

**PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250 CC EMPRESA DE
LICORES DE CUNDINAMARCA**

**JOHN CARLOS CASTRO BELTRÁN
JESÚS HELI PINZÓN CAMARGO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2007

**PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250 CC EMPRESA DE
LICORES DE CUNDINAMARCA**

**JOHN CARLOS CASTRO BELTRÁN
JESÚS HELI PINZÓN CAMARGO**

**Trabajo de Grado para optar al título de:
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director:
FREDY PRATTO OVIEDO
Economista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
POSTGRADO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2007

AGRADECIMIENTOS

Es digno reconocer la noble misión que cumple el personal docente de la Universidad Industrial de Santander y el director de nuestra monografía Freddy Pratto Oviedo quienes con su excelente capacidad académica y humana, nos han permitido desarrollar a buen término el siguiente proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. LA EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA	
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	5
1.3 MISIÓN	6
1.4 VISIÓN	6
1.5 OBJETO	7
1.6 ESTRUCTURA FÍSICA	7
1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	9
1.8 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	10
1.8.1 Estructura Organizacional	10
1.8.2 Gestión de la División de Mantenimiento	11
1.9 PROCESOS DE PRODUCCIÓN	13
1.9.1 Proceso de Preparación del Aguardiente	13
1.9.2 Proceso de Preparación del Ron	14
1.10 PROCESO ENVASADO DE LICORES	15
1.10.1 Proceso Envasado Formato Vidrio	16
1.10.2 Proceso Envasado Formato Tetrapak	18
2. LÍNEA NUEVE DE ENVASADO 250 ml TBA9	20
2.1 GENERALIDADES	20
2.2 CONSTITUCIÓN DE LA MAQUINA	21
2.3 PROCESO DE LLENADO MAQUINA TBA9	25
2.4 ANTECEDENTES DE LÍNEA 9	26
2.4.1 Registro de Producción y Ventas	26
2.4.2 Mantenimiento Industrial Aplicado Línea 9	28
3. MARCO TEÓRICO	29
3.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	29
3.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO EN TÉRMINOS ACTUALES	29
3.3 FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	30
3.4 TIPOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIFNTO	30

3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS TIPOS DE MANTENIMIENTO	31
3.6 TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO	32
3.7 LOS MÉTODOS DE MANTENIMIENTO	33
3.8 ÍNDICES DE COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS	35
3.8.1 Tiempo medio entre fallas (TMEF) índice de confiabilidad	35
3.8.2 Tiempo medio de reparación (TMDR) o índice de mantenibilidad	35
3.8.3 Disponibilidad (D)	36
3.8.4 Costo total de mantenimiento del equipo (K)	37
3.9 DEGRADACIÓN DE EQUIPOS	37
3.10 DIAGNÓSTICO DE FALLA	38
3.11 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	39
3.11.1 Diagramas de barras – Gantt	40
3.11.2 Diagramas de red – CPM – AND – PERT	40
3.11.3 Diagrama de Pareto	40
3.11.4 Etapas de la programación	41
3.12 SISTEMAS COMPUTARIZADOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	41
3.13 EL MANTENIMIENTO Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL	42
3.13.1 Accidente de trabajo	42
3.13.2 Programas de administración de riesgos	43
3.13.3 Etapas de un programa de administración de riesgos	43
4. PROPUESTA DEL PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250CC EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA	45
4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	45
4.2 JUSTIFICACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO	45
4.2.1 Disposiciones de mantenimiento	46
4.2.2 Disposiciones de línea 9 de llenado	46
4.3 OBJETIVOS	50
4.3.1 General	50
4.3.2 Específicos	50
4.4 METODOLOGÍA	51
4.4.1 planeación del mantenimiento preventivo	51
4.4.2 Ejecución y control del plan de gestión	57
4.4.3 proyección	59

4.5 SISTEMA PROPUESTO DE DOCUMENTACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO	61
4.5.1 Reporte diario de mantenimiento	63
4.5.2 Ordenes de trabajo (solicitud de mantenimiento)	64
4.5.3 Listas de inspección de equipos (check list)	64
4.5.4 Reporte por análisis de falla	65
4.5.5 Otros documentos de Importancia	66
4.6 SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	66
4.7 ACTIVIDADES DE SALUD OCUPACIONAL	67
4.8 RECURSOS EMPLEADOS	68
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PLAN DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 TBA9	69
5.1 INVERSIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	70
5.2 VALORACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	71
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	77

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Panorámica de la localización de la E.L.C	4
Figura 2. Productos E.L.C	4
Figura 3. Organigrama E.L.C	9
Figura 4. Organigrama de la división de mantenimiento	10
Figura 5. Tipo de mantenimiento empleado en la E.L.C	12
Figura 6. Proceso de Elaboración de Aguardiente	13
Figura 7. Proceso de Elaboración de Ron	15
Figura 8. Proceso Envasado Formato Vidrio	16
Figura 9. Máquina Llenadora Tetrapak TBA9 250 CC	18
Figura 10. Proceso de Envasado Formato Tetrapak	19
Figura 11. Máquina Tetrapak TBA9 250 ml	20
Figura 12. Distribución de sistemas TBA9	23
Figura 13. Diagrama de función llenadora TBA9	24
Figura 14. Diagrama de proceso llenadora TBA9	25
Figura 15. Tendencia de producción línea 9	27
Figura 16. Participación del formato Tetrapak 250 ml Año 2006	27
Figura 17. Relación entre los diferentes tipos de mantenimiento	30
Figura 18. Disponibilidad de un Equipo	36
Figura 19. Curva de la bañera	37
Figura 20. Codificación de los sistemas	51
Figura 21. Ejemplo codificación de general	53
Figura 22. Diagrama PERT Sistema de llenado TBA9	56
Figura 23. Diagrama de flujo propuesta mantenimiento preventivo TBA9.	61
Figura 24. Diagrama de programación del proyecto año 2007	72
Figura 25. Diagrama de programación del proyecto año 2007	74

LISTA DE TABLAS

Pág

Tabla 1. Identificación legal y comercial	3
Tabla 2. Especificaciones de los productos año 2006	5
Tabla 3. Distribución de la planta física E.L.C	7
Tabla 4. Especificaciones TBA9	21
Tabla 5. Constitución Envasadora TBA9	21
Tabla 6. Índices de Mantenimiento Línea 9	28
Tabla 7. Ventajas y desventajas tipos de mantenimiento	31
Tabla 8. Codificación de los sistemas de la llenadora TBA9.	52
Tabla 9. Tipo de componente relevante.	53
Tabla 10. Procedimiento de tareas PERT	56
Tabla 11. Tiempos y costos mantenimiento sistema de llenado	57
Tabla 12. Valores mano de obra tecnólogos	60
Tabla 13. Resumen en horas del plan de mantenimiento preventivo	60
Tabla 14. Panorama de riesgos para la línea TBA9	67
Tabla 15. Consideraciones iniciales para la Evaluación Económica	70
Tabla 16. Inversión del proyecto	71
Tabla 17. Parámetros a considerar para la valoración del proyecto	71
Tabla 18. Valoraciones de la disponibilidad línea 9 TBA9	72
Tabla 19. Datos para elaborar el flujo de caja.	74

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Consolidado de bajas Tetrapac TBA9.
- ANEXO B. Gestión de mantenimiento en la línea TBA9
- ANEXO C. Caracterización de proceso línea TBA9.
- ANEXO D. Plan de lubricación
- ANEXO E. Tipo de lubricante.
- ANEXO F. Solicitud de trabajo.
- ANEXO G. Principales fallas TBA9.
- ANEXO H. Reporte de inspección TBA9.
- ANEXO I. Orden de trabajo.
- ANEXO J. Lista de chequeo TBA9.
- ANEXO K. Reporte por análisis de falla.
- ANEXO L. Cronograma mantenimiento preventivo.
- ANEXO M. Reporte de paro de maquina no programado.
- ANEXO N. Condiciones de operación línea TBA9.
- ANEXO Ñ. Formato orden de servicio tetrapak.

RESUMEN

TÍTULO: PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250 ml EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA (E.L.C)

AUTOR (ES): JOHN CARLOS CASTRO BELTRÁN, JESÚS HELI PINZÓN CAMARGO **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Calidad, Procedimientos, Preventivo, Falla, Gestión, Costo, Tetrapak.

DESCRIPCIÓN

La monografía esta diseñada de tal manera que los conceptos se manejen fácilmente para su comprensión y posterior implementación estructurada en cinco partes.

La primera proporciona una síntesis informativa de la reseña histórica, objetivos, políticos, organización y marco institucional de la empresa de licores de Cundinamarca; en esta parte se hace énfasis en todo el proceso productivo y en la consecución de los recursos necesarios para el cumplimiento del objeto misional y visional de la compañía.

La segunda parte prioriza el argumento informativo en la línea 9 TBA9, donde se realiza un compendio de las características funcionales de proceso, registro de antecedentes de producción y mantenimiento; los cuales mas adelante serán analizados y tomados como punto de partida del objeto del prototipo.

En la tercera parte vemos aquellos conceptos teóricos de la gestión de mantenimiento industrial que son tenidos en cuenta; estos son la fuente básica para definir los roles, responsabilidades, programas y metodologías necesarias para la identificación de las estrategias mas indicadas en el diseño del plan propuesto.

En la cuarta y última parte concretamente expone el plan de gestión y control de mantenimiento preventivo para la línea 9. Esta contempla los señalamientos no óptimos de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia teniendo repercusión en los costos de producción y mantenimiento. El documento en esta parte describe el diseño, metodología, planeación y programación del plan de mantenimiento preventivo; sus características y las propuestas para obtención de datos y posterior análisis financiero del mismo.

* Monografía

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Fredy Pratto Oviedo. Economista.

SUMMARY

TITLE: *** PROTOTYPE OF THE MANAGEMENT AND CONTROL PLAN FOR THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE LINE 9. TO PACK TBA9 / 250 ml “EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA (E.L.C)”**.

AUTHOR (S): JOHN CARLOS CASTRO BELTRAN, JESUS HELI PINZÓN CAMARGO.

KEY WORDS: Maintenance, Quality, Procedure, Preventive, Fault, Management, Cost, Tetrabrik.

DESCRIPTION

The monograph has been designed in such a way that the concepts can be easily handled for their better comprehension and posterior implementation structured in five parts.

The first one provides an informative synthesis of the historical summary, objectives, policies, organization and institutional brand of the “E.L.C.”; in this section, an emphasis is given to the whole productive process and to the raising of the necessary resources for the accomplishment of the objective mission and vision of the Company.

The second part prioritize the informative argument on the line 9 TBA9, where a compendium of the functional characteristics of the process and a record of the background of production and maintenance are kept, which will be later analyzed and taken as the starting point of the prototype’s object.

In the third part we find those theoretical concepts of the industrial maintenance management that are taken into account. They are the basic source to define the roles, responsibilities, programs and methodologies necessary for the identification of the most suitable strategies in the design of the proposed plan.

The fourth part specifically shows the management and control plan for the preventive maintenance of the line 9. This comprises the nothing very bets to point out of availability, reliability and efficiency that have an impact on the production and maintenance costs. In this part the document describes the design, methodology, planning and programing of the preventive maintenance, their characteristics and the proposals for the collection of data and their posterior analysis.

* Monografía

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Fredy Pratto Oviedo. Economista.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento en la productividad de cualquier organización industrial, es un pilar decisivo encaminado a la mejora de las actividades propias de determinado proceso productivo. En ella es reconocida la importancia del mantenimiento como un servicio sin el cual los procesos no podrían llevarse a cabo eficaz y eficientemente.

El desarrollo de la producción en las empresas del sector de bebidas, presenta un panorama basado en requerimientos técnicos, logísticos y humanos exigentes, que conllevan a proponer una optimización en sus actividades y un consecuente funcionamiento óptimo de los equipamientos involucrados en el proceso productivo. Por ésta razón la EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA ha permitido la realización de este trabajo de investigación y desarrollo, en la línea 9 de envasado. TETRAPAK TBA9/ 250cc, siendo esta la de mayor importancia, en cuanto a volumen de producción.

La propuesta de implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo en la línea de 9 de envasado, obedeció a la ausencia de una atención organizada y planificada de mantenimiento, reflejado en ejecuciones cuestionables e improvisadas en esta línea. El mantenimiento correctivo utilizado casi en su totalidad en la línea, ha venido ocasionando una cantidad de limitaciones y efectos perjudiciales para la maquina TBA 9 y en consecuencia, se han generado incrementos de los gastos de mantenimiento y producción, influenciando de manera significativa la economía global de la empresa.

El estudio técnico realizado para este caso, se hizo con un objetivo claro, que es el de crear y replantear herramientas útiles para encaminar las estrategias utilizadas en el mantenimiento en este tipo de equipos, analizando el tipo y la cantidad de fallas de frecuencia regular, proyectando hipótesis de razonamiento y relacionándolas con la influencia en tiempo y calidad de producción. Se diseñaron patrones y herramientas de control de las actividades durante el periodo de investigación y con la información obtenida, se organizó el proceso de ingeniería.

La integración de índices de gestión y la creación de formatos de control y seguimiento del mantenimiento, permitió clarificar los conceptos de mantenibilidad, eficiencia y disponibilidad, e identificar los comportamientos ineficientes que se podían disminuir, a través de la consecución de un acertado direccionamiento del mantenimiento preventivo.

La compilación de toda la información, plantea una idea significativa de las funciones, actividades y situaciones que tienen un factor predominante y decisivo en el esquema de la administración del mantenimiento. Se incorporaron acciones preventivas basadas en inspecciones, análisis de fallas

y reparaciones menores, todas diseñadas con frecuencias de ejecución, en base al tiempo real de trabajo de la línea de envasado, objeto del proyecto.

De esta manera, al establecer el plan de gestión de mantenimiento preventivo en la línea 9 de envasado, se espera aportar un panorama mas confiable y eficaz a la división de mantenimiento y a la empresa en general, en pro de asegurar una mayor eficiencia en el proceso de envasado de sus productos y lograr así, un notable incremento en la competitividad y liderazgo dentro del sector de licores.

1. LA EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA

1.1 GENERALIDADES

La Empresa de Licores de Cundinamarca (E.L.C) es una entidad comercial e industrial del estado colombiano, catalogada como fábrica de licores, dependiente de la Secretaria de Hacienda del Departamento de Cundinamarca. En la Tabla 1 se realiza la referencia de la identificación legal y comercial correspondiente al tipo de empresa constituida.

Tabla 1. Identificación legal y comercial

NOMBRE DE LA EMPRESA:	EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA (E.L.C)
NIT:	899 999 084-8
ACTIVIDAD ECONÓMICA:	Fabricación, introducción, distribución y venta de alcohol y sus derivados, de los licores destilados sujetos al monopolio del Departamento de Cundinamarca.
CÓDIGO DE LA ACTIVIDAD:	4211010: fabricación y/o embotellado de bebidas alcohólicas y/o licores. Según decreto número 2100 de noviembre 29 de 1995
CLASE DE RIESGO:	II y IV
<i>DIRECCIÓN:</i>	Carrera 36 # 10-95
TELÉFONO:	2 37 77 77
FAX:	2 37 54 57
PRODUCTOS PRINCIPALES:	Alcohol, aguardiente, ron y aperitivos
NOMBRE DEL GERENTE	LUIS ALFONSO GONZÁLEZ

Fuente: los autores

La E.L.C es concebida con el objeto de generar recursos económicos para atender las necesidades sociales en salud y educación de los cundinamarqueses, mediante la fabricación, distribución y venta de alcohol, de sus derivados y de los licores sujetos al monopolio departamental, se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, en la Carrera 36 N° 10 - 95, zona industrial, vista en la figura 1.

Figura 1. Panorámica de la localización de la E.L.C.



Fuente: Subgerencia de Recursos Humanos E.L.C

La empresa labora normalmente de lunes a viernes con una capacidad de personal de 230 trabajadores. El personal administrativo trabaja un horario único de 8:00 a.m. a 4:00 p.m., mientras que una parte del personal de mantenimiento y producción (área de envasado) se encuentra distribuida en turnos de ocho horas de trabajo.

Representaciones Continental empresa de carácter particular, hace como parte de socio estratégico comercial encargado del mercadeo y distribución de los productos, envasados por la E.L.C. En la figura 2 se realiza un registro fotográfico de los productos comercializados por la entidad. En la tabla 2 se muestra sus características físicas, químicas, cantidades vendidas en el año 2006 convertidas en unidades de 750 cc y precio de comercialización correspondiente.

Figura 2. Productos E.L.C



Aguardiente Néctar Tradicional, club, Azul y Ron Santa fe.

Fuente: Subgerencia Comercial E.L.C

Tabla 2. Especificaciones de los productos año 2006

PRODUCTO	FORMATO	PRECIO	PRODUCCIÓN
Néctar Tradicional Aguardiente Con azúcar Grado alcohólico 29 %°	750CC VIDRIO 375CC VIDRIO 2000CC VIDRIO 1000CC TETRAPAK 250 CC TETRAPAK	\$12.190 \$6.475 \$32.350 \$16.250 \$4.090	12.883.888 Unidades 750cc
Néctar Club Aguardiente Sin azúcar Grado alcohólico 24 %°	750CC VIDRIO 375CC VIDRIO 1000CC TETRAPAK 250CC TETRAPAK	\$10.835 \$5.780 \$13.535 \$3.505	2.353.995 Unidades 750cc
Néctar Azul Aguardiente Sin azúcar Grado alcohólico 29 %°	750CC VIDRIO 375CC VIDRIO 1000CC TETRAPAK 250CC TETRAPAK	\$13.600 \$7.675 \$16.990 \$4.520	1.317.863 Unidades 750cc
Ron Santanfe Ron Tafias maduras Grado alcohólico 35 %	750CC VIDRIO 375CC VIDRIO 1000CC TETRAPAK 250CC TETRAPAK	\$15.915 \$8.255 \$19.380 \$5.010	1.606.345 Unidades 750cc

Fuente: los autores

1.2 RESEÑA HISTÓRICA¹

La Empresa de Licores de Cundinamarca fue constituida en 1905, con el objeto fundamental de producir perfumes y esencias. Durante 1931, se cataloga como fábrica de licores, con la más alta calidad, buscando siempre la satisfacción de los consumidores, mediante un acertado control de calidad, inversión tecnológica y lo que es mas importante la entrega total de su recurso humano. Fue la primera fábrica en Colombia en adoptar procesos continuos de destilación, con una capacidad instalada de 4.000 litros diarios, obtenidos a través de la utilización de panela como materia prima fundamental.

En 1950, bajo un perspectiva de progreso, se introdujo una inversión tecnología para mejorar los productos y en especial, los licores, envasándose en aquella época ginebra Boutique, aguardiente Platino, Tequendama y Suave, los rones Cundinamarca, Dorado, Gran Bogotá y Santa fe de Bogotá; así como vodka, cremas y también whisky y coñac importados a granel.

La Asamblea de Cundinamarca, durante el año de 1958, convirtió a la entidad en Empresa Comercial e Industrial del Estado. Un año después, se instalaron equipos nuevos de destilación, que incrementaron la capacidad instalada de 4.000 a 10.000 litros diarios.

¹ [en línea] . Bogota, 2006 [citado en marzo de 2005]. Disponible en Internet:<URL: <https://www.licorecundinamarca.com.co>

En los años de 1992 y 1993, se modernizó la planta de producción de aguardiente, con la instalación de una nueva línea para envase de 750 m.l, con capacidad de envasado y tapado de 15.000 botellas por hora.

Continuando con la modernización de las líneas de envasado, se adquirieron máquinas automáticas de depaletización. Se adelantaron estudios para la automatización de la planta de producción de licores.

Para minimizar la adulteración y el contrabando de aguardiente Néctar, en el mes de agosto de 1.996, se adoptó, la tapa de seguridad click open. Para las divisas de 750 y 375 m.l.

En 1.997 se construyó y puso en funcionamiento la planta de preparación de ron. En el mes de agosto del mismo año, con el objeto de conquistar el gusto de los consumidores que prefieren los licores mezclados. Se lanza al mercado el nuevo producto Santa fe Ron Añejo en dos presentaciones 750 y 375 c.c., cuyo proceso de añejamiento, se realiza en las instalaciones que posee la empresa en el municipio de Chocontá.

A pesar de la difícil situación económica y social presentada a nivel nacional en 1.999, la Empresa de Licores de Cundinamarca obtuvo una recuperación importante logrando posicionarse entre las 300 empresas más grandes del país, obteniendo utilidades superiores al 50% con respecto al año inmediatamente anterior y enmarcando la ruta para convertirse en el corto plazo en la segunda licorera más importante de Colombia.

Los resultados obtenidos por la Empresa en el 2.000 le permitieron mantenerse en el mercado, superar los volúmenes de producción y ventas registrados en el año anterior, disminuir sus costos de producción y obtener utilidades por su actividad en una economía en crisis que afectó todos los sectores de la industria nacional.

En Noviembre del año 2002 la Empresa lanzó sus nuevas divisas al mercado, Ron Santa fe y aguardiente Néctar, tras de una ardua Investigación y Desarrollo. Estos Productos en formato TETRAPAK en sus presentaciones 250 ml y 1000 ml.

1.3 MISIÓN

Es la consecución de máximo posible de excedentes de operación en beneficio de las rentas del departamento de Cundinamarca, mediante la producción eficiente y rentable de los productos autorizados en su objeto, acorde a las disposiciones legales.

1.4 VISIÓN

Convertir la organización en la primera empresa del sector licorero del país, generadora de los mayores recursos económicos del departamento de Cundinamarca, para atender la salud, la educación y el desarrollo, ejerciendo en

forma eficiente le monopolio de la producción y venta de alcoholes y sus derivados, ampliando y diversificando el mercado de sus productos a nivel nacional e internacional, aprovechando en forma óptima sus recursos y orientados por el mejoramiento continuo de la calidad que nos ha identificado, con miras a obtener la excelencia empresarial.

1.5 OBJETO

Administrar el monopolio de licores, alcoholes y productos afines a través de la producción y/o comercialización en los términos establecidos por la ley respecto de este monopolio y todos aquellos productos que la junta directiva estime necesarios y rentables de acuerdo con la infraestructura de la empresa, de modo tal que se maximice la utilidad neta aplicable como excedente en beneficio del gobierno departamental

1.5 ESTRUCTURA FÍSICA²

La E.L.C está ubicada en pleno sector industrial de Bogotá sobre un área de más de 30.000 m², donde se encuentran instaladas su planta de producción y envasado de licores, con todos los servicios para un completo bienestar de los trabajadores de la empresa, pues en esta área también se encuentran espacios destinados a la recreación y alimentación de los trabajadores.

Para distinguir y poder tener un mayor entendimiento de la disposición de las edificaciones, se pueden clasificar en dos tipos: 1) edificaciones para la producción y almacenamiento; 2) edificaciones administrativas. En la tabla 3 se realiza el compendio de la distribución física de la empresa.

Tabla 3. Distribución de la planta física E.L.C

ZONA	ÁREA DE TRABAJO	SUPERFICIE (m ²)
1	Báscula	52
2	Zona de tránsito, carga, descarga y parqueo	526
3	Tanques almacenamiento de alcohol	142
4	Bodega Insumos	1557
5	Bodega Productos	2628
6	Almacén General	360
7	Área de Serví teca	540
8	Edificio Servicios generales y control interno	1.978
9	Edificio talleres de Mantenimiento	706
10	Área de excedentes industriales	540
11	Edificio preparación de Rones	363
12	Edificio archivo	413

²Colombia, Bogota. Empresa de Licores de Cundinamarca, Proyecto Institucional: 2000.

ZONA	ÁREA DE TRABAJO	SUPERFICIE (m ²)
13	Edificio Calderas	247
14	Tanques de almacenamiento de combustibles	234
15	Edificio Torre de destilación - rectificación	5.040
16	Zonas plantas eléctricas y bombas de agua	110
17	Tanques almacenamiento de alcohol y tanque de enfriamiento de agua	240
18	Edificio planta de preparación de alcoholes	960
19	Producción: envasadero	4.488
20	Laboratorio químico	310
21	Edificio de Gerencia, planeación, informática y financiera	394
22	Edificio de Salud Ocupacional, Jurídica y Relaciones industriales	320
23	Portería	20
TOTAL		22.168 (m²)

Fuente: Salud Ocupacional E.L.C

Dentro del primer tipo se ubican todos aquellos edificios que son utilizados en la realización de los diferentes procesos de producción y almacenamiento de insumos, materias primas y productos terminados. Dentro de ellos se destacan: almacén de repuestos, almacén de insumos, sala de compresores, taller de mantenimiento, carpintería, sala de rones, envasadero, almacenes de producto terminado. A continuación se relacionan las áreas en general.

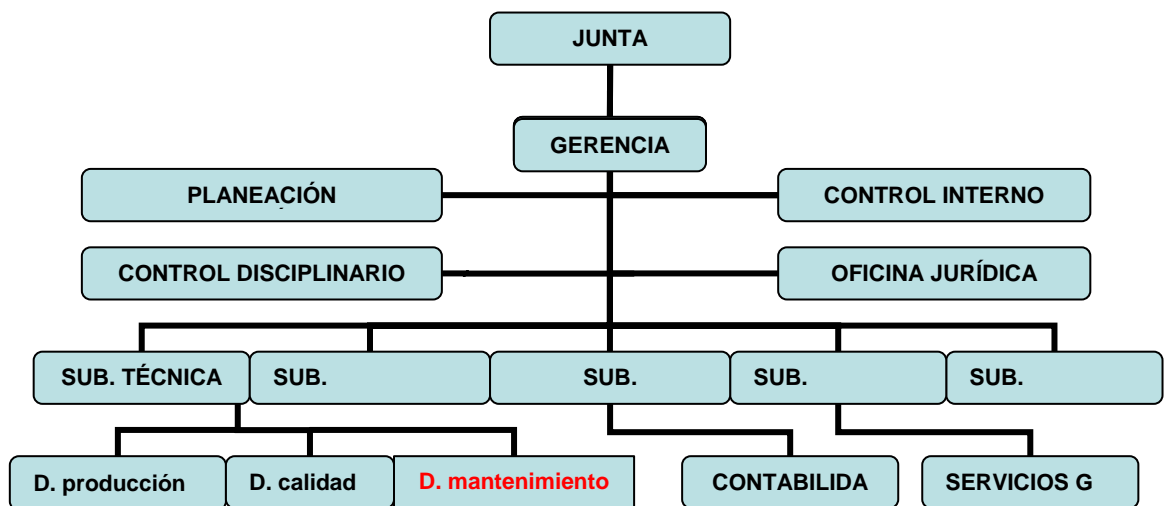
- **División de Mantenimiento Industrial, Taller y Almacén de Herramientas.** Incluidos en una misma edificación. En el primer nivel se encuentra el taller y el almacén de herramientas. El segundo nivel es empleado principalmente para la administración del mantenimiento.
- **Almacén de Repuestos.** Acopian todos los elementos que de alguna manera son requeridos en algunas de las dependencias de la empresa, como lo son: papelería, aseo, repuestos para mantenimiento de instalaciones y repuestos para mantenimiento de maquinaria y equipos.
- **Área de Envasado.** Es donde se realiza el proceso de envasado de las diferentes divisas, cuenta con ocho líneas semiautomáticas de envasado para formatos en vidrio y Tetrapak.
- **Almacén de Productos Terminados.** En donde se almacenan estibas de productos de la E.L.C. procedentes del envasadero.
- **Preparación de Licores.** En esta sección se hacen las mezclas pertinentes para la elaboración de los licores a granel.

- **Área Técnica.** Se compone principalmente del laboratorio de análisis químico, investigación y desarrollo de nuevos productos, control de calidad y metrología. Además, en este mismo edificio se encuentra ubicada la subgerencia técnica y comercial de la empresa.
- **Área Administrativa.** Esta conformada por la gerencia general además de las dependencias de sistemas, subgerencia administrativa, tesorería, subgerencia financiera, subgerencia comercial, oficina de asesoría jurídica y subgerencia de talento humano.

1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Debido al tamaño de la E.L.C, el organigrama en la figura 3 muestra una estructura descentralizada en lo que respecta a los diferentes departamentos que la conforman; creando Subgerencias por departamento dándole así mayor autonomía a cada una de ellas en la toma de decisiones con el fin de agilizar las acciones o procedimientos internos necesarios para el buen desempeño de cada área.

Figura 3. Organigrama E.L.C



Fuente: <https://www.licoreracondinamarca.com.co>

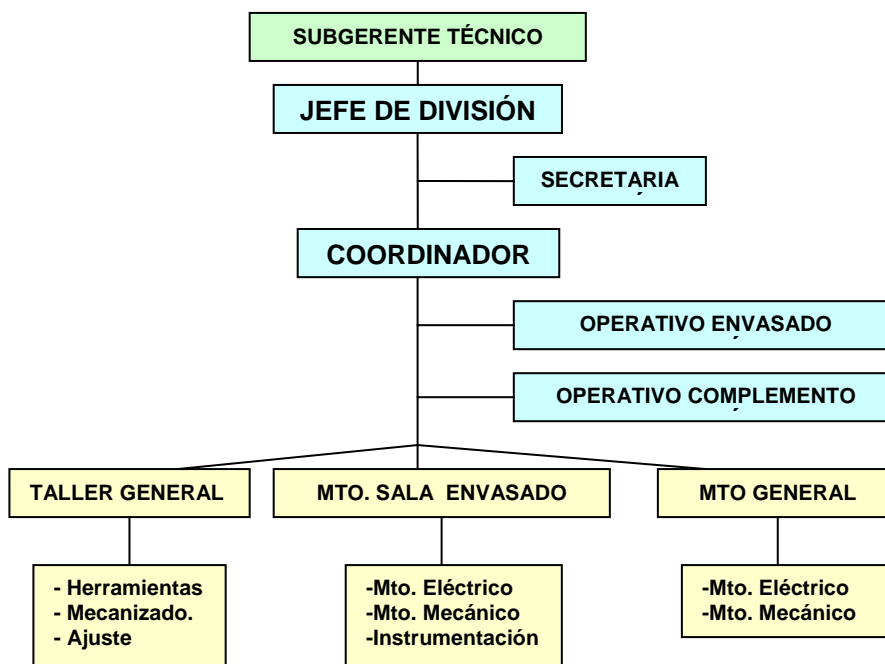
Es importante resaltar que la División de Mantenimiento es un área autónoma, en la misma línea jerárquica de la división de producción y control de calidad, bajo la directriz de la Subgerencia Técnica.

1.8 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1.8.1 Estructura Organizacional

La División de Mantenimiento Industrial, como dependencia perteneciente a la Subgerencia técnica cuenta con una estructura organizacional para el cumplimiento de sus funciones administrativas y operativas como se describe en la Figura 4.

Figura 4. Organigrama de la división de mantenimiento



Fuente: los autores

- **Jefe de la División.** Es el que lidera la planeación, la organización y el control de las actividades para la gestión del mantenimiento de la División. Las funciones primordiales que realiza esta persona son: controlar los grupos de mantenimiento, desarrolla políticas de administración de los recursos humanos financieros y físicos encaminados al mejoramiento desempeño de la división (capacitación, adquisición de repuestos y herramientas).
- **Secretaria.** Es la persona encargada de diligenciar los actos administrativos de la dependencia. Participar en la redacción de las diferentes comunicaciones que le sean solicitadas como recibir y transcribir en los medios técnicos disponibles, los documentos, informes y correspondencia que le asigne su jefe inmediato de acuerdo a las normas establecidas.
- **Coordinador.** Ingeniero electromecánico que como su denominación lo expresa es la persona encargada de establecer el vinculo entre el funcionario administrativo y los operativos, es por ello que coordina las

actividades y cronogramas de ejecución de mantenimiento programados, esta encargado de administrar el archivo técnico manteniendo al día toda la información relacionada con los manuales técnicos y material bibliográfico que sirve de apoyo en la gestión del mantenimiento para los técnicos y los usuarios de los equipos de las demás dependencias.

- **Ingenieros Operativos.** Funcionarios especialistas que realizan supervisarias de ejecución y registro de información, en la sala de envasado y en las dependencias al exterior de ella.
- **Taller.** Esta conformado por un tecnólogo electromecánico que realiza la función de administración del almacén de herramienta y la consecución de trabajos de mecanizado y soldadura.
- **Mantenimiento Sala de Envasado.** El personal de mantenimiento asignado a esta área, concretamente seis tecnólogos electromecánicos participan en la planeación y ejecución de los programas de mantenimiento de equipos ubicados en las líneas de producción. Ejecutan las reparaciones, ajustes y chequeos a los mismos. Controlan trabajos relacionados con su especialidad, asesoran y realizan la reconstrucción, mejoramiento y diseño de partes y accesorios que se requieran. supervisan el montaje de la gran mayoría de equipos nuevos que llegan a las líneas de producción, la recepción y entrega de los equipos para su reparación son realizados por este personal.
- **Mantenimiento General.** Participan dos tecnólogos electromecánicos y son los encargados de atender las solicitudes de servicios de mantenimiento de los equipos y maquinaria que hacen parte de las áreas de preparación, distribución y almacenamiento de licores.

La división de mantenimiento industrial complementariamente cuenta con recursos físicos como son: Una edificación de dos pisos, donde en el primer nivel se encuentra el taller y el almacén de herramientas, esta instalación está dotadas principalmente de maquinaria industrial de las que se puede mencionar: dos Tornos paralelos, una Fresadora universal, un Taladro de columna, un equipo de soldadura, un Esmeril, un equipo cortador de lámina y una máquina dobladora de tubos. El segundo nivel es empleado para la administración del mantenimiento.

1.8.2 Gestión de la División de Mantenimiento

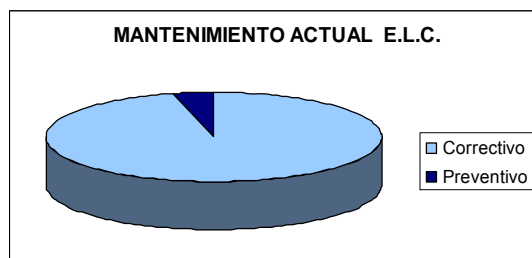
La División de mantenimiento industrial de la E.L.C hace cuatro años contaba con un seguimiento diario parcial de los procedimientos de mantenimiento que se realizaban en su momento a las máquinas involucradas en el proceso productivo, se registraban en formatos (sin sistematizar) diligenciados por el personal de mantenimiento. De acuerdo a esto registros se elaboraban las órdenes de trabajo, reposición de repuestos y se realizaban las respectivas

reparaciones. El seguimiento de estos reportes fue suspendido a falta de un claro y continuo compromiso de los funcionarios de mantenimiento. Además estos reportes no tenían una justificación válida y se presentaban incoherencias entre lo que se anotaba y lo que se realiza realmente.

Actualmente la División de Mantenimiento Industrial cumple con las funciones básicas de mantenimiento, limitándose a garantizar únicamente la puesta en marcha de maquinaria y equipos de producción sin planes previos de prevención. Es así como las labores que hasta el momento se vienen ejecutando se ha enfocado en su gran mayoría a la continua reparación de los daños que se presentan espontánea y continuamente en las líneas de producción. Estas reparaciones han traído como consecuencia que las labores de mantenimiento se realicen de forma imprevista y también han llevado a un deterioro cada vez más acelerado de la maquinaria y equipos.

Las actividades están centradas hacia el mantenimiento correctivo, se trabaja bajo solicitudes de servicio que se van cumpliendo día a día lo que genera deficiencias en la prestación de los servicios de manera adecuada y oportuna debido a la carencia de distribución y organización de los procesos y procedimientos en la función del mantenimiento. La división de mantenimiento, realiza poco mantenimiento preventivo, incrementando la evidente necesidad de uno correctivo cercano al 96% mostrado en la figura 5.

Figura 5. Tipo de mantenimiento empleado en la E.L.C



Fuente: los autores

La falta de un programa de gestión de mantenimiento preventivo, no solo genera inconvenientes en la práctica diaria de reparación de fallas, si no que a su vez fomenta consecuencias que, en resumidas cuentas, resultan ser costos de producción, afectando en general los intereses económicos de la compañía.

- **Antecedentes económicos.** Actualmente no se destina una cantidad fija de dinero para ejecutar las labores propias de la división de mantenimiento, por el contrario a medida que surgen las necesidades, el jefe de la división realiza las solicitudes para poder determinar las compras de repuestos y materiales necesarios para la ejecución de los trabajos de mantenimiento, todo esto se realiza a través del departamento de compras y contabilidad de la E.L.C, lo cual hace tediosa y lenta la adquisición de los elementos requeridos.

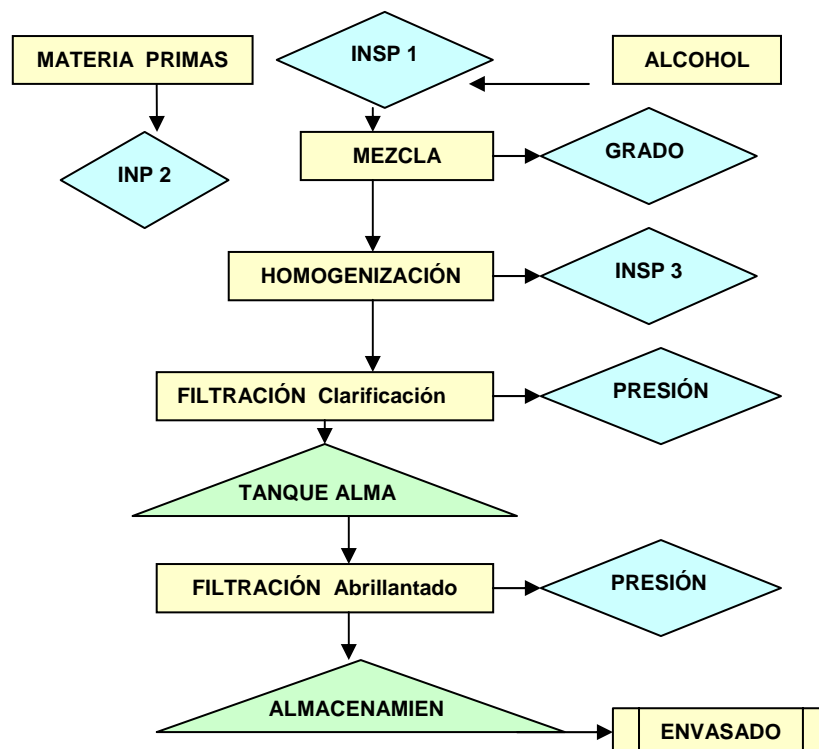
- **Antecedentes documentales.** La división de mantenimiento conserva algunos catálogos de la maquinaria del área de envasado, pero uno de los grandes inconvenientes es que por ser esta maquinaria Europea, y sus repuestos de difícil adquisición, estas han sido modificadas, por lo cual se tiene que tener gran cuidado con la información que se obtenga de los mismos. A demás se cuenta con algunas hojas de vida de las máquinas, siendo esta información no muy confiable y totalmente desactualizada.

1.9 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La producción de licores se ve asociada por varios procesos de diferente índole, siendo de especial relevancia los de tipo químico y físico en la preparación del licor, y mecánico para su envasado y embalaje final.

1.9.1 Proceso de Preparación del Aguardiente. Los elementos indispensables para la elaboración del aguardiente son: alcohol etílico, agua, edulcorante (azúcar), esencias, neutralizantes y suavizantes. El proceso de elaboración del aguardiente es diagramado en la figura 6, comienza con la selección de una muestra de alcohol y agua, a las cuales se les realiza en laboratorio un análisis fisicoquímico y organoléptico, para garantizar así la calidad y estabilidad química requerida para estas materias primas.

Figura 6. Proceso de Elaboración de Aguardiente.



Fuente: <https://www.licoreracondinamarca.com.co>

- **Mezcla y Homogenización.** Mediante un sistema automático, se mezclan en dosificación los componentes del aguardiente. Después de un tiempo determinado, se bombea la mezcla a un tanque de homogenización donde se le dará el sabor y aroma característico. Terminado este proceso, se realiza una muestra de laboratorio al primer lote de producción obtenido en el día, donde nuevamente se realizará un análisis fisicoquímico y organoléptico al licor.
- **Primera Filtración (Clarificación).** El aguardiente pasa a través de un sistema de filtro-prensa compuesto por alrededor de 52 placas filtrantes de celulosa, para eliminar así partículas como polvo que puedan producir turbiedad en el licor. Éste licor se recibe en tanques llamados Colchón, quedando listo para su segunda filtración.
- **Segunda Filtración (Abrillantado).** El licor que sale de la primera etapa de filtración, pasa a través de un segundo sistema de filtro-prensa compuesto por placas de celulosa muy fina, que separan partículas muy pequeñas ni siquiera visibles por el ojo humano; obteniendo así un licor claro, traslúcido y brillante. Finalmente el aguardiente queda listo para su uso, el cual se deposita en unos tanques de almacenamiento que alimentan continuamente el proceso de envasado.

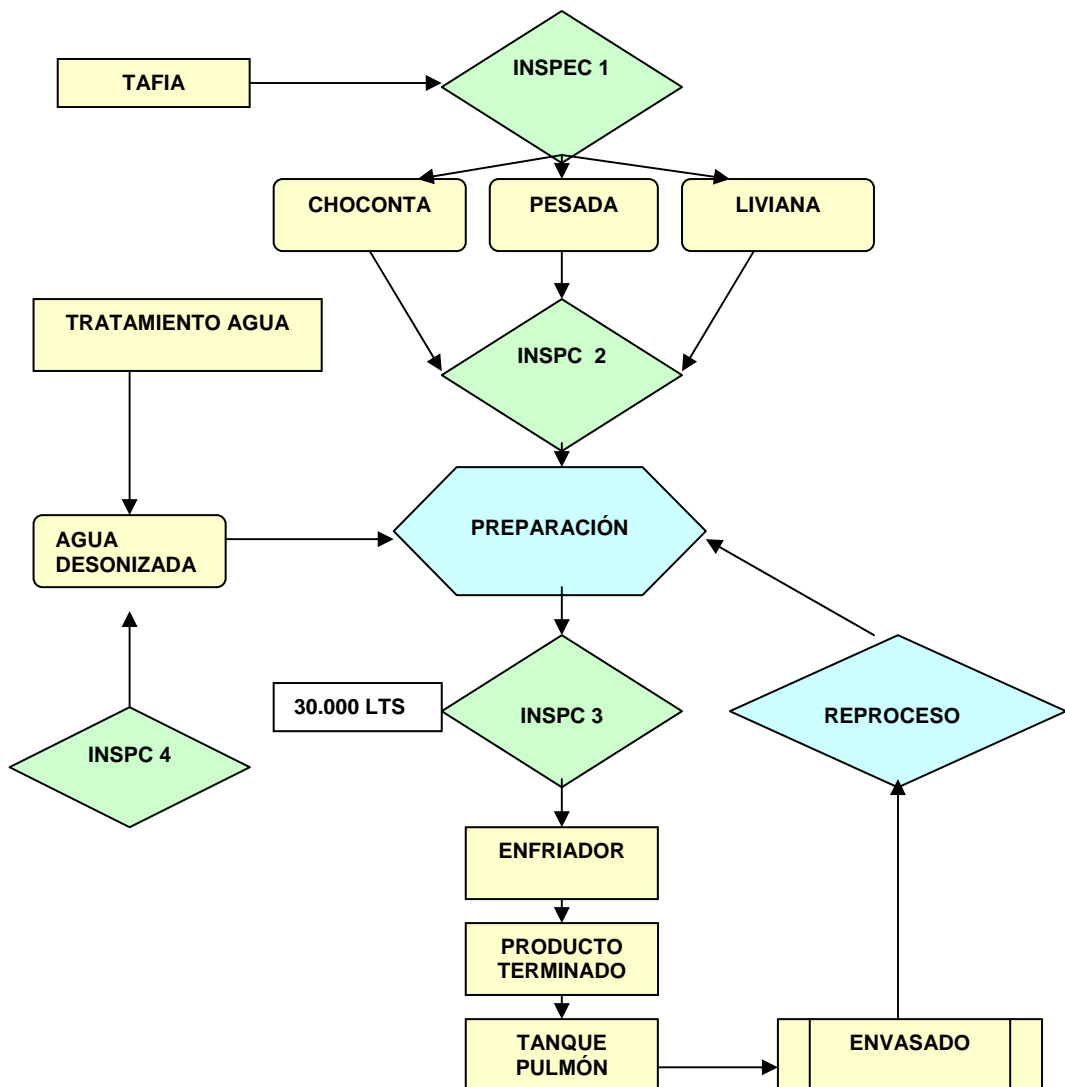
1.9.2 Proceso de Preparación del Ron. En la figura 7. Se describe el proceso el cual comienza con la destilación y embarrilado de la tafia (alcohol) en plantas externas a la Empresa de Licores de Cundinamarca, donde se busca obtener un alcohol con las características necesarias para obtener este licor.

- **Destilación.** En esta primera etapa se realiza una destilación controlada con el fin de obtener alcohol al 70% de pureza, rico en determinados congéneres (ésteres, aldehídos, ácidos y alcoholes superiores) seguidamente se analiza y determina la cantidad de estos congéneres con el objeto de cumplir las características fisicoquímicas y organolépticas estandarizadas para el producto.
- **Embarrilado.** El alcohol previamente destilado pasa a ser almacenado en barriles de roble durante un tiempo que oscila entre 3 y 5 años. Éste lapso de tiempo se determina más exactamente a través de una toma de muestras bimestral las cuales al ser analizadas proporcionan el grado de añejamiento en que se encuentran, este alcohol se conoce con el nombre de Tafia. Estas tafias son sometidas a un registro estricto de pruebas de calidad y ensayos de tipo físico químicos antes de ejecutarse cualquier mezcla.
- **Mezcla.** La tafia pasa a ser mezclada junto con esencias (vainilla, algarrobo, uva, ciruela y caramelo) y otras tafias de diferentes características para así definirla de acuerdo a los estándares del Santa Fe Ron Añejo; en esta etapa se toman muestras y se analizan para su

aprobación. Al finalizar este proceso, el licor es almacenado en un tanque de enfriamiento a una temperatura de 1 a 2 grados centígrados en un lapso de tiempo de 12 a 24 horas, permaneciendo en un completo reposo.

- **Filtración (Clarificación).** El ron pasa a través de un sistema de filtro-prensa compuesto por 52 placas filtrantes de celulosa, para eliminar así partículas como polvo que puedan producir turbiedad, obteniendo un licor traslucido y brillante. Finalmente el ron queda listo para su uso, el cual se deposita en unos tanques de almacenamiento que alimentan continuamente el proceso de envasado.

Figura 7. Proceso de Elaboración de Ron.



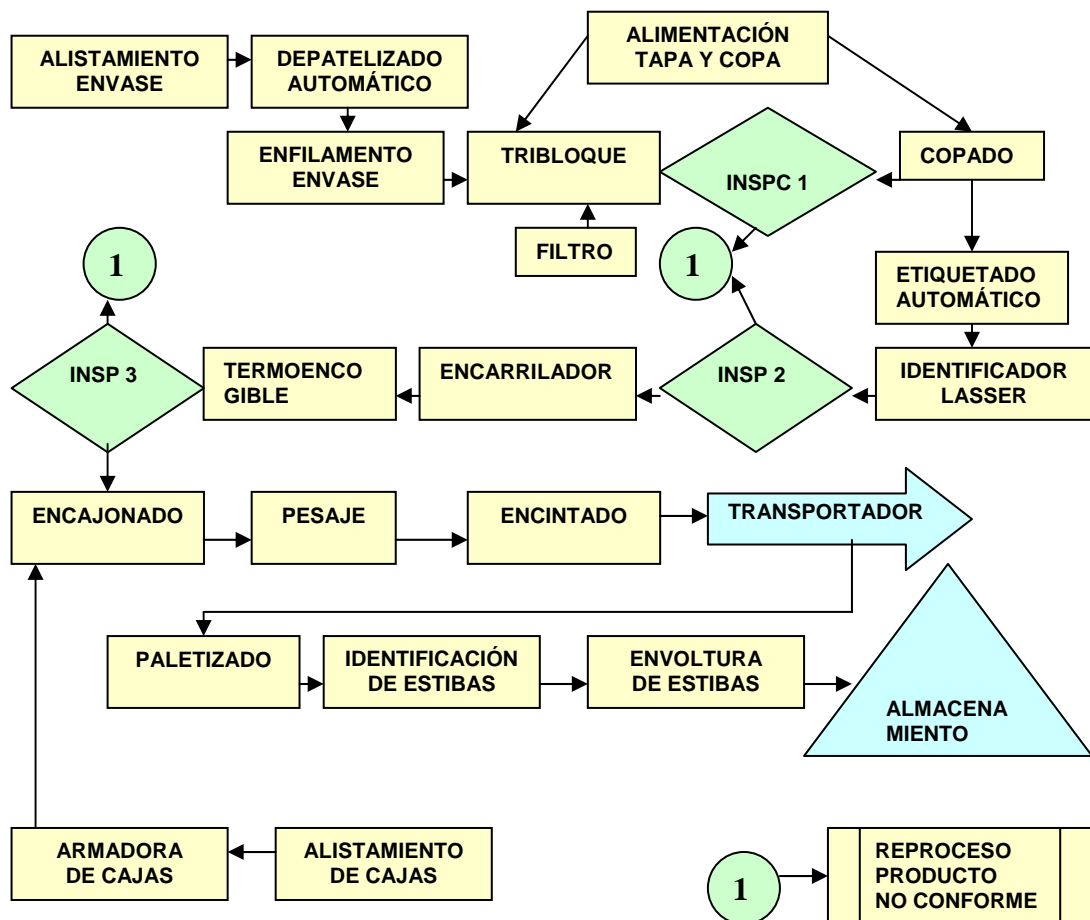
Fuente: <https://www.licoreracondinamarca.com.co>

1.10 PROCESO ENVASADO DE LICORES

El proceso de envasado de licores de las líneas se divide en formatos de envase vidrio en divisas (750 cc, 375 cc, 2000 cc), y tetrapak en divisas (1000 cc y 250 cc), el principio de envasado es el mismo, lo que varía es el volumen de llenado el cual determina las diferentes presentaciones.

1.10.1 Proceso Envasado Formato Vidrio. En la Figura 8. Se muestra el diagrama de proceso de envasado de las líneas formato vidrio.

Figura 8. Proceso Envasado Formato Vidrio



Fuente: <https://www.licoreracondinamarca.com.co>

- **Alistamiento de envase.** El montacarguista transporta el envase paletizado para las divisas 375 ml y 750 ml desde el área de pre-insumos y lo descarga en el área de alistamiento ubicada al inicio de cada línea.
- **Depaquetado.** La máquina automáticamente desplaza el palet por el transportador de rodillo vivo hasta la zona de alimentación de la máquina. El carro transportador de envase recoge el tendido superior

de envase y lo deja en la mesa de alimentación, iniciando su desplazamiento por la banda transportadora.

- **Filtrado de producto.** El aguardiente o ron es bombeado de la sala de preparación de licores, pasa por varios filtros de placas, para retener partículas adquiridas durante el almacenaje y transporte, y así mejorar el brillo del producto.
- **Tribloque.** Esta máquina con capacidad de 12.000 unidades por hora, en proceso realiza la acción de lavado, llenado y tapado de los envases con producto terminado.
- **Copado.** Proceso automático de suministro de copa en polipropileno transparente a cada envase tapado. La copa es aplicada a través de un dispensador alimentado continuamente por un operario, el cual introduce el material en una tolva ubicada al lado de la máquina.
- **Etiquetado.** La máquina etiquetadora toma la botella llena y tapada para fijar la etiqueta sobre su cuerpo. El operario de la máquina etiquetadora, Verifica que las etiquetas pasen completamente adheridas, sin rasgaduras y centradas entre las guías de la botella.
- **Descarrilador.** Sistema automático temporizado que permite convertir una fila de botellas en varias filas.
- **Termo encogido.** En esta operación, las botellas debidamente llenadas, tapadas y etiquetadas entran al termoencogible, organizadas por grupos, son envueltas en un plástico y este conjunto entra en un túnel de calor en donde es encogido el plástico para que quede el paquete perfectamente cerrado.
- **Encajonado.** La máquina encajonadora toma los grupos de botellas (500 paquetes por hora) envueltos en el termoencogible que van llegando a la mesa de cargue y los va introduciendo en las cajas vacías las cuales son suministradas a través de una banda transportadora que las desplaza desde la armadora de cajas hasta la máquina.
- **Pesaje.** El pesaje es un sistema de seguridad automático donde el producto encajonado pasa por una báscula para verificar que las cajas estén completas; de no estarlo, la báscula programada emite señales luminosas y sonoras para que el operario verifique el motivo de la alarma.
- **Cintado.** La máquina encintadora cierra las tapas de la caja y aplica cinta adhesiva impresa para el cierre de la misma.
- **Armado de cajas.** En esta operación la máquina armadora dobla los pliegues, la configura y aplica cinta adhesiva impresa para cerrar la

parte inferior de la misma. Dos bandas transportadoras las suministran a la línea para que se inserte la partición.

- **Estibado del producto terminado.** El producto terminado y embalado en cajas, es colocado en estibas de acuerdo con el procedimiento para embalaje, manejo y almacenamiento de producto terminado. Las estibas son retiradas por el montacarguista hacia el almacén de producto terminado.

1.10.2 Proceso Envasado Formato Tetrapak

Tetrapak es una empresa de origen sueco, que inició a comienzos de la década del 50 con el desarrollo de un innovador sistema de envasado para la leche líquida. Desde entonces se ha transformado en uno de los principales proveedores del mundo de sistemas de envasado de líquidos. La empresa surgió gracias a un invento que revolucionó la industria alimenticia. Su principio está basado en el sistema de tratamiento térmico UHT (Ultra High Temperature), y el sistema de envasado aséptico. Esto permitió que los alimentos duraran meses envasados, sin necesidad de conservantes ni refrigeración. En la figura 9. Se observa la Máquina modelo TBA9. Y en la figura 10 el diagrama de proceso en línea de envasado.

Figura 9. Máquina Llenadora Tetrapak TBA9 250 CC

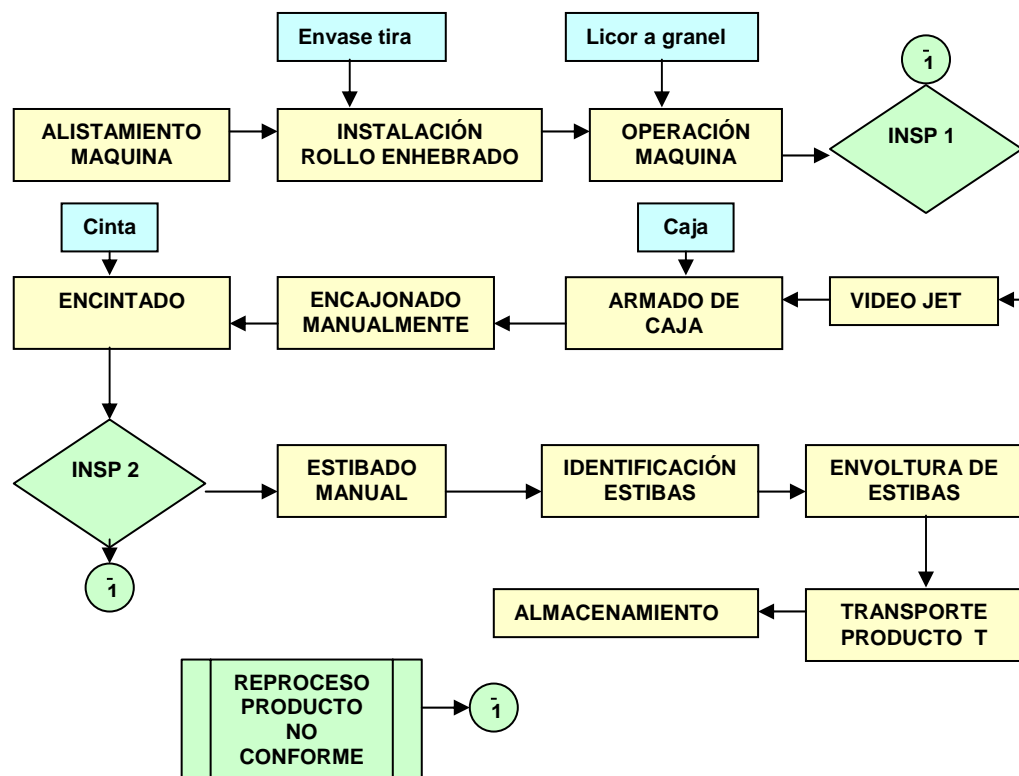


Fuente: Subgerencia técnica E.L.C

- **Alistamiento de máquina TBA9 :** La máquina TBA9 al ser energizada y realizado el procedimiento de ejecución de programa, inicia un proceso de ajuste de condiciones básicas de tipo eléctrico, neumático e hidráulico que garantizan su puesta en marcha, estas condiciones iniciales demandan aproximadamente 15 minutos de duración.
- **Instalación rollo de papel:** La máquina TBA9 debe ser acondicionada con el material de empaque que viene de forma laminar el cual se orienta por unos rodillos en el cuerpo de la máquina.

- **Operación de maquina:** Al cumplir con los requerimientos anteriores la maquina TBA9 inicia su proceso de formación de tubo, llenado, sello, formación de caja y por ultimo plegado de producto terminado.
- **Marcación de envases:** Cada unidad de producto terminado es marcada por medio de un equipo impresor de tinta por chorro con el objeto de obtener un indicador alfa numérico para trasabilidad comercial y de proceso.
- **Empaque:** Las unidades envasadas son descargadas en una banda transportadora donde se desplaza al lugar de empaque manual a cajas donde se agrupan 24 unidades.

Figura 10. Proceso de Envasado Formato Tetrapak



1
Fuente: <https://www.licoreracondinamarca.com.co>

- **Encintado:** Las cajas son pasadas por un sistema de encintado (encinta las cajas superior e inferiormente).
- **Estibado:** Un operario manualmente las estiba y luego son llevadas a la bodega de producto terminado.
- **Almacenamiento:** En una estantería de tipo industrial se realiza el deposito de cada una de las estibas de producto terminado no se puede colocar una sobre otra por su debilidad estructural.

2. LÍNEA NUEVE DE ENVASADO 250 ml TBA9

2.1 GENERALIDADES

La línea de envasado para las divisas de aguardiente y ron en formato de 250 mililitros (ml) denominada por disposición logística 9 (nueve) esta compuesta por la maquina Tetrapak TBA9, provista con tecnología sueca, observada en la figura 11. La línea es complementada por transportadores de producto terminado y un equipo encintador encargado del embalaje total del producto.

Figura 11. Maquina Tetrapak TBA9 250 ml



Fuente: Catalogo técnico Tetrapak.

Esta envasadora de líquidos, en formato Tetra Brik aséptico provisto de un empaque que posee una estructura de múltiples capas (ver anexo propiedades y dimensiones). Presentado en bobinas laminares garantiza la integridad del contenido en su registro físico y químico, obviando la posibilidad de permanencia refrigerada y garantizando la hermeticidad efectiva del producto. Los componentes del material de empaque y materia prima tiene el consentimiento de los entes reguladores de salud y seguridad pública de los estados unidos, la unión europea y Colombia.

Específicamente la envasadora adquirida por la E.L.C. En el año 2002 es un modelo ensamblado en 1992 que tiene antecedentes de alta utilidad en el envase de jugos y lácteos, esta maquina presenta restricciones tecnológicas de actualidad y en consecuencia baja eficiencia en producción y alta concurrencia de fallas. En la tabla 4 se identifican las características técnicas de la envasadora TBA9.

Tabla 4. Especificaciones TBA9

ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	MEDIDA
Capacidad	6000	Cajas/hora
Volumen de llenado	250	ml o cc
Voltaje de Fuerza	380 / 220	Vac
Voltaje Asistencia	24	Vac / Vdc
Potencia Eléctrica	26	Kw.
Presión Neumática	6 -7	Bares
Presión Agua Refrigerante	3 – 4.5	Bares
Caudal de Agua	14	Litros/Min
Presión sello de Tira	1.7 +/- 0.3	Bares
Temperatura Sello	250	Centígrados
Presión sistema de Limpieza	3 – 4.5	Bares
Dimensiones	Largo 4.1 Ancho 2.3 Alto 3.2	Metros Metros Metros
Peso Total	11.700	Kilogramos

Fuente: Manual de servicio Tetrapak

2.2 CONSTITUCIÓN DE LA MAQUINA

La envasadora TBA9 esta compuesta por 11 sistemas electromecánicos integrados y relacionados sincrónicamente para la formación del envase, sellado , llenado y figurado de producto terminado ver tabla 5. Cada sistema a su vez esta conformado por elementos especializados de funcionalidad mecánica, eléctrica, electrónica, neumática e hidráulica los cuales deben realizar acciones de desplazamiento y posicionamiento de precisión con tolerancias mínimas de ajuste mecánico para que no se ocasionen errores de formación que originen no conformidades en producto terminado.

Tabla 5. Constitución Envasadora TBA9

SISTEMA	COMPONENTE	FUNCIÓN
AIRE ESTÉRIL	- válvula de producto - Compresor - Separador - Esterilizador - Súper calentador	Generar en las condiciones optimas aire estéril, libre de impurezas que garanticen la no contaminación de la materia laminar.
UNIDAD DE TRACCIÓN	- Motor Principal - Paletas - Caja de Repartición - Freno	Movimiento general de la maquina, con desplazamientos en planos. Ejercicio de transmisión con plegadora.

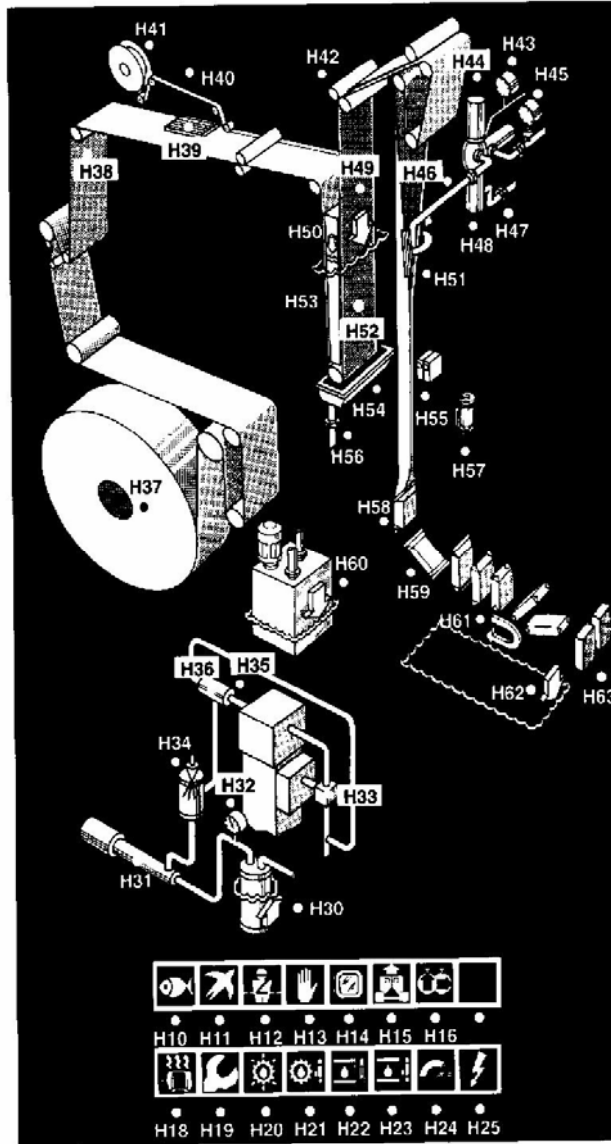
MANDÍBULAS	- Mordazas - Formadora	Realización de formación mecánica del tubo de llenado.
PLEGADORA	- Deslizadera - Unidad de presión - Unidad de Descarga - Unidad plegado Inferior - Cadena de Estaciones - Unidad Index - Elemento de Sello	Por medio de presiones verticales y laterales se forma el envase cúbicamente, por medio de temporizados mecánicos (index) se individualiza para ejercer sellos de forma.
HIDRÁULICO	- Ganchos de Arrastre - Unidad de Corte	Acción hidráulica permite la tensión y arrastre de papel y la ejecución de corte.
LUBRICACIÓN	- Central - Multiplicadores	Lubricación general de la maquina. Acción por multiplicadores de presión para corte.
AIRE Y AGUA	- Actuadores - Circuito Inductor - Circuito Tubo de llenado	Energización de proceso para actuadores neumáticos. Refrigeración del circuito inductor y lubricación de desplazamiento del tubo de llenado.
FORMACIÓN DE TUBO	- Aplicador de Tira - Sello Longitudinal - Anillos y Rodillos formadores -Tubo de llenado	Formar el tubo de llenado a partir del sello longitudinal, Aplicado de tira por temperatura
CORRECCIÓN DE DISEÑO	- Electrónica - Motor Habilitador - Ganchos Tensionadores	Sincroniza la formación individual durante el desplazamiento del material laminar, unificando volumen de llenado 250 ml.
SELLO TRANSVERSAL	- Generador Alta Frecuencia - Inductor	Circuito de alta frecuencia encargado de realizar el pegue transversal por unidades de envasado
ELÉCTRICO	- Transformador - Componentes de Seguridad - Componentes de Potencia - Componentes de Control	Circuito eléctrico de energización general de la maquina, potencia, control y seguridad.
TRANSPORTADORES	- Motores - Reductores - Cadena	Transporte de producto terminado por unidades de 250 ml y cajas de 24 unidades.
ENCINTADORA	- Circuito Eléctrico - Circuito Neumático - Unidad de Corte - Unidad Mecánica	Encintado superior e inferior de las cajas de producto terminado, antes de estibado.

Fuente: Manual de servicio Tetrapak

La ubicación de cada uno de los sistemas y sus elementos componentes se observan en la figura 12.

Figura 12. Distribución de sistemas TBA9

Monitor panel

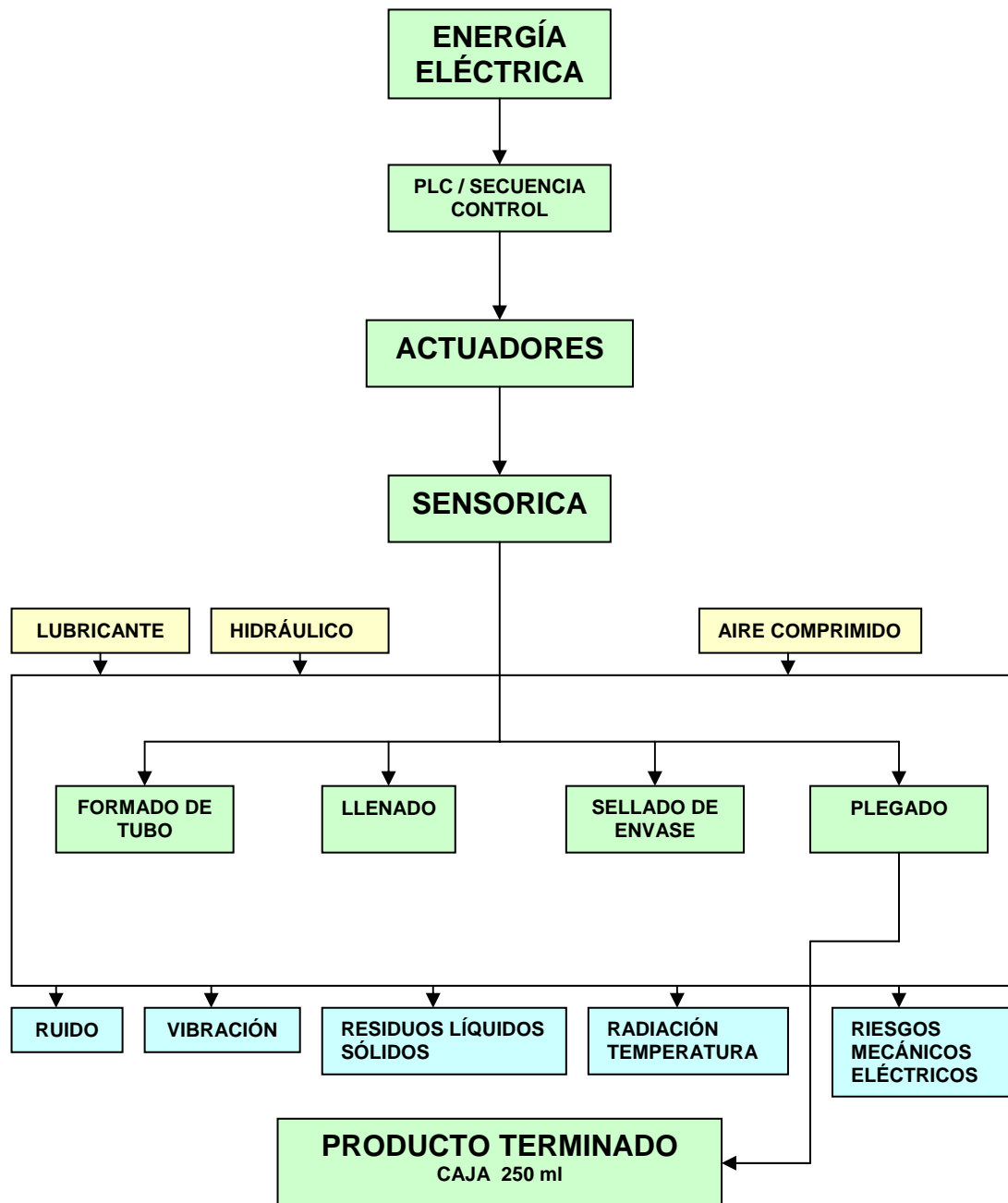


- h10 Testigo agua
- h11 Testigo aire
- h12 Protección mecánica
- h13 Parada emergencia
- h14 Cámara cerrada
- h15 Formadores
- h16 Sincronización plegadora
- h18 Sobre carga
- h19 Llave de servicio
- h20 Lubricación central
- h21 Deficiencia lubricación
- h22 Unidad hidráulica baja
- h23 Alta temperatura
- h24 Lavado
- h25 Energización
- h30 Separador
- h31 Super calentador
- h32 Esterilizador
- h33 Valvula regulación 1
- h34 Valvula regulación 2
- h35 Filtro
- h36 Manómetro
- h37 Bobina de papel
- h38 Rodillos pre pliegue
- h39 Aplicador de tira
- h40 Rodillo aplicador tira
- h41 Tira
- h42 Rodillos limpiadores
- h43 Manómetro válvula abc
- h44 Válvula abc
- h45 Contra presión
- h46 Presión de llenado
- h47 Presión aire estéril
- h48 Alivio de válvula
- h49 Camara baño de peróxido
- h50 Válvula baño peróxido
- h51 Sello longitudinal
- h52 Presión baño de peróxido
- h53 Rodillo baño peróxido
- h54 Cubeta baño peróxido
- h55 Fococelda diseño
- h56 Drenaje peroxido
- h57 Anillo formador
- h58 Sello transversal

Fuente: Manual de servicio Tetrapak

A continuación en la figura 13. Se presenta el diagrama de función, se destaca que cualquier falla de los sistemas implica un error en el funcionamiento causando perdidas de materia prima, de consumo energético y tiempos de alistamiento. Cada sistema en condiciones iniciales óptimas debe ser monitoreado continuamente, en el cual se verifica los valores específicos de variables como son presiones neumáticas, hidráulicas y de temperatura necesarios en cada uno de los procesos para el llenado.

Figura 13. Diagrama de función llenadora TBA9



Fuente: Autores

El equipo necesita de solamente una persona para su operación este se encuentra generalmente en la zona de llenado, la maquina en si es controlada mediante el P.L.C (Controlador Lógico Programable), sin embargo el operario esta encargado de verificar el correcto funcionamiento de la maquina y el alistamiento de materias primas, como es el papel y tira. Existen en línea de

producción tres funcionarios más encargados del proceso de empaque y estibado el cual se realiza manualmente.

2.3 PROCESO DE LLENADO MAQUINA TBA9

En la figura 14. Se realiza gráficamente la secuencia de llenado de la maquina TBA9 donde su objeto principal es el embalaje del licor en las mejores condiciones de asepsia y hermeticidad, regido por buenas practicas de manufactura en su formato de 250 ml.

Figura 14. Diagrama de proceso llenadora TBA9



Fuente: Autores

- **Alimentador bobina de papel:** En primera instancia, es necesario colocar la bobina, el cual hace el papel de empaque, dicho bobina 8200 empaque o envases. Para colocar el rollo es necesario la ayuda de un estibador hidráulico debido a su gran peso (210 Kg.).
- **Colocación banda de material:** Ya colocada la bobina el operador realiza el proceso de alistamiento en posición la lamina de material por la estructura de la maquina verificando el paso por cada rodillo guía hasta la mandíbula de formación.
- **Aplicador de tira:** La máquina en condiciones iniciales de presión, temperatura, energía y refrigeración habilita la pantalla de aplicación de tira (AT) para posterior pegue de sello longitudinal (LS).
- **Sello longitudinal:** Con la presión y temperatura indicada la pantalla de sello longitudinal se encarga de unir como su nombre lo dice longitudinalmente el envase laminar.

- **Tubo de llenado:** Por medio de los rodillos formadores se crea un tubo de llenado alrededor de la válvula dosificadora de producto líquido. Todo el desplazamiento del material es realizado por ganchos tensores (FLAG).
- **Llenado:** Teniendo el tubo de llenado para el producto, el nivel del líquido a vaciar en el tubo de papel es regulado mecánicamente por un flotador, dejando siempre el nivel del mismo por encima de la boca de este tubo. lo cual previene de la formación de espuma y asegura la dosificación correcta.
- **Sello transversal:** El tubo formado y llenado es sellado transversalmente en un sistema de mandíbulas y por medio de la soldadura por contacto bajo una descarga de corriente inducida, simultáneamente se ejecuta el corte del material por medio de cuchillas actuadas mediante un sistema hidráulico. (se genera unidad de producto).
- **Envase sellado:** Las unidades de producto caen por gravedad y se deslizan por la canal posicionadora y amortiguadora llevándola hasta el equipo plegador.
- **Plegado:** Las unidades envasadas entran aun equipo de plegado encargado de realizar la formación y sello de los picos inferiores y superiores del envase por medio de la aplicación de temperatura y presión mecánica donde se funde el material exterior del empaque en sus vértices.

2.4 ANTECEDENTES DE LÍNEA 9

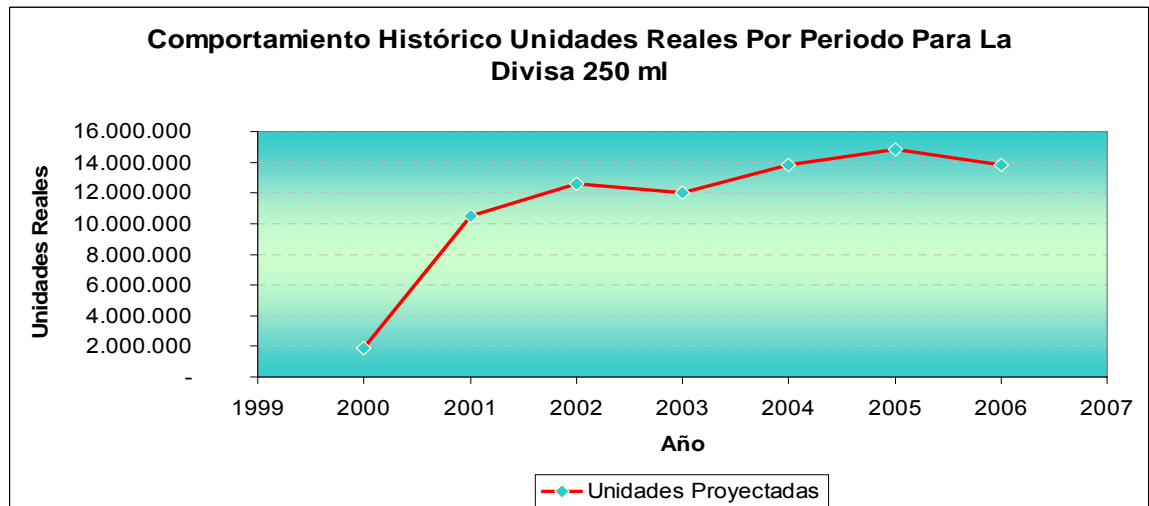
El comportamiento de producción favorable de incremento de la demanda comercial de la divisa (250ml Tetrapak), de gran aceptación por parte del consumidor en los últimos dos años, ha llevado a las divisiones de producción, calida y mantenimiento de la E.L.C a direccionar sus planes de gestión en esta línea de llenado, a continuación se presenta un panorama actual de desempeño de la línea en mención. **Ver Anexo A**

2.4.1 Registro de Producción y Ventas

La información estadística recopilada y suministrada por la división de producción correspondiente al registro de producción de la línea 9 durante los últimos seis años presenta una tendencia de incremento de 2.000.000 de unidades a 14.000.000 de unidades, con lo cual se desprende la importancia que posee actualmente esta línea en la participación total de producción la cual alcanzo en el año 2006 un 44 %. La subgerencia comercial ha establecido una proyección de ventas para el año 2008 de 15.000.000 de

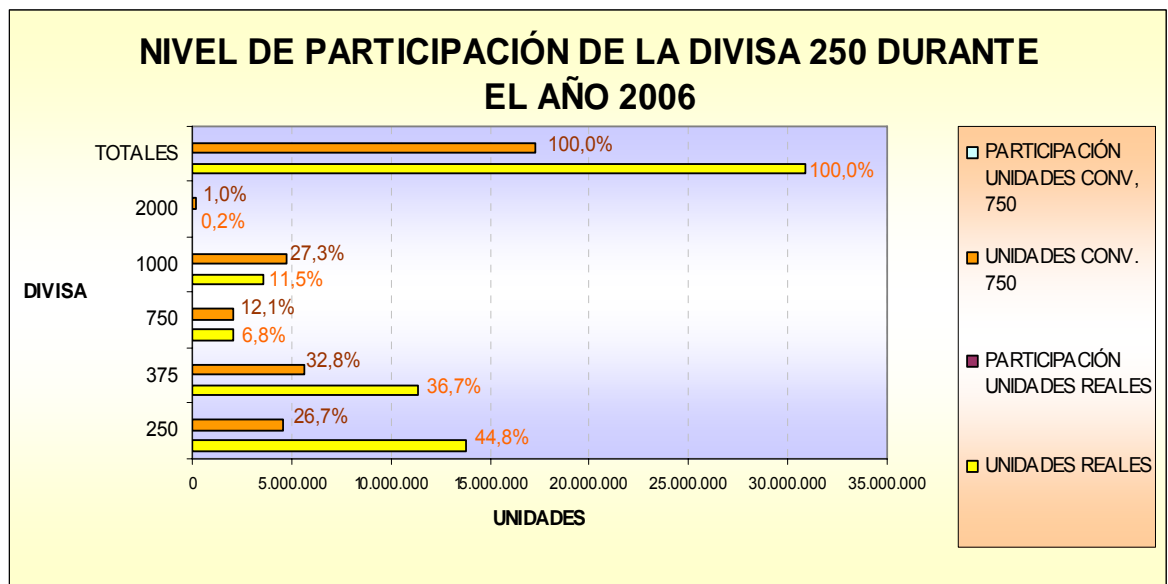
unidades, en las figuras 15 y 16 se muestran los cuadros estadísticos realizados por la división de producción donde se sustenta la información analizada por los autores.

Figura 15. Tendencia de producción línea 9



Fuente: División de Producción E.L.C

Figura 16. Participación del formato Tetrapak 250 ml Año 2006



Fuente: División de Producción E.L.C

- **Consideración:** Para el año 2006 se realizó en la línea 9 una producción de 14.255.641 unidades, en las divisas aguardiente Néctar y

Ron Santafe de las cuales 435.405 unidades no cumplieron los requerimientos de calidad para producto conforme, por consiguiente fue necesario efectuarles actividades de reproceso. En cifras el 3.05 % de las unidades envasadas son reprocesadas, presentando un costo de actividad de **\$106.383.080 Millones de pesos**. (Valor suministrado por centro de costos E.L.C).

2.4.2 Mantenimiento Industrial Aplicado Línea 9

La División de mantenimiento industrial actualmente, en la línea 9 de producción se limita a realiza mantenimiento en su totalidad de tipo correctivo (apaga fuegos), se parte de un diagnóstico cuyas principales fuentes primarias son los pocos y limitados registros escritos y verbales suministrados por los tecnólogos de la división involucrados operativamente en las intervenciones de mantenimiento. El funcionario de mantenimiento (tecnólogos) cumple con las labores sustentado en las solicitudes de asistencia de desvare que son asignadas día a día por el jefe de división.

Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo directamente por parte de funcionarios de la firma TETRAPAK, como también la adquisición de repuestos originales, estas actividades son contratadas y canceladas por la E.L.C en dólares ascendiendo en el año 2006 a \$ 152.453.462 Millones de pesos (Cifra suministrada por centro de costos de la E.L.C), el suministro de este servicio y la adquisición de estos bienes esta supeditados a su disponibilidad en tiempos y existencias por parte de la casa matriz. En la tabla 6 se muestra datos estadísticos de programación de producción y la asistencia de mantenimiento en la línea 9 correspondiente al año 2006, la información de las cifras efectivas de desempeño son suministrado por centro de costos de la E.L.C.

Tabla 6. Índices de Mantenimiento Línea 9

HORAS PROGRAMADAS PRODUCCIÓN	HORAS EFECTIVAS PRODUCCIÓN	EFICIENCIA LÍNEA 9	HORAS MANTENIMIENTO	COSTO MANTENIMIENTO	UNIDADES NO ENVASADAS	MESES X MTO
2.771	2.303	83 %	383	\$32.846.354	2.300.000	1.9

Fuente: División de Producción E.L.C

La no planificación y programación de un tipo de mantenimiento por parte de la división de mantenimiento industrial para la línea de llenado en mención, plantea la necesidad de establecer e implementar un plan mantenimiento acorde a los actuales requerimientos; Tendiente a garantizar el optimo desempeño del personal y maquinaria involucrada en el proceso; Como también la reducción de tiempos de asistencia técnica y costos directos e indirectos generados por las actividades de mantenimiento.

3. MARCO TEÓRICO

La actividad industrial adopta formas y tamaños diversos dependiendo de factores tales como el mercado consumidor de sus productos, la disponibilidad de recursos financieros y las posibilidades de la optimización de las materias primas y los recursos productivos: materiales, energía, recurso humano. Por ello nos encontramos frente a una realidad que la E.L.C debe y tiene que afrontar, dependiente de todos y cada uno de estos factores, se debe establecer las estrategias y políticas empresariales que conduzcan a regular actividades como la de la división de mantenimiento industrial frente a la mantenibilidad, disponibilidad y eficiencia de los equipos e instalaciones involucrados en el proceso productivo, en este capítulo se exponen todos aquellos fundamentos básicos teóricos necesarios para el desarrollo de la planificación y programación del tipo de mantenimiento apropiado a las necesidades de la E.L.C y concretamente para la línea de envasado, formato Tetrapak TBA9.

3.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- **Primera generación (Hasta la década de 1950).** Se caracteriza por máquinas sencillas diseñadas para propósitos específicos, fiables y fáciles de reparar. No necesitaban sistemas de Mantenimiento complicados, tampoco necesitaban personal calificado, reparación cuando se produce la rotura o falla.
- **Segunda Generación (1950 a 1970).** Se produce el auge de la mecanización suplantando mano de obra, las producciones son dependientes de la máquina. Se reducen los costos con revisiones a intervalos fijos. Aparece el Mantenimiento Preventivo, sistemas de control, inspecciones y planificación del Mantenimiento.
- **Tercera Generación (1970 a la fecha).** Aparecen nuevas expectativas: condición de máquina vs. Calidad del producto; se incorporan los conceptos de seguridad, salud y cuidado del medio ambiente. La competitividad obliga a enfocarse en los costos; Se desarrollan nuevas investigaciones: Seis modos diferentes de fallos. Se desarrolla el mantenimiento predictivo, el monitoreo a condición, sistemas expertos, gestión de riesgo, modos de fallo y análisis de causa raíz.

3.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO EN TÉRMINOS ACTUALES

Es el conjunto de acciones emprendidas en una organización a efectos de preservar adecuadamente sus equipos e instalaciones, sosteniendo su desempeño en condiciones de fiabilidad y respetando la seguridad, salud ocupacional y cuidado del medio ambiente, asumidas a partir de su propio compromiso de negocio y desempeño, con la optimización de costos como objetivo asociado.

3.3 FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

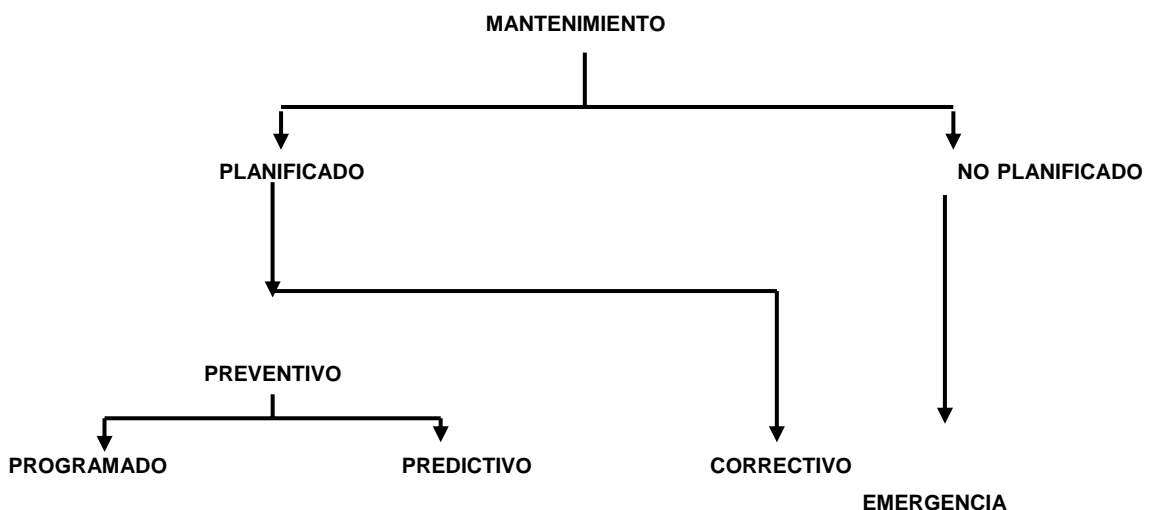
La implementación de un sistema de mantenimiento involucra un trabajo sistemático que planifica y a la vez selecciona los objetivos que determinan los programas y procedimientos que van a llevarse a cabo para la consecución de los objetivos específicos. Las principales funciones del mantenimiento son:

- La inspección
- La planeación, programación, ejecución y mejoramiento de las políticas en el programa de mantenimiento para los equipos de cualquier empresa.
- Selección, instalación, operación e inspección del programa establecido.
- Generación y distribución de servicios como energía y agua.
- Selección y control de lubricantes.
- Asesoría en la selección y compra de equipos para reposición.
- Coordinación de las rutinas de mantenimiento a realizar en cada equipo: inspección, lubricación, limpieza y ajuste.
- Selección y capacitación del personal idóneo para las labores de mantenimiento.
- Garantizar las condiciones de seguridad al interior de la planta.
- Interventoría y manejo de contratistas que requiera el desarrollo del programa de mantenimiento.
- Manejo del presupuesto asignado a los servicios de mantenimiento.
- Disminución de fallas imprevistas para incrementar la productividad.
- Disminución de los costos de mantenimiento.

3.4 TIPOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para que la gestión de mantenimiento sea la adecuada, se requiere un análisis de los diferentes tipos existentes, de esta forma se determina el enfoque apropiado y los parámetros a seguir en la elaboración de un plan de mantenimiento. En la figura 17 se muestra la relación entre los diferentes tipos de mantenimiento.

Figura 17. Relación entre los diferentes tipos de mantenimiento



Fuente: Autores

- **Mantenimiento Planificado:** Mantenimiento organizado y efectuado con previsión y control.
- **Mantenimiento no planificado:** Es aquel efectuado sin un plan previo.
- **Mantenimiento Correctivo:** Mantenimiento efectuado a una entidad cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole la condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, estar planificado.
- **Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento que consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas según intervalos de tiempo, o probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de la entidad. Siempre se debe planificar.
- **Mantenimiento Predictivo:** mantenimiento preventivo basado en el conocimiento del estado de una entidad por medición periódica o continua de algún parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería.

3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS TIPOS DE MANTENIMIENTO

A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas ver tabla 7

Tabla 7. Ventajas y desventajas tipos de mantenimiento.

MANTENIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CORRECTIVO	Disminución de costos de almacén de repuestos	Mayor requerimiento de personal de reparaciones
		Costos de reparación mayores
		Paros intempestivos
		Mayor tiempo de reparación
		Disminución a la producción
PREVENTIVO	Disminución en tiempos de parada, lo cual repercute en un aumento de producción	El equipo puede sufrir daños irreparables
	Menos desgaste de los recursos físicos, lo cual implica mayor tiempo de duración de los equipos y disminución de inversiones	No se emplean al máximo los repuestos
	Disminución de reparaciones a gran escala y mejor calidad en ellas	Si los períodos de revisión son muy cortos, se reduce el tiempo de producción y se cambian piezas en buen estado, o si son muy largos se corre el riesgo de una falla inesperada con los perjuicios que ello conlleva
	Mejor control del almacén de repuestos	
	Se reducen los costos tanto por horas de parada como por valor de repuesto	
	Mejor distribución del personal a cargo	
	Mejores condiciones de seguridad	
Se crea una organización en cuanto a localización y distribución de los equipos en las instalaciones	Es el más costoso si se requiere de equipos especiales, de lo contrario se pueden ejecutar inspecciones de tipo audio – visual	
PREDICTIVO	Eliminación de fallas e imprevistos	Se requiere una alta inversión inicial
	Ahorro en repuestos y tiempo de producción	Es necesario el uso de equipos costosos y sofisticados

Fuente: PÉREZ, Carlos Mario. Gerencia de mantenimiento. Medellín. 2002.

Ningún tipo de mantenimiento soluciona todos los problemas de una planta, cada uno tiene sus propias características que involucran ventajas y desventajas.

Con base en los objetivos fijados para la realización del plan de mantenimiento deben existir diferentes enfoques de acuerdo al criterio y necesidad de cada sección en particular

3.6 TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento debe disponer de cierto número de métodos e instrumentos que permitan mejorar su eficacia, y a su vez se está convirtiendo en la condición indispensable de la competitividad, sobre todo cuando el no mantenimiento aparece como el corolario de la falta de calidad.

La eficacia de mantenimiento pasa por la organización, distribución de responsabilidades de acción y reflexión y sobre todo por la utilización y el dominio de los instrumentos específicos.

Se pueden señalar las siguientes tendencias para el futuro:

- Trabajo más abstracto.
- Desaparición de la frontera entre el trabajo y el no trabajo.
- Evolución de la función de reparación y mantenimiento hacia el diagnóstico y la búsqueda de la disponibilidad, mediante la mejora permanente.
- Empleos y cualificaciones mixtos.
- Paso de la relación, concepción → explotación → mantenimiento, a la relación hombre / máquina → equipo / sistema.
- Paso de eliminar los tiempos muertos en los operadores a eliminar los tiempos muertos de las máquinas.

El mantenimiento de los equipos implica también mantener las cualificaciones de los hombres dentro de la empresa.

Las responsabilidades se desplazan, el operador de la máquina se convierte en el primer participante en el mantenimiento, su profesión ya no es la misma.

El funcionamiento de un material en condiciones normales de utilización puede verse perturbado por tres tipos de averías que corresponden a las formas de explotación:

- Las averías infantiles, que se producen poco tiempo después de la puesta en funcionamiento y se deben a defectos de concepción o de fabricación, o incluso de reparación.

- Las averías verdaderas o repentinas, debidas a fallas estructurales ocultas.
- Las averías relacionadas con el envejecimiento de los componentes y con el desgaste de los materiales.

Otra metodología que conciernen más bien al examen de funcionamiento de los equipos en su entorno industrial consistirían en:

- Eliminar las fallas más repetitivas, que son las más fáciles de evitar.
- Poner en marcha mecanismos de captación que permitan aplicar el mantenimiento condicional, interviniendo antes de que aparezca la avería.
- Mejorar el nivel de conocimiento de la maquinaria por parte de los operadores.
- Mejorar la mantenibilidad.
- Disminuir la incidencia de algunas fallas mediante la aplicación de sistemas redundantes o de suplencias intermediarias adecuadamente medidas.

Algunas directrices o principios que no deben olvidarse permiten obtener cierta eficacia.

Para dominar las fallas es preciso saber identificarlas y medir su incidencia:

- Hay que analizarlas y buscar a partir de un efecto comprobado la causa inicial del fallo. No sirve de nada cambiar varias veces seguidas el mismo fusible si no se ha buscado el origen del deterioro.
- Hay que prestar atención a los puntos más sensibles o vulnerables de los equipos.
- Hay que reconocer las situaciones que generen conflicto en la empresa y poner en marcha dispositivos para manejarlas.
- Hay que favorecer la apropiación de la máquina por el operador, ya que éste la considerará como suya.
- Hay que adaptar el organigrama de la empresa a las necesidades de producción combinando todas aquellas que puedan generar la disponibilidad operativa.

3.7 LOS MÉTODOS DE MANTENIMIENTO

El objetivo de poner en marcha métodos de mantenimiento es ayudar a los funcionarios operativos de mantenimiento a realizar sus trabajos con una preparación eficaz y estructurada.

La preparación concierne sobre todo a:

- La gestión de las piezas de recambio.
- La gestión de la documentación, nomenclaturas y planos.
- La definición de lo preventivo.
- La definición de los cuadros de mandos técnicos y financieros.

La redacción de informes de actividad basados en indicadores permite aportar las mejoras tecnológicas adecuadas.

La aplicación de indicadores permite:

- Fijar objetivos técnicos y económicos.
- Seguir los resultados, lo que permite apreciar las desviaciones.
- Analizar dichos resultados.
- Sacar enseñanzas y proponer mejoras.

En una empresa suele haber un equipo que plantea problemas. El método consiste, tras la identificación formal de dicho equipo, en buscar todas las causas posibles de mal funcionamiento, que se pueden repartir entre los siguientes conceptos:

- Mantenimiento.
- Máquina.
- Método.
- Gestión.
- Material.

Este método suele requerir la utilización de un diagnóstico industrial previo. El instrumento de producción debe responder a un objetivo fundamental: “la disponibilidad con una calidad de servicio óptima”.

Esta disponibilidad se define como la relación entre la suma de los tiempos de producción y del tiempo total que, según los casos se puede considerar como:

- Un tiempo de apertura.
- Un tiempo de preparación.
- Un tiempo de ajuste.
- Un tiempo normal de producción.

Resulta más fácil de lo que se cree medir este tiempo efectivo y sobre todo determinar con precisión las causas iniciales que originan la indisponibilidad. Y aún es más fácil prever a partir de una medida, la mejora de la disponibilidad y el diseño de una línea de producción.

Hay que pasar de la fase de observación a la de previsión y planificación. Este paso suele ser obligatorio para quien quiere producir al mejor precio.

El procedimiento que consiste en medir, identificar y buscar las mejoras posibles y en evaluarlas y determinar la nueva disponibilidad por modelización, necesita diferentes participaciones y una metodología precisa.

La disponibilidad de los instrumentos informáticos actuales permite una precisión en la adquisición de datos. Sin embargo, para la simulación, es indispensable poseer:

- Instrumentos de adquisición de datos de las disfunciones.
- Una informática de tratamiento de los elementos considerados.
- Un programa de simulación de las ventajas previstas.
- Tiempo o una asistencia disponible.
- Voluntad de modificar los equipos.

La disponibilidad de los equipos de producción está al orden del día en las preocupaciones de la industria.

3.8 ÍNDICES DE COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS

3.8.1 Tiempo medio entre fallas (TMEF)³ o índice de confiabilidad.

Este índice muestra la confiabilidad en el comportamiento de cada equipo de acuerdo a la gestión del departamento de mantenimiento.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Tiempos reales de funcionamiento del equipo}}{\text{Número de intervenciones sobre el equipo}}$$

Confiabilidad⁴: capacidad de una entidad para efectuar su función específica en unas condiciones y con un rendimiento definidos durante un período de tiempo determinado. Puede expresarse como la probabilidad de que funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un determinado período de tiempo.

3.8.2 Tiempo medio de reparación (TMDR)⁵ o índice de mantenibilidad.

Este índice nos permite observar la mantenibilidad o eficacia en cada una de las intervenciones del departamento de mantenimiento.

$$\text{TMDR} = \frac{\text{Tiempo trabajado sobre el equipo}}{\text{Número de intervenciones sobre el equipo}}$$

³ Mora, Alberto. Conferencias de mantenimiento U.I.S. Bogotá 2006.

⁴ ICONTEC GTC 62. Bogotá 2004.

⁵ Mora, Alberto. Conferencias de mantenimiento U.I.S. Bogotá 2006.

Mantenibilidad⁶: en unas condiciones dadas de utilización, la aptitud de un dispositivo para ser mantenido o restablecido al estado en el que pueda cumplir su función requerida, cuando el mantenimiento se cumple en las condiciones dadas, con los procedimientos y medios prescritos.

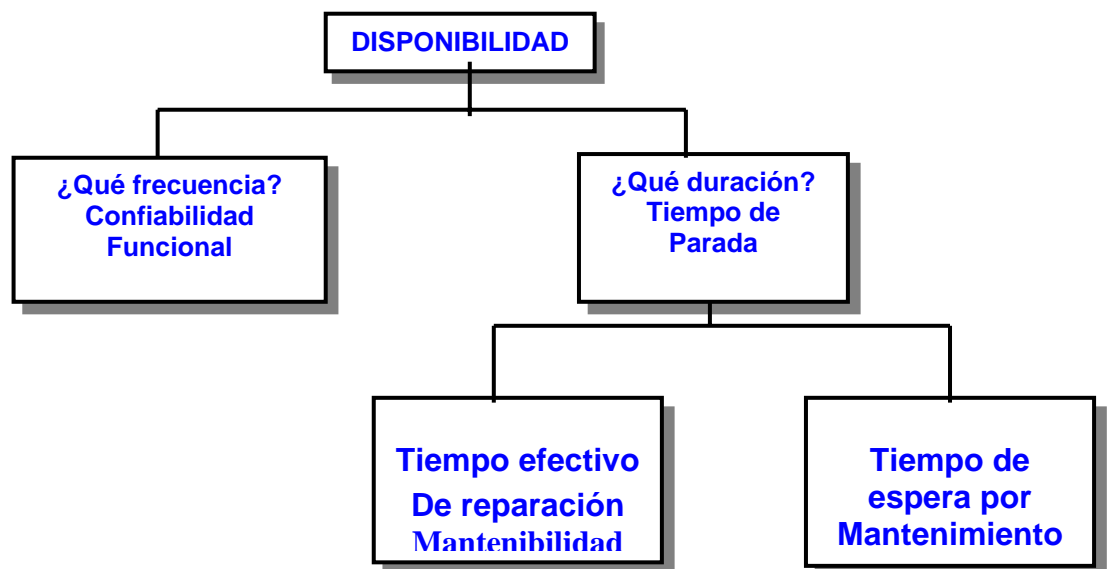
3.8.3 Disponibilidad (D)⁷.

Capacidad de una entidad para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado período de tiempo, en condiciones y rendimiento definidos. Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado período de tiempo. La disponibilidad de una entidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Una medida práctica de la disponibilidad⁸ de un elemento como parámetro de referencia es la definida por la relación entre tiempos de operación y el tiempo total que se necesita que funcione, es decir el tiempo durante el que se hubiese querido producir. En la figura 18 se muestra las características de disponibilidad de un equipo.

$$D = \frac{\text{Tiempo real trabajado por el equipo}}{\text{Tiempo real trabajado por el equipo} + \text{Tiempo de parada del equipo}}$$

Figura 18. Disponibilidad de un Equipo.



Fuente: Autores

⁶ ICONTEC GTC 62. Bogotá 2004.

⁷ ICONTEC GTC 62. Bogotá 2004.

⁸ Mora, Alberto. Conferencias de mantenimiento U.I.S. Bogotá 2006.

3.8.4 Costo total de mantenimiento del equipo (K)⁹.

Son los gastos en mano de obra, materiales de repuesto, servicios contratados, parte proporcional de los costos de supervisión y medios empleados en la reparación de la avería o reposición de una entidad, y el costo de falla inherente a cada equipo.

$$K = \text{Costo de falla} + \text{valor horas hombre} + \text{contratistas} + \text{materiales y repuestos}$$

Los costos directos, como son la mano de obra, los subcontratos, los repuestos, los materiales, la capacitación y los gastos de administración. Todos estos son los que figuran en el presupuesto de mantenimiento, sin embargo no son los únicos costos, también tenemos por otro lado los costos indirectos, estos son los que se generan por hacer mal el trabajo de mantenimiento, entre ellos encontramos los derivados de pérdidas de producción, de mala calidad de productos o servicios, de demoras en entregas, de costos de capital por tener stocks en exceso, tanto sea de repuestos como de productos en proceso, de pérdidas de energía, de problemas de seguridad y con respecto al cuidado del medio ambiente y por la necesidad de mayor inversión debido a menor vida útil.

3.9 DEGRADACIÓN DE EQUIPOS

Se ha determinado que la cantidad de fallas que presenta un equipo en particular, no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existen variaciones bien definidas durante los periodos inicial y final, así como un gran lapso de tiempo comprendido entre ellos, en el cual el número de fallas es relativamente constante. Esto se ilustra claramente en la curva denominada “curva de la bañera”, figura 19. Es la curva representativa de la gráfica del comportamiento futuro de un equipo o conjunto de equipos, apoyándose en conceptos de probabilidad y estadística, de tal forma que se obtenga una descripción bastante confiable del patrón de fallas probable.

Figura 19. Curva de la bañera



Fuente: Autores

⁹ Mora, Alberto. Conferencias de mantenimiento U.I.S. Bogotá 2006.

- **Etapa de fallas prematuras:** Comienza al instalar el equipo, donde al realizar la operación se presentan fallas prematuras en algunos elementos que deben ser reemplazados, esta etapa es de corta duración. La tasa de fallas es decreciente.
- **Etapa de vida útil:** Es una etapa relativamente larga donde se presenta una tasa de fallas con un promedio bajo.
- **Etapa de agotamiento:** Esta etapa esta determinada por un aumento en las fallas por unidad de tiempo, debido a que los componentes del equipo tienen un desgaste considerable. La tasa de fallas es creciente.

Si al llegar a la etapa de agotamiento y por convenir a los intereses de la empresa, se rehabilita esta máquina haciéndole una reparación a fondo, se obtendrá un nuevo tiempo de vida útil, más corto que al anterior y con una mayor tasa de fallas de bajo promedio.

3.10 DIAGNÓSTICO DE FALLA

Para obtener un concepto concreto de la situación cualitativa funcional del equipo involucrado en proceso productivo, se debe realizar un “diagnóstico de falla”, que puede ser desde muy simple hasta un diagnóstico avanzado. De este análisis se espera:

- Determinar qué causa activa o dispara la falla.
- Identificar los síntomas observados.
- Determinar las acciones para eliminar los riesgos, de Seguridad Industrial y Medio Ambiental.
- Obtener información completa sobre la causa y las posibles acciones correctivas.

Cuando se realiza este diagnóstico, además de las observaciones directas en el equipo, si es necesario, deben verificarse los parámetros del proceso. De este primer diagnóstico, simple, de fallas puede surgir que:

- La causa es algo obvio. En este caso la misma persona puede corregir el problema o requerir al operador del área que lo haga.
- El diagnóstico de falla no ha permitido determinar la causa u obtener información suficiente. En este caso es conveniente pasar a un diagnóstico avanzado de la falla, antes de emitir órdenes de trabajo.
- Si la información es suficiente, se procederá a emitir las órdenes de trabajo.

El diagnóstico avanzado de la falla es similar al anterior, más profundo y se recurre a personas más conocedoras de la operación o proceso involucrados o a expertos en los fenómenos que rigen el funcionamiento del equipo que está fallando. Si es necesario se determina qué otros parámetros deben medirse; se

realizan las mediciones y se analizan los resultados. Si este diagnóstico avanzado resulta aún insuficiente, es muy posible que se haya alcanzado el umbral a partir del cual debe realizarse un análisis de causa raíz (RCA).

3.11 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Esta actividad tiene un objetivo primordial: ordenar las tareas en forma de lograr el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posible para la ejecución de las tareas. El programador verifica la priorización de las actividades y les asigna la oportunidad de su ejecución. Con frecuencia se utilizan programaciones por períodos, por ejemplo semanales. Pero las herramientas utilizadas para esta tarea permiten obtener listados diarios, dos o tres días siguientes, semanales, mensuales, etc.

La programación suele realizarse siguiendo metodologías tales como: diagramas de barras, Gantt, diagramas de red de tareas tipo nodos y flechas o tipo bloques vinculados. A su vez, estas metodologías suelen desarrollarse mediante herramientas informáticas, tales como Project, Primavera, etc.

Debemos distinguir los siguientes tipos más comunes de programación de actividades en el mantenimiento industrial:

1. Programación de actividades del día a día, normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones o PPM's. En estos programas, con frecuencia cada actividad o reparación está representada por una o unas pocas barras o tareas. Estos programas incluyen algunas decenas de tareas, que se realizarán en las próximas dos o tres semanas. Habitualmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos. Habitualmente se presentan como diagramas de barras tipo Gantt. Estos programas son habitualmente preparados y actualizados semanalmente por el programador de mantenimiento.

2. Programación de una actividad, que por su complejidad requiere de una apertura en muchas tareas de diversas disciplinas y recursos no solo humanos sino también materiales, máquinas y equipos auxiliares. Este es el caso de reparaciones generales de equipos importantes: calderas, hornos, turbinas, compresores, reactores, motores eléctricos de mucha potencia, grandes intercambiadores, etc. o unidades funcionales completas: torres de enfriamiento de agua, plantas de tratamiento de agua para generación de vapor, servicios de purificación o acondicionamiento de efluentes industriales, etc. En estos casos se agregan tareas propias de los sectores productivos que deben preparar equipos e instalaciones, incluyendo desvinculaciones, vaciados, barridos, temporizado, etc. para permitir su intervención. También los programas parciales de contratistas que participen. Este tipo de programas con frecuencia superan el centenar de tareas y requieren del establecimiento de precedencias y restricciones. En este caso suele no ser suficiente con diagramas de barras y muchas veces se requiere el uso de redes, determinación del camino crítico y diagramas de carga de recursos y costos. En este caso el programador requerirá el soporte de los expertos en las

diversas disciplinas y realizará actualizaciones diarias o con alguna frecuencia predeterminada.

3. Programación de paradas programadas de planta. Estos programas suman una gran cantidad de los dos tipos de programas mencionados anteriormente y se agregan además, tareas de proyectos de modificaciones destinadas a la ampliación de capacidad productiva o mejoras tecnológicas, etc. Con frecuencia se alcanzan varios cientos de tareas y, en algunos casos, miles. Como en el caso anterior, se requiere del establecimiento de redes de trabajo, precedencias, restricciones, hitos y la determinación del o de los caminos críticos y los diagramas de carga de los recursos y costos. Con mucha frecuencia la programación de paradas de planta exige de equipos de programación, integrados por diversas disciplinas y por programadores de las empresas prestadoras de servicios – contratistas - que participen de las actividades.

3.11.1 Diagramas de barras – Gantt

En los diagramas de barras, las actividades se representan mediante barras, habitualmente horizontales, cuya longitud se corresponde con su duración en el tiempo. Habitualmente el tiempo se representa en el eje “x”, del diagrama, en tanto que las tareas se ordenan en filas horizontales, hacia abajo. En este tipo de diagrama si se indican para cada tarea los recursos requeridos, mano de obra o costos estimados, sumando verticalmente es posible determinar la carga de recursos o costos, en el tiempo. Si la carga es poco uniforme e implica períodos con excesiva carga y otros con muy poca, permite reordenar las actividades en modo de lograr un aprovechamiento más uniforme de los recursos.

3.11.2 Diagramas de red – CPM – AND – PERT

Los diagramas de red permiten determinar el “camino crítico” y también realizar la simulación de alternativas que mejoren los tiempos de ejecución. Si se incorporan los recursos, mano de obra y costos estimados, es posible también elaborar diagramas de carga y replantear la distribución de tareas en el tiempo, para un mejor aprovechamiento de los recursos y/o disminución de los costos.

3.11.3 Diagrama de Pareto

Se trata de un método de elección para indicar, entre varios problemas, los que deben ser abordados con prioridad. La representación gráfica permite distinguir de manera clara los elementos importantes de los que menos lo son, lo cual no es siempre evidente.

Procede de los trabajos de Wilfredo Pareto (1848-1923). Por lo tanto también es denominado ley de Pareto ó ley del “20 - 80” donde el 80% de las fallas son ocasionadas por el 20% de los problemas. Consiste en no dejarse absorber por los trabajos ciertamente útiles pero de muy poca importancia en relación al volumen de otros trabajos.

Aunque las aplicaciones en mantenimiento pueden llegar a ser bastantes, se aplica principalmente en investigaciones de las fallas (según su costo o su frecuencia) para decidir el método de mantenimiento a adoptar.

3.11.4 Etapas de la programación

La programación de tareas transcurre en etapas bien definidas:

- **Preparación:** en esta etapa el programador recibe de las diferentes disciplinas que participan un detalle de las tareas a realizar. Se asegura alcanzar un óptimo nivel de detalle. Ni tan detallado que resulte excesivamente laborioso ni tan escueto que impida el análisis apropiado de la utilización de los recursos, para su optimización.
- **Elaboración:** aquí se establecerán las duraciones, vinculaciones entre tareas (precedencias), restricciones, hitos, vinculaciones entre segmentos o proyectos. Dependiendo del grado de complejidad de las tareas, se requerirá también la participación de los expertos en las disciplinas que intervienen. Con esta información será posible construir la red del programa.
- **Simulación:** ahora se analizan diferentes opciones de distribución en el tiempo, de las tareas y los recursos necesarios, hasta encontrar el programa que optimiza tiempos y costos. Cada opción deberá ser analizada en conjunto con los expertos para asegurarse de la viabilidad del programa obtenido.
- **Proceso:** una vez que comienza la ejecución de las tareas, será necesario, con alguna frecuencia pre-establecida, verificar los avances de las tareas y la actualización del programa para adaptarlo a los cambios que sean necesarios. Esta actualización se realiza con la información obtenida de los diversos líderes de equipos de trabajo.

3.12 SISTEMAS COMPUTARIZADOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Al desarrollarse e implementarse un plan de mantenimiento la cantidad de información que se recopila, procesa y utiliza para toma de decisiones es enorme, por lo que se necesita un enfoque sistemático para la administración de la información. Además la complejidad y las incertidumbres presentes en el proceso de mantenimiento y la cantidad de información manejada en un sistema típico de mantenimiento requieren el apoyo de la computadora.

Un sistema computarizado para la administración del mantenimiento (SCAM) es básicamente un sistema de información adaptado para dar servicio al mantenimiento. Un (SCAM) ayuda en el proceso de recopilación de datos, registro, almacenamiento, actualización, procesamiento, comunicación y

pronósticos. Es esencial para la planeación, programación y control de las actividades de mantenimiento. Además mediante informes eficaces, un (SCAM) puede proporcionar a los gerentes y a los ingenieros de mantenimiento la información necesaria para una toma de decisiones acertada para controlar y mejorar el proceso de mantenimiento.

3.13 EL MANTENIMIENTO Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

Cualquier intervención de mantenimiento de cualquier nivel ha de ser analizada para asegurar que no contribuya a aumentar los riesgos en las instalaciones de la empresa.

3.13.1 Accidente de trabajo.

Es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o por ocasión del trabajo y que produzcan en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.

Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera de lugar y horas de trabajo. Para eliminar todo peligro en el trabajo, es esencial la colaboración entre el profesional de prevención de accidentes y los ingenieros de toda la compañía.

Por lo tanto al tiempo que se hace un análisis funcional y estructural de cada equipo es necesario analizar variables en los procesos y su compatibilidad con los trabajos a realizar. Existe por tanto, la necesidad de realizar el panorama de riesgos de cada máquina para de esta manera crear un sistema continuo de comprobación de la seguridad de los equipos, la planta y sus sistemas operativos. El ingeniero de mantenimiento ha de tener conocimiento de las técnicas para intervenir un equipo. Es evidente la alta responsabilidad del mantenimiento en la disminución de riesgos. Además de ejecutar bien sus funciones, ha de influir en su recurso humano para crear una conciencia acerca de la seguridad.

Un buen plan de seguridad industrial facilita la imposición de prácticas y condiciones de seguridad, facilita a los supervisores y operarios la puesta en marcha del plan de mantenimiento y el desarrollo de las políticas de la compañía.

Las causas que originan accidentes de trabajo¹⁰ son dos: el acto peligroso o acto inseguro y la condición insegura o condición peligrosa.

- **Acto peligroso o acto inseguro:** Se entiende como acto inseguro¹¹, toda violación de un procedimiento seguro, comúnmente aceptado y relacionado con un acto humano y que puede ocasionar o ha ocasionado un accidente. Como ejemplos podemos citar: inutilizar los

¹⁰ Artículo 9. Decreto 1295 del 22 de Junio de 2002. Ministerio de la protección social.

¹¹ TRUJILLO, Raúl Felipe. Temas de Seguridad Industrial para especialistas. Colombia. 2000.

dispositivos de protección, reparar máquinas en movimiento, no utilizar elementos de protección personal, el exceso de confianza, las velocidades excesivas.

- **La condición insegura o condición peligrosa:** Se entiende como condición insegura¹², cualquier defecto de diseño, instalación, o situación en que intervengan los equipos, máquinas y sistemas que puedan ocasionar un accidente. Como ejemplo podemos citar: iluminación inadecuada, falta de orden y aseo, carencia de elementos de protección personal, vehículos o herramientas con fallas mecánicas.

3.13.2 Programas de administración de riesgos.

Un programa de administración de riesgos desarrolla procedimientos destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores, de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrir con causa o como consecuencia del trabajo. Los objetivos de un programa de administración de riesgos son:

- Preservar la vida humana.
- Preservar la fuente de trabajo.
- Preservar beneficios.

La implementación de un sistema de riesgos profesionales mejora aspectos como:

- **Económicos:** Mejor productividad.
Continuidad de mercadeo.
Reducción de costo de los riesgos.
- **Sociales:** Preservación de la vida de los trabajadores.
Preservación de la fuente de trabajo.
Preservación del personal calificado.
- **Institucionales:** Conservación del buen prestigio de la empresa.
Confiabilidad de los accionistas.
Facilidad en la obtención de préstamos.

3.13.3 Etapas de un programa de administración de riesgos

En la administración de riesgos se consideran cuatro etapas: Identificación, Medición, Control económico, Observación.

En una planta de producción es importante identificar y desarrollar estas cuatro etapas con el fin de disminuir los factores de riesgo existentes. Dichos factores están asociados con:

¹² TRUJILLO, Raúl Felipe. Op. cit.

- **Ubicación.** Comprende los riesgos de desastres materiales, el riesgo frente a peligros causados por plantas vecinas, así como un deficiente sistema de comunicaciones para equipos de emergencia y diferentes facilidades para el manejo de desperdicios y excedentes.
- **Distribución de planta.** Está relacionada con la organización de las áreas del proceso y almacenamiento que en condiciones deficientes no facilitan un aislamiento confiable de equipos y estructuras que ejecuten operaciones que presenten riesgos.
- **Materiales.** Es necesario conocer las características de los materiales, especialmente en cuanto a su resistencia al fuego, para minimizar los riesgos, además de contar con inventarios de los materiales y la elaboración de empaques adecuados para los mismos.
- **Fallas de operación.** La falta de descripción detallada de procedimientos de las operaciones de todos los sistemas, o la carencia de una supervisión ágil y oportuna, facilita la proliferación de riesgos.
- **Fallas en los equipos.** Representa el porcentaje más alto dentro de los factores de peligrosidad en una planta, se originan desde el diseño de los mismos equipos, averías por corrosión, erosión o fatiga del material, por defectos de fabricación, controles defectuosos, materiales inadecuados, limitaciones del diseño, mal mantenimiento o un mal sistema de detección de fallas.

4. PROPUESTA DEL PROTOTIPO DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 DE ENVASADO TBA9 / 250CC EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA.

4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, la industria licorera exige a las empresas mayor eficiencia y productividad generándose un mercado competitivo basado en la disminución de costos y aumento de la calidad.

Actualmente los altos costos y baja eficiencia de ejecución generados por la práctica del mantenimiento correctivo en La **EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA (E.L.C)** dieron pie para replantear las estrategias utilizadas para el mantenimiento de los equipos y concretamente los involucrados en la línea Tetrapak TBA9, buscando disminuir el número de fallas emergentes que generan altas pérdidas en la producción y aumentan considerablemente los costos relacionados con los repuestos y horas hombre empleadas.

4.2 JUSTIFICACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En las actuales circunstancias de gran competitividad nacional e internacional y elevada demanda de productos de alta calidad, en donde la disposición de los equipos y la confiabilidad de los mismos se constituye en una importante estrategia competitiva, la función del mantenimiento ha cobrado una importancia sin precedentes en la historia de la producción a nivel mundial, es por ello que la EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA si quiere sobrevivir en las actuales circunstancias, no deberá dejar de lado la función de mantenimiento ni seguirla considerando como se hacia anteriormente; un “mal necesario”, sino que por el contrario deberá incorporarla como parte integral de su diario funcionar y como mano derecha de la división de producción, teniendo en cuenta que un adecuado plan de mantenimiento no sólo hará posible las metas productivas sino que además contribuirá al alargamiento del ciclo de vida de los equipos, a la disminución de los costos de producción, al aumento de la productividad, a la minimización del tiempo muerto de las máquinas, a la mejora de la calidad, a la correcta utilización y manipulación de los aparatos y la entrega oportuna a los clientes. Estas, entre otras ventajas, son las que proporciona un buen sistema de mantenimiento, en donde el mantenimiento preventivo juega un papel muy importante sino esencial en la correcta estructuración del mismo.

En general un buen plan de mantenimiento preventivo con su correspondiente programación efectiva, contribuirá a la consecución de las metas y los objetivos planteados para la línea 9 de producción de la E.L.C que pretende cumplir con unos estándares de calidad, unos plazos de entrega y una maximización en la utilización de los recursos disponibles, en especial de su maquinaria.

Para los sistemas de producción semiautomáticos que es el caso de la línea Tetrapak, el mantenimiento preventivo garantiza la total autonomía de los

mismos ya que éste aún se basa grandemente en la mano de obra y por lo tanto ante la ausencia de los profesionales en la materia, si el sistema llegare a presentar alguna falla se detendrá por completo.

4.2.1 Disposiciones de mantenimiento

Antes de comenzar a desarrollar el plan de mantenimiento preventivo para la línea de producción 9, es importante conocer la situación actual tanto del mantenimiento ejecutado como de la maquina en cuestión con el fin de, primero, sustentar la necesidad y viabilidad de la elaboración del plan y, segundo, identificar los recursos disponibles para su puesta en marcha. De esta manera se garantiza que la planeación de las actividades preventivas y la propuesta para la organización de la división de mantenimiento estarán acordes a la realidad actual de la empresa.

- **El recurso humano:** Es, indudablemente el recurso más importante con que cuenta la división. La línea 9 TBA9 es asistida por un tecnólogo electromecánico, lo cual limita grandemente las actividades de tipo preventivo en horas ordinarias, ya que la demanda de atención a fallas tiende a ser alta. Es de tener en cuenta que algunos operarios de producción trabajan como auxiliares cuando, por alguna u otra razón no son requeridos en su puesto de trabajo.
- **Operarios en mantenimiento:** La intervención de los operarios en las actividades de mantenimiento en la línea en cuestión, facilita grandemente la implantación del plan preventivo ya que al conocer el funcionamiento de los equipos, les es muchos más fácil la comprensión, prevención, predicción y atención a las fallas menores que pueda presentar la maquina, lo cual disminuye la dependencia de los funcionarios de mantenimiento descentralizándolo y ampliando la responsabilidad de la conservación de la maquina al nivel operativo.
- **Administración de la división:** Los ingenieros de jefatura y de coordinación poseen el perfil para responsabilizarse de la planeación, organización, programación y control de las actividades preventivas.
- **Documento de registro:** En lo concerniente a registros no se maneja ningún tipo de documento de manera permanente para la organización de la división, el instrumento de comunicación escrita usualmente utilizado es el memorando, por medio del cual se informa al personal acerca de las diferentes actividades a realizar.

4.2.2 Disposiciones de línea 9 de llenado

Para obtener un dato preliminar que permita diagnosticar la situación actual de la línea, se procedió a calcular algunos índices para desembocar en la efectividad global de la maquina TBA9 (o tasa de rendimiento sintético) que busca evaluarla teniendo en cuenta diferentes aspectos como la calidad, la

disminución de la velocidad de operación y los paros de la maquina. Todo ello con el fin de observar si era o no adecuado implementar un plan de mantenimiento preventivo siendo los resultados los siguientes:

- **Disponibilidad:** Se calculó dividiendo el tiempo de operación entre el tiempo de carga, lo cual da como resultado el tiempo en el que realmente se encontró el equipo en condiciones de trabajo (no necesariamente en buen estado de funcionamiento). Para la realización de los cálculos se tomaron datos del horómetro de producción línea TBA9 del primero de abril septiembre al primero de mayo del año 2006. **Ver Anexo B.**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{11.891 \text{ Min.}}{14.700 \text{ Min.}} = 0.71$$

La disponibilidad del **71%** indica que este fue el porcentaje de tiempo durante el cual se encontró disponible la línea para operar, es decir que de cada 10 horas de trabajo 1.9 horas fueron invertidas en reparación de degradaciones o mantenimiento correctivo.

- **Eficiencia del rendimiento:** Es el resultado de multiplicar el porcentaje de velocidad de operación por el porcentaje de operación neta. Su objetivo es identificar las reducciones de velocidad y paradas menores que en algunas ocasiones no son registradas y que afectan el desempeño "normal" del equipo. El porcentaje de velocidad de operación es igual al tiempo de ciclo teórico dividido entre el tiempo de ciclo actual. El primero tomado de los catálogos de la máquina TBA9 (6.000 Cajas /hora; 0.01 min. / Caja.) y el segundo de mediciones directas hechas a la velocidad de la línea (5.800 Cajas/hora; 0.010351966 min. / Caja). Siendo el resultado el siguiente:

$$\% \text{ Velocidad de operación} = \frac{\text{Tiempo de ciclo teórico} = 0.01}{\text{Tiempo de ciclo actual} = 0.010351966}$$

$$\% \text{ Velocidad de operación} = 0.96$$

Este valor indica que se está aprovecha el 96 % de la velocidad de diseño de la maquinaria, quedando el 4% restante de posibilidad de mejora.

- **porcentaje de operación neta:** este se obtiene de dividir el tiempo de proceso actual sobre el tiempo de operación, siendo este último el resultado del producto del tiempo de ciclo actual por la cantidad procesada.

$$\% \text{ de operación neta} = \frac{\text{Tiempo de proceso actual}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{\text{T. Ciclo act.} * \text{Cant. Proces.}}{\text{Tiempo de operación}}$$

$$\begin{aligned} \text{\% De operación neta} &= \frac{0.010351966 \text{ min. /Caja} * 977.961 \text{ Cajas en el mes}}{11.891 \text{ minutos operados}} \\ \text{\% De operación neta} &= \frac{10123.81 \text{ min.}}{11.891 \text{ min.}} \end{aligned}$$

$$\text{\% De operación neta} = 0.85$$

Esto indica que existió una reducción de velocidad y paradas equivalentes al 15% del tiempo total de trabajo real de la línea en el mes.

Según los anteriores resultados la eficiencia del rendimiento será:

$$\text{Eficiencia del rendimiento} = \text{\% velocidad de operación} * \text{\% Operación neta}$$

$$\text{Eficiencia del rendimiento} = 0.96 * 0.85$$

$$\text{Eficiencia del rendimiento} = 0.81 \implies \mathbf{81 \%}$$

Este porcentaje indica que de la velocidad potencial de la línea, se aprovecha el 81%. Es decir que existe una posibilidad de mejora del 19% restante si se logra reducir al mínimo fallas que afectan el funcionamiento de la maquina y se aumenta su velocidad lo más cercano posible a su velocidad nominal.

- **Tasa de calidad:** La tasa de calidad hace referencia al porcentaje de productos defectuosos que arroja la línea, ya que no solo es importante que las máquinas estén disponibles, en buen estado de funcionamiento y trabajando a una alta velocidad, sino que también arrojen productos acordes a los estándares preestablecidos, es decir, que el resultado de su trabajo sean productos de buena calidad. Se obtiene de dividir la cantidad de productos conformes entre el número de productos fabricados.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Cantidad de productos conformes}}{\text{Cantidad de productos fabricados}}$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{cantidad defectuosa}}{\text{Cantidad procesada}}$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(1.007.299 - 29.338)}{1.007.299} = 0.97$$

$$\text{Tasa de calidad} = \mathbf{97 \%}$$

La tasa de calidad del 97% indica que la máquina se encuentra en condiciones de funcionamiento pendiente a ajuste para completar el 3% faltante y no poseer reprocesos en producción.

- **Efectividad global de la Línea:** Reuniendo los anteriores tres indicadores (Disponibilidad, eficiencia del rendimiento y tasa de calidad) es posible evaluar la línea desde diferentes perspectivas con el fin de obtener un indicador general de las condiciones actuales de funcionamiento. La efectividad global de la línea es tal, este es el producto de la multiplicación de los tres indicadores mencionados anteriormente:

Efectividad global de la línea = Disponibilidad * eficiencia del rendimiento*
tasa de calidad

Efectividad global de la línea = 0.71 * 0.81 * 0.97

Efectividad global de la línea = 0.55 55%

La efectividad global de la línea del 55% demuestra la posibilidad de mejora potencial del funcionamiento de la misma, que asciende, en términos porcentuales al 82 % es decir, un aumento de casi el doble en el rendimiento actual, mas sin embargo un incremento del indicador al 82% es considerado como aceptable por los expertos en la materia.

Es claro que lograr una efectividad global del equipo del 100% es una utopía mas sin embargo con un plan de mantenimiento preventivo efectivo y programado correctamente es posible alcanzar márgenes superiores al 85% que de por sí ya es una mejora bastante significativa en la operación de la línea.

De acuerdo con los diferentes porcentajes obtenidos podemos concluir que aunque, a primera vista, la tasa de disponibilidad es medianamente alta, si tomamos como referencia 10 horas de trabajo, se encontrara que durante 2 horas de la misma la maquina TBA9 se detuvo por alguna falla, además, ésta disponibilidad no garantiza que la maquina se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento sino que se encuentra disponible para su utilización.

Teniendo en cuenta únicamente la rentabilidad, por producción perdida (lucro cesante), la empresa deja de percibir por una hora de paro alrededor de \$ 8'268.624 (Centro de costos E.L.C). Esto sin contemplar la mano de obra improductiva representada por tres operarios de línea más el supervisor que en total suman \$ 73.420,56 en una hora (Centro de costos E.L.C). A lo anterior sumemos los costos variables que dependen del grado de criticidad del daño como la mano de obra de mantenimiento, las refacciones utilizadas, la energía empleada por las herramientas necesarias (presión neumática, hidráulica, electricidad) y obtendremos el costo total del mantenimiento cuyo punto de partida o valor mínimo de intervención es de \$ 347.184 hora con el supuesto de que interviene un solo tecnólogo electromecánico en la reparación y que los demás costos variables son cero.

Es de anotar que los anteriores puntos son apenas “la punta del iceberg”. El mantenimiento ejecutado actualmente en la línea 9 TBA9, lleva implícitos otros costos que podríamos denominar “intangibles” y que de una u otra manera afectan el normal desempeño y la consecución de sus metas productivas. Entre éstos encontramos la desmotivación de los operarios, el incumplimiento a los clientes, la pérdida de imagen de la empresa, procedimientos inseguros, aumento en la degradación de los equipos, disminución del ciclo de vida, pérdida de materia prima, entre otras, que hacen que un sistema de mantenimiento basado en el mantenimiento correctivo sea bastante oneroso para la organización.

En conclusión, la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la línea de envasado de aguardiente y ron 250 ml TBA9, que permita mediante una eficiente programación conservar los equipos en el mejor estado de funcionamiento posible, aumentando tanto su disponibilidad como volumen productivo en pro de una mayor utilidad, es una necesidad latente en la empresa de licores de Cundinamarca ya que de seguir con las políticas actuales de mantenimiento correctivo, la vida útil de los equipos y la producción misma se verán gravemente afectados.

4.3 OBJETIVOS

4.3.1 General

Diseñar un plan de gestión y control de mantenimiento preventivo para la línea 9 de envasado de aguardiente y ron, divisa 250 ml Tetrapak TBA9, en el área de envasado de la EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA (E.L.C).

4.3.2 Específicos

- Analizar los antecedentes y tendencias del tipo de mantenimiento ejecutado por la división de mantenimiento de la E.L.C, en la línea 9 de producción y sus repercusiones en los índices de producción y calidad.
- Diseñar una base de datos que permita tener control del mantenimiento preventivo como correctivo de los principales elementos constitutivos de la máquina TBA9, en un ambiente sencillo y de fácil comprensión.
- Diseñar el plan de gestión y control de mantenimiento preventivo de la línea 9 de envasado de la divisa 250 ml como modelo para su posterior implantación en las demás líneas del área de envasado de la EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA.
- Trazar los lineamientos de un sistema documentado para la organización de la división de mantenimiento acorde a las necesidades y a los recursos disponibles, con el fin de optimizar el funcionamiento del mismo y hacer posible la retroalimentación y el mejoramiento continuo de las actividades tanto administrativas como operativas.
- Posibilitar mediante estrategias de programación y ejecución de actividades de mantenimiento preventivo una reducción del tiempo de paro por fallas así como del deterioro de la máquina TBA9 y por consiguiente aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la línea 9 en pro de una mayor productividad y mejor utilización de los recursos.
- Reducir costos indirectos de mantenimiento en la línea 9 generados por la presencia de reproceso de producción, paradas no programadas de línea, consumos innecesarios de energía, accidentes de trabajo e

intervenciones y compra continua de repuestos a la casa matriz TETRAPAC. A partir de la planeación y programación de rutinas de mantenimiento preventivo.

4.4 METODOLOGÍA

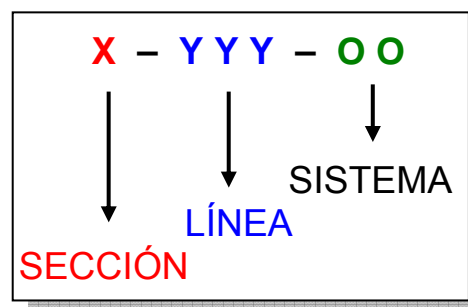
4.4.1 Planeación del mantenimiento preventivo

- **Inventario de la instalación:** El primer paso para la creación del plan de mantenimiento consistió en identificar la máquina constitutiva de la línea TBA9 junto con sus componentes primordiales como motores, variadores, reductores, piñones, sensores, actuadores y componentes eléctricos en general (guardamotors, variadores, contactores, relevos, temporizadores, transformadores, energizadores y botones de mando entre otros). De estos componentes, se recolectó la información considerada como de mayor relevancia, ubicada en el manual de sistemas básicos de la firma Tetrapak o tomada por medición directa.

Toda la información recolectada se ingresó a una base de datos creada en Microsoft Excel para su consecución y funcionalidad.

- **Codificación constitutivos del equipo:** El paso siguiente luego de la identificación y reconocimiento de los sistemas consistió en crear un código estándar único de identificación para cada equipo de la línea 9 que permitiese la sistematización de la información, la simplificación en el lenguaje y su rápida ubicación. Se plantearon diferentes opciones para la codificación de los equipos y se dieron a conocer a operarios y personal de mantenimiento para saber cual de ellos podrían asimilar fácilmente. De allí se optó por una codificación alfanumérica dividida en tres partes a saber, ver figura 20.

Figura 20. Codificación de los sistemas.



Fuente: los autores

La primera parte es una letra mayúscula que identifica la sección donde se encuentra el equipo. A la sección de envasado le corresponde la letra E.

La segunda parte se compone de tres caracteres; los dos primeros corresponden a dos letras (la primera de ellas mayúscula) y el tercero a una letra o un número. Esta parte es la encargada de identificar la subsección donde se encuentra el equipo para facilitar su ubicación. Para el caso del envasadero este se encuentra dividido en líneas, por lo tanto el código de subsección es el siguiente: Ln (seguido del número de la línea).

La tercera y última parte del código es la encargada de la identificación el sistema mismo, está compuesto por dos letras, la primera de ellas mayúscula. Estas dos letras generalmente corresponden a la primera letra de la palabra y una segunda que la complementa y hace más fácil su identificación. Cuando el nombre del equipo consta de dos palabras, se utilizan las letras iniciales de éstas, o las letras iniciales de la primera y última cuando el nombre se compone de más de dos palabras. Por ejemplo **Súper Estructura** se identifica con las letras **Se** y **Cuerpo de Maquina** con **Cm**. En la tabla 8 se encuentra la codificación de los sistemas de la llenadora TBA9.

Tabla 8. Codificación de los sistemas de la llenadora TBA9.

Código	Sistema
LLENADORA TBA9	
ELn9LLCm	Cuerpo de maquina
ELn9LLSe	Súper estructura
ELn9LLUp	Unidad de plegado
ELn9LLSm	Sistema mandibular
ELn9LLUs	Unidad de servicio
ELn9LLAt	Aplicador Tira
ELn9LLEI	Equipo eléctrico
ELn9LLTd1	Transportador1
ELn9LLTd2	Transportador2

Fuente: los autores

- **Codificación de componentes relevantes.** Debido a la gran importancia que tienen los motores con sus respectivos reductores y variadores, y de igual forma, sensores y fotoceldas se realizo una asignación alfa numérica ver tabla 9.

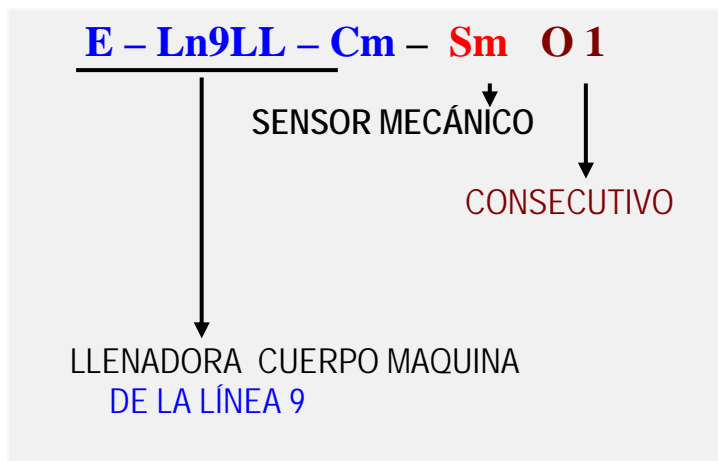
Tabla 9. Tipo de componente relevante.

Z Z	COMPONENTE
Me	Motor eléctrico
Fr	Fotocelda reflex
Fa	Fotocelda autoreflex
Si	Sensor inductivo
Sm	Sensor mecánico

Fuente: los autores

Los últimos números corresponden al consecutivo del componente relevante del mismo tipo que se encuentran en la misma máquina. En la figura 21 se muestra un ejemplo completo de la de codificación.

Figura 21. Ejemplo codificación de general.



Fuente. Los autores

- Codificación de repuestos.** La E.L.C. cuenta actualmente con un sistema de identificación básica para los repuestos que utilizan la llenadora TBA9 suministrado por la casa matriz. Esta codificación es de gran importancia especialmente en el almacén de repuestos y en el departamento de costos, ya que a través del código único asignado se adquiere un control más preciso sobre las reparaciones y/o modificaciones que se realicen en determinada línea de producción. Todos los repuestos que han sido solicitados en el almacén, son cargados a un centro de costos específico para cada línea, a través del código único, lo que facilita la identificación del coste en el Área Financiera. Además permite al almacén de repuestos identificar y determinar un stock mínimo con el cual debe contar.

Por políticas de la empresa esta información solo es manipulada internamente, y únicamente por el Almacén y el Área Financiera de la empresa. A continuación se muestra un ejemplo suministrado por la empresa de la codificación de un repuesto.

00112483 → Equivale a un tornillo de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

- **Plan específico de mantenimiento preventivo por componente relevante.** Una vez identificados y codificados todos los equipos de la línea se procedió a recolectar la información de mantenimiento preventivo para cada una de los componentes relevantes de la máquina. Debido a la inexistencia de datos históricos acerca de estos componentes en intervenciones realizadas y, a la poca información registrada en el horómetro, y a la falta de confiabilidad en los registros de repuestos utilizados (en parte debido la fabricación de piezas en el taller de mantenimiento), no fue posible realizar un estudio estadístico de fallos para estimar los periodos de vida de los componentes. Debido a esto se utilizaron fuentes de información alternas.

Al igual que la mayoría de información recolectada, la información de mantenimiento preventivo se ingresó a la base de datos creada.

- **Fuentes de información.** Las principales fuentes de información utilizadas fueron las siguientes:
 - Información del fabricante. Obtenida primordialmente de los catálogos.
 - Información histórica de fallos tomada del horómetro de producción.
 - Información verbal y escrita suministrada por el personal de mantenimiento.
 - Información suministrada por empresas especializadas (principalmente para las actividades de lubricación)
- **Documento de caracterización de proceso mantenimiento preventivo.** Debido a que la planeación, programación y puesta en acción del mantenimiento preventivo en la línea en mención, se ha de llevar a cabo por todo el personal de la división de mantenimiento se creo un documento para socializar el plan, **Ver Anexo C.**
- **Sistema de recambios.** En el mantenimiento preventivo y más específicamente en su planeación, es de vital importancia el conocimiento de la vida útil de los componentes, para con base en ello, planear los recambios de piezas justo antes de su daño o falla, este tipo de recambios es conocido como **sistemático** y se basa en un estudio estadístico previo que permite pronosticar la vida útil del componente.

En la línea 9 TBA9, debido a la inexistencia de datos históricos que permitan un análisis de la vida útil de los componentes en condiciones reales de trabajo para con base en ellos planear los recambios, se optó por un sistema de **recambios por condición**, consistente en programar las sustituciones de repuestos dependiendo del estado en el que se encuentren al momento de realizar las diferentes actividades ya sean de tipo preventivo o correctivo.

Al ser registrados dichos recambios en la base de datos, es posible realizar en un futuro, con la base histórica disponible, un estudio que permita definir los recambios óptimos de piezas.

Elegimos un sistema de recambios por condición debido a la poca confiabilidad de la información que se obtiene por parte de los proveedores de repuestos, ya que estos proporcionan un estimado del tiempo de vida útil de los componentes, algunas veces sin siquiera un estudio previo o sin tener en cuenta las condiciones de trabajo reales a las que será sometida la pieza. Entonces al incorporar esta información de recambios en el plan de mantenimiento preventivo, se corre el riesgo de sustituir la pieza cuando aún se encuentra en buen estado de funcionamiento o peor aún de que la pieza se deteriore antes del tiempo estimado para su reemplazo.

- **Lubricación.** Las actividades de lubricación, de vital importancia en el sistema de mantenimiento preventivo, se encuentran documentadas de manera separada de las demás actividades planeadas, esto para facilitar su edición y consulta.
La información acerca de los lubricantes óptimos para cada tipo de componente de la línea se obtuvo primordialmente de dos fuentes a saber: primero, personal encargado de ésta función en la empresa y segundo firmas especializadas en la materia, principalmente Móvil. Se tuvieron en cuenta, para la selección del lubricante más apropiado, diferentes variables como condiciones de humedad, temperatura, polvo, tiempo de servicio, sistema de lubricación, materiales y ubicación del componente junto con el componente mismo y el tipo de trabajo realizado por él. Ver Anexo D y Anexo E
- **Capacitación de funcionarios división de mantenimiento.** La capacitación en la gestión del mantenimiento, es una herramienta de complemento para que el personal involucrado en la ejecución del plan propuesto para la línea 9, tenga conocimiento de las ventajas de su implementación. contiene los principios y tipos de mantenimiento, la planeación y organización del mismo, el manejo de situaciones para la solución de problemas, la innovación y reconversión tecnológica como también los fundamentos de salud ocupacional y gestión ambiental.
- **Planificación PERT.** Al proponer la estrategia de mantenimiento preventivo, para la línea se establece un plan de trabajo. Esta estrategia planifica según tiempos de trabajo, cargas de personal y costos

asociados a las tareas de mantenimiento, estableciendo rutas críticas, tiempos optimistas y pesimistas. La Planificación de tiempos Principalmente se establece como mantenimiento preventivo, el chequeo del sistema que concentra la mayor cantidad de falla por reporte de horómetro de producción, el sistema de llenado el cual incluye todos los componentes de la torre de llenado y su sistema de control respectivo. En la tabla 10 se ordena el procedimiento.

Tabla 10. Procedimiento de tareas PERT

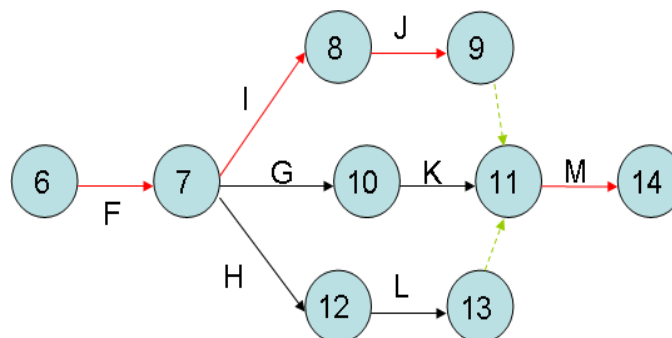
Sistema de Llenado TBA9

DESCRIPCIÓN	TAREA	PREDECEDORA
Verificar sistema Llenado	F	-
Verificar estado de guias	G	F
Calibración Límites de subida y bajada	H	F
Verificar estado PLC	I	F
Ajustar Programa	J	I
Puesta en marcha	K	G
Revisar bomba diafragma	L	C
Consultar servicio técnico	M	J,K,L

Fuente. Los autores

El tiempo real de trabajo es de 8 horas y precios entregados por personal técnico de Tetrapak, para un mantenimiento preventivo. El objetivo entonces es encontrar la tarea crítica en la cual se pueda enfocar el trabajo con tal que solamente ella se traduzca en una reducción de tiempo en el proceso global. Para ello se requiere encontrar la ruta crítica del proceso y trabajar sobre ella. A continuación se presenta el diagrama PERT y en color rojo se muestra la ruta crítica, figura 22.

Figura 22. Diagrama PERT Sistema de llenado TBA9.



Fuente. Los autores

Los tiempos de cada tarea, además de los costos asociados se pueden ver en la siguiente tabla 11.

Tabla 11. Tiempos y costos mantenimiento sistema de llenado

DESCRIPCIÓN	TAREA	PREDECEDORA	TIEMPO (hrs.)	COSTO (hrs.) \$
Verificar sistema Llenado	F	-	0.7	4161
Verificar estado de guías	G	F	0.3	57000
Calibración límites de subida y bajada	H	F	0.8	92000
Verificar estado PLC	I	F	0.8	4889
Ajustar Programa	J	I	2.5	81250
Puesta en marcha	K	G	1.2	7333
Revisar bomba diafragma	L	C	0.5	1167
Consultar servicio técnico	M	J, K, L	0.7	44500
VALORES TOTALES			7.5	292300

Fuente. Los autores

La tarea que conlleva más tiempo es la J programar el P.L.C debido a la complejidad del sistema.

4.4.2 Ejecución y control del plan de gestión.

Al momento de diseñar el plan de mantenimiento se ingresa la información correspondiente a la periodicidad con la cual han de realizarse las actividades preventivas ya sea en horas efectivas de trabajo o en tiempo calendario (mensual, trimestral, semestral anual etc.) Que también lleva un tiempo efectivo de trabajo predeterminado con el supuesto de que la línea labora cinco días a la semana, 16 horas diarias (dos turnos).

Esta información permite, conjuntamente con las horas efectivas de trabajo que también deben ingresarse, que la base de datos efectúe una operación de comparación entre estos dos valores, y dé como resultado las actividades que han de realizarse dependiendo de la periodicidad de las mismas y de las horas trabajadas, con una anticipación de 80 horas (una semana). Así por ejemplo una actividad que ha de llevarse a cabo a las 50 horas efectivas de trabajo podrá ser consultada al momento de sumar un total de 40 horas trabajadas esto con el fin de facilitar la reunión de los recursos necesarios para su programación.

La asignación de las actividades a personal y tiempo específicos (programación) se realiza por medio del formato **Solicitud de mantenimiento**, Ver Anexo F en el cual se digitan los códigos tanto del personal como de las

actividades, y una vez realizadas éstas, las horas trabajadas como corresponda (diurnas, nocturnas, festivas, etc.) y la información de los materiales utilizados junto con su costo. De esta manera es posible controlar los costos incurridos por mantenimiento programado desde el punto de vista de la mano de obra y los materiales utilizados ejecutando la consulta destinada a ello. Ver Sistematización del mantenimiento.

Los recargos nocturnos, se paga con un incremento del 15% según el capítulo V artículo 23 de la convención colectiva de trabajo de la Empresa de licores de Cundinamarca.

- **Mantenimiento periódico.** Es de aclarar que la periodicidad se encuentra codificada, esto con el fin de acelerar el proceso de planeación e ingreso de la información en la base de datos, es por ello que las distintas frecuencias pueden aparecer más de una vez, dependiendo de cómo haya sido ingresada la información. Por ejemplo es posible programar una actividad para realizarla el primero y cuarto mes, por lo tanto en el plan de mantenimiento preventivo aparecerá mensual (1) y mensual (4), datos que serán ingresados men1 y men2 respectivamente.
- **Mantenimiento rutinario.** Tanto el mantenimiento periódico como el rutinario se encuentran enfocados a la minimización en la ocurrencia de los principales fallos de cada uno de los sistemas. Ver anexo G. Principalmente en aquellas que ocasionan el 80% de las paradas ya que disminuyéndolos lo máximo que sea posible se lograría un gran aumento en la disponibilidad de los equipos.

Es de tener en cuenta que si se lleva a cabo el plan de mantenimiento preventivo conforme se plantea en cuanto a frecuencias y actividades, gran parte de las anomalías que presentan a diario los equipos se verán automáticamente disminuidos, limitando al mantenimiento rutinario a una función de control, es decir, de inspección de equipos.

Las actividades rutinarias planteadas se han limitado a las de mayor importancia e influencia en el correcto funcionamiento de la máquina, esto primordialmente debido a la limitación de personal con que cuenta el la división que hace que la carga de trabajo sea elevada y el tiempo para actividades de rutina reducido.

Algunas de estas actividades más que rutinas son actitudes que deberá asumir permanentemente el personal de mantenimiento con el fin de conservar el funcionamiento “normal” de la maquina y prever las posibles fallas antes de que ocurran. Las actividades de rutina son las siguientes:

- Lubricación de las cadenas transportadoras.

Verificación de la ejecución normal de accionamiento de cada una de las máquinas. Teniendo como anormal lo siguiente:

- Sensado incorrecto.
- Deficiencia neumática (descompresión, fugas, elementos contaminantes, bajo nivel de lubricante, etc.)
- Elementos extraños que ocasionan falsas señales
- Falta de presión hidráulica
- Posicionamiento inadecuado de la línea de manejo
- Revisión de anillo neumático, Verificación de indicador manométrico en presión indicada. (100 – 110 PSI)
- Detección de ruidos y vibraciones anormales en las máquinas.
- Detección de olores y aumento de temperatura.
- Indagar acerca de la ejecución del trabajo de las máquinas a los operarios y supervisores de éstas.
- Verificar el correcto funcionamiento del tablero general. Distribución eléctrica al igual que el generador neumático.
- Verificar el estado de los filtros de aire y agua.
- Revisión de los actuadores bombas de pegante y mangueras. Elementos extraños, fisuras, succión defectuosa.

4.4.3 Proyección

En la tabla 13 se resume el plan de mantenimiento preventivo desde el punto de vista de las horas estimadas por sistemas y por especialidad (actividades de tipo eléctrico, mecánico o de tipo general que pueden ser realizadas por personal auxiliar).

En total se estiman 40 horas quincenal de mantenimiento para la línea 9 con 13.5 horas de actividades eléctricas, 16 horas de actividades mecánicas y 10.5 horas en otras actividades de apoyo.

Estas 40 horas representan el tiempo total en que los diferentes equipos estarán en mantenimiento, el total por especialidad representa el número de horas de mano de obra necesarias para llevar a cabo dicho mantenimiento.

Los costos por la implantación de las actividades preventivas dependen en gran parte de la programación de las mismas, mas sin embargo si tomamos como supuesto el hecho de que todas serán programadas en horas ordinarias de trabajo, podemos estimar el valor de la mano de obra como sigue en la tabla 12.

Tabla 12. Valores mano de obra tecnólogos.

Sueldo Tecnólogo Electromecánicos quincenal	\$ 489.788
Auxilio de transporte	\$ 32.000
Carga prestacional	\$ 190.781
Total	\$ 712.569
Valor /Hora	\$ 8907.11

Fuente: Subgerencia técnica E.L.C

Tabla 13. Resumen en horas del plan de mantenimiento preventivo

Sistema	Tiempo total requerido (hrs.)	Especialidad		
		Eléctrico	Mecánico	Otros
ELn9LLCm	4	0	1	3
ELn9LLSe	2	0.5	1	0.5
ELn9LLUp	5	2	2	1
ELn9LLSm	10	4	4	2
ELn9LLUs	8	2	5	1
ELn9LLAt	3	0.5	1	1.5
ELn9LLEI	4	3.5	0	0.5
ELn9LLTd1	2	0.5	1	0.5
ELn9LLTd2	2	0.5	1	0.5
Total Línea 9	40	13.5	16	10.5

Fuente. Los autores

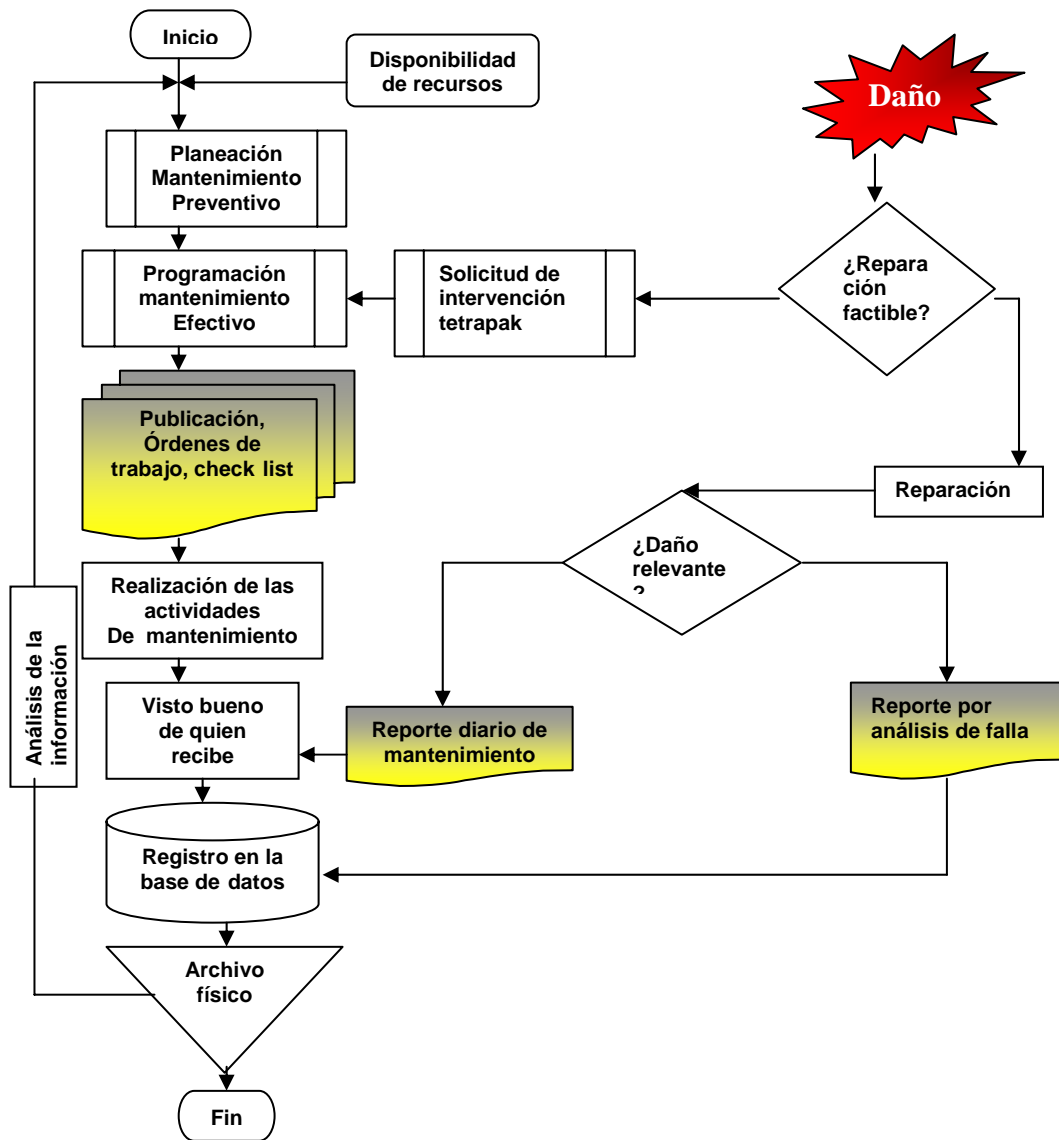
Valor hora Tecnólogo * horas estimadas = \$ 8907.118 * 40 Horas = \$ 356284.7
 \$ 356284.7 es el valor “base” estimado por el concepto de mano de obra requerido para llevar a cabo el plan de mantenimiento, su aumento o disminución depende grandemente de la programación que se haga del mismo así como de las actividades circunstanciales que puedan surgir como mecanizados de piezas o complicaciones en la realización de las diferentes actividades.

En lo concerniente a los demás costos, estos dependen casi enteramente de la programación que se haga de las actividades así como del estado de la maquinaria al momento de la intervención, por lo cual consideramos que estimarlos sería inapropiado y subjetivo.

4.5 SISTEMA PROPUESTO DE DOCUMENTACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

Para una correcta puesta en marcha del plan de mantenimiento se hace necesario definir los documentos que se han de utilizar así como el flujo de los mismos, todo acorde con la base de datos. Para ello la propuesta resumida en la figura 23 se basa en la utilización de los siguientes documentos:

Figura 23. Diagrama de flujo propuesta mantenimiento preventivo TBA9.



Fuente. Los autores

- Reporte diario de mantenimiento
- Ordenes de trabajo (solicitud de mantenimiento)
- Listas de inspección de equipos (check list)
- Reporte por análisis de falla
- Formato reporte asistencia técnica Tetrapak

El proceso es el siguiente: el jefe de división junto con las personas que considere necesario (proveedores, mecánicos, operarios, supervisores, etc.) planea las actividades de mantenimiento que se deberán realizar en el año, de dicha información se alimenta la subrutina de programación del mantenimiento, no sin antes verificar la disponibilidad de los recursos necesarios para con ello asignar las actividades a personal y tiempo específicos (programar).

Al momento de realizar la programación se generan los documentos que servirán como guía operativa y herramienta de control a saber: solicitudes de mantenimiento y check list.

Una vez realizadas las actividades de mantenimiento es necesario que una persona “reciba” la máquina en el sentido de aprobar el trabajo realizado y verificar la veracidad de los datos registrados, en otras palabras avalar el trabajo de mantenimiento. En las listas de verificación no es necesario este visto bueno.

Una vez cumplidos estos trámites el documento correspondiente debe entregarse al ing. Coordinador de mantenimiento quien ingresará la información a la base de datos. La información de las listas de inspección por su carácter evaluativo y de control no será necesario digitarla en la base.

Al momento de registrar la información en medio magnético los documentos soporte se deberán archivar en el folder correspondiente con el fin de tener un registro escrito de la información. La información ingresada al sistema se podrá analizar fácilmente con el propósito de retroalimentar el plan de mantenimiento preventivo original modificándolo, aumentándolo, disminuyéndolo o complementándolo.

Al momento de la ocurrencia de un daño se deberá informar inmediatamente al personal de mantenimiento de turno con el fin de atender el mismo. Una vez allí, el profesional encargado de la conservación de equipos deberá llevar a cabo un plan de contingencia que inicia con la evaluación del daño y la factibilidad de reparación del mismo, si dicha reparación no es factible se deberá llevar a cabo un procedimiento específico definido por la empresa para las solicitudes de intervención de soporte técnico por parte de Tetrapak. En caso de ser factible la reparación del daño se procede a realizar las operaciones necesarias para retornar la maquina a su estado “normal” de funcionamiento, una vez terminado dicho procedimiento se deberá analizar la relevancia del imprevisto con el fin de determinar si es o no necesario un análisis más profundo de los hechos para lo cual se deberá utilizar el formato de reporte por análisis de falla, en caso contrario se registrará utilizando el reporte de mantenimiento diario. Una vez diligenciado uno de los dos

documentos, se procede, al igual que con las solicitudes de mantenimiento y las listas de verificación, a entregar la documentación al coordinador de mantenimiento (previo visto bueno de recibido) con el fin de que la información sea ingresada al sistema y los documentos pasen a engrosar el archivo físico.

4.5.1 Reporte diario de mantenimiento

Este formato surge debido a la necesidad de registrar las actividades de mantenimiento correctivo que realizan los tecnólogos diariamente. El hecho de manejar un formulario de diligenciamiento manual facilita la creación del archivo físico además de servir como puente entre las actividades operativas realizadas y el registro en la base de datos.

Este documento deberá ser entregado por la totalidad del personal de mantenimiento una vez finalizada la jornada de trabajo en la oficina del departamento, con el fin de ingresar la información al sistema **Ver Anexo H**.

El formato se compone de los siguientes campos:

Hoja. En ocasiones, cuando las operaciones de mantenimiento son bastantes, o su descripción se hace extensa, es posible que se ocupe más de una hoja. Este campo pretende controlar el número de hojas reportadas por turno, con el fin de evitar posibles pérdidas.

Reporta. Nombre de la persona que reporta las actividades de mantenimiento.

Sección. Sección en la que se realizaron los trabajos de mantenimiento.

Entre el y el. Una vez diligenciado la totalidad del formato se deberán anotar las fechas correspondientes a la primera y última casillas, esto facilitará la ubicación del formato, una vez archivado, dependiendo de la fecha en que se realizaron las labores de mantenimiento.

Fecha. Corresponde al día, mes y año de realización de las actividades.

Máquina. Máquina a la cual se le realizan las actividades de mantenimiento.

Descripción de la actividad. Breve descripción de las labores realizadas.

Hora inicio – Hora fin. Hora en que se inicia la atención a la falla y hora en que termina la misma.

Repuestos utilizados. Relación de los repuestos que fueron utilizados para la ejecución de la actividad de mantenimiento.

Observaciones. En este campo el operario de mantenimiento podrá registrar libremente todos los comentarios que tenga ya sea respecto a la máquina, operario, ambiente o cualquier caso que considere conveniente reportar. En

este campo también se deberán registrar los mantenimientos que, según la opinión de quien reporta, deberán ser programados, es decir los mantenimientos por condición, sirviendo de apoyo a la función de inspección de equipos.

Recibió. Firma de la persona que recibe y aprueba el trabajo de conservación de equipos, puede ser el supervisor de la línea, el coordinador de mantenimiento, el jefe de mantenimiento o en su defecto alguna persona idónea de la sección.

4.5.2 Ordenes de trabajo (solicitud de mantenimiento)

Las órdenes de trabajo son documentos necesarios con el fin de dar a conocer al personal de mantenimiento las actividades específicas a realizar además de recolectar la información concerniente a la realización del mismo como número de horas empleadas, materiales y observaciones generales. Esto con el fin de controlar mejor el plan de mantenimiento en cuanto a sus costos y tiempo empleado. **Ver Anexo I**

4.5.3 Listas de inspección de equipos (check list)

En el mantenimiento preventivo la inspección juega un papel vital ya que en ella se basa el denominado **mantenimiento por condición** en el cual se fundamenta el sistema de recambios propuesto.

El formato propuesto puede o no ser diligenciado antes de ser entregado al personal designado, sin embargo se recomienda que quien realice la ronda de inspección sepa cuales son los puntos “neurálgicos” que deberá examinar, esto con el fin de agilizar el procedimiento y evitar inspecciones innecesarias. Para la línea en cuestión se recomienda verificar los puntos enumerados en la sección de mantenimiento rutinario **Ver Anexo J.**

Los campos que se manejan en el formato de inspección son los siguientes:

Fecha. Fecha en la cual se realiza la rutina de inspección.

Reporta. Nombre de la persona que realiza la ronda de inspección y reporta los resultados de la misma.

Hora. Hora en la cual se realiza la inspección de cada equipo.

Máquina. Equipo que es objeto de inspección.

Variable. Variable a la cual se le deberá realizar el seguimiento como presión, temperatura, nivel de lubricación, etc.

Valor. Resultado de la medición de la variable.

Anomalías. Irregularidades encontradas durante la ronda de inspección, ya sea por incoherencia de la medida de la variable con su valor normal o simplemente por observación de malfuncionamientos en los equipos.

4.5.4 Reporte por análisis de falla

Falla es una desviación a una situación esperada. Se reconoce una falla por medio de la comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder, cuanto mejor conozca el analista o técnico de mantenimiento el cómo deben trabajar las máquinas a su cargo, así como todas y cada una de sus partes, más fácilmente reconoce una falla cuando esta se suscita.

La causa de una falla siempre es producida por un cambio y es necesario encontrar y quitar dicha causa y no solamente el efecto; tenemos que estar conscientes que para una falla determinada, corresponde una causa específica y si conocemos los diferentes tipos de causas que llegan a originar fallas en determinado equipo, es posible a través de un análisis cuidadoso del efecto, definir en forma casi exacta cuál fue la causa que lo produjo, para con ello determinar soluciones óptimas que permitan que el fallo no se presente próximamente o para minimizar los tiempos improductivos de la maquinaria y del personal debido a los paros imprevistos que ocasionan los fallos.

El formato es recomendado para las fallas que por su importancia merecen un análisis más profundo de sus causas y no simplemente un reporte del trabajo realizado. **Ver Anexo K.**

Los campos que componen el reporte por análisis de fallas son los siguientes:

Fecha. Corresponde al día, mes y año en que se presentó la falla.

Hora inicio – hora fin. En estos campos se deberán registrar las horas de inicio y finalización de las actividades de atención a la falla.

Reporta. Nombre de la persona que realiza el reporte.

Sección. Sección a la que pertenece la máquina.

Máquina. Equipo que presenta el malfuncionamiento.

Código. Código correspondiente al equipo intervenido. Ver Identificación del equipo.

Descripción del fallo. Relación de las características propias de fallo como componentes involucrados, efectos del fallo, y en general todas las características que presenta el mismo.

Posible causa. En este campo nos adentramos un poco más en los orígenes del malfuncionamiento, haciendo reflexionar a la persona encargada de

atenderlo acerca de los móviles que lo suscitaron. Esto facilitará grandemente la deducción de las acciones que evitarán su repetición.

Acciones correctivas. Breve descripción de la actividad que se llevó a cabo para regresar al equipo a su estado “normal” de funcionamiento. Debido a que las fallas más graves en ocasiones generan un mantenimiento de tipo mejorativo, es decir que modifica la estructura básica de la maquinaria, esto deberá registrarse en este campo.

Repuestos utilizados. Relación de los repuestos cambiados o fabricados.

Observaciones / sugerencias. Este es el campo destinado para que el personal de mantenimiento registre las opiniones respecto del suceso y las acciones que, basadas en las causas, deberían realizarse para evitar que la falla se presente nuevamente.

Recibe. Firma de la persona que recibe la máquina a conformidad.

Supervisor. Firma del supervisor de mantenimiento que verificará que la información allí registrada sea verídica.

4.5.5 Otros documentos de Importancia.

Aun que no son documentos de de utilidad diaria en la línea 9 de producción si son importantes para mantener una trazabilidad de eventos y ejecuciones a analizar en el histórico de la división de mantenimiento con respecto a la línea entre ellos tenemos:

- Cronograma diario general. **Ver Anexo L**
- Paro de maquina no programado. **Ver Anexo M**
- Condición de operación, registro de variables anómalas. **Ver Anexo N**
- Registro técnico ejecutado por Tetrapak. **Ver Anexo Ñ**

4.6 SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Ante la falta de una herramienta computarizada que permitiese una eficiente administración del mantenimiento y un correcto análisis de los datos históricos que sirviera como base para la toma de decisiones procedimos a la elaboración de una base de datos en Microsoft® Excel, programa que elegimos principalmente por su facilidad de manejo y versatilidad, además de ser un programa especializado básico para la administración de la información. Los principales objetivos que se pretenden con la elaboración de la base de datos son los siguientes:

- Permitir la sistematización de la información concerniente a las máquinas de la sección de envasado y sus principales componentes.
- Permitir la puesta en marcha del plan de mantenimiento previamente establecido.
- Generar informes que permitan observar el desenvolvimiento del plan de mantenimiento preventivo, como costos y tiempo empleado.
- Programar las actividades de mantenimiento establecidas en el plan, con base en el tiempo efectivo de trabajo de las maquinas.
- Almacenar la información concerniente de los trabajos de mantenimiento, tanto preventivos como correctivos que se lleven a cabo.
- Facilitar la administración del mantenimiento en la línea de producción.

4.7 ACTIVIDADES DE SALUD OCUPACIONAL

Con la asesoría de la ARP – Colseguros se está adelantando la Asesoría para la actualización del Panorama General de Riesgos, al igual que la asesoría en el desarrollo del Programa de Salud Ocupacional y desarrollo del Plan de Emergencias general de la empresa.

Al interior de la división de mantenimiento se desarrolla un cronograma de trabajo proyectado a un año, complemento del plan de mantenimiento preventivo, el cual se incluye el desarrollo del panorama de riesgos de la línea 9 ver tabla 14.

Dentro de las actividades de Medicina Preventiva del Trabajo, se destaca la realización de exámenes médicos ocupacionales, valoración optometría y audiométrica y exámenes paraclínicos para los ingenieros y tecnólogos de la división de mantenimiento.

Tabla 14. Panorama de riesgos para la línea TBA9

FACTOR DE RIESGO	EVALUACIÓN G.P	MEDIDA A CORTO PLAZO	MEDIDA MEDIANO PLAZO
INCENDIO EXPLOSIÓN	250	-Realizar auditorias de circuito eléctrico de la maquina. -Eliminar residuos sólidos (aceite, grasa). -Almacenar solventes y aceites adecuadamente. -Realizar revisión de extintores cerca de la maquina.	- Programa de mantenimiento para elementos de extinción. -Mantenimiento preventivo de circuito eléctrico. -Definir rutas de evacuación. -Señalizar y demarcar área.
ELÉCTRICO	375	-Revisión del circuito eléctrico. -Eliminar y/o aislar cableado, asegura contactos. - Capacitación en seguridad eléctrica. -Utilizar herramienta y procedimientos adecuados de reparación.	-Programa de inspección. -Control y verificación de trabajos eléctricos. -Señalización de circuito eléctrico. -Seguimiento plan de mantenimiento preventivo.

MECÁNICO	450	-Realizar mantenimiento preventivo. -Limpieza rutinaria de aceites. -Revisión e inspección de circuito hidráulico y neumático. -Capacitación en uso de herramientas. -No realizar ejecuciones de mantenimiento con la maquina en producción. -Orden y aseo en el área de trabajo.	-Programa de inspección de la maquina y herramientas. -Establecimiento de plan de mantenimiento preventivo. -Seguimiento a programas establecidos.
FÍSICO	320	-Utilizar herramientas adecuadas. -Utilizar elementos de seguridad. -Seguir procedimientos de ejecución. -Mantenimiento de lámparas y estructuras metálicas. -El manual de mantenimiento debe ser PRIORIDAD en ejecuciones.	-Programa de inspección periódica.

Fuente: Salud Ocupacional E.L.C

4.8 RECURSOS EMPLEADOS

- **Económicos.** Los recursos económicos empleados se encuentran representados principalmente por los gastos los originados por el trabajo escrito propiamente dicho, ya que los autores laboran en la división de mantenimiento de la E.L.C :
Trabajo escrito: (impresión, empastado, copias, CD, entre otros) \$ 880.000
- **Humanos.** El recurso de mayor importancia utilizado para la realización del presente trabajo, cuya elaboración se llevó a cabo con la colaboración principalmente de los ingenieros y tecnólogos de la división de mantenimiento industrial de la E.L.C. Y el asesoramiento metodológico de catedráticos de la Universidad Industrial de Santander.
- **Tecnológicos.** Los recursos tecnológicos empleados se encuentran representados en un equipo de computo con su respectivo software del cual se utilizaron los programas Microsoft® Word, Microsoft® Excel., Microsoft® Power Point.
- **Locativos.** Además de los recursos anteriormente nombrados, durante el tiempo de realización del presente trabajo tuvimos a nuestra disposición la oficina de coordinación de mantenimiento de la E.L.C. Fue de bastante utilidad para las reuniones con las personas encargadas del mantenimiento en la empresa y como punto de encuentro para diferentes actividades relacionadas con el objeto principal del trabajo.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PLAN DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LÍNEA 9 TBA9

Uno de los conceptos primordiales del mantenimiento es considerarlo como proyecto de inversión, entendiéndose como proyecto de inversión a un plan que se piensa realizar para hacer crecer un negocio en general, esto es la base para tomar decisiones sobre procesos críticos, enfocándonos en las que atribuyen beneficios tangibles.

De acuerdo a esto, entendemos que estos procesos no deben ser generalizados, sino desglosados uno a uno para poder entender mejor su comportamiento.

Al realizar el estudio de reducción de paradas en equipos, inventario del almacén de repuestos, etc. y representándolo en términos de mejoramiento de prestación de servicios del mantenimiento, podemos cuantificarlo y comprobar sus beneficios.

Esto lo podemos lograr basándonos en la ingeniería económica, que nos da parámetros para determinar y estudiar estas variables correctamente como se explicará a continuación.

En todo proceso productivo en el cual el uso de maquinarias es parte fundamental de la elaboración de productos, el costo de mantenimiento representa una variable importante sobre el cual se pueden implementar variaciones y programas especiales tendientes a lograr beneficios en los estados financieros.

La propuesta de planeación, programación y ejecución de mantenimiento preventivo para la línea 9 de envasado pretende los siguientes resultados:

- Mantener en perfecto estado y alargar la vida útil de la maquina TBA9.
- Mantener constantes las horas de producción – maquina.
- Evitar que el tiempo de parada de la maquina aumente.
- Aumentar la disponibilidad de uso de los equipos integrados.
- Disminuir tiempo de parada de la maquinaria.
- Aumentar las utilidades de la empresa vía aumento de producción.

La línea 9 TBA9, cuenta actualmente con la siguiente estructura de costos para mantenimiento preventivo de la maquina. Ver tabla 15.

Tabla 15. Consideraciones iniciales para la Evaluación Económica.

Días Laborables del Mes	22
Horas Semanales Trabajadas por funcionario de mantenimiento	40
Días laborables al año	264
Tasa costo de oportunidad	15%* efectivo anual
Criterio de evaluación	Valores constantes
Tasa de tendencia inflacionaria	8.52%**
Período a Analizar	10 meses
Parámetros de Mejoramiento	Aumento de la disponibilidad, Confiabilidad y Eficiencia de la línea 9. Disminución de Mantenimiento por parte de Tetrapak.
Costo	Mano de obra Repuestos y materiales Mantenimiento contratado
Inversión	Capacitación Papelería, CD, etc. Ingeniería del proyecto

Fuente: Los Autores

*Departamento Comercial de la E.L.C.

**DANE

5.1 INVERSIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Los autores después de haber realizado una serie de estudios han formulado el siguiente proyecto de inversión con el fin de lograr los objetivos para la consecución del plan de mantenimiento propuesto. El proyecto consta de dos puntos centrales:

- **Puesta a punto de los sistemas:** Reparar y/o rediseñar los equipos que estén presentado fallas, para garantizar condiciones iniciales favorables al empezar el plan sugerido. Los equipos y repuesto deben ser originales Tetrapak.
- **Capacitación:** es el costo generado de la necesidad de instruir al personal de la planta sobre el plan de mantenimiento con miras al óptimo desarrollo de éste, teniendo en cuenta el personal que debe ser contratado, los equipos audiovisuales y el tiempo que se gasta en la capacitación, además de instructivos y material de consulta, soporte y lectura. El departamento de recursos humanos tiene un valor estimado de \$ 6.000.000. para el desarrollo de este proyecto es de vital importancia la previa capacitación del personal es por esto que forma parte de la inversión inicial.

- **Ingeniería del Proyecto:** Corresponde al estudio realizado para la planeación de la división de mantenimiento con relación, al plan preventivo, se considera la investigación y estudio por un valor de \$1.200.000, como también una ingeniería de detalle valorada en \$700.000

La cantidad de dinero inicial que la E.L.C debe aportar para el desarrollo del plan de mantenimiento. En la tabla 16 se muestra la inversión inicial del proyecto.

Nota: Esta inversión inicial redundara en un plan de mantenimiento preventivo general para el área de envasado de la E.L.C

Tabla 16. Inversión del proyecto.

INVERSIÓN	VALOR (\$)
Puesta a punto de los sistemas	200.000.000
Papelería	236.000
Capacitación	6.000.000
Ingeniería del proyecto	2.200.000
TOTAL DE LA INVERSIÓN	208.436.000

Fuente: División de mantenimiento E.L.C y Los Autores.

5.2 VALORACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Ver tabla 17. Otros parámetros a considerar:

- Horizonte del proyecto: 10 meses.
- Tasa costo de oportunidad: 15% efectivo anual.
- Método de evaluación: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), relación Beneficio – costo (B/C).
- Datos sobre tiempo de uso, parada y disponibilidad de la maquina:

Tabla 17. Parámetros a considerar para la valoración del proyecto.

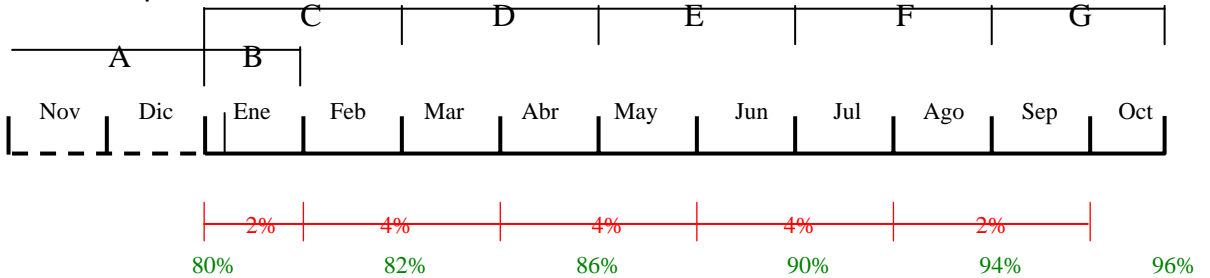
TIEMPO REAL DE OPERACIÓN	2450 h / año
TIEMPO REAL DE PARADA	466 h / año
DISPONIBILIDAD USO MAQUINARIA	81 %
UTILIDADES NETAS 2006	1.543'245.542

Fuente: Subgerencia Técnica, Subgerencia Financiera E.L.C.

Con la implementación del programa de mantenimiento se busca mejorar la disponibilidad de los equipos, fijándose como meta una disponibilidad del 96%. Ver figura 24.

Figura 24. Diagrama de programación del proyecto año 2007.

Puesta a punto



Fuente: Los Autores

En la tabla 18 se hace una proyección de la valoración de la disponibilidad de la línea 9 TBA9.

Tabla 18. Valoraciones de la disponibilidad línea 9 TBA9.

% Disponibilidad	Tiempo total parada maquinaria h / año	Tiempo operación maquinaria h / año	Costo mantenimiento pesos (\$)	Utilidad total neta al 2006 pesos (\$)	Utilidad generada por aumento horas máquina
81	505.5	1944.5	117.753.854	1.543.245.542	
82	441	2009	112.008.844	1.548.990.552	
86	343	2107	103.279.983	1.557.719.413	
90	245	2205	94.551.126	1.566.448.270	
94	147	2303	85.822.438	1.575.176.958	
96	98	2352	72.728.973	1.588.270.423	
100	0	2450	0		45.024.881

Fuente: Los Autores.

NOTA: UTILIDAD POR HORA – MAQUINA = 1.543.245.542 / 2.450 = \$ 629896

Para valorar la inversión hay que tener presente que el aumento de disponibilidad de maquinaria trae consigo dos flujos de ingresos para la empresa:

- Un ahorro de dinero por disminución de los costos de mantenimiento, lo cual representa una entrada de dinero vía ahorro.
- Aumento de las utilidades generadas por la mayor producción y mayor venta de productos vía aumento de disponibilidad de la maquinaria.

La inversión se justifica si:

Inversión del proyecto \leq ahorro por implementación del proyecto + utilidades producto aumento de disponibilidad de la maquinaria.

Para esto tomamos de la tabla de valores los costos de mantenimiento una vez implementado el proyecto y los restamos de los costos de mantenimiento actual sin proyecto.

Es importante anotar que los costos de mantenimiento están expresados en montos anuales, para lo cual, a la hora de hacer las valoraciones es necesario pasarlos a mensuales y bimensuales. A continuación se especifica esto.

Para Enero – Febrero 2007: el mantenimiento actual es de \$ 9.812.821, bimensual sería \$ 19'625.642.

El mantenimiento con proyecto sería de \$ 6.060.747 para Enero debido a que los resultados de la reparación y/o rediseño solo se ven en el mes de Febrero con un aumento de disponibilidad del 2%, para este mes se toma el nuevo costo de mantenimiento de \$ 72.728.973 y se promedia en 12.

Con esto podemos decir que el mantenimiento con proyecto para el período de Enero – Febrero será de: \$10.846.068

Los ahorros por implementación del plan de mantenimiento preventivo serán:

- $\$ 19.625.642 - \$10.846.068 = \mathbf{\$ 8.779.574}$

Cifra que se ahorró la empresa por implementación del proyecto en el período comprendido entre los meses de Enero y Febrero.

El aumento de utilidades vía aumento de disponibilidad de maquinaria viene expresado en la tabla de valores, esta cifra se sumará al ahorro por implementación de proyecto y dará una sola cantidad que será la que se restará del costo del mantenimiento actual según el período a estudiar.

El resultado de esta operación será el valor que permitirá realizar un diagrama de flujo para así hallar el VPN y la TIR de la inversión.

En la tabla 19 se muestran los datos obtenidos para elaborar el flujo de caja del proyecto.

Tabla 19. Datos para elaborar el flujo de caja.

Descripción	Enero - Febrero	Marzo - Abril	Mayo - Junio	Julio - Agosto	Septiembre - Octubre
Costo del mantenimiento actual (\$)	19.625.642	19.625.642	19.625.642	19.625.642	19.625.642
Costo del mantenimiento con proyecto (A) (\$)	10.846.068	8.676.854	6.507.640	4.238.945	3.254.743
Ahorros por implementación del proyecto (1) (\$)	8.779.574	10.948.788	13.118.002	15.386.697	16.370.899

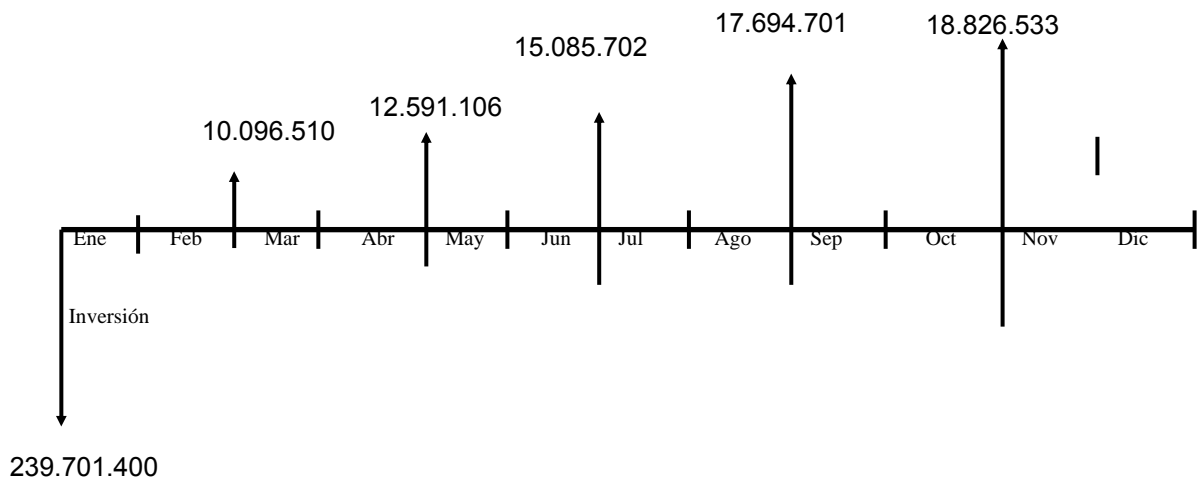
Fuente: Los Autores.

En este diagrama se expresan los diferentes flujos de egresos e ingresos por la implementación del proyecto. En la figura 25 se muestra el flujo de caja del proyecto.

Tasa costo de oportunidad: $i = 15\%$ efectivo anual.

En base a este diagrama se procede a hallar la TIR que es la tasa que hace el valor presente de los ingresos igual al valor presente de los desembolsos.

Figura 25. Diagrama de programación del proyecto año 2007.



Fuente: Los Autores.

Realmente la inversión neta sería de \$ 39.701.400 por que los 200.000.000 serían de re acondicionamiento de la máquina TBA9.

Tasa costo de oportunidad: $i = 15\%$ Efectivo Anual

Si la $TIR \geq i$ (costo de oportunidad), es conveniente ejecutar el proyecto.

Si la $TIR < i$ (costo de oportunidad), no conviene ejecutar el proyecto.

El proyecto en cuestión tiene una TIR de 15.67 por lo que es recomendable ejecutar el proyecto según este indicador.

$$TIR > i$$

$$15.67 > 15$$

CONCLUSIONES

El trabajo de mantenimiento preventivo debe considerarse como una inversión y, por que no, una ventaja competitiva que facilita la consecución de los objetivos financieros y productivos organizacionales por medio de un aumento en la cantidad y calidad de los productos manufacturados que llegarán a tiempo a los consumidores finales.

El análisis critico del mantenimiento, aplicado a todos los conceptos abarcados en el documento, resultan una herramienta muy valiosa para la E.L.C, que quiere minimizar costos siendo mas eficiente. Estas y otras las alternativas de mejoramiento que se pudieron analizar quedan a disposición de la E.L.C para su evaluación.

Es imposible o muy costoso erradicar por completo las fallas en la línea en cuestión, el mantenimiento preventivo planteado debe seguir la regla de *“tanto mantenimiento como sea necesario mas no tanto mantenimiento como sea posible”*. Pero si es importante enfatizar a los funcionarios de mantenimiento la cultura del análisis de la causa raíz de fallas, como herramienta previa para evitarlas.

Debido a la cantidad de sistemas especializados (Electrónicos, electromecánicos, neumáticos e hidráulicos) que forman parte de la línea de llenado TBA9 y al constante funcionamiento de los mismos junto con las consecuencias que esto conlleva comprendimos la relevancia que tiene el planear y ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo con el fin de minimizar la gran cantidad de efectos negativos que tiene el no hacerlo.

El mantenimiento preventivo de la línea 9 necesita de datos, cosa que los funcionarios de mantenimiento no tienen la costumbre de reunir por lo que la gestión de mantenimiento es casi nula. La idea es que a través de este tipo de trabajos se cambie un poco la mentalidad de estos funcionarios tomando en cuenta que se puede obtener resultados muy valiosos.

En la administración del mantenimiento preventivo diseñado, debido a la gran cantidad de información que es necesario registrar, es de gran ayuda la utilización de un SCAM (sistema computarizado para la administración del mantenimiento), el cual no necesariamente debe ser de una marca comercial, sino que puede ser desarrollado en la misma empresa acorde a las necesidades y recursos disponibles.

Para terminar y como consejo para el análisis de las otras líneas de producción con este tipo de de mantenimiento a ejecutar es recomendable poseer registros propios de mantenimiento idealmente de un periodo superior a un año pues si no es así la aplicación de este modelo se hace engorrosa y no se obtienen resultados validos.

BIBLIOGRAFIA

AMEF@,2005

Análisis de fallas. Consultada en junio de 2007. USA.
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos.htm>

ARIAS GUERRERO, José y VARGAS OSTOS, Jairo. Monografía Implementación de un tipo de Gestión de Mantenimiento Preventivo para equipos de medición. Bogotá. 2000. p 115. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Bogotá, 2006. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica.

EMPRESA TETRAPAC ANDINA (Bogotá). Manual de mantenimiento: Guía para ejecuciones de mantenimiento llenadora TBA9.

GONZALEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bogotá, 2006. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica.

HERNANDEZ SUAREZ, Luis Gerardo. Monografía Plan de mantenimiento para la planta extractora de aceite de palma," Palmeras el Morichal Ltda ". Bogotá, 2000. p 85. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica.

MANTENCIÓN@,2000

Mantenición. Enfoque moderno. Consultada en julio de 2007.
<http://www.mantenicion.com/articulos.php3>

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 1 ed. Medellín : AMG, 2006. p. 43-79.

PEREZ JIMENEZ, Carlos Mario. Filosofías del mantenimiento. Bogotá, 2004. Diplomado en gestión y control de mantenimiento. Asociación Colombiana de Ingenieros.

PRANDO, Raúl R. Manual gestión de mantenimiento a la medida. 2 ed. Montevideo: Piedra Santa ,2002 . p 59 -90.

SERNA GÓMEZ, Humberto. Planeación y gestión estratégica. 3 ed. Bogotá: RAM, 2001. p 28 – 42.

ANEXOS

ANEXO A. CONSOLIDADO DE BAJAS TETRAPAC

EMPRESA DE LICORES DE CUNDINAMARCA

CONSOLIDADO DE BAJAS TETRAPAK TBA9 ACUMULADO A 31 DE DICIEMBRE DE 2006
LOGISTICA - SALA DE ENVASADO

Referencia	Unidades Envasadas	Total Bajas	Total Unidades consumidas	% Bajas	Valor Unitario	Valor Total Bajas
Envase Nectar 250 Cundinamarca	11.040.214	287.592	11.327.806	38,83%	231,84	\$66.675.329
Envase Nectar 250 Otros Deptos	7.800	8.260	16.060	51,43%	231,84	\$1.914.998
Total Envase Hectar 250	11.048.014	295.852	11.343.866	2,61%	231,84	\$68.590.328
Envase Ron SantaFe 250 Cundinamarca	837.656	19.638	857.294	7,41%	273,98	\$5.380.419
Envase Ron SantaFe 250 Otros Deptos.	16.680	578	17.258	6,12%	273,98	\$158.360
Total Envase Ron SantaFe 250	854.336	20.216	874.552	2,31%	273,98	\$5.538.780
Envase Nectar Azul 250 Cundinamarca	331.519	60.741	392.260	51,14%	304,89	\$18.519.323
Envase Nectar Azul 250 Otros Deptos	30.960	2.050	33.010	6,21%	304,89	\$625.025
Total Envase Hectar Azul 250	362.479	62.791	425.270	14,76%	304,89	\$19.144.348
Envase Nectar Club 250 Cundinamarca	1.555.407	56.546	1.611.953	35,22%	231,84	\$13.109.625
Envase Nectar Club 250 Otros Deptos	0	0	0	0,00%	231,84	\$0
Total Envase Hectar Club 250	1.555.407	56.546	1.611.953	3,51%	231,84	\$13.109.625
TOTAL ENVASE 250	13.820.236	435.405	14.255.641	3,05%		\$106.383.080

Elaborado por: Leonardo Danilo Baco Sibilla - Pertenencia al Uniterbarb - Logística

ANEXO B GESTION DE MANTENIMIENTO EN LINEA TBA9

LINEA	ABRIL			MAYO			JUNIO			TOTAL SEGUNDO TRIMESTRE			
	HORAS PROGRAMADA S	HORAS EFECTIVA S	EFICIENCIA A	HORAS PROGRAMAD AS	HORAS EFECTIVAS	EFICIENCIA	HORAS PROGRAMAD AS	HORAS EFECTIVAS	EFICIENCIA	HORAS PROGRAMAD AS	HORAS EFECTIVAS	EFICIENCIA	HORAS MANTTO
1	130,2	121,9	93,67%	127,4	131,1	102,93%	125,9	119,0	94,50%	363,5	372,0	97,02%	6,0
2	101,9	75,8	74,44%	135,4	130,2	96,21%	96,7	88,5	91,49%	334,0	294,6	88,20%	12,0
3	61,2	82,8	135,37%	61,2	9,4	15,40%	61,2	26,0	42,46%	183,6	118,3	64,41%	14,3
4	14,6	0,0	0,00%	16,0	0,0	0,00%	13,0	0,0	0,00%	43,6	0,0	0,00%	0,0
5	140,7	42,1	29,94%	136,9	39,9	29,15%	136,9	136,9	100,06%	414,5	219,0	52,83%	39,0
7	198,7	41,3	20,78%	219,5	45,2	20,61%	198,7	29,9	15,04%	616,9	116,4	18,86%	87,0
8	160,0	87,0	54,38%	160,0	132,0	82,50%	160,0	71,0	44,36%	460,0	290,0	60,42%	42,0
9	160,0	114,0	71,25%	160,0	115,0	71,88%	160,0	100,0	62,50%	460,0	329,0	68,54%	30,0
TOTAL	967,3	565,0	58,4%	1.016,4	602,9	59,3%	952,4	571,3	60,0%	2.936,1	1739,2	59,2%	230,3

Elaborado por: Leonardo David Blanco Sinisterra - Logística
Jorge Arturo Posada Doncel - Mantenimiento

ANEXO C CARACTERIZACION DE PROCESOS TBA9

CARACTERIZACION DE PROCESOS LINEA 9 TBA 9 250 CC		CODIGO: EL- VERSION: 01	FECHA:
MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
OBJETIVO	ALCANCE	DESCRIPCION	
Implementación de Plan de gestión de mantenimiento preventivo.	Línea 9 de producción, área de emvasado	Planificar, Ejecutar y controlar políticas de mantenimiento preventivo. Teniendo como objeto la optimización de la eficiencia, disponibilidad y mantenibilidad de la línea 9.	gestión de mantenimiento preventivo. Teniendo como objeto la optimización de la eficiencia, disponibilidad y mantenibilidad de la línea 9.
PROVEEDOR	ACTIVIDADES Y/O PROCEDIMIENTOS	PRODUCTO	CLIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - División de Personal de la división. - Áreas locativas operativas y administrativas. - Recursos, materiales, técnicos y Tecnológicos. - Presupuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar el plan de mantenimiento. - Aprobación de planes. - Programa de mantenimiento. - Programa pendiente. - Análisis de fallas. - Logística de mantenimiento. - Aprobación de programa. - Archivar programación. - Recepción del equipo. - Supervisión de trabajo. - Entrega de Equipo. - Actualización hoja de vida. - Retroalimentación del proceso. 	Servicio de Mantenimiento Preventivo.	<ul style="list-style-type: none"> - Gerencia. - Sub. Técnica - División Producción. - Área de emvasado. - Línea 9 - TBA9 - División Control de calidad. - Sub. Comercial. - Almacén General - Sub. Financiera. - Proveedores. - Soportes
SOPORTE LEGAL	RESPONSABLES	PROCESOS DE SOPORTE	
<ul style="list-style-type: none"> - Manuales de procedimiento. - Régimen de contratación. - Reglamento interno. - Normatividad Nacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Jefe división de mantenimiento. - Ingenieros división de mantenimiento. - Tecnólogos división de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de producción. - Plan de ventas. - Plan de contratación. - Planificación y Organización de métodos 	
Humanos	Tecnológicos	Financieros	Información
<ul style="list-style-type: none"> - Ingenieros Electromecánicos - Ingenieros Industriales. - Técnicos - Electromecánicos. - Tecnólogos - Electromecánicos. - Instrumentistas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Software (Intangibles - Conocimientos) - Hardware (Tangibles - Máquinas) - Equipamiento y dispositivos especializados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presupuesto anual asignado para la división de mantenimiento Industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Información (interna y/o externa) requerida para el desarrollo del proceso
Puntos de Control	ELEMENTOS DE CONTROL		
<ul style="list-style-type: none"> - Línea de emvasado 9 - Emvasadora tetrapak TBA 9 250 CC - Sistemas constitutivos emvasadora. - Documentos de Gestión. - Cliente Internos y Externos. - Personal de la división. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia - Disponibilidad - Mantenibilidad - Tiempo medio entre fallas - Numero de Asistencia planeadas vs. Ejecutadas - Costos de improductividad 		
<p>Elaborado por: Jefe División de mantenimiento Revisado por: Subgerente Técnico. Aprobado por: Gerencia</p>			

ANEXO D PLAN DE LUBRICACION

PLAN DE LUBRICACION TBA9

DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	VER ANEXO	ACCION
SISTEMA DE LUBRICACION CENTRAL Y BOMBA DE ACEITE			B	Comprobar el nivel, rellenar si es necesario.
LUBRICADOR DE NEBLINA			D	Comprobar el nivel rellenar si es necesario. Aire comprimido desconectado antes del llenado. Desenroscar el recipiente, no la tapa.
REDUCTORA			E	Comprobar el nivel, rellenar si necesario.
UNIDAD INDEX			A	Comprobar el nivel, rellenar si necesario.
TRANSMICIÓN ANGULAR			A	Comprobar el nivel, rellenar si necesario.
MULTIPLICADOR DE PRESIÓN			K	Comprobar el nivel, rellenar si necesario.
MANDIBULA DE CORTE PORTACUCHILLOS Y MUELLES			F	Lubricar.

ANEXO E TIPO DE LUBRICANTES

¡ATENCIÓN!

La tabla de abajo es solamente una relación de lubricantes con sus respectivos tipos de productos. Para comprar estos lubricantes con otros suministradores, véase No. De documento en dicha tabla.

Las especificaciones de lubricantes deben ser pedidas a Standard Department, AB TetraPak, Box 61, 61, S-221 00 Lund, Suecia.

Código y tipo de lubricante	Documento No.	Material No. (Signos Internos de T.P. sobre la calidad del matrl)	Parte No. (Se usa al pedir a TP)	Ejemplo	
				Suministrador	Tipo de Producto
A Aceite de Motor	M 1251.122	51122-85	90 296-28	BP Esso Mobil Shell	Energol HD 20W – 30 Essoluble XD-3 HD 20W-30 Helix Motor Oil 10W – 40
B Aceite para alta presión	M 1254.322	54322-220	90 296-73 90 296-78	BP Esso Mobil Shell	Energol GR-XP 220 Spartan EP 220 Mobilgear 630 Omala Oil 220
		54322-150	90 296-73	BP Esso Mobil Shell	Energol GR-XP 150 Spartan EP 150 Mobilgear 629 Omala Oil 150
C Aceite Hidráulico	M 1252.122	52122-32	90 296-53	BP Esso Mobil Shell	Bartan HV 32 Univis N 32 DTE Oil 13 Tellus Oil C 32
D Aceite para lubricación de neblina	M 1251.822	51822-37	90 296-80	BP Esso Mobil Shell	Autran DX ATF Dexron II ATF 220 ATF Dexron II
E Aceite compuesto para cilindros ³	M 1254.922	54922-460	90 296-77 90 296-2	BP Esso Mobil Shell	Energol AC-C460 Cylesso TK 460 600W Super Cylinder Oil Valvata Oil J460

³ Continúa en la página siguiente.

Código y tipo de lubricante	Documento No.	Material No. (Signos Internos de T.P. sobre la calidad del matrl)	Parte No. (Se usa al pedir a TP)	Ejemplo	
				Suministrador	Tipo de Producto
F Grasa de litio tipo EP	M 1255.115	55115-20	90 296-68	BP Esso Mobil Shell	Energrease LS EP 2 Grease XRB 2EP Esso MP Grease/ Beacon EP 2 Mobilux EP 2 Calithia EP Grease T 2 Grease 1344 LiEP2
H Aceite para alta presión	M 1254.322	54322-320	90 296-75	BP Esso Mobil Shell	Energol GR-XP 320 Spartan EP 320 Mobilgear 632 Omala Oil 320
		54322-220	90 296-73	BP Esso Mobil Shell	Energol GR-XP220 Spartan EP220 Mobilgear 630 Omala Oil 220
K Aceite de circulación	M 1254.942	54942-100	90 296-15	BP Esso Mobil Shell	Energol CS 100 Teresso 100 DTE Oil Heavy Tellus Oil 100
L Grasa de silicona	M 1255.322	55322-30	90 296-9	Dow Corning Klüber	Dow Corning 7 Compound Unisilikon L 250 L
M Grasa de Litio, tipo EP	M 1255.112	55112-10	90 296-70	BP Esso Mobil	Energrease LS EP 1 Beacon EP 1 Mobilux EP 1
O Grasa complejo de litio	M 1255.122	55122-30	90 296-61	BP Esso	Energrease LSS 3 Unirex N3

ANEXO G PRINCIPALES FALLAS

FALLA	CAUSA	FALLAS DETECTADAS TBA9	MANTENIMIENTO
1	Temperatura de aire estéril, demasiado baja	Parada sincronizada	Llame al tecnólogo, E.L.C ha de limpiarse y esterilizarse la maquina antes de ponerla de nuevo en marcha
2	Presión de aire demasiado baja durante el precalentamiento o la esterilización Presión de aire demasiado baja durante la producción.	El programa de maquina baja a red conectada Alarma	Llame al tecnólogo E.L.C de Ejecución Ha de limpiarse y esterilizarse la maquina antes de ponerla de nuevo en marcha.
3	Plegadora final sobrecargada	Parada de emergencia	Compruebe si la cadena se ha atascado.
4	La banda de papel se ha roto	Parada de emergencia	Comprobar la banda de papel
5	Fallo en el equipo de calor inductivo	Parada sincronizada	Avisar a un electricista competente o a un tecnólogo E.L.C de servicio
6	La alimentación de producto del esterilizador se esta acabando	Parada sincronizada	Informar al tecnólogo E.L.C de producción.
7	Señal de la planta de proceso. Por ej. La temperatura o la presión del vapor ha bajado.	Parada sincronizada	Informar al tecnólogo E.L.C de producción.
8	La puerta lateral izquierda no esta cerrada	Parada de emergencia	Cerrar la puerta
9	La puerta lateral derecha no esta cerrada	Parada de emergencia	Cerrar la puerta
10	La protección frontal no esta cerrada	Parada de emergencia	Cerrar la protección frontal
11	Barrera de vapor temperatura baja (por debajo de 125° C) presión baja	Paso "Esterilización" esta bloqueado	Avisar al supervisor de producción
12	Manivela en posición de manivelar	Parada de emergencia	Quitar la manivela
13	Consumo de peroxido demasiado baja(solo en las maquinas para EEUU)	Parada sincronizada	Avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio


14	Consumo de peroxido demasiado alto(solo en las maquinas para EEUU)	Parada sincronizada	Llevar guantes de goma y gafas de seguridad. Controlar el rodillo escurridor y el peroxido en el baño. ⁴ En caso necesario limpiar el rodillo escurridor. Si el peroxido esta contaminado, quitar y enjuagar a fondo la vasija de peso con agua limpia. Controlar el aspirador de polvo de papel. Quitar y enjuagar el filtro del contenedor de peroxido con agua limpia.
15	Reserva de papel baja	Si no se toma ninguna medida la maquina hace parada de emergencia por la guardia de rotación	Empalmar nuevo material de envase
16	Reserva de SL baja		Empalmar una tira nueva para el sellado longitudinal (SL).
17	Corriente demasiado baja durante esterilización Temperatura demasiado baja durante producción	El programa de maquina baja a precalentamiento conectado. Parada sincronizada	Avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio. Controlar la temperatura en S3. Avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio. La maquina tiene que ser limpiada y esterilizada antes de volverla a arrancar.
18	Nivel bajo en el baño estéril		Controlar que haya suficiente líquido de esterilización en el recipiente. En caso necesario, sustituirlo con un recipiente lleno durante producción. Si hay suficiente liquido controlar que haya flujo de retorno de la línea de

⁴ Continúa en la pagina siguiente.

			sobre flujo al recipiente.
19	El mojado del material de envase no es continuo	Parada sincronizada si la duración es superior a 15 s.	Avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio
20	Aceite de lubricación central, presión baja, nivel bajo.	Parada sincronizada después de una hora	Asegurarse de que haya aceite en el tanque. ⁵ Si no puede encontrar el fallo, avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio
21	Fallo en la alimentación de aire de la central lechera		Informar al supervisor de producción del fallo.
22	Agua de enfriamiento		Controlar que la válvula este totalmente abierta y que el manómetro indique la presión correcta. Avisar sobre cualquier fallo al supervisor de producción
23	Temperatura en el elemento AT demasiado baja		Parar la maquina y avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio.
24	La maquina esta en estado de servicio		La maquina NO debe ser usada para producción .informar al electricista de la central o a un tecnólogo E.L.C de servicio.
25	Se ha roto la tira SL		Hay que parar la maquina inmediatamente y la tira pegada con cinta adhesiva al borde de la banda de material de envase. Todos los envases sin tira tienen que ser detectados y tirados. Hay que efectuar nuevos controles de envases.
26	Temperatura en el elemento SL demasiado baja		Parar la maquina y avisar a un tecnólogo E.L.C de servicio
27	Presión del agua de enfriamiento en el enfriador de tubo (solo maquinas equipadas con sistema de cerrado de agua de enfriamiento)		Avisar al supervisor de producción del fallo.

⁵ Continúa en la página siguiente.


ANEXO I ORDEN DE TRABAJO

ORDEN DE TRABAJO		No
	Descripción del trabajo:	
Fecha: <ul style="list-style-type: none"> Originada Programada Inicio real Termina Real Cerrada 		
Equipo No	Descripción Lugar	
Tipo de mantenimiento Trabajo a realizar: Solicitado por	P rioridad	Modo de falla
Horas hombre estimadas Horas hombre reales Procedimientos aplicables	TI TII TIII TIV Total	Costo
Material necesario	Costo	
Descripción Trabajo ejecutado		
Herramienta y equipo necesario	Parte que falló Causa Inmediata	

ANEXO J LISTA DE CHEQUEO

LISTAS DE CHEQUEO CUIDADOS DIARIOS Y SEMANALES TBA/9 250														
FECHA	DIARIO													
	CAM		VER		CAM		VER		CAM		VER		CAM	
REVISION														
LIMPIEZA FILTRO MAGNETICO DE AGUA														
LIMPIEZA FILTRO DE PARTICULA DE AGUA														
LIMPIEZA DEL ELEMENTO SL														
LIMPIEZA ELEMENTO AT														
LIMPIEZA FILTRO CUCHILLA DE AIRE														
LIMPIEZA BOQUILLAS DE AIRE DEL PLEGADOR FINAL														
EMPAQUES DEL TUBO DE LLENADO SUPERIOR														
ORING TUBO DE LLENADO INFERIOR														
RODAMIENTOS RODILLOS CAMARA ASEPTICA SUPERIOR														
RODAMIENTOS CAMARA CUCHILLO DE AIRE														
RODAMIENTOS RODILLOS APLICADOR DE TIRA														
RODAMIENTOS MOLINO DE PREDOBLADO														
RODILLOS ANILLO FORMADOR SUPERIOR														
RODILLOS ANILLO FORMADOR INFERIOR														
RODILLO DE PRESION SL														
RODILLO DE CONTRAPRESION SL DESARMAR Y LAVAR														
RODILLO DE PRESION AT														
RODILLO DE CONTRAPRESION AT														
REVISAR LAS SUFRIDERAS MANDIBULA DERECHA														
REVISAR LAS SUFRIDERAS MANDIBULA IZQUIERDA														
REVISAR INDUCTOR MANDIBULA DERECHA														
REVISAR INDUCTOR MANDIBULA IZQUIERDA														
PUESTA A CERO CONTADOR														
RESPONSABLE														
SEMANAL														
REVISION	CAM		VER		CAM		VER		CAM		VER		CAM	
NIVEL ACEITE DE LUBRICACION CENTRAL														
NIVEL DEL ACEITE DE PRESION														
LIMPIEZA FONDO BANO DE PEROXIDO														
BAJAR TUBO DE LLENADO SUPERIOR														
LIMPIEZA CUCHILLA DE CORTE MANDIBULA IZQUIERDA														
LIMPIEZA CUCHILLA DE CORTE MANDIBULA DERECHA														
CAMBIO ACEITE CAJA DE MECANISMOS														
REVISION FILTRO FLUIDO HIDRAULICO														
RODAMIENTOS MAGAZIN Y RODILLOS RECORRIDO DE PAPEL														
RESPONSABLE														

ANEXO K REPORTE DE ANALISIS DE FALLA

	DIVISION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	Máquina: _____
	REPORTE POR ANALISIS DE FALLA TBA9	Código: _____
		Línea/Ubic: _____
		Fecha: _____
Descripción de la Falla		
Acciones Correctivas / Preventivas		
Observaciones / Sugerencias		
Supervisor _____	Mecánico / Electricista _____	Hora de Parada: _____
		Hora de Reinicio: _____

ANEXO Ñ FORMATO DE ORDEN DE SERVICIO TETRAPAC

	SERVICIO TECNICO TETRA PAK				
	SOLICITUD DE ORDEN DE SERVICIO TECNICO DE EMERGENCIA				
	E.L.C				
Cliente					
Nombre del Equipo / Maquina					
No. Serial					
Tipo de Problema					
Descripcion del Problema					
Medidas Tomadas por el Cliente					
Tiempo lleva con el problema					
Fecha y hora en que se requiere la asistencia del Tecnico de TP en la Planta					
Quien solicito el servicio	Responsable				