem la siguiente información.

- 1 Código 12NC.
- 2 Descripción.
- 3 Unidad de Medida.
- 4 Categoría Artículo.

- 5 Ubicación Física.
- 7 Tipo de Artículo.
- 7 Stock Actual.
- 9 Stock Mínimo.
- 9 Stock Máximo.
- 10 Punto de Reorden.
- 11 Cantidad de Reorden.
- 12 Proveedor.
- 13 Último Costo.
- 14 Método de Reorden.

Estos repuestos se encuentran clasificados en estratégicos, no estratégicos y especiales en el campo tipo de artículo de acuerdo al siguiente criterio.

6.3.2 Estratégicos.

- 1 Repuestos de Alto Consumo.
- 2 Alto Tiempo de Entrega.
- 3 Repuestos Críticos.
- 4 Repuestos Irreparables o No recuperables.

6.3.3 No Estratégicos.

- 1 Repuestos de Baja Rotación.
- 2 Repuestos Reparables o Recuperables.
- 3 Alternativas en el mercado Total.

6.3.4 Especial.

- 1 Repuestos de rotación baja.
- 2 Uso especial o modificaciones.
- 3 Repuestos para intercambio en grandes mantenimientos.

Además estos artículos son clasificados de acuerdo al tiempo de despacho informado por el proveedor y la clasificación realizada según el siguiente criterio.

Art. Cat 1: Garantizando tiempo de despacho no más de 10 semanas después de recibida la orden, hasta que el empaque este listo para enviar.

Art. Cat 2: Tiempo de despacho depende del nivel de Stock que cuenta el proveedor (Puede Exceder las 10 semanas) Tiempo promedio de despacho 6 semanas.

Art. Cat 3: Tiempo de despacho será informado una vez solicitada la oferta de artículo, precio y tiempo de despacho que será confirmado, estos artículos no se encuentran en Stock y son procesados a pedido. Tiempo promedio de despacho son 6 meses.

Esta clasificación se encuentra evidenciada en el registro FLCT9304-MM-0341/01-02 y registrado en el módulo de control de repuestos MP2 y se emplea como base para la definición del método de pedido o reposición utilizado, que puede ser máximo y mínimo o punto de reorden.

7.3.5. Método Máximo o Mínimo

Este método es aplicable a los repuestos clasificados. El proceso de reposición se activa cuando el nivel de stock alcanza el valor definido en el stock Mínimo. El stock mínimo se calcula de la siguiente manera.

Donde:

Q = Consumo por unidad de tiempo

T = Tiempo de Entrega

Fs = Factor de Seguridad

El factor de seguridad depende de la Categoría de Artículo que representa y se aplica de la siguiente forma:

Categoría 1	Factor de Seguridad = 1
Categoría 2	Factor de Seguridad = 1.5
Categoría 3	Factor de Seguridad = 2

La cantidad final a pedir resultará de acuerdo al análisis realizado por el jefe de mantenimiento Mecánico o Eléctrico, de acuerdo a los siguientes factores,

Análisis de consumo de Repuestos.
Estudio de Incorporación o Nacionalización.
Estudio de Cambio o Modificación de conjuntos.
Líneas en Producción estimadas para el periodo.

6.3.6 Salida de Repuestos de Almacén

- 1 Cuando un técnico mecánico o electrónico solicita un repuesto debe dirigirse al almacén de repuestos y solicitar la entrega de este al almacenista de repuestos.
- 2 El almacenista verificará la existencia del repuesto y la cantidad solicitada. Si existe este se entrega al solicitante consignando en el formato FLCT9304-MM-0341/01-001 Control de Salida de Repuestos de Almacén, la fecha, el Código 12NC, Descripción, Cantidad Solicitada, Cantidad Entregada, Línea en cual se utilizará, Stock final de este artículo y el Nombre del solicitante.
- 3 Si el repuesto es solicitado y retirado en un horario en el cual no se encuentre el almacenista de repuestos, el técnico debe dirigirse al personal de vigilancia. Este acompañará al solicitante y en presencia de ambos procederá a diligenciar el formato FLCT9304 – MM- 0341/01-01 Incluyendo la sección de ingreso en horario Nocturno, indicando la hora de ingreso y de salida del solicitante.

6.3.8 Entrada de Repuestos al Almacén.

Los repuestos de orígenes nacionales e importados son recibidos en la bodega de materias primas. Una vez que sean recepcionados en bodega, se dará aviso al almacenista de repuestos para ser retirados y llevados al almacén de repuestos. El almacenista hará ingreso físico al almacén de repuestos y evidenciará este en el formulario FLCT9304-MM-0341/01-003 Ingreso de Repuestos a Almacén, Fecha, Código 12 NC, Descripción, Cantidad, Ubicación, Stock Final, Origen, Control de Recepción. La actualización en el sistema de control de repuestos será realizada por el encargado de compras NPR, el cual ingresará al sistema los campos requeridos para este efecto.

6.3.8 Control de Recepción de Repuestos

Durante la recepción, los repuestos de mecanización deben ser inspeccionados y revisados, por el almacenista de repuestos de acuerdo al siguiente criterio.

- 4 **Repuestos Importados.** De acuerdo al plano de referencia se debe verificar visualmente.
- 5 **Repuestos de Fabricación Local.** De acuerdo al plano de construcción levantado y registrado en la orden de compra, se deben verificar las especificaciones indicadas en dicho plano de construcción.

6.3.13 Identificación y Separación

En la recepción o utilización de repuestos:

- a) Si son detectados repuestos no conformes en la recepción o utilización el almacenista de repuesto deberá segregar e identificar con una etiqueta roja, dicho repuesto y proceder al registro y notificación.
- B) Si el repuesto es detectado no conforme en al utilización, el jefe de Manutención deberá segregarlo y remitirlo al encargado de repuestos para su identificación de acuerdo al punto anterior.

6.3.14 . Registro y Notificación.

Si son detectados repuestos no conformes en la recepción o utilización el encargado deberá confeccionar un informe F-LCT9304-MM-0341/01-05 mediante el que se notificará al Gerente Técnico para la definición de su tratamiento.

Dicho informe deberá ser previamente enviado al jefe de mecanización respectivo para que incluya su proposición de uso para la decisión final por parte del gerente técnico.

6.3.15 Tratamiento de No-Conformes.

Los repuestos no conformes detectados en la recepción o en la utilización pueden ser destinados a:

- a) Modificar o reparar para su uso.
- b) Devolver a subcontratista.
- c) Destruir.

Decisión que será tomada por el jefe de fábrica de lámparas.

- 1 El repuesto modificado o reparado será tratado como material normal.
- 2 El repuesto que será devuelto al subcontratista debe ser segregado y

enviado o retirado por el subcontratista con la remisión respectiva.

- 3 El repuesto que será destruido debe ser inutilizado y desechado.

6.3.16 Control y Aprobación de Salida de Repuestos.

El jefe de Manutención Mecánica o de Mantenimiento Mecánico, Eléctrico y Electrónico revisarán y analizarán diariamente el formato F-LCT 9304-MM-0341/01-01 avalarán dicho formato según corresponda.

Al final de cada periodo productivo los jefes de mtto.

Mecánico y eléctrico realizarán un análisis crítico de los consumos hechos en el periodo en base al reporte entregado por el sistema de control de repuestos. F-LCT9304–MM-0341/01-04 Saldos del Almacén de Repuestos, y en este se evidenciará el análisis para cada periodo, indicando las acciones a realizar en caso de desviaciones de los parámetros definidos para el consumo de repuestos.

Informe que será enviado mensualmente a la Gerencia Técnica.

Trimestralmente se realizará la confección de la curva de Consumo ABC y se realizará un análisis de esta indicando las acciones a seguir para el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- 1 Comparación periodo anterior.
- 2 Grado de Avance del proceso de nacionalización de repuestos.

7. PROCEDIMIENTO GENERAL DE PLANTA

7.3 OBJETIVO

Establecer los parámetros generales que se deben seguir dentro de la compañía referente al cuidado y conservación del estado de los edificios en los aspectos de mantenimiento, instalaciones, Housekeeping y funcionamiento de seguridades.

7.4 DESCRIPCIÓN

Establecer los parámetros generales que se deben seguir dentro de la compañía referente al cuidado y conservación del estado de los edificios en los aspectos de Housekeeping, mantenimiento, instalaciones y funcionamiento de seguridades mediante las acciones respectivas cuando se evidencia no conformidades en la infraestructura. Ver diagrama de Flujo Anexo “Mantenimiento de Planta”.

7.5 HOUSEKEEPING

Lighting de Colombia S.A. realiza el Housekeeping de todas las instalaciones de la compañía mediante un sistema de contratación formal con terceros, el cual es gerenciado por el área de Ingeniería de Planta con base en un cronograma de actividades evidenciado en los formatos de mantenimiento F-LCT9304-MF-0417/01-001 al FLCT9304-MF-0417/01-011 garantizando de esta manera el orden y aseo general de las instalaciones y sus alrededores.

7.6 MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

Lighting de Colombia S.A. realiza el mantenimiento de las áreas de planta (Reparaciones e implementaciones locativas en general de paredes, techos, pisos, luminarias, puertas, entre otros) mediante un sistema de ordenes de compra o con eventuales contrataciones formales dependiendo de la magnitud de las ejecuciones a realizar a terceros con una evaluación técnica gerenciada por el área de ingeniería de planta con base en una previa requisición y evaluación de las cotizaciones recibidas basándose en un directorio de proveedores establecido, con la ayuda del formato FLCT9304-MF-0417/01-012 en donde describe la periodicidad y la lista de chequeo utilizada.

De esta manera se garantiza la preservación de las instalaciones y el suministro de soluciones adecuadas a las necesidades de la infraestructura.

7.5 FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DE SEGURIDADES

Lighting de Colombia S.A. realiza el mantenimiento de los sistemas de seguridad de la planta basado en 3 modalidades:

- 1 Contrataciones formales a terceros (Sistema Alarma Contra incendio).
- 2 Operación, mantenimiento e inspección de servicios industriales donde se contempla; sala de máquinas, subestación, planta de generación eléctrica, parque de gases, suministro de agua potable, maquinaria auxiliar).
- 3 Ordenes de compra y/o servicio (Mantenimiento de puertas cortafuegos, salidas de emergencia, circuito cerrado de TV, sistema de comunicación interna, control de acceso vehicular y peatonal, centro de acopio, cuarto de inflamables, sistemas de protección eléctrica, iluminación general, sótano técnico) basados en un programa de inspección general gerenciado por el área de mantenimiento de planta garantizando de esta manera el buen funcionamiento de todos los temas de seguridad disponibles con la ayuda del cronograma anual preventivo de seguridades FLCT9304-MF-0417-01-013.

7.5.1 SISTEMA DE RED HIDRÁULICA

La compañía cuenta con una Red Hidráulica contra incendio, que permite controlar incendios de grandes proporciones; ingeniería de planta gerencia su mantenimiento preventivo realizado por el área de servicios industriales contemplando un cronograma establecido por el área para garantizar un nivel de respuesta efectivo.

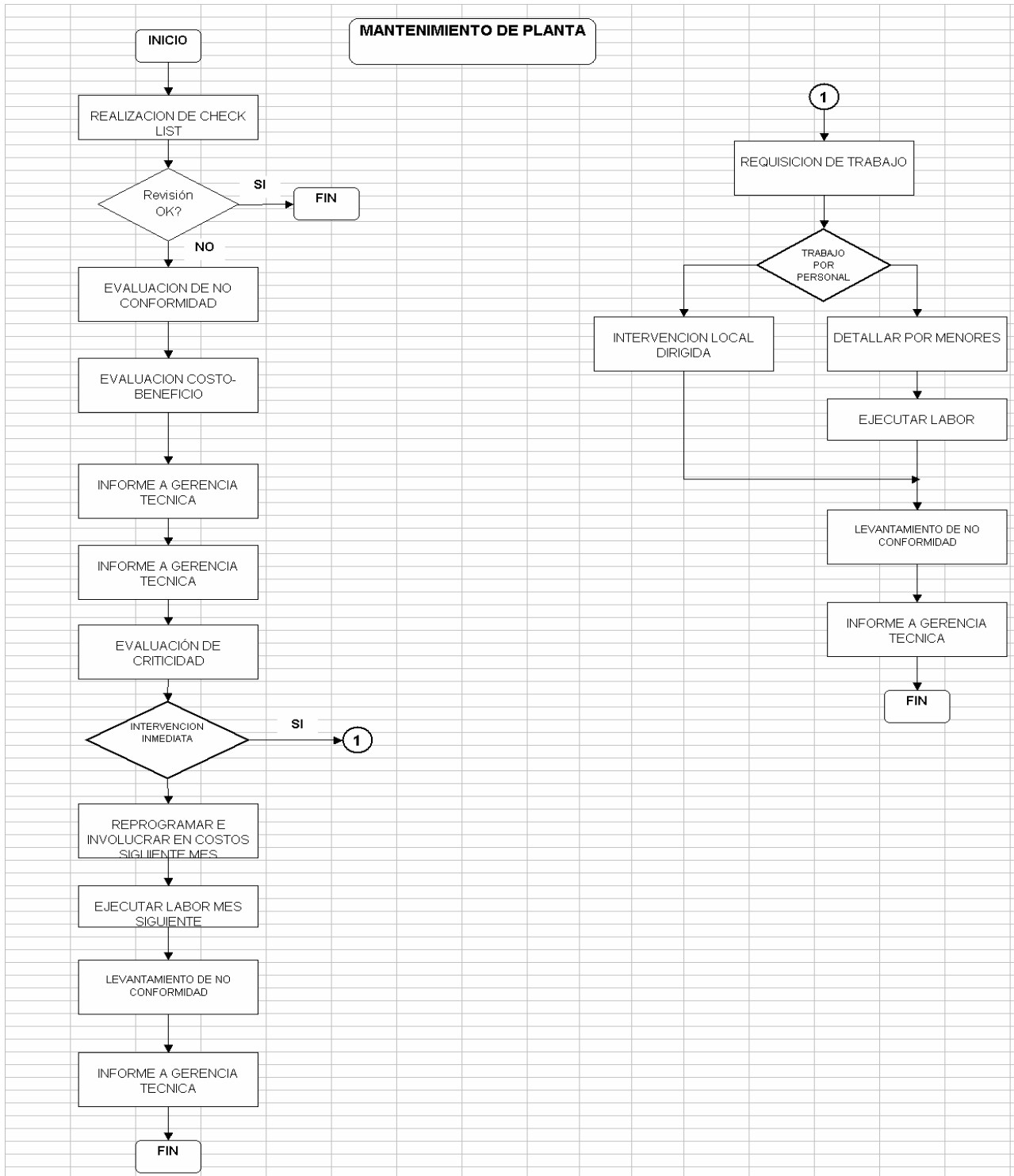
7.5.2 AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Se desarrollará el cronograma de mantenimiento realizado el área de servicios industriales, la cual depende de la dirección del departamento de mantenimiento, se realiza con base en el plan de mantenimiento existente gerenciado por ingeniería de planta para la conservación del agua para consumo humano.

Por lo menos dos (3) veces por año se hará un análisis completo de calidad del agua a través de compañías certificadas por las instituciones, para garantizar que está cumple con los requerimientos mínimos físico-químicos y microbiológicos emitidos por el Ministerio de Salud.

Cuando los resultados de los análisis no cumplan con los requerimientos mínimos se llevarán a cabo las medidas correctivas a que haya lugar; estas decisiones serán tomadas por jefe de Ingeniería de planta, gerente técnico o gerente industrial.

Figura 43. Flujo grama Mantenimiento de planta. Mecanización.



8.6 CRONOGRAMA MANTENIMIENTO SEGURIDAD

Figura 44. Cronograma de mantenimiento mecanización. a) Alarma contra incendio. b) Hidrantes y sistema contra incendio. c) Bombas contra incendio. d) sistemas de seguridad.

Figura 44. Cronograma de mantenimiento mecanización
a).

GUAE MANTENIMIENTO ALARMA CONTRA INCENDIO

ACTIVIDADES	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEVESTRAL	ANUAL	PROCEDIMIENTO
Limpieza de sensores y estaciones manuales		T			
Verificación de estado físico de sensores		T			
Verificación de estado físico de estaciones manuales		T			
Comprobación de carga de baterías de respaldo		T			
Revisión de tarjetas en el control principal		T			
Reajuste de conexiones en módulos de control		T			
Reajuste de cableado en general en el sistema			S		
Pruebas de comunicación entre módulos			S		
Pruebas de ensayo y error			S		
Check list físico de puntos revizados		T			
Check list de visualización completa en pantalla ppd.		T			
Revisión/ ajuste de parámetros programads			S		
Verificación general del sistema	M				

GUIA DE MANTENIMIENTO HIDRANTES Y SISTEMA CONTRA INCENDIO

ACTIVIDADES	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	PROCEDIMIENTO
Verificación de operatividad de válvulas		T			
Revisión de sellamiento de empaques en general				A	
Limpieza de tubería e hidrantes		T			
Revisión de fugas en la tubería		T			
Medición de presiones del sistema en pto.s extremos		T			
Verificar el funcionamiento de todas las salidas				A	
Prueba de apertura de puertas de hidrantes				A	
Pintura general del sistema				A	
Revisión de estado de mangueras y accesorios			S		
Limpieza del tablero de hidrantes y apriete de conexiones		T			
Inspección general del sistema	M				

c) **GUIA DE MANTENIMIENTO BOMBAS CONTRA INCENDIO**

ACTIVIDADES	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	PROCEDIMIENTO
Limpieza de sedimentación y verificación de operatividad de válvulas y filtros		T			
Revisión de sellamiento de empaques, impeller, revisión interna de la bomba y limpieza general		T			
Limpieza de tubería de succión y descarga		T			
Revisión de fugas en la tubería de succión y descarga		T			
Lubricación de rodamientos			S		
Verifique el torque de los pernos de anclaje, fijación del motor y tornillos de fijación de la estructura			S		
Medición y análisis de vibraciones			S		
Verifique el sistema de control de arranque y protección de sobrecarga del motor			S		
Pintura				A	
Prueba de aislamiento del motor			S		
Limpieza del tablero de control y apriete de conexiones			S		
Inspección general del sistema			S		
Termografía				A	

8. PROCEDIMIENTO PARA CODIFICACION DE EQUIPOS

8.1 OBJETIVO

Definir el procedimiento para codificación de equipos de Lighting de Colombia S.A. centrando la atención en el proceso productivo directo, Líneas de producción y sus equipos. (Grupos A y B), teniendo como referencia la información suministrada por el fabricante. (Manuales LV, código 12 NC.).

8.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Departamento de producción / Mantenimiento Mecánico, Ingeniería de Planta

8.3 CODIGO 12NC

Es un código interno de la organización PHILIPS de 12 dígitos el cual permite identificar cada pieza o componente de las maquinas (Repuestos). Es aplicado a materiales, y artículos que circulan en la organización en función de comunicación, desarrollo, orden, compras, almacenamiento de manufactura, procesamiento de datos electrónicos entre otras aplicaciones.

9.4 Estructura sistema 12nc philips.

El código 12 NC es una identificación sistemática con el objeto de distinguir productos de otros en función de su construcción.

La composición de un número PHILIPS 12 NC es:

XX	Grupo Principal
XX	Centro de Expedición
XXX XXXXX	Codificación PHILIPS interna.
XXXX XXX XXXXX	Numero 12NC completo.

El propósito de este código centralizado es promover una eficiente transparencia de información concerniente a artículos y materiales de uso general entre varios departamentos. Esto involucra la transferencia de información entre proveedores internos y clientes internos de la organización.

Para el Grupo Principal del Código 12NC se codifica:

- 1 Materiales (01 – 13). (Metales, Refractarios, Plásticos, Cerámicos, Químicos).
- 2 Artículos de Uso General (19 – 29). (Partes de maquinas, repuestos, capacitores, resistencias, artículos domésticos, equipamiento de fabrica, etc.).
- 3 Artículos de Producción. (31 – 57). (Fabricación de lámparas, semiconductores, sistemas médicos, servicio al cliente, entre otros).
- 4 Artículos para trabajos de mecanización (71 – 83). (Iluminación, Sistema medico, Vidrio, Componentes electrónicos, Plástico, entre otros).

Para el Grupo Centro de Expedición tenemos la siguiente codificación por país:

01. Argentina.	02. Australia	03. Bélgica
05. Colombia	06. Brasil	07. Canadá
08. Dinamarca	09. Chile	10. Finlandia
11. Francia	12. Alemania	22. Holanda

Nota: Existen 70 países que manejan la codificación 12NC. Para interés de Lighting de Colombia los centros de expedición importantes son (Colombia, Brasil, Holanda).

- 1 La codificación de la Organización PHILIPS, cumple con los requerimientos de la C.S.D. (Code Standardization Department).

8.5. IDENTIFICACION LIGHTING DE COLOMBIA

La codificación esta conformada por dos letras y seis dígitos. Los dos últimos estarán separados por un guión y su significado será como sigue:

- 1 **SECCION:** Las dos primeras letras identifican la sección a la cual pertenece el equipo.
- 2 **SISTEMA O GRUPO:** Los dos primeros dígitos identifican el sistema o grupo al que pertenece el equipo.
- 3 **TIPO:** Los dos siguientes dígitos identifican el tipo de maquina o equipo.
- 4 **NUMERO:** Los dos últimos dígitos determinan la cantidad de equipos por tipo en cada sección.

El siguiente listado relaciona las secciones, grupos y las maquinas como se determino anteriormente.

1 SECCIONES

PRODUCCIÓN	PR
SALA DE MAQUINAS	SM
PARQUE DE GASES	PG

2 SECCION PRODUCCIÓN

- **Sistemas o Grupos**

Línea de Producción A1	01
Línea de Producción A2	02
Línea de Producción A3	03
Línea de Producción A4	04
Línea de Producción A5	05
Línea de Producción A6	06
Línea de Producción A7	07
Línea de Producción A8	08
Línea de Producción A9	09
Línea de Producción B10	10

3 TIPOS DE MAQUINAS

Maquina de Estemes	01
--------------------	----

Maquina de Montaje	02
Maquina de Sellaje	03
Maquina de Bombeo	04
Maquina Cementadora	05
Maquina Enhebradora	06
Maquina de Fijar Casquillos	07
Banda transportadora Embalaje	08
Maquina Electrostatica	09
Maquina de Campanas	10
Alimentador de Bulbos	11
Maquina Encintadora	13
Maquina Empacadora	15
Maquina Termoencogible	17

4 SECCION SALA DE MAQUINAS

- **Sistemas o Grupos de Maquinas**

Extractor Neumático de Vidrio	26
Sistema Extractor de Polvo	28
Sistema de Ventilación	30
Sistema Compresor de Aire	32
Sistema Contra Incendio	33
Sistema Agua Potable	34
Sistema Vacío	35
Sistema Eyector de Aguas	38
Torre de Enfriamiento	40
Planta Eléctrica	42
Subestación Eléctrica	43
Elevadores	44
Wobbe Metter	45

- **Maquinas**

Compresor Tornillo	20
Soplador de Lóbulos	21
Bomba Alto Vacío	22
Bomba Bajo Vacío	23
Caldera Gas	24
Torre de Enfriamiento	25
Bomba de Agua Industrial	26
Bomba de Agua Potable	27
Bomba Agua Caliente	28
Bomba Sistema Contra incendio	29
Ventiladores / Extractor de vidrio	30
Filtros / Extractor de Vidrio	31
Separador / Extractor de Vidrio	32
Planta Eléctrica	33
Subestación Eléctrica	34
Ascensor	35
Ventiladores	36
Extractores	37

5 SECCION PARQUE DE GASES

- **Sistema o Grupos de Maquinas**

Líneas Gas	46
------------	----

- **Tipos de Maquinas**

Línea Gas Natural	38
Línea Oxígeno	39
Línea Nitrógeno	40
Línea Aragón / Nitrógeno	41

EJEMPLO:

Código Compresor Tornillo No. 2 de Sala de Maquinas.

SM3220 – 02

SM - Sección o Departamento: Sala de Maquinas.

32 - Sistema o Grupo: Compresores

20 - Maquina: Compresor Tornillo

02 - Numero de Equipo

9.6 Codificación interna para el departamento de producción.

- **Área de mantenimiento.**

Cuadro 7. Codificación interna área de mantenimiento.

FABRICA	GRUPO	LINEA	DESCRIPCIÓN
GLS	Gr - A	A01	Línea Producción A01
GLS	Gr - A	A02	Línea Producción A02
GLS	Gr - A	A03	Línea Producción A03
GLS	Gr - A	A04	Línea Producción A04
GLS	Gr - A	A05	Línea Producción A05
GLS	Gr - A	A06	Línea Producción A06
GLS	Gr – A	A07	Línea Producción A07
GLS	Gr – A	A08	Línea Producción A08

7 Maquinas Líneas de Producción.

Cuadro 8. Codificación interna área de líneas de producción.

GRUPO	LINEA	MAQUINA	DESCRIPCIÓN
01	A	EST01	Estemes
01	A	MNT01	Montaje
01	A	SLL01	Sellaje
01	A	BMB01	Bombeo
01	A	ENH01	Enhebradora
01	A	FCS01	Encasquilladora
01	A	DCM01	Dosificadora de Cemento

La codificación de los equipos utilizados en la fabricación de lámparas G.L.S, ubicados en planta de producción son codificados como se evidencia en la anterior tabla.

El grupo depende de la línea de producción; y la codificación de maquina depende de la línea y de su grupo. ...Ver anexo Codificación de Equipos...

9. ESTUDIO ANALISIS Y EVALUACION FINANCIERA

9.1 ESTUDIO FINANCIERO DEL PROYECTO

La evaluación financiera del proyecto es vital para determinar el impacto y beneficio financiero de la Estructuración del Sistema de Gestión de Mantenimiento para Lighting de Colombia S.A. Para llevar a cabo este estudio es necesario considerar los siguientes aspectos:

9.1.1 Inversión. Inversión que comprende los valores necesarios de adquisición e instalación para la puesta en marcha del proyecto, teniendo en cuenta: los elementos requeridos, la capacitación que el proyecto exige como garantía para su cumplimiento de la estructuración del Sistema de Gestión de mantenimiento y la ingeniería del proyecto. Tal como se aprecia en la Cuadro 15.

Dentro de los elementos requeridos se ha tenido en cuenta la necesidad de:

- 1 3 Computadores** Para garantizar la realización de las diferentes actividades que intervienen en el proyecto de la empresa. (Planes, Procedimientos, Formatos, Indicadores, Cronogramas, etc).
- 2 1 Scanner** Para el desarrollo de los documentos de operación estándar ya que estos son didácticos y poseen fotos y planos de los equipos, así como lo evidencia el manual de producción.
- 3 1 Plotter** Permite editar los planes de mantenimiento a ejecutar por semana, mes y año. como también la impresión de planos tanto de la parte locativa de la empresa como de repuestos y piezas mecánicas.
- 4 2 Impresoras** Para editar los reportes, indicadores, órdenes de trabajo, formatos y demás documentos propios del departamento de producción.
- 5 Software** Dentro de las opciones planteadas se compro un software MP.2 el cual permite una mejor administración del mantenimiento, inventario y control de repuestos en la compañía.
- 6 Capacitación** La capacitación suministrada por Lighting de Colombia S.A. a las personas que intervienen en este proyecto contemplo los siguientes temas:

1. Auditorias de Calidad
2. Tecnología en Fabricación de Lámparas incandescentes
3. Auto control

Cuadro 9. Inversiones requeridas en el proyecto

COSTOS DEL PROYECTO / INVERSIONES REQUERIDAS EN EL PROYECTO		
	CANTIDAD	COSTO TOTAL
INVERSIONES REQUERIDAS EN EL PROYECTO		
COMPUTADOR	3	12.000.000,00
ESCANER	1	800.000,00
PLOTTER	1	5.000.000,00
IMPRESORA	2	1.400.000,00
SOFTWARE (MP2)	1	100.000.000,00
CAPACITACION	3	10.000.000,00
INGENIERIA DEL PROYECTO		19.500.000,00
TOTAL DE INVERSIONES		148.700.000,00

El cuadro 10 contiene los ítems que conforman la parte correspondiente a la ingeniería del proyecto.

Cuadro 10. Ingeniería del Proyecto.

INGENIERIA DEL PROYECTO	
DIRECCION DEL PROYECTO	13.000.000,00
INVESTIGACION GENERAL	5.000.000,00
PAPELERIA REQUERIDA	1.500.000,00
	19.500.000,00

9.1.2 Costos de Operación. Los costos de operación están compuestos por los costos fijos (No dependen de las cantidades de lámparas producidas) y los costos variables (si dependen de las unidades producidas).

En el cuadro 11 se recogen los cargos que el proyecto exige para su aplicación y funcionamiento como se prevé dentro del mismo.

Cuadro 11. Mano de Obra administrativa de Mto. Requerida en el Proyecto.

MANO DE OBRA ANUAL REQUERIDA EN EL PROYECTO				
	CANTIDAD	TOTAL UNITARIO	FACTOR PRESTA	TOTAL FINAL
INGENIERO DE MANTENIMIENTO	1	2.500.000,00	1,51	45.418.500,00
INGENIERO ELECTRONICO	1	2.500.000,00	1,51	45.418.500,00
JEFE DE MECANIZACION	1	3.500.000,00	1,51	63.585.900,00
MECANICOS	21	950.000,00	1,51	362.439.630,00
ELECTRONICOS	21	950.000,00	1,51	362.439.630,00
VALOR TOTAL MANO DE OBRA AÑO				879.302.160,00

Además surgen otras exigencias para garantizar la ejecución del proyecto y que son recogidas en el cuadro 13. Donde se contempla como valor de amortización de diferidos el resultante de considerar la capacitación previa y el de ingeniería del proyecto, contemplados desde el año 2004 al 2008.

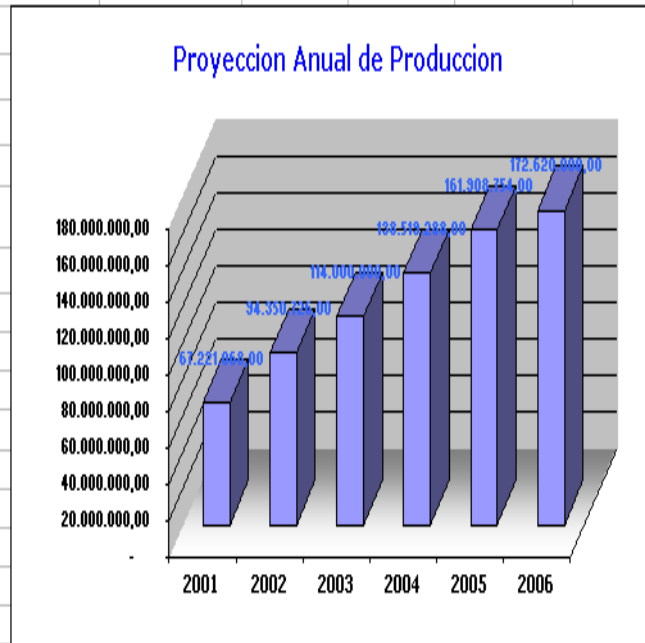
Cuadro 12. Otros costos de operación requeridos en el proyecto.

OTROS COSTOS DE OPERACION REQUERIDOS PARA EL PROYECTO		
PAPELERIA		2.000.000,00
DEPRECIACION (EQUIPOS ADQUIRIDOS PROYECTO)		3.840.000,00
AMORTIZACION DE DIFERIDOS		25.900.000,00
REPUESTOS UTILIZADOS EN MANTENIMIENTO		2.400.000.000,00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO / CORRECTIVO		3.736.150.000,00
TOTAL OTROS COSTOS DE OPERACION		6.167.890.000,00
COSTO TOTAL ANUAL DEL PROYECTO (MOD+COP)		7.047.192.160,00

El cuadro 13 muestra la proyección de producción y consumo en insumos hasta el año 2006 donde la tendencia de la regresión es lineal y comparada con los datos suministrados por el departamento de Contraloría y Contabilidad de Lighting de Colombia S.A.

Cuadro13. Proyección de producción y consumo hasta el 2006.

Proyeccion Produccion Anual		CONSUMOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ano	No Lamparas	Electricidad	3.456.292	3.915.627	4.248.310	4.663.449	5.059.458	5.240.812
2001	67.221.068,00	Gas Natural	580.915	681.399	754.176	844.992	931.623	971.296
2002	94.350.726,00	Nitrogeno gas	216.509	280.753	327.283	385.345	440.732	466.097
2003	114.000.000,00	Oxigeno gas	330.343	471.144	573.122	700.375	821.765	877.355
2004	138.519.288,00	Argón gas	13.929	16.006	17.510	19.387	21.178	21.198
2005	161.908.754,00	Agua	10.011	8.804	10.638	12.925	15.108	16.107
2006	172.620.000,00	Plegadizas	831.576	749.440	905.517	1.100.277	1.286.062	1.371.143



NOTA: Los Consumos se miden en unidad de:

Electricidad	Kw
Gas Natural	M3
Nitrogeno	M3
Oxigeno	M3
Argon	M3
Agua	M3
Plegadizas	Unidades

9.1.3 Evaluación financiera del proyecto. Dentro del concepto de proyecto, no es suficiente hablar del estudio financiero, si no se llega a su propia evaluación, y que se presenta seguidamente, bajo los siguientes parámetros:

- 1 Horizonte del Proyecto: Cuatro (4) años cumple con el 100% de la capacidad instalada).
- 2 Criterio de Evaluación: Precios Corrientes.

- 3 Tasa Costo de Oportunidad: 17% efectivo anual
- 4 Tasa de tendencia inflacionaria: 6% anual.
- 5 Método de evaluación por análisis incremental:
 - 1 VPN (Valor Presente Neto).
 - 2 TIR (Tasa Interna de Retorno).

9.1.4 Proyección del estado de resultados. A partir de la información investigada directamente en la compañía Lighting de Colombia S.A., se establece el cuadro 15 en donde se aprecian los valores del estado de resultados de incidencia directa para el correspondiente análisis incremental.

Para la fijación de la tabla anterior también se han tenido en cuenta algunos otros aspectos, tales como:

- 1 Ingresos Adicionales por ventas.
- 2 Costos de fabricación.
- 3 Impuestos, donde se ha recomendado fijar impuestos sobre la renta del orden del 35%.

Cuadro 14. Estado de Perdidas y Ganancias.

2. Tasa de tendencia inflacionaria= 6% Anual.

ESTADO P.I.G.	ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS.			
	2.003	2.004	2.005	2.006
Ingreso Ventas.	15.522.321.000	23.877.334.343	51.073.026.000	81.502.100.131
Mano de Obra.	3.336.206.000	3.569.741.312	3.783.925.790	4.251.619.018
Depreciación.				
Terreno/Edificio.	150.000.000	160.500.000	170.130.000	191.158.068
Maquinas.	2.296.000.000	2.456.720.000	3.604.123.200	2.925.992.827
COSTOS FIJOS.	5.782.206.000	6.186.961.312	7.558.178.990	7.368.769.913
Materia Prima.	14.344.890.540	28.734.704.247	26.510.483.400	31.802.969.990
Nitrogeno.	70.473.809	128.263.690	121.421.793	183.721.602
Gas Natural.	162.065.265	204.419.700	239.827.968	332.873.679
Oxigeno.	107.526.581	164.900.295	212.628.262	342.557.342
Argón.	33.679.354	41.615.340	48.257.560	66.580.675
Agua.	33.516.828	31.694.400	40.592.706	64.777.653
Energia.	650.009.218	688.187.789	630.449.204	633.625.360
COSTOS VARIABLES.	15.402.161.595	29.993.785.461	27.803.660.893	33.427.106.301
Incrementos en costo de Fabrica por el proyecto.	-	-	7.470.023.689	8.393.318.617
Costos administrativos.	8.400.000.000	8.988.000.000	1.527.280.000	10.704.851.808
Costos Financieros.	1.960.000.000	2.097.200.000	2.223.032.000	2.497.798.755
Total Egresos.	31.544.367.595	47.265.946.773	54.582.175.572	62.391.845.394
U.A.I.	- 16.022.046.595	- 23.388.612.430	- 3.509.149.572	19.110.254.737
Impuesto del 35%.	5.607.716.308	8.186.014.350	1.228.202.350	6.688.589.157
Utilidades Netas.	- 10.414.330.287	- 15.202.598.080	- 2.280.947.222	25.798.843.894

9.1.5 Evaluación final. Como resultado de la valoración por el método del valor presente neto de los valores obtenidos en la tabla anterior y de la valoración de la tasa interna de retorno se encuentra que el proyecto es viable financieramente, por cuanto al ser valorado con dichos indicadores y una tasa costo de oportunidad suministrada por la empresa (17.0% Efectiva Anual, como tasa de evaluación para sus proyectos e inversiones en la actualidad, se encuentra un **VPN=6.630.280.780,81** un valor mayor que cero, es decir un valor positivo, lo que indica la viabilidad del mismo. Y una **TIR: 37.33%** mayor que la TCO, lo que confirma la observación anterior.

10.2. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Se opto por hacer un análisis de sensibilidad, variando desde el 4% hasta el

10% por pérdida en ingresos por ventas en el mercado obteniendo los valores registrados en el cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de Sensibilidad sobre el Estado de Resultados.

Porcentaje negativo por pérdida en producción	VPII obtenido con la pérdida en %	TIR resultante al análisis de sensibilidad
10%	\$ 737.607.680,00	2,33%
9%	\$ 739.369,00	6,00%
8%	\$ 736.040.466,00	9,62%
7%	\$ 1.472.820.552,00	13,19%
6%	\$ 2.209.600.513,00	16,73%
5%	\$ 2.946.380.599,00	20,23%
4%	\$ 3.683.160.560,00	23,70%

La tabla anterior muestra el comportamiento de ingreso por pérdida en ventas, indicando una viabilidad del proyecto hasta en un 6% de pérdida en ventas planificadas por la compañía.

CONCLUSIONES

El éxito del programa depende de una acertada puesta en práctica, que pretende darle un adecuado manejo de un plan gerencial, de la disponibilidad de los recursos humanos y poner en práctica los resultados. La facilidad debe considerar una intervención recordatoria en el futuro para repasar la terminación de actividades recomendadas, y se consulte a los facilitadores o especialistas en el tema por los problemas que puedan ocurrir o por si hay barreras para la puesta en práctica del programa.

La puesta en práctica de las tareas de R.C.M variará dependiendo de cómo la gerencia proponga adoptar los nuevos retos, la nueva filosofía y las acciones a implantar. Los facilitadores o especialistas actuarán como consejeros en este respecto, o los registros existentes en el software del sistema S.A.P, según sea el caso.

Las recomendaciones básicas incluyen incorporar la mayoría de las tareas de supervisión por condición, los procedimientos de funcionamiento para poder obtener los primeros datos rutinarios de los equipos y las tareas no técnicas de mantenimiento, se pueden también asignar a las operaciones, dependiendo de la buena voluntad y tiempo disponibles para realizar estas actividades. Las tareas poco frecuentes de las operaciones se pueden también incorporar en el CMMS.

Los históricos se pueden utilizar para la reunión y obtención de datos. Las tareas básicas del mantenimiento, incluyendo el mantenimiento predictivo y todas las tareas preventivas se deben mantener consignadas en el CMMS, después de su desarrollo y sus costos estimados, etc. y de esta forma diseñar planes de trabajo o procedimientos que deben incluir las herramientas necesarias, las habilidades, disciplina, horas-hombre año, tiempo estimado de mano de obra.

Para la coordinación de las tareas se debe programar y asignar al personal capaz de justificar los gravámenes y los costos adicionales, excepto lo relacionado con la seguridad o los proyectos conducidos a mejorar el medio ambiente que pueden tener alto mérito por razones obvias. Muchas de las gestiones de mejoramiento que implican cambios procesales se pueden poner en ejecución rápidamente. Para la revisión de procedimientos de funcionamiento o de mantenimiento se debe asignar gente calificada,

Siguiendo un entrenamiento procesal proporcionado para asegurarse de que se cumple con lo requerido.

Los procedimientos de mantenimiento revisados se deben incorporar en los planes de trabajo y las órdenes de trabajo generadas por los planes. Todos los cambios de diseño deben pasar con el proceso apropiado del cambio y ser aprobados por la dirección del departamento de Mantenimiento.

El acercamiento sistemático debe ser utilizado para la modificación de recursos y una buena organización de la facilidad. Los sistemas de control apropiados de las ordenes de trabajo deben estar en lugar visible para asegurar que las tareas de R.C.M se realicen, sin estos sistemas, el personal continuará probablemente realizando las mismas tareas de trabajo al equipo que fueron hechas antes del análisis de la confiabilidad (o no se realizará ninguna tarea) y la facilidad no podrá alcanzar los resultados previstos.

En el mejor de los casos, la ausencia de los sistemas de control apropiados de trabajo dará lugar a una tentativa de no lograr una acertada puesta en práctica y por lo tanto muy difícil de determinar la eficacia del programa de R.C.M. El personal del mantenimiento continuará respondiendo a las emergencias operacionales, el equipo continuará fallando y el valor total del proceso del análisis de la confiabilidad se ira perdiendo. La gerencia de cada facilidad debe confiarse al programa R.C.M con el fin de preparar un plan para la puesta en práctica, y estar dispuesto a modificar su organización, informes y tomar este proyecto como un mejoramiento personal e institucional. El líder del grupo de confiabilidad debe ser la cabeza visible responsable de un seguimiento total de la puesta en práctica de este proyecto, así como de comparar los análisis de confiabilidad, disponibilidad y la puesta en práctica de las mejoras.

Las Horas Hombre empleadas para los mantenimientos en las diferentes áreas expuestas en este documento son enfatizadas en la creación de un grupo de mantenimiento mayor, integrado por profesionales de cada una de las áreas de mantenimiento que desarrollan el proceso, con los mantenimientos realizados por horometro y con desplazamientos en el tiempo de acuerdo a los hallazgos del mantenimiento basado en condición con el fin de cubrir todos los mantenimientos preventivos del área, y creando las rutinas de mantenimiento operativas (Mantenimiento autónomo) desarrolladas por los operadores técnicos del área, tiempo actualmente asumido por operaciones. La disminución de horas hombre trae adicionalmente la disminución en costos operativos de mantenimiento, la

mejor utilización del recurso humano, disminución en las fallas, mejor conocimiento de la planta física, menores riesgos a la seguridad.

El proceso de autocontrol que realiza el personal de producción y mantenimiento pretende reducir mantenimientos correctivos y operativos, cambiando a un sistema basado en confiabilidad de equipo el cual es denominado R.C.M con el fin de lograr un control de materia prima en líneas de producción y un buen comportamiento de la eficiencia a nivel tanto técnico como de maquinaria productiva.

El establecimiento de indicadores de eficiencia, Horas parada, Producción diaria, permitirán medir el comportamiento del proceso y atender las deficiencias presentadas o por el contrario establecer nuevas oportunidades de mejora.

Como valor agregado del proyecto se estableció la adecuación de otros indicadores como son los costos de no calidad. Indicadores que permiten percibir lo que la empresa deja de ganar. Incidiendo directamente en el personal productivo para el buen uso de los recursos suministrados por la compañía.

Al momento de elaborar indicadores de gestión de mantenimiento se analizará y se estudiarán dichos indicadores para suministrar datos que representen la suficiente información cuyo fin es saber donde se debe atacar y solucionar los problemas de raíz, además de brindar un enfoque adecuado para la asimilación no solo del personal del primer nivel, sino también personal de segundo y tercer nivel.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS. ACIEM CUNDINAMARCA. Seminario Internacional. Análisis de Fallas y Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Septiembre 23-25 de 1999. Santa Fe de Bogotá.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II Monografía de la Especialización. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 1999.

KEPNER-TREGOE ASOCIADOS SA. Detección Analítica de Fallas. Material de Estudio para un Curso en la Solución Analítica de Problemas en Detección de fallas. Material de estudio. Cerrejón, Guajira 1991.

MOSQUERA ROBBYN, Francisco Javier. Sistemas Modernos de Fabricación. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 1999.

FERNÁNDEZ, Alejandro. Desarrollo de habilidades gerenciales, postgrado en gerencia de mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, 1998.

GOLDRATT, Eliyahu M. La Cadena Crítica, 2nd Edición, Ediciones Castillo, 1999.

GOLDRATT, Eliyahu M. La Meta, 2nd Edición, Ediciones Castillo, 1998.

PATTON, Joseph. Preventive maintenance, 2nd Edition, Isa, 1995.

BIRD, Frank E Jr. Y GERAIN George L “Liderazgo práctico en el control de pérdidas”

MORA, Luís Alberto y TAMAYO, Carlos Mario. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: UIS, 1999.

PARRA, Carlos “Metodología de implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Refinería de Amuray”, Universidad de los Andes – Postgrado en Ingeniería de Mantenimiento, Venezuela 1997.

SANTAMARIA DE LA CRUZ, Arleck. Sistematización e Ingeniería del Mantenimiento. UIS. Especialización Gerencia De Mantenimiento. 2001. 13p.

MES	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBREO			
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Levantamiento de planos, catálogos e información técnica de los componentes de la fabrica.	█	█																														
Recopilación de información acerca las actividades de Operación y Mantenimiento, Políticas de Seguridad Industrial y Gestión Medioambiental.		█	█	█	█	█																										
Realización del Inventario de la compañía.							█	█	█	█																						
Identificación de Funciones, Fallas Funcionales, Modos de Fallas y Efectos. Desarrollo de las hojas de información.													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								
Proceso de Diseño de Estrategias y Selección de Tareas para el manejo de las fallas.																					█	█	█	█	█	█						
Integración de los documentos que conformarán el Plan de Mantenimiento.																													█	█	█	