

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN  
EMBOL S. A.**

Proyecto de grado presentado para la obtención del Grado de Licenciatura en Ingeniería

**POR: HERBERT SIXTO RAMOS LOZA**

**TUTOR: M.SC. ING. ABAD LUIS AGUILAR MAMANI**

LA PAZ – BOLIVIA

Abril, 2016

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Proyecto de Grado:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MODELO DE  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EMBOL S. A.**

Presentado por:

Univ. Herbert Sixto Ramos Loza

Para optar por el grado académico de: *Licenciado en Ingeniería Industrial*

Nota Numeral: .....

Nota Literal: .....

Ha sido: .....

Director de la carrera de Ingeniería Industrial:

Ing. Oswaldo Terán Modregón .....

Tutores:

M.SC. Ing. Abad Luis Aguilar M. ....

Tribunales: Ing. Moisés Efraín Arteaga Miranda .....

Ing. Mario Zenteno Benítez .....

Ing. Javier Cordero Torrez .....

Ing. Juan Carlos Quipe Apaza .....

### ***DEDICATORIA***

*A mi madre Germana Loza, por su apoyo incondicional, cariño y amor en todo momento de mi vida.*

*Mi padre Sixto Ramos, por forjar en mí una persona de bien principios y valores.*

*A mis hermanos Gelly y Alexander, por todo su apoyo, por creer en mí y siempre ser mi voz de aliento y esperanza.*

*A mis amigas y amigos, que me brindaron su apoyo incondicional en las buenas y en las malas, a todos aquellos que apoyaron impulsándome a realizar este proyecto*

## AGRADECIMIENTO

Gracias a M.SC. Ing. Abad Luis Aguilar M.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Abad Aguilar, por su apoyo incondicional, su amistad y dedicación al desarrollo de la presente proyecto...

Gracias al Sr. Orlando J Piro Borquez

Por permitirme trabajar en su empresa y brindarme el apoyo necesario para la elaboración del proyecto les deseo todo lo mejor, empresarios visionarios y trabajadores que son el camino que marcara el crecimiento y desarrollo de nuestro país.

Gracias a: Ing. Dalton Paniagua, Ing Pablo Mérida, Lic. Rubén Gonzales

Por las enseñanzas brindadas desde el primer día en que ingresé a Industrias Embotelladoras Bolivianas Unidas S.A....

Gracias a mi Familia

Doy gracias a Dios por darme la bendición de contar con una familia tan buena y generosa como la que tengo, que siempre contaré con su apoyo incondicional, y gracias a su aliento que me brindaban hoy en día conseguí un logro más en mi vida.

Gracias al plantel docente de la carrera de Ingeniería Industrial y amigos

A todos mis docentes universitarios por los conocimientos transmitidos...

Gracias a mis amigas y mis amigos por brindarme valiosas lecciones de vida y aconsejarme siempre, pase hermosos recuerdos con ellos y aprendí mucho de cada uno.

A todos y cada uno de ellos, ¡muchas gracias!

*Herbert Sixto Ramos Loza*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: LA EMPRESA.....	3
1.1.    ANTECEDENTES. ....	3
1.2.    PRINCIPIOS DE LA EMPRESA.....	5
1.2.1.    Misión Embol S.A. ....	5
1.2.2.    Valores Embol S.A. ....	6
1.3.    LOCALIZACIÓN.....	7
1.4.    ESTRUCTURA ORGÁNICA. ....	7
1.4.1.    Unidad industrial.....	8
1.5.    TALENTOS HUMANOS. ....	8
1.5.1.    Tipificación de la empresa.....	8
1.5.2.    Horarios de trabajo.....	8
1.5.3.    Formación y capacidad. ....	9
1.5.4.    Motivación del personal.....	9
1.6.    SISTEMA PRODUCTIVO.....	9
1.6.1.    Sistema empresa .....	9
1.6.1.1.    Planta industrial. ....	9
1.6.1.2.    Insumos de Fabricación. ....	11
1.6.1.3.    Productos elaborados. ....	12
1.6.2.    Proceso de Producción.....	15
1.6.2.1.    Introducción .....	15
1.6.2.2.    Fases de proceso. ....	16
1.6.3.    Instalaciones complementarias. ....	27
1.6.3.1.    Sistemas de tratamiento de agua.....	27
1.6.3.2.    Sistema de aire. ....	29
1.6.3.3.    Sistema de gas carbónico.....	29
1.6.3.4.    Sistema de generación de vapor.....	30
1.6.3.5.    Sistemas de energía eléctrica. ....	30
1.6.3.6.    Instalaciones sanitarias. ....	31
1.7.    CONCLUSIONES.....	31

<b>CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>32</b>
2.1. <b>PROBLEMÁTICA. ....</b>	<b>32</b>
2.1.    Identificación del Problema. ....	32
2.1.2.    Descripción del problema. ....	33
2.1.3.    Análisis de las causas del problema. ....	34
2.1.4.    Planteamiento del problema. ....	37
2.1.5.    Hipótesis. ....	38
2.2. <b>OBJETIVOS. ....</b>	<b>38</b>
2.2.1.    Objetivo general. ....	38
2.2.2.    Objetivo específicos. ....	38
2.3. <b>JUSTIFICACIÓN. ....</b>	<b>39</b>
2.3.1.    Justificación académica. ....	39
2.3.2.    Justificación económica. ....	39
2.3.3.    Justificación metodológica. ....	40
2.4. <b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO III: ANÁLISIS DEL SECTOR.....</b>	<b>41</b>
3.1. <b>ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA. ....</b>	<b>41</b>
3.1.1.    Producto Interno Bruto. ....	41
3.1.2.    Índice Global de Actividad. ....	42
3.1.3.    Competitividad Industrial. ....	43
3.2. <b>ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE BEBIDAS.....</b>	<b>43</b>
3.2.1.    Clasificación industrial. ....	44
3.2.2.    Empresas y Empleo. ....	44
3.2.3.    Capacidad Utilizada. ....	45
3.2.4.    Exportaciones. ....	45
3.2.5.    Importaciones. ....	45
3.2.6.    Indicadores de Competitividad. ....	45
3.3. <b>EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN CONTEXTO BOLIVIANO. .</b>	<b>46</b>
3.4. <b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL .....</b>	<b>51</b>
4.1. <b>FUNCIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.....</b>	<b>51</b>
4.2. <b>PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>52</b>
4.3. <b>ESTRUCTURA ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO. ....</b>	<b>53</b>
4.4. <b>LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....</b>	<b>55</b>
4.4.1.    Ejecución del Programa. ....	59

4.5.	ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.....	60
4.5.1.	Descripción de las líneas de producción. ....	60
4.5.2.	Operaciones por Línea de Producción. ....	62
4.6.	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD. ....	62
4.6.1.	Selección de los objetos de estudio. ....	63
4.6.2.	Recolección de Datos.....	67
4.6.3.	Cálculo de la Capacidad. ....	71
4.6.4.	Identificación de las variables determinantes. ....	71
4.6.5.	Determinación del Modelo de Pronóstico de fallas. ....	72
4.6.6.	Análisis de los resultados.....	72
4.7.	CONCLUSIONES .....	73
CAPÍTULO V: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO .....		74
5.1.	INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	74
5.3.	ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO.....	78
5.4.	TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	78
5.5.	FILOSOFÍA ACTUAL DE MANTENIMIENTO. ....	80
5.6.	DIAGNÓSTICOS DE MANTENIMIENTO.....	81
5.6.1.	Diagnóstico de fallas.....	82
5.6.2.	Diagnóstico mediante análisis de vibraciones .....	83
5.6.3.	Diagnóstico mediante análisis de lubricantes .....	85
5.6.4.	Diagnóstico mediante termografía infrarroja.....	90
5.7.	PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	94
5.8.	ASPECTOS ECONÓMICOS DEL MANTENIMIENTO. ....	98
5.8.1.	Tipos de costos.....	98
5.8.1.1.	Costos globales de la empresa. ....	99
5.8.1.2.	Costos directos del mantenimiento.....	99
5.8.1.3.	Costos indirectos del mantenimiento.....	99
5.8.1.4.	Costo total del mantenimiento .....	100
5.8.1.5.	Costo medio anual. ....	100
5.8.2.	Vida deterioro y obsolescencia de un equipo. ....	101
5.8.2.1.	Tipos de vida.....	101
5.8.2.2.	Durabilidad. ....	101
5.8.2.3.	Deterioro o envejecimiento.....	101
5.8.2.4.	Obsolescencia. ....	102
5.9.	METODOLOGÍAS.....	102

5.10.	REGLAS DE APLICACIÓN. ....	103
5.11.	CONCLUSIONES. ....	104
CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....		105
6.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MODELO. ....	105
6.2.	FLUJO DE INTERACCIÓN Y RELACIONES .....	120
6.3.	ESTRATEGIA SEIS SIGMA PARA EL MODELO .....	122
6.4.	LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	123
6.4.1.	Elección de software de mantenimiento. ....	124
6.4.2.	Descripción del funcionamiento y finalidad del software. ....	128
6.5.	CONCLUSIONES. ....	131
CAPÍTULO VII: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....		132
7.1.	PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL. ....	132
7.1.1.	Programa de Motivación.....	134
7.1.2.	Programa de Capacitación .....	137
7.1.3.	Seguimiento a la Implementación.....	139
7.1.4.	Disminución de probabilidad de fallas. ....	140
7.2.	AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO.....	148
7.3.	CONCLUSIONES. ....	149
CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN ECONÓMICA .....		150
8.1.	BENEFICIOS CUANTIFICABLES. ....	150
8.1.1.	Indicadores de mantenimiento.....	153
8.1.1.1.	Indicadores de gestión .....	154
8.1.1.2.	Inventario de repuestos. ....	154
8.1.1.3.	Gastos de Operación. ....	155
8.1.2.	Análisis de Indicadores económicos.....	156
8.2.	BENEFICIOS NO CUANTIFICABLES.....	158
8.3.	CONCLUSIONES .....	159
CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		160
9.1.	CONCLUSIONES .....	160
9.2.	RECOMENDACIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA. ....		163
WEB GRAFÍA.....		163



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1-1: Horarios de trabajo.....	8
CUADRO 1-2: Distribución física de las áreas .....	11
CUADRO 1-3: Productos en sus diferentes presentación.....	12
CUADRO 1-4: Producción total por formato en CU.....	14
CUADRO 2-1: Criterios de evaluación .....	36
CUADRO 2-2: Resultado de la ponderación .....	36
CUADRO 3-1: Clasificación de la industria en la CIU.....	44
CUADRO 3-2: Tabla comparativa de gastos de mantenimiento .....	50
CUADRO 4-1: Parque de máquinas línea 1 .....	60
CUADRO 4-2: Parque de máquinas línea 2 .....	61
CUADRO 4-3: Parque de maquinaria y equipo.....	64
CUADRO 4-4: Cálculo depreciación acumulada equipos Línea KRONES 90.....	65
CUADRO 4-5: Cálculo depreciación acumulada equipos Línea KRONES 108.....	66
CUADRO 4-6: Análisis de tiempo medio entre fallas.....	68
CUADRO 4-7: Velocidades de producción líneas K-90 y K108 por formato .....	71
CUADRO 5-1: Diagnóstico de motor a partir de las mediciones del lubrisensor .....	89
CUADRO 6-1: Bloques de procesos de en el Seis Sigma para el mantenimiento .....	122
CUADRO 6-2: Ventajas e inconvenientes de la informatización del mantenimiento..	124
CUADRO 6-3: Posibilidades de elección para el software de mantenimiento.....	126
CUADRO 6-4: Factores de elección y ponderación .....	127
CUADRO 6-5: Factores de elección y ponderación .....	127
CUADRO 6-6: Clases de Catálogos en Mantenimiento .....	129
CUADRO 6-7: Clases de Catálogos en Mantenimiento .....	131
CUADRO 7-1: Perfiles de humanos de diferentes tipos de técnicos operarios.....	133
CUADRO 7-2: Programa de capacitaciones.....	140
CUADRO 7-3: Cálculo de MTBF, frecuencia de falla y MTTR, L2 K-108.....	141
CUADRO 7-4: Comparación de aspectos de equipos críticos Línea Krones K-108....	142

CUADRO 7-5: Resumen de fallas subconjuntos lavadora Kronos K-108 .....	143
CUADRO 7-6: Calculo de indicadores para subconjuntos .....	144
CUADRO 7-7: Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB ....	146
CUADRO 8-1: Costo de mano de obra.....	151
CUADRO 8-2: Costo de mano de obra.....	151
CUADRO 8-3: Ingresos ahorro en costo de mantenimiento .....	152
CUADRO 8-4: Tareas ejecutadas y programadas en Mantenimiento .....	154
CUADRO 8-5: Costos y gastos para la implementación del presente proyecto.....	155
CUADRO 8-6: Resumen de los flujos del proyecto, 2015 .....	157
CUADRO 8-7: Lucro cesante, margen utilidad Línea K-90.....	158
CUADRO 8-8: Lucro cesante, margen utilidad Línea K-108.....	159



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-1: Esquema gráfico Misión .....	5
GRÁFICO 1-2: Mapa satelital de localización de Planta Industrial .....	7
GRÁFICO 1-3: Organigrama General .....	8
GRÁFICO 1-4: Macro proceso .....	10
GRÁFICO 1-5: Participación en producción por formatos .....	15
GRÁFICO 1-6: Elaboración de jarabes .....	18
GRÁFICO 2-1: Diagrama causa efecto de problemas .....	35
GRÁFICO 2-2: Diagrama de Pareto .....	37
GRÁFICO 3-1: Participación en el PIB según actividad económica .....	41
GRÁFICO 3-2: Crecimiento del PIB; total, manufacturero, bebidas .....	42
GRÁFICO 3-3: Tendencia anual del IGAE del sector bebidas .....	43
GRÁFICO 3-4: Comparación de los costos de mantenimiento .....	48
GRÁFICO 3-5: Aplicación del mantenimiento .....	48
GRÁFICO 4-1: Organigrama área de mantenimiento .....	54
GRÁFICO 4-2: Mantenimiento Correctivo .....	56
GRÁFICO 4-3: Mantenimiento Correctivo Programado.....	57
GRÁFICO 4-4: Proceso de Mantenimiento Preventivo .....	58
GRÁFICO 4-5: Proceso de Mantenimiento Predictivo .....	59
GRÁFICO 4-6: Proceso de Mantenimiento Predictivo .....	59
GRÁFICO 4-7: Gráficos Resumen y desagregación por equipos TMBF.....	69
GRÁFICO 5-1: Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento.....	76
GRÁFICO 5-2: Sistema típico de mantenimiento .....	77
GRÁFICO 5-3: Clasificación del Mantenimiento .....	79
GRÁFICO 5-4: Secuencia Falla-Recomendación .....	83
GRÁFICO 5-5: Equipo lubrisensor y valores referenciales .....	90
GRÁFICO 5-6: Inspección termográfica de una subestación.....	92

GRÁFICO 5-7: Inspección termográfica de instalaciones.....	92
GRÁFICO 5-8: Termografía en instalaciones mecánicas.....	93
GRÁFICO 5-9: Esquema de planificación del mantenimiento preventivo .....	95
GRÁFICO 5-10: Costo de la empresa en función del nivel de mantenimiento.....	98
GRÁFICO 5-11: Costo total en función del tiempo de parada por mantenimiento.....	100
GRÁFICO 5-12.....	103
GRÁFICO 6-1: Proceso de Análisis - Modelado.....	105
GRÁFICO 6-2: Macroproceso de Industria de Procesos continuos .....	108
GRÁFICO 6-3: Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial .....	111
GRÁFICO 6-4: Función del pronóstico de la carga de mantenimiento.....	113
GRÁFICO 6-5: Ilustración del ciclo de control de mantenimiento .....	118
GRÁFICO 6-6: Resumen gráfico del proceso de mantenimiento .....	121
GRÁFICO 6-7: Flujo de proceso de avisos y ordenes.....	130
GRÁFICO 7-1: Estructura de un grupo SMMI .....	135
GRÁFICO 7-2: Políticas y metas básicas .....	136
GRÁFICO 7-3: Plan de implementación .....	138
GRÁFICO 7-4: Incidencia de fallas por maquina en la Línea Krones K-108 .....	142
GRÁFICO 7-5: Incidencia de fallas por maquina en la Línea Krones K-108 .....	143
GRÁFICO 7-6: Frecuencias intervalos de clase de TBF para f.d.p. Weibull L2-LVB	145
GRÁFICO 7-7: Grafica lineal de los TBF para f.d.p. Weibull L2-LVB .....	145
GRÁFICO 7-8: Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB ...	146
GRÁFICO 7-9: Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB ...	147
GRÁFICO 7-10: Aplicación de Mtto. Preventivo con inspección frecuente L2-LVB.	147

## RESUMEN

Embotelladoras Bolivianas Unidas S. A. “EMBOL S. A.”, es conocida hoy en día como una de las empresas de mayor prestigio y solidez en el rubro de la industria embotelladora de bebidas. Sin embargo, en los últimos años, este privilegiado nivel ha venido manteniéndose regularmente de forma considerable debido a que entre otros factores, el nivel de tecnología, estrategia de negocios y calidad se ha desarrollado a una velocidad bastante modesta implicando de esta manera un riesgo de estancamiento.

En tal sentido el presente proyecto tiene el objetivo del diseño de un sistema modelo práctico y la implementación sostenible de un adecuado sistema modelo en mantenimiento industrial, con una aplicabilidad muy versátil para la industria de procesos continuos en línea de producción, que permita a la empresa y este sector industrial, incrementar su productividad, rentabilidad en base a un sistema adecuado a los requerimientos de los mismos, que no implique énfasis en la necesidad de realizar cuantiosas inversiones, pero que a su vez le lleve a alcanzar un nivel de competitividad perdido comparado con empresas extranjeras, por la inadaptación y no evolución de su sistema a las nuevas características y exigencias del mercado. Con este propósito, se utilizaron los principios y la metodología para una adecuada gestión del mantenimiento, la cual brinda herramientas conceptuales, y prácticas para el establecimiento de un sistema que pueda garantizar producción centrada básicamente en la administración, aplicación técnica y control eficiente del mantenimiento de sus principales recursos productivos.

Como resultado de la aplicación de esta teoría, se diseñó un sistema modelo para ejecución práctica, la cual detalla uno a uno los pasos que se debe seguir para lograr una mantenimiento del sistema de forma óptima y conforme a los objetivos que se persigue el modelo.

Palabras claves: Mantenimiento industrial, gestión del mantenimiento, Capacidad.

## SUMMARY

---

Embotelladoras Bolivianas Unidas S. A. "EMBOL S. A.", is well-known, nowadays, as one of the most prestigious and solid companies in the category of beverage bottling industry. However, in the last years, this privileged level has been maintained regularly in a considerable way due to other factors, the technology level, business strategy and quality has been developed to a quite modest speed, thereby involving a risk of stagnation.

In such sense, the present project has the objective of design of a practical model system and the solid implementation of a sustainable model system in industrial maintenance, with a very versatile applicability to continuous industrial processes in the production line, allowing, to the company and this industrial sector, to increase its productivity, profitability based on an appropriate system to the requirements of them, that does not involve emphasis in the necessity of carrying out considerable investments, but that which in turn takes it to reach a level of competitiveness lost compared with foreign companies, for the non-adaptation and non-evolution of its system to the new characteristics and demands of the market. With this purpose, the principles and the methodology were used for an appropriate administration of the maintenance, which offers conceptual tools, and practices for the establishment of a system that can guarantee production centered basically in the administration, technical application and efficient control of maintenance of the company main productive resources.

As a result of the application of this theory, a model system for practical implementation was designed to a practical execution, which details one by one the steps to be followed to achieve an optically system maintenance and in accordance with the objectives pursued in the model.

Key words: Industrial maintenance, administration of the maintenance, Capacity.

# INTRODUCCIÓN

En nuestro entorno actualmente, existe una tendencia marcada con referencia a los sistemas productivos; se están volviendo considerablemente complejos en desempeño y su desarrollo, esto debido a que los actuales sistemas son frecuentemente inadecuados para satisfacer las necesidades de los consumidores; ya que la evolución del mercado ha ocasionado que los requerimientos de los clientes se tornen mucho más exigentes, y rigurosos que antes, donde el cumplimiento con las fechas de entrega y la reducción de los tiempos de producción son factores sumamente importantes entre muchos otros, estos deben estar plenamente garantizados contra cualquier eventualidad que se presente tanto en el entorno interno (dentro de la empresa) como el entorno exterior (ocasionados por problemas sociales).

Las industrias de procesos a nivel mundial se encuentran en la búsqueda constante de tecnología y técnicas de gestión, es ahí donde surge la necesidad de implementar estrategias que permitan optimizar los recursos en función de un objetivo común. Las empresas precisan ser competitivas para mantenerse o sobrevivir en el mercado. Para ello deben buscar la mayor disponibilidad operacional de sus equipos y una permanente mejora en las performances de las herramientas de producción. Esto las obliga a transformar las estructuras organizacionales, contemplar un desarrollo permanente de las áreas productivas, aumentar el nivel de utilización de los equipos al máximo posible, alargando su vida útil, invertir en la automatización de equipos y procesos, asegurar el grado de disponibilidad de sus equipos, reducir y optimizar sus costes al mínimo aceptable. Todo ello sin olvidarnos de preservar las condiciones de trabajo y seguridad del personal, los plazos de entrega programados y la preservación del medio ambiente. En este contexto, propongo a Embotelladoras Bolivianas Unidas S. A., considerar la función mantenimiento como un instrumento excelente para mejorar su competitividad. El presente proyecto busca que EMBOL S. A., logre la evolución tecnológicamente hasta quedar enfocada en la actualidad en:

Asegurar la disponibilidad operacional de los equipos (correctivo, preventivo, predictivo, monitoreo por condición, control, inspecciones y manejo de activos).

Mejora continua, en los equipos e instalaciones productivas (a través de modernizar o mejoras para reducir costes de mantenimiento y producción).

En las empresas intensivas en capital, el caso de EMBOL S. A. , existen altos costos de mantenimiento, buscando las diferentes causas, encontramos que en la planta el mayor costo se origina en las decisiones que se tomen en cuanto al sistema productivo, las políticas que hay dentro de los departamentos de producción, mantenimiento y los de apoyo, la correcta aplicación de los manuales contra las aplicaciones automatizadas, la selección de equipo en maquinaria, esquemas de diseño de paquetes computacionales, nivelación de los conceptos de reparación y así sucesivamente, tiene un gran impacto dentro del costo y de la productividad del ciclo de vida de la maquinaria, en otras palabras la mayor oportunidad para reducir el costo del ciclo de vida de la maquinaria, un gran porcentaje se atribuye a la operación y mantenimiento del sistema productivo.

El resultado final que se persigue con la implementación del Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.



## CAPÍTULO I: LA EMPRESA

El capítulo describe las características principales que hacen al funcionamiento integral de EMBOL S. A., esto con la finalidad de contar con un panorama más claro acerca del sistema de producción y sus bases administrativas, llegando a inferir en sus objetivos y su meta empresarial, para así definir el alcance y las limitaciones del proyecto.

### 1.1. ANTECEDENTES.<sup>1</sup>

La historia de la embotelladora de Coca-Cola en Bolivia, inicia en 1941, hace 74 años un hito en la industria nacional, en la zona San Pedro, La Paz. Corrían las primeras horas del 24 de diciembre, en medio de alegría y nerviosismo, las agitadas manos del empresario Alejandro Vásquez destapaban la primera botella de Coca-Cola producida en Bolivia.

En el año 1943, Alejandro Vásquez, apoyado por el crecimiento de la empresa y un criterio industrial más amplio, decide convertir la empresa en una sociedad anónima, bajo el nombre de VASCAL. Ese mismo año, recibe del propio gerente general de la Coca-Cola Company, la primera felicitación por el record de ventas en la región.

Una nueva época de éxito fue inaugurada en los años 60, de la mano del joven Ingeniero Jorge Lonsdale, rompiendo records de ventas, ampliando la presencia de VASCAL S.A. a la ciudad de Oruro y encarando la construcción de la planta en la zona Río Seco, de la ciudad de El Alto. El día de la inauguración de la infraestructura, un nuevo producto se sumó al portafolio de productos conformado por Coca-Cola, Fanta, Sprite. Para entonces Coca-Cola estaba en gran parte de Bolivia: En La Paz, Oruro, Cochabamba, con el impulso de VASCAL S.A. y en Santa Cruz, Sucre y Tarija a la mano de la empresa COTOCA.

#### **Nacimiento de EMBOL en Bolivia.**

En 1995, Don Hernán Vicuña Reyes, industrial dedicado desde el año 1962 al negocio de embotellador de Coca-Cola en Arica, ve en Bolivia, debido a la similitud que tiene nuestro

---

<sup>1</sup> Embol S.A. (2014), Documentos Inducción Personal Nuevo, Recursos Humanos

país con el mercado donde se había desarrollado por más de 30 años una interesante oportunidad de ampliar su actividad. Este empresario, encontró muy buena aceptación de parte de quienes en ese tiempo eran los franquiciados para embotellar y comercializar los productos The Coca-Cola Co., vale decir, la Familia Lonsdale, embotelladores desde hace muchos años para el territorio de La Paz, Cochabamba y Oruro, con quienes inicia negociaciones desde fines de 1994 hasta mediados de 1995, año en el cual, conforman la empresa EMBOTELLADORAS BOLIVIANAS UNIDAS S.A. “EMBOL S.A.”.

El nuevo directorio se propuso un ambicioso proyecto de modernización esto significó dar un salto tecnológico en sus instalaciones automatizando los procesos de producción e introduciendo nuevos envases y equipos de frío. La mejora en el sistema de distribución y la constante capacitación de profesionales y técnicos pronto se apuntó resultados significativos. El más importante, la adquisición en 1996 de las plantas de Santa Cruz, Sucre y Tarija, pasando así a administrar el 94 % del negocio de Coca-Cola en Bolivia. Con lo cual se conforma el grupo que abastece el 95% del volumen de productos The Coca-Cola Co., en el país. Ese mismo año se introdujo en el país la botella retornable de plástico de dos litros y un año después salió al mercado el envase no retornable.

Hasta fines del año 1998 el crecimiento fue mayor y mucho más rápido de lo imaginado, esto se debió a la gran respuesta de la demanda de los consumidores, la confianza de los detallistas por comercializar los productos y principalmente el esfuerzo y dedicación de todos quienes conformaban EMBOL S.A.

A partir 1999, la demanda se vio alterada por la crisis internacional que afectó a todos los países, pero los indicadores se mantuvieron estables y sólidos, adecuándose a las nuevas condiciones económicas del mercado.

A fines del 2001 se les presenta una leve señal de crecimiento que les dio la confianza para el futuro ya para el 2002 - 2003 esta confianza se vio premiada al alcanzar un buen rendimiento y crecimiento en cada una de sus operaciones, confianza que se vio avalada técnicamente al alcanzarla Certificación ISO 9001:2000; esto les permite colocarse en el grupo especial de compañías de nivel competitivo en el mundo empresarial de Bolivia.

Ya para el año 2005, conscientes de sus responsabilidades sociales para con el país, optan por la certificación con la Norma ISO 14001:2004, misma que los califica como una empresa orientada al cuidado y protección del medio ambiente y sus trabajadores.

Embol S. A. región occidente en la actualidad se califica como una empresa pujante, reconocida y responsable; todo esto, gracias al esfuerzo, dedicación y aporte de todos quienes la conformaron y la conforman bajo el liderazgo del Ing. Dalton Paniagua Aliaga, quien está en constante búsqueda de mejora continua y crecimiento sostenido.

## 1.2. PRINCIPIOS DE LA EMPRESA.

(Perez, Fedor, 2009):“Hoy en día las empresas bolivianas están entrando en un ámbito competitivo, donde son los gerentes y no las empresas, los que compiten dentro del mercado, en tal sentido, una empresa ha de contar con altas expectativas de triunfar en ese entorno competitivo siempre y cuando sea gestionada de manera eficiente.”<sup>2</sup>

Por lo mismo, es fundamental conocer los principios globales en los que se apoya la empresa, a fin de entender cuál es la dirección y el horizonte de su base institucional.

### 1.2.1. Misión Embol S.A.<sup>3</sup>

#### GRÁFICO 1-1

EMBOL S. A.: Esquema gráfico Misión, 2014



**Fuente:** Documentos de Inducción Personal, Recursos Humanos

<sup>2</sup> PÉREZ, F. (2009). Apuntes de Clases “Estrategia Empresarial”.

<sup>3</sup> Embol S. A. (2014). Documento de “Inducción de personal nuevo” publicados por Recursos Humanos

(Embol, S.A., 2014) “Trabajemos juntos, creando y satisfaciendo las necesidades de nuestros consumidores de bebidas refrescantes de calidad, al mejor precio-valor, en el momento oportuno, asegurando el desarrollo de nuestra gente, nuestra empresa y comunidad Boliviana”

### 1.2.2. Valores Embol S.A.

Los valores de Embol S. A., para una mejor comprensión y retención del personal de la empresa se resumen en el acrónimo CRISEL, que se detalla a continuación: <sup>4</sup>

**CONFIANZA:** Depositar y creer, sin más seguridad que la buena fe. Quien genera confianza jamás te va a fallar, es quien será capaz de cumplir las promesas hechas con responsabilidad y seguridad, quien actúa pensando en los intereses de quienes lo rodean y no sólo en el suyo propio.

**RESPECTO:** Una persona respetuosa es aquella que considera las opiniones, trabajo y sentimientos de las otras personas, por lo que actúa de manera empática tanto dentro de la empresa como fuera de ella. Es quien disciplinadamente es capaz de seguir normas, cumplirlas y promover su cumplimiento.

**INTEGRIDAD:** Obrar con rectitud y probidad intachables. Es actuar en consonancia con lo que uno dice y considera importante. Incluye comunicar las intenciones, ideas y sentimientos abierta y directamente y estar dispuestos a actuar con honestidad incluso en momentos difíciles. Tus acciones deben ser coherentes con lo que dices.

**SERVICIO:** Vocación para desarrollar una actitud empática con las personas, entender sus necesidades y crear formas de satisfacerlas de la mejor manera. Quien practica este valor se caracteriza por el trato amable, cordial y por cumplir siempre aquello que promete.

**TRABAJO EN EQUIPO:** Es la capacidad que tenemos de unirnos a un grupo de personas, compartir experiencias, respetando opiniones y dando lo mejor de uno para lograr un objetivo común.

**LEALTAD:** Es leal quien guarda la debida fidelidad y es incapaz de traicionar. Quien no falta a su palabra dada, que cumple sus compromisos, firme y constante en su objetivo.

---

<sup>4</sup> Embol S. A. (2014). Documento de “Inducción de personal nuevo” publicados por Recursos Humanos

### 1.3. LOCALIZACIÓN.

EMBOL S. A. es una empresa de presencia nacional que tiene sus instalaciones centrales ubicadas en la casa matriz ciudad de Santa Cruz. Las plantas industriales de Embol S.A. se encuentran establecidas para poder cubrir todo el mercado de Bolivia (ver Anexo 1-1), la planta en La Paz, se ubica en la ciudad de El Alto sobre la Av. Panamericana en la Zona de Rio Seco s/n, ocupando una superficie de 28.950 m<sup>2</sup>, así también cuenta con una oficina central en Av. Los Sauces N° 189 en Calacoto de la ciudad de La Paz.

#### GRÁFICO 1-2

EMBOL S. A.: Mapa satelital de localización de Planta Industrial, 2014



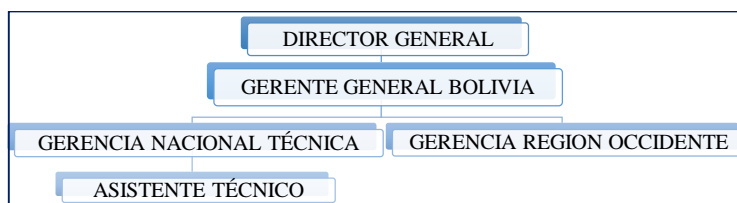
Fuente: Elaboración con base en información del portal [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)

### 1.4. ESTRUCTURA ORGÁNICA.

La estructura orgánica de EMBOL S. A. es lineal funcional, conformada por dos Unidades Estratégicas de Negocio, una industrial y otra comercial, apoyadas por una unidad de administración y finanzas. Dentro de la estructura definida para Embol S. A. – Región Occidente, se tiene a cargo de la Gerencia General dos gerencias: Gerencia Comercial, Gerencia Comercial Oruro. El área de Producción y Administración tienen cinco jefaturas que dependen directamente de la Gerencia General Región Occidente.

### GRÁFICO 1-3

**EMBOL S. A.: Organigrama General, 2014**



**Fuente:** Elaboración con base en información Dpto. Recursos Humanos

#### 1.4.1. Unidad industrial.

La Unidad Industrial está conformada por tres áreas importantes de producción independientes, son: Soplado, Expedición y Producción, apoyadas por el Sistema de Gestión Integral, y el conjunto bajo el liderazgo de la jefatura de planta. (Ver Anexo 1-2)

#### 1.5. TALENTOS HUMANOS.

##### 1.5.1. Tipificación de la empresa.

Embol S.A. región occidente, cuenta con 667 trabajadores, los cuales se encuentran distribuidos las áreas de producción, expedición, ventas, administrativos, y casa matriz, siendo que la planta cuenta con un total 295 personas. Por lo cual se categoriza como una Empresa grande según la clasificación del INE.

##### 1.5.2. Horarios de trabajo.

#### CUADRO 1-1

**EMBOL S. A.: Horarios de trabajo, 2014**

Turno	Días	Hora de ingreso	Hora de salida
Administración (9 h)	Lunes a viernes	8:00	17:30
Oficinas Producción (9 h)	Lunes a viernes	8:00	17:30
Turno Mañana (8 h)	Lunes a sábado	7:00	15:00
Turno Tarde (8 h)	Lunes a sábado	15:00	23:00
Turno Trasnoche (8 h)	Lunes a viernes	23:00	7:00
Turno Pívor (40 h)	Viernes-Sábado	23:00	7:00
	Sábado-Domingo	15:00	7:00
	Domingo-Lunes	15:00	7:00

**Fuente:** Elaboración con base en información Dpto. de Producción

EMBOL S. A. región occidente, trabaja en distintos horarios los cuales se aplican en función a la naturaleza del puesto de trabajo o a la carga de trabajo en un momento dado.

### **1.5.3. Formación y capacidad.**

EMBOL S. A., se preocupa por cada uno de los trabajadores de planta, para ello se posee de un área de trabajo que se encarga de las capacitaciones y motivaciones al igual que el seguimiento al desempeño y de otras competencias, denominándose DESARROLLO HUMANO, brindando a sus trabajadores educación y especializaciones que se efectúan en universidades que tienen convenio con la empresa. En la actualidad un 75 % del total de trabajadores de la empresa tienen estudios entre niveles técnicos medios, técnicos superiores, y estudios a nivel licenciatura.

### **1.5.4. Motivación del personal**

La motivación de trabajadores es uno de los factores fundamentales para la empresa, es por ello que llama la atención el hecho de que se perciban distintas actitudes al respecto, ya que mientras algunos muestran una verdadera complacencia por las labores que desempeñan, otros se muestran en alguna relación desgastados, para la eliminación de este tipo de actitudes, se desarrollan programas de motivación y premios a la proactividad, organizando concursos, así como premiando a los operarios por la buena labor.

## **1.6. SISTEMA PRODUCTIVO.**

La delimitación neurálgica del presente proyecto, ya que el estudio a partir de este punto, se enfocara a un ámbito más específico, focalizándose solo sobre las líneas de producción de Embol S.A. región occidente, que para fines prácticos citaremos en algunos títulos como EMBOL S.A., línea L-1 (L-K90) y la línea L-2 (L-K108).

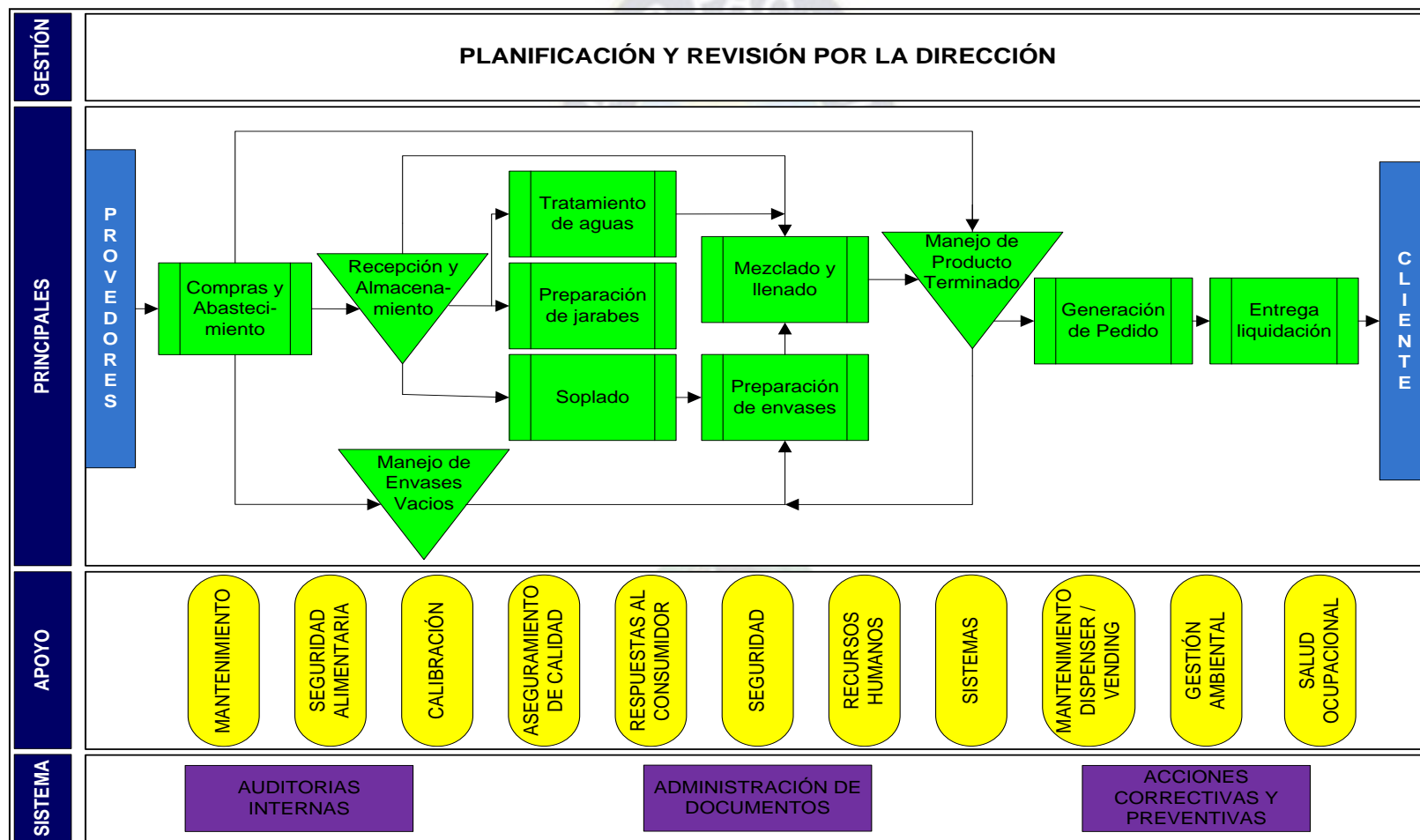
### **1.6.1. Sistema empresa**

#### **1.6.1.1. Planta industrial.**

La planta industrial en La Paz (Ver Anexo 1-3), ocupa una superficie de 28.950 m<sup>2</sup>, los cuales se encuentran distribuidos como se muestran en el cuadro 1-2.

### GRÁFICO 1-4

EMBOL S. A.: Macro proceso, 2014



Fuente: Elaboración con base en datos de Dpto. Sistema de Gestión Integral



### CUADRO 1-2

#### EMBOL S. A.: Distribución física de las áreas, 2014

Área de la empresa	Superficie física ocupada [m <sup>2</sup> ]	Porcentaje de ocupación [%]
Producción Embotellado	6.191,69	21,27
Producción Soplado	867,21	3,81
Laboratorios control de calidad	119,17	0,52
Fábrica de Hielos	98,69	0,43
Mantenimiento	472,6	2,08
Almacenes centrales	820,12	3,6
Almacén Botellas Pet	1.373,34	6,03
Expedición	9.941,83	43,69
Residuos	155,06	0,68
Oficinas producción	723,47	3,18
Administrativos	1.779,04	7,82
Comedor y cocina	194,58	0,86
Seguridad	20,08	0,09
Total Superficie Construida	<b>22.756,88</b>	<b>100</b>
Total Área del terreno	<b>28.950,43</b>	

**Fuente:** Elaboración Con base en datos de la división de infraestructura.

#### 1.6.1.2. Insumos de Fabricación.

Los insumos de elaboración se clasifican en:

a) **Materias primas.** La materia prima utilizada en el proceso productivo es:

- Agua
- Gas Carbónico (Solo bebidas carbonatadas)

b) **Materiales de elaboración.** Los materiales de elaboración utilizados en el proceso productivo se clasifican en directos e indirectos.

Los materiales de elaboración directos son:

- Concentrado
- Tapas plásticas
- Botellas de vidrio
- Bases de bebida
- Tapas Corona
- Etiquetas
- Azúcar
- Botellas Pet

Los materiales de elaboración indirectos de mayor importancia son:

- Film Termo-Contraíble
- Divo RS 145
- Tierra diatomea (Ayuda para los filtros)
- Aditivo para botella RPB
- Soda caustica
- Hipoclorito de sodio
- Divo NP
- Carbonato de sodio
- Carbón activado en polvo
- Divo LE
- Cloruro férrico

### 1.6.1.3. Productos elaborados.

EMBOL S.A., elabora Ochenta y dos productos de la franquicia Coca Cola CO., de los cuales dos productos, Mineragua y Agua de mesa Vital, son productos que tuvieron un origen en Vascal S.A. y actualmente pertenecen a la Coca Cola CO. Además del producto complementario Hielo. En la actualidad los productos elaborados en la planta de la Región Occidente se citan en el Anexo 1-4 agrupados por sabores con criterio del supervisor de procesos. El cuadro 1-3 se presenta el “mix” de productos que embotella la empresa en sus diferentes presentaciones, que hace un total de 82 productos producidos.

**CUADRO 1-3**

**EMBOL S.A.:** Productos en sus diferentes presentación, 2014

PRODUCTO	TIPO DE ENVASE	PRESENTACIÓN (cc)	TIEMPO DE VENCIMIENTO (Días)	
<b>COCA COLA</b>	Bag in box BIB (bolsa en caja)	10.000 19.000	75	
	Botellas de Vidrio	190 350 600 1.000 1.500	270	
Botellas de Plástico Retornable		2.000	180	
Botellas de Plástico no Retornable		500 1.500 2.000 2.500	>1 lt. 98 <1 lt. 84	
		<b>COCA COLA ZERO</b>	Bag in box BIB (bolsa en caja)	10.000
	<b>FANTA ZERO</b> <b>SPRITE ZERO</b>	Botellas de Plástico no Retornable	500 2.000	>1 lt. 98 <1 lt. 84
<b>SIMBA</b>	Botellas de vidrio	190 750 1.500	270	
		Botellas de Plástico no Retornable	500 2.000	>1 lt. 98 <1 lt. 84
		<b>FRESCA</b>	Botellas de vidrio	190
	Botellas de Plástico no Retornable	500 2.000	>1 lt. 98 <1 lt. 84	
<b>Mineragua</b>		Botellas de vidrio	1.500	270
	Botellas de Plástico no Retornable	500 600 2.000	>1 lt. 98 <1 lt. 84	

**Fuente:** Elaborado con base a información de la Supervisor de planificación y logística.

### CUADRO 1-3 (CONTINUACIÓN)

EMBOL S.A.: Productos en sus diferentes presentaciones, 2014

PRODUCTO	TIPO DE ENVASE	PRESENTACIÓN (cc)	TIEMPO DE VENCIMIENTO (Días)
Vital Natural Vital con gas	Botellas de Plástico no Retornable	500	>1 lt. 98
		2.000	
		2.500	
GINGER ALE	Botellas de Plástico no Retornable	1.000	>1 lt. 98
POWERADE	Botellas de Plástico no Retornable	473	180
BURN	Botella de vidrio	250	180

**Fuente:** Elaborado con base a información de la Supervisor de planificación y logística.

#### CAJA UNITARIA (CU).

A lo largo del proyecto, se simboliza caja unitaria por “CU” es una medida estandarizada dentro de la empresa que ha sido establecida para uniformizar la cantidad de producción de todos los tipos de formatos de los distintos productos producidos de la planta.

Caja Unitaria es el factor de conversión que existe para la relación del contenido en volumen del producto, medido en litros, de cualquiera de los productos elaborados a caja unitaria, que resulta para una caja de 24 botellas personales, considerando que el contenido de una botella pesa 8 onza y que una onza equivale a 28,350 g y por último incluyendo al cálculo la densidad de la bebida Coca Cola con un valor de 1,0431 g por cada ml.

$$1 \text{ [CU]} = 24 \text{ [bot]} \cdot \frac{8 \text{ [oz]}}{1 \text{ [bot]}} \cdot \frac{28,350 \text{ [g]}}{1 \text{ [oz]}} \cdot \frac{1 \text{ [ml]}}{1,0431 \text{ [g]}} \cdot \frac{1 \text{ [l]}}{1.000 \text{ [ml]}} = 5,678 \text{ [l]}$$

Estableciendo de esta manera la relación entre la caja unitaria y la cantidad de litros en:

$$1 \text{ [cu]} = 5,678 \text{ [l]}$$

Con la definición de inductor de costo que es el referente para uniformizar los distintos tipos de productos en sus diferentes formatos, se muestra la siguiente tabla resumen de producción de las gestiones 2013 y parcialmente a 2014, el cuadro 1- 4, presenta la producción del mix de productos del año 2013 en función de los formatos producidos en la empresa.

**CUADRO 1-4**

**EMBOL S. A.: Producción total por formato en CU, 2013-2014**

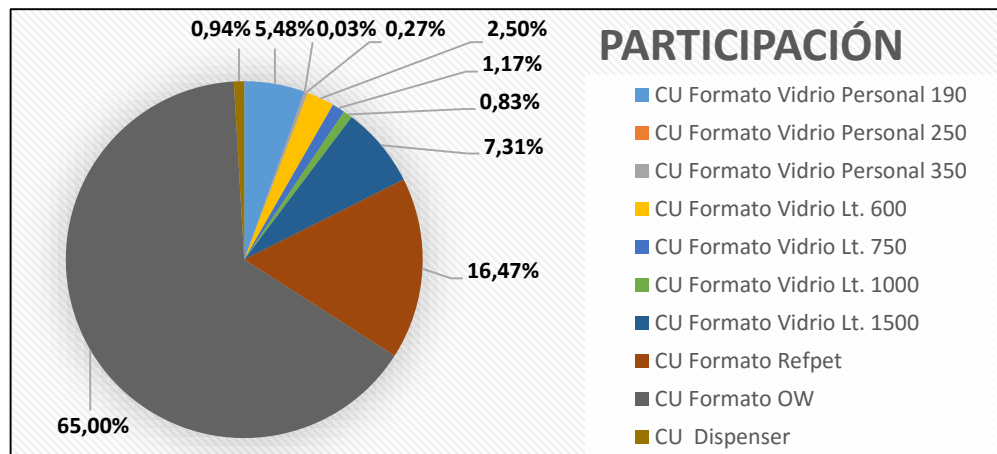
<b>FORMATO - 2013</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 190	CU	163.318	161.969	189.069	198.775	200.224	168.604	180.244	200.214	197.249	221.497	216.232	198.974
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 250	CU	0	1.408	1.287	0	2.721	0	1.329	0	2.686	2.737	0	0
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 350	CU	10.511	6.185	11.425	10.095	10.014	9.410	9.091	7.498	8.538	13.254	12.384	11.079
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 600	CU	87.658	76.788	88.669	77.701	101.072	62.411	88.583	85.747	83.863	94.364	85.009	99.693
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 750	CU	49.667	40.021	54.463	40.161	49.106	43.602	43.158	44.014	44.545	57.917	44.382	58.321
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 1000	CU	38.718	20.832	31.019	29.400	32.617	26.695	29.184	20.942	30.353	35.123	26.392	42.579
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 1500	CU	227.069	215.925	229.171	248.542	235.139	202.607	252.515	260.093	248.500	309.866	267.018	302.898
Cajas Unitarias Formato Repet	CU	664.992	565.619	610.185	655.833	578.731	554.065	678.455	630.355	602.164	642.391	684.146	666.569
Cajas Unitarias Formato OW	CU	2.136.671	1.931.628	2.112.358	2.195.229	1.747.962	1.705.223	1.942.597	1.822.643	1.802.831	2.436.315	2.358.953	2.911.211
Cajas Unitarias Dispenser	CU	34.106	29.731	28.075	31.863	31.783	32.336	45.438	34.091	27.221	31.744	28.575	41.500
<b>Total Cajas Unitarias Producidas</b>	<b>CU</b>	<b>3.412.711</b>	<b>3.050.106</b>	<b>3.355.722</b>	<b>3.487.600</b>	<b>2.989.367</b>	<b>2.804.954</b>	<b>3.270.596</b>	<b>3.105.597</b>	<b>3.047.950</b>	<b>3.845.208</b>	<b>3.723.093</b>	<b>4.332.824</b>
<b>Formato - 2014</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 190	CU	195.672	167.894	193.353	190.009	205.670	200.782	202.543	190.456	214.790	224.882	221.248	225.978
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 250	CU	2.615	0	2.703	0	0	1.344	2.672	2.747	0	1.292	0	0
Cajas Unitarias Formato Vidrio Personal 350	CU	10.968	3.994	8.391	9.030	11.912	7.572	14.137	7.844	10.927	8.465	10.242	11.909
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 600	CU	86.285	77.510	81.152	83.024	98.045	87.538	94.322	84.276	96.263	88.796	115.225	130.450
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 750	CU	48.280	38.700	40.705	40.497	28.614	50.957	42.220	42.830	26.937	29.899	13.419	25.412
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 1000	CU	32.824	19.947	29.939	17.544	35.334	32.390	28.880	29.926	24.826	22.922	33.016	38.830
Cajas Unitarias Formato Vidrio Lt. 1500	CU	268.809	243.979	264.913	252.041	277.597	242.524	306.485	288.611	259.039	277.072	304.170	326.640
Cajas Unitarias Formato Repet	CU	595.127	473.784	526.051	563.863	593.825	491.336	515.467	580.658	510.729	525.622	613.953	593.827
Cajas Unitarias Formato OW	CU	2.791.397	2.017.590	2.384.819	2.415.865	2.741.585	1.921.156	2.553.950	2.631.972	2.637.168	2.756.271	3.052.256	3.333.614
Cajas Unitarias Dispenser	CU	38.026	26.799	27.774	36.949	32.172	31.179	35.951	35.360	36.337	26.238	39.537	45.144
<b>Total Cajas Unitarias Producidas</b>	<b>CU</b>	<b>4.070.003</b>	<b>3.070.196</b>	<b>3.559.800</b>	<b>3.608.820</b>	<b>4.024.753</b>	<b>3.066.777</b>	<b>3.796.626</b>	<b>3.894.682</b>	<b>3.817.016</b>	<b>3.961.459</b>	<b>4.403.067</b>	<b>4.731.804</b>

**Fuente:** Elaborado con base a datos de asistencia de producción de EMBOL S.A.

Con los datos anteriormente presentados, se realizó un promedio para la participación de cada uno de los formatos considerando como bases el total para cada gestión mostrados en el Anexo 1-5, descartando la producción de hielo, obteniéndose el siguiente gráfico:

**GRÁFICO 1-5**

**EMBOL S. A.: Participación en producción por formatos, 2013-2014**



**Fuente:** Elaborado con base a datos de cuadro 1-3

La producción anual para el año 2013 fue de 40.425.727 CU, y en el año 2014, se logró alcanzar la cantidad de 46.005.004 CU, de los cuales el formato con mayor producción fue el de no retornables (OW) en sus diferentes presentaciones, con un porcentaje promedio para las gestiones de 65,00 % del total producido para las dos gestiones.

Es importante destacar que la producción de botellas de vidrio considerando el total de sus formatos fue de 7.392.137 CU en el año 2013, mientras que en el año 2014 fue un total de 7.771.655 CU con un crecimiento del 5,13 % del total producido.

## 1.6.2. Proceso de Producción.

### 1.6.2.1. Introducción

Embotelladoras bolivianas Unidas S.A., se dedica a la elaboración y embotellado de; Bebidas no carbonatadas, Bebidas carbonatadas, Bebidas Isotónicas no alcohólicas. Cubriendo la franquicia The Coca Cola Company, que en la actualidad cuenta con cuatro líneas de embotellado cuya producción es continua y una línea intermitente para la producción de Bag In Box, Asimismo con el apoyo de sistemas auxiliares.

Para la elaboración de bebidas gaseosas la planta opera con cuatro líneas de embotellado:

Línea 0: sala de BIB (Bag in Box), Embotella las bebida en envases del tipo BIB bolsa en caja, que por lo general abastece a un nicho de mercado muy específico que está en constante crecimiento.

Línea 1: KRONES 90, Embotella las bebidas en envases de plástico (Tipo Pet); retornable (RefPet) y no retornables (OW) para presentaciones de 500 cc, 1500 cc y 2000 cc, 2500 cc y vidrio 1.500 cc.

Línea 2: KRONES 108, Embotella bebidas en envases de vidrio retornables para diferentes formatos: 190 cc, 350 cc, 500 cc, 600 cc, 750 cc, 1000 cc y 1500 cc, 2000 cc.

Línea 3: C3 - 32, Embotella bebidas y productos sensibles (Vital, Aquarius) en envases de plástico (Tipo Pet), no retornable (OW), para formatos: 250 cc, 473 cc, 500 cc, 600 cc, 2000 cc, 2500 cc.

Línea 4: KRONES 140, Embotella bebidas en envases de plástico (Tipo Pet) no retornable (OW) para presentaciones de 500 cc, 2000 cc, 2500 cc.

A continuación se describe el proceso de forma general para las diferentes líneas de producción considerando el proceso de su producto estrella, Coca Cola, aclarando las diferencias existentes en el proceso de producción los demás productos.

#### **1.6.2.2. Fases de proceso.**

##### **PROCESO DE ELABORACIÓN Y EMBOTELLADO DE BEBIDAS.**

La elaboración de esta bebida requiere de la combinación de materias primas y materiales de elaboración como el agua, azúcar, gas carbónico, concentrado, o bases de bebida, conformación que sigue las instrucciones de una Mezcla Maestra patentada por la Coca Cola CO., cuyas especificaciones logran el sabor de cada bebida refrescante.

##### **ELABORACIÓN DE LA BEBIDA.**

###### **A) Preparación de jarabe simple.**

El jarabe simple es una solución de sacarosa en agua tratada después de haberse efectuado el tratamiento en caliente que consta de los siguientes subprocesos.

i) Programación de jarabes.

Se realiza de acuerdo a la programación de la producción, que incluye en ocasiones una determinada cantidad para jarabe destinado a producto BIB, en función del programa y de acuerdo a la Mezcla Maestra se calcula la cantidad de agua y azúcar necesarias. Con estas especificaciones el operario de jarabes calibra la cantidad de agua en el tanque de disolución de azúcar.

ii) Carga y disolución.

Durante las operaciones de disolución y vaciado de azúcar, se calienta la misma por medio de un intercambiador de calor de placas, para el producto Coca Cola en 65-70 °C, posteriormente se pesa el azúcar en quintales y se procede a la cargar del mismo, en la última carga de azúcar se añade el carbón activado, utilizado para remover el color, sabores y olores extraños del jarabe simple.

Cargado el azúcar, se deja el tanque en agitación controlando el agitador hasta que el azúcar sea totalmente disuelto, además realizando inspecciones de control de los grados “Brix” según los estándares de calidad para cada bebida.

iii) Filtración de jarabe simple.

Obtenida la solución homogénea de jarabe simple, se procede a la filtración a través de un filtro de placas verticales, que actúa como medio filtrante formado por tierra de diatomeas sobre una malla de acero inoxidable.

Al pasar la mezcla por el filtro, las impurezas, ceniza, y el mismo carbón activado son retenidos en el filtro de placas verticales, la cual una vez concluida una serie de filtraciones es desalojada cuidando su impacto ambiental.

**B) Preparación de Jarabe terminado.**

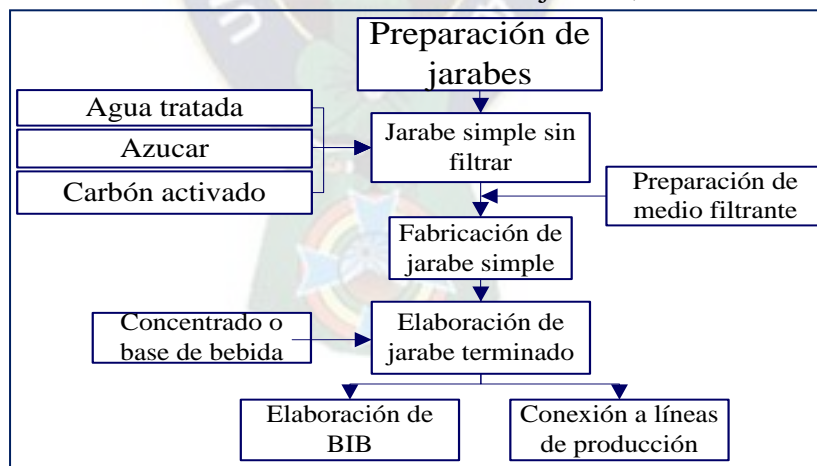
El Jarabe simple filtrado, pasa por un intercambiador de calor de placas para su enfriamiento, enviando el mismo al tanque receptor. Una vez que el jarabe simple ha reposado por más o menos una hora, en el mismo, se procede a la preparación de los sabores. Esta preparación consiste en la adición de concentrado o base de bebida según la Mezcla Maestra para la bebida en elaboración.

A continuación, introducido el concentrado se agita la disolución por lo menos una hora con el fin de garantizar la correcta homogenización del jarabe. Con el visto bueno del departamento de calidad, posteriormente se almacena como jarabe terminado que mediante un sistema de bombas abastece a la línea de producción, o es envasados en envases específicos denominados *Bag in Box* (BIB) que significa Bolsa en Caja, para uso en restaurantes y centros de *Fast Food*. En la figura 1-6 se representa el flujograma del proceso de elaboración de jarabes.

Los equipos de filtración y preparación de jarabes, tienen una capacidad denominada *Batch*, cada cuatro horas, el *batch* está constituido por 20.000 litros de jarabe, que genera 120.000 litros de jarabe por día lo que significa que la capacidad actual de producción de jarabes es de 5.000 litros jarabe/hora al existir varios tanques de almacenamiento, se puede abastecer al proceso productivo con varios sabores, ya que el jarabe simple sirve de base para cualquier sabor, corrigiendo los grados Brix del mismo, para cumplir las normas específicas de elaboración de cada producto.

**GRÁFICO 1-6**

**EMBOL S.A.: Elaboración de jarabes, 2014**



**Fuente:** Elaboración con base en información del área de supervisión de procesos

**C) Elaboración de bebida terminada**

Para la elaboración de la bebida terminada se cuenta con equipos modernos llamados MIXER (Mezcladores), los cuales se encargan de proporcionar las cantidades de agua, jarabe y CO<sub>2</sub> de acuerdo al sabor en producción y a sus estándares propios.



El agua para preparar la bebida se desaira y carbonata. La carbonatación del agua se produce a presiones elevadas y habitualmente a baja temperatura, poniendo en contacto el agua finamente pulverizada con gas carbónico.

El agua carbonatada se mezcla con jarabe terminado que contiene el resto de ingredientes en las proporciones adecuadas para cada fórmula, utilizando un sistema de dosificación antes de enviar el producto a la llenadora.

En los productos sin azúcar, el azúcar es sustituido por los llamados edulcorantes que se encuentran contenidos como ingredientes dentro de las bases de bebidas.

#### **D) Preparación de envases.**

El proceso de preparación de envases comprende de las siguientes operaciones.

##### **- FORMATOS REFPET Y VIDRIO**

###### **i) Recepción de botellas del mercado.**

La recepción de las botellas se realiza en las instalaciones de la planta, en el área de expedición, los camiones de distribución, recogen las botellas retornables de diferentes formatos del mercado en cajas, las mismas que al momento de su recepción, son paletizadas para ser transportadas por los montacargas dentro de planta.

###### **ii) Despaletizado.**

Con el transporte de las paletas (Grupo de 56 cajas con botellas vacías de 2000 cc y 1000 cc, o grupos de 40 cajas para el resto de los formatos), desde expedición hasta la estación de despaletizado de cada línea de producción, los operarios colocan las cajas sobre el área de carga de la cinta transportadora, revisando que las cajas estén completas, las que siguiendo el desplazamiento de las cintas transportadoras llegan hasta la Desencajonadora.

###### **iii) Desencajonado.**

La desencajadora se encarga de sacar las botellas vacías de las cajas, esta extracción y sujeción la realizan cabezales de agarre mediante la inyección de aire comprimido, posteriormente se purga el aire comprimido, de los cabezales de agarre, con lo cual las botellas se suelta mecánicamente de los cabezales de agarre sobre la mesa alimentadora de botellas que envía las botellas a la cinta transportadora de botellas, para continuar con

el proceso de preparación de envases. Respecto a las cajas vacías, estas se dirigen a la lavadora de cajas guiadas por las cintas transportadoras de cajas.

iv) Lavado de cajas.

Con las cajas sobre sus cintas transportadoras, estas, son guiadas primero a la volteadora de cajas para que queden en una posición en la cual se realiza el lavado adecuado en la lavadora de Cajas de la marca Krones, a la salida de esta son nuevamente volteadas para quedar en posición adecuada para la recepción de botellas después de todo el proceso de embotellado, cabe citar que la operación del lavado de cajas está ligada a la salida de botellas del proceso de embotellado, enlazada por sensores que paran el lavado de las cajas dependiendo de la velocidad de embotellado.

v) Descapsulado.

En esta operación se procede a retirar las tapas plásticas de las botellas vacías que ingresan a la línea de producción, asimismo antes del ingreso al descapsulador los operarios realizan una inspección, descartando de la línea de producción las botellas que presentan roturas en boca o cuello de la botella, igualmente, las que no pertenecen al formato en producción.

vi) Syncrojet (RefPet).

En la estación de inyección Syncrojet, que es un dosificador de solución de carbonato de sodio y agua, donde se les adiciona una solución total de 10,5 ml de carbonato de Sodio y agua a una presión de 40 Kg/cm<sup>2</sup> a 60 Kg/cm<sup>2</sup>, para incrementar la sensibilidad de detección de compuestos que pudieran existir dentro de las botellas RefPet, así mismo se baña exteriormente a las botellas con agua tratada. Posteriormente atraviesan AIREADOR que se encarga de eliminar todas las gotas que han quedado por encima de la botella con el fin no dañar el equipo ALEXUS.

vii) Inspección electrónica – ALEXUS (RefPet).

Alexus es un inspector electrónico que sirve para detectar envases RefPet (envase plástico retornable) contaminados con compuestos orgánicos nitrogenados, hidrocarburos, compuestos aromáticos y solventes orgánicos, etc.

El equipo consta de tres cabezales, cada cabezal de tres válvulas, que inyectan un volumen mayor a 3,5 ml de carbonato y mayor a 7 ml de agua en cada botella.

Cuando la botella ingresa al equipo debajo del filtro, se toma la muestra, inyectándose una cantidad mínima de aire fresco por la pared lateral de la botella desplazando el aire de reacción, el mismo que es recogido por una bomba de vacío. La muestra es introducida a los tres canales de análisis del equipo.

Canal 1: La función de este canal es detectar todas las botellas que están contaminadas con compuestos Nitrogenados ( $\text{NO}_x$ ), como ser; amoníaco, úrea, etc.

Canal 2: La función de este canal es detectar todas las botellas que están contaminadas con compuestos Hidrocarburos ( $\text{SO}_x$ ), como ser; gasolina, kerosene, diésel, etc.

Canal 3: Permite la detección de compuestos con dobles enlaces carbono – carbono mediante la absorción de luz ultravioleta.

El equipo realiza análisis de reducción y oxidación, un análisis espectrográfico, con lo cual se determina si la bolla está contaminada, de ser así, se rechaza de la línea de producción.

viii) Estación de inspección del prelavado.

Las botellas que no están contaminadas pasan por las pantallas de inspección visual donde los operarios revisan las botellas mediante un método ocular realizándose la inspección de arriba hacia abajo con esta revisión los operarios seleccionan las botellas del proceso fuera de especificación y las colocan en las cintas de rechazo. Las botellas rechazadas presentan; paredes laterales con apariencia anormal, líquidos turbios, objetos extraños, superficie inlavable, y formatos distintos de producción.

ix) Lavado y enjuague de botellas.

Una vez que las botellas pasan la estación de inspección ingresan a la mesa de carga de lavado donde se inicia la operación de lavado de botellas en la que se remueve toda suciedad y materiales extraños tanto dentro como fuera de la botella. La solución detergente utilizada sanitizante es capaz de matar a cualquier microorganismo como hongos, bacterias y levaduras manteniendo las botellas estériles y libres de detergente.

Este proceso de lavado se realiza en botellas RefPet y en las botellas de vidrio sumergiéndolas en tres tanque con una mezcla de agua blanda, Soda caustica y aditivos

para el lavado. Para las botellas RefPet el tiempo de inmersión se encuentra aproximadamente entre 7 y 20 minutos, la concentración de aditivos de lavado están entre 0,4-0,7% y la velocidad de lavado es de 276 bpm, y para las botellas de vidrio el tiempo de inmersión es de 5 y 120 minutos, cuya concentración de aditivos es de 0,4 - 0,5% y la velocidad de lavado es de 520 bpm.

El primer tanque es de pre-enjuague donde para el caso de las botellas RefPet la temperatura aproximada es de 40 °C con una concentración de 1% de soda caustica y para las botellas de vidrio de 55 °C con una concentración de 3,5% de esta manera se inactiva cualquiera vida bacteriana.

En el segundo tanque se sumergen las botellas RefPet a temperatura superior a 18 °C al tanque de pre-enjuague con una concentración de 2,5% de Soda caustica y para las botellas de vidrio la temperatura debe ser superior en 15 °C con una concentración de 4%.

Finalmente las botellas son introducidas en un tercer tanque a la misma concentración y temperatura del segundo tanque para las botellas RefPet, pero en el caso de botellas de vidrio la concentración de soda caustica es igual a la del tanque de pre-enjuague y la temperatura es inferior en 5 °C al segundo tanque.

Después del paso por los tanques de soda caustica las botellas son enjuagadas con agua fresca que es agua blanda con una concentración con una concentración de cloro en el agua entre 1-3 mg/l. este enjuague final tiene el propósito de remover toda traza de soda caustica que haya podido quedar impregnada dentro de la botella.

Todo este ciclo de diferencia de temperaturas entre tanque y tanque se hace con el fin de evitar que las botellas tengan un choque térmico.

- FORMATO PET NO RETORNABLE OW y REF PET NUEVO

i) Soplado de botellas OW y RefPet.

Los envases OW y RefPet, inician su proceso productivo con la recepción y correspondiente análisis de insumos, preforma y etiquetas, para su posterior almacenamiento en el sector de almacenes del área de soplado.

Definida la programación de producción en coordinación con el área de producción de embotellado, se procede con el transporte de las preformas al área de las sopladoras de la marca Sidel, estas son introducidas en tolvas de alimentación de cada una de las tres líneas:

Línea 1: Con la función de la producción de botellas RefPet de formato 2000 cc, para los productos; Coca Cola, Fanta, Sprite.

Línea 2: Con la función de producción de botellas OW, para los productos; Aquarius Pera, Aquarius Naranja, Aquarius Manzana, Vital natural, Coca Cola Zero, Fanta Zero, Sprite Zero, Mineragua, Ginger Ale, para los formatos de 2500 cc, 2000 cc, y 1000 cc correspondientes para cada producto.

Línea 3: Con la función de producción de botellas OW, para los productos; Aquarius Pera, Aquarius Naranja, Aquarius Manzana, Vital natural, Coca Cola Zero, Fanta Zero, Sprite Zero, Mineragua, Ginger Ale, para los formatos de, 2000 cc, y 600 cc correspondientes para cada producto.

Las líneas 1 y 2, realizan el paletizado de forma manual para los formatos RefPet de 847 botellas (7 pisos de 11 filas con 11 botellas), para los formatos OW varia la cantidad según el formato manteniéndose los 7 pisos, mientras que la línea tres realiza el paletizado de forma automatizada. Prosiguiendo el Paletizado y su en filmado, se desaloja las paletas al área de almacenes de botellas para su correspondiente utilización en producción.

#### ii) Despaletizado.

Con el transporte de las paletas, desde almacenes de botellas en el área de soplado, hasta la estación de despaletizado de la línea de producción 2 y 3, los operarios proceden a cortar el film de las paletas de tal forma que queden estables por pisos, colocan los pisos sobre el área de carga para luego retirar por completo el film que los recubre, quedando en posición de alimentación de la cinta transportadora, revisando que las botellas estén bien etiquetadas, las que siguiendo con el movimiento a través de las cintas pasan a desplazarse por las cintas trasportadoras aéreas que las guían hasta llegar al equipo RINSER.

#### iii) Enjuague de envases - RINSER

El RINSER es un equipo automático con la función del enjuague de envases no retornables (OW), con la excepción de RefPet utilizadas por primera vez, con agua de primera entrada (agua blanda con cloro), esto porque las mismas no fueron utilizadas anteriormente.

### **E) Estación de inspección de post lavado**

Posteriormente las botellas se trasladan hasta la estación de inspección de post-lavado, donde los operadores rechazan las botellas según las siguientes especificaciones:

Botellas dañadas.

- Paredes Colapsadas, quemaduras de cigarrillos, daños como abolladuras y rajaduras.
- Daños en la superficie de la boca de la botella o algo que no permita una adecuada sujeción de la tapa.

Botellas mal lavadas.

- Objetos extraños, interiormente sucias.
- Líquido residual.

Botellas inlavables.

- Pintura sobre la superficie.
- Sustancia extraña que no sea eliminada en el proceso de lavado.

### **F) Inspección automática**

#### **i) LINATRONIC (Línea K-108)**

En la estación de Inspección automática LINATRONIC, que es una máquina completamente automática, el cual presenta correas de ajuste rápido en la zona de los módulos de inspección, garantizando una guía de botellas bacías específicas, este equipo inspecciona en cada botella: fondo, boca, líquido residual, además de altura de los envases, pues está equipada con cámaras, sensores de posición y de líquidos residuales.

El inspector electrónico detecta.

- Soda caustica, mediante un sistema de alta frecuencia.
- Detección de un líquido residual, mediante un sistema con lámparas infrarrojas.
- Inspección de fondo, mediante técnica de cámara Krones.
- Inspección de boca, mediante técnicas de cámara de Krones.
- Inspección de boca, mediante un sistema de roto-scan.
- Inspección de la superficie lateral de boca (POLYP)
- Inspección de pared interior, mediante técnica de cámara Krones.

Los criterios de rechazo son los siguientes:

- Objetos extraños en la botella.
- Botellas con pintura.
- Botellas sucias por fuera en el fondo.
- Botellas picadas por la boca.
- Botellas extremadamente sucias interior.
- Botellas con grasa por fondo y boca.
- Botellas desportilladas en el fondo.
- Botellas con líquido residual.
- Botellas fuera de especificación.
- Botellas oscuras.

#### ii) OMNIVISION (Línea K-90)

Es una máquina en línea completamente automática. Mediante sus correas de ajuste rápido de los módulos de inspección, el equipo inspecciona en cada botella fondo, boca, líquido residual, además de pared interna y externa esta máquina está equipada con cámaras sensores de posición y de líquidos residuales.

#### G) MEZCLADO - MIXER

La operación de mezclado se realiza en el equipo MIXER quien tiene la función de dosificar mezclar y carbonatar la bebida. Trabaja bajo el principio de dosificación por cargas, donde la cantidad siempre igual de jarabe terminado y se mezcla con una cantidad, definida y variable por sabor de agua tratada de acuerdo a especificaciones de la Mezcla Maestra, se mezcla y homogeniza, para luego carbonatar la bebida según niveles estándares para cada uno de los sabores. Una vez lista la bebida carbonatada, con el visto bueno del área de calidad, es enviada a la llenadora.

#### H) LLENADO Y CAPSULADO.

La llenadora es el equipo principal de la línea de embotellado que tiene la función de transferir la bebida carbonatada a la botella y taponar el envase lleno, trabaja bajo el principio de contrapresión, es decir se crea un ambiente presurizado en el depósito de bebida, la misma consta de una taza que es donde se almacena temporalmente la bebida conjuntamente con aire estéril, estos salen por la parte inferior de cada una de las válvulas de la llenadora a través de los tubos de venteo que comunica la taza de la llenadora con el envase, mismos que son controlado por los mecanismos de mando de funcionamiento.

Los pasos de llenado son:

- Ingresar la botella y este con el movimiento circular, obliga al pistón a elevarse logrando que la botella cierre herméticamente con la base de la válvula de llenado.
- Se abre el ingreso de aire del interior de la taza y por diferencia de presión ingresa aire en la botella hasta que su presión sea la misma que la presión de la taza de la llenadora.
- Con las presiones entre la taza de la llenadora y la botella igualadas se abre automáticamente la válvula y el líquido ingresa a la botella.
- Cerrada la válvula, la botella se dirige hacia el capsulador, para efectuar su taponado.

Luego la botella a través de la cinta transportadora, pasa por la primera inspección de producto terminado.

#### **I) Inspección de producto terminado (CHEKMAT)**

Esta unidad inspecciona el nivel de llenado y taponado. Para el control del llenado el equipo emite por un canal Rayos Gamma y evalúa la absorción de estos por la bebida, determinando si el nivel es correcto. El control de taponado se realiza mediante un sensor de luz, cuya interrupción de señal anuncia la presencia o no de una tapa sobre el envase.

#### **J) Codificado.**

Esta operación se realiza mediante un codificador que imprime en los envases los códigos que identifican al producto (vencimiento, hora de producción línea y planta) mediante un módulo se logra que la tinta y su disolvente sean mezclados preparando la solución de impresión la cual es transferida a un cabezal que emite la señal ultrasónica creando las gotas de tinta a las cuales se les carga eléctricamente, y dependiendo de dicha carga se define la posición de cada gota en la matriz de impresión, formando de esta manera los caracteres. Luego las botellas a través de las cintas transportadoras pasan por una estación de inspección final, controlando la altura de llenado y contenido neto, si el producto está en envase no retornable se realiza el empaquetado por producto caso contrario se realiza el encajonado del mismo.

#### **L) Encajonado.**

La máquina encajonadora coloca los envases con producto terminado dentro de las cajas de almacenamiento. El principio de funcionamiento es similar al de la desencajonadora



pero adicionalmente se cuenta con un sistema de ubicación de envases y de control de cantidad y posición que permita el correcto posicionamiento de las botellas en las cajas. Las cajas con las botellas llenas y taponeadas después de los controles de calidad son guiadas por las cintas transportadoras hasta ser paletizadas manualmente por operarios.

### **M) Paletizado.**

Se realiza el paletizado del producto terminado para facilitar el traslado de cajas que son recogidas por el montacargas y finalmente llevadas al almacén de producto terminado para su posterior liberación y cargado a los camiones de distribución mismos que distribuyen mediante una cadena logística muy bien definida y controlada.

En el Anexo 1-6 se presenta el cursograma operativo del proceso productivo.

### **1.6.3. Instalaciones complementarias.**

Por la complejidad que representa las instalaciones del sistema productivo de Embol S.A. y el análisis del sistema productivo necesariamente debe incluir las instalaciones complementarias que se denominan sistemas auxiliares. Para una mejor comprensión se describirán los más importantes a continuación.

#### **1.6.3.1. Sistemas de tratamiento de agua**

El proceso de tratamiento de aguas es fundamental y primordial, ya que el agua constituye una de las materias primas principales y la misma deberá necesariamente y de manera eficiente cumplir con las especificaciones definidas para su uso posterior.

Embol S.A. en la actualidad cuenta con dos pozos de agua que se encuentran ubicados fuera de las instalaciones de la planta. El tratamiento del agua cruda se inicia con la extracción de agua de estos pozos, la que se bombea y se almacena en un tanque cisterna de la Zona Brasil, posteriormente se realiza un monitoreo de propiedades físico químicas como ser dureza total  $< 250$  mg/l;  $4,9 < PH < 8,5$  y alcalinidad  $M < 85$  mg/l, para finalmente bombear esta agua añadiendo hipoclorito de sodio con una concentración entre 3 y 5 ppm al tanque cisterna principal ubicado en la Planta de Rio Seco con una capacidad de  $65$  m<sup>3</sup>, desde donde se distribuye el agua a las cuatro líneas de producción por medio

de dos redes en la planta; Agua Tratada (identificándola los accesorios de conducción con el color ), Agua Blanda (identificándola los accesorios de conducción con el color ).

### **A) Agua tratada.**

Es el agua que ha pasado a través del tratamiento de barreras múltiples, resultando de un sistema funcional diseñado cuidadosamente con dos o más procesos complementarios de tratamiento de aguas. Cumpliendo con las especificaciones de The Coca Cola Company (TCCC) con respecto al agua de embotellado y preparación de jarabes.

Para obtener agua tratada se extrae agua de la cisterna principal mediante un “manifold” y se bombea a través de los filtros de arena, siguiendo con los filtros VSN, y la adición de cloruro férrico e hipoclorito de sodio con el propósito de retener cualquier partícula extraña en suspensión,. Al salir el agua de los filtros se realiza la verificación del PH, alcalinidad, turbidez  $\leq 0.5$  NTU, concentración de cloro 7.9 ppm concentración de hierro  $\leq 0.1$  ppm, apariencia y olor. Una vez que el agua pasa por los filtros se almacena en un tanque cisterna de agua semitratada con una capacidad de 60.000 litros, el agua que sale de este tanque, se bombea a los filtros de carbón activado donde todo el cloro libre en el agua es retenido al salir de estos filtros, se verifica la ausencia de cloro en el agua, alcalinidad, turbidez, concentración de hierro, apariencia, olor y microbiología. Finalmente el agua pasa por los filtros pulidores, que contienen cartuchos de celulosa utilizados como medio filtrante para remover cualquier partícula, de carbón que pueda contener el agua a la salida de los filtros de carbón, en esta etapa se verifica la turbidez, concentración, alcalinidad, apariencia, olor y sabor a la salida de los filtros. Obteniendo el agua tratada lista para los servicios de embotellados y preparación de jarabes.

### **B) Agua blanda.**

El tratamiento de agua blanda se inicia con el bombeo de agua cruda del tanque cisterna principal de la planta a un sistema de columnas resinas de intercambio catiónico, con la finalidad de eliminar los cationes de  $\text{Ca}^{+2}$   $\text{Mg}^{+2}$  y con contenido de cloro, que disminuye la dureza presente el agua cruda, con lo cual el agua queda libre de cationes, cumpliendo las especificaciones de la planta para ser utilizadas en la lavadora de botellas, y lavadora de cajas, además de no afectar el funcionamiento de los equipos auxiliares.

Agua para servicio. Es aquella que no ha recibido ningún tratamiento adicional a la desinfección con cloro. Esta se utiliza exclusivamente para limpieza y servicios auxiliares.

### 1.6.3.2. Sistema de aire.

El aire comprimido permite el funcionamiento de los mecanismos neumáticos de la planta, tales como desencajadores, encajonadores, codificadores, entre muchos otros.

i) Alimentación a maquinaria de producción en embotellado. El consumo de aire comprimido de la planta de embotellado es abastecida por compresores de marca INGRESOLL RAND con capacidad de generar un caudal de  $80 \text{ m}^3/h$  cada uno a una presión de 110 Psi, El consumo de aire comprimido es da en casi toda la planta ya que la mayoría de los equipos su comando automático en válvulas neumáticas.

4 Compresores de aire INGRESOLL RAND con una potencia de 110 KW, con los siguientes modelos: R 110<sup>n</sup> Nirvana, X F 60, ML 55, ML 45

ii) Alimentación del área de soplado. La generación de aire comprimido para la planta está a cargo de los compresores:

2 Compresores ABC con capacidad de generar un caudal de  $1693 \text{ m}^3/h$  cada uno a una presión de 42 Bares, Potencia de 210 kW RPM 705 y un funcionamiento de 4 etapas.

1 Compresor VH9H3N Bellis Morcóm con caudal de  $580 \text{ m}^3/h$  cada uno a una presión de 40 Bares, Potencia de 210 kW RPM 705 y un funcionamiento de 4 etapas.

1 Compresor ABC 4HA-4-LT Bellis Morcóm con caudal de  $680 \text{ m}^3/h$  cada uno a una presión de 42 Bares, Potencia de 210 kW RPM 705 y un funcionamiento de 4 etapas.

1 Compresor WH9OH3N Bellis Morcóm con caudal de  $580 \text{ m}^3/h$  cada uno a una presión de 42 Bares, Potencia de 210 kW RPM 705 y un funcionamiento de 4 etapas.

### 1.6.3.3. Sistema de gas carbónico

El proceso se utilizado para proporcionar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la mezcla homogénea de jarabe y agua para la obtención de bebida carbonatada. El dióxido de

carbono es utilizado como preservante de la bebida y por el sabor chispeante que le da a la misma. El sistema está conformado por los siguientes componentes:

- 1 Tanque pulmón de CO<sub>2</sub> de 15.000 kg de capacidad para un volumen del 10m<sup>3</sup>.
- 1 Evaporador eléctrico
- 1 Intercambiador de tubos para calentar vapor.
- 1 Sistema de filtros de pureza
- 1 Acondicionador de temperatura de transferencia de calor por serpentín de vapor.

#### **1.6.3.4. Sistema de generación de vapor**

El vapor generado se utiliza para el calentamiento de algunos equipos, como los tanques de solución de soda cáustica de las lavadoras de botellas, y cajas así también para la preparación de jarabe simple y para fines de saneamiento. La generación de vapor se efectúa a través de dos calderos.

- 3 calderos de 125 HP con una regulación de funcionamiento de 6 bares
- 3 Bombas de agua de alta presión
- 3 Válvula reguladora principal.
- 3 Reguladores de presión de gas natural
- 1 Bomba inyectora a diésel con entrada opcional de garrafa para la ignición.

El proceso de ignición para el arranque del caldero consta de:

- 1 Purga de aire. 2 Inyección de gas. 3 Chispa. 4 Llama piloto. 5 Llama principal

#### **1.6.3.5. Sistemas de energía eléctrica.**

La planta utiliza una corriente trifásica de 380 V para el funcionamiento de sus equipos, mientras que para las oficinas y equipos de 220 V, se toma solo una fase más el neutro.

Para el área industrial se dispone de dos transformadores refrigerados por aceite de tensión con conmutación Tap de 12000 V a 400 V un de 2000 kVa y 1600 kVa. Cada uno con un banco de capacitores para corrección de factor de potencia (Cos  $\phi$ ), para alimentación de toda la maquinaria y equipos.

### **1.6.3.6. Instalaciones sanitarias.**

Las instalaciones sanitarias están clasificadas por el tipo de efluente que conducen en:

A) Instalaciones Sanitarias Pluviales. Las cuales conducen las aguas que tienen origen en una precipitación pluvial. Cabe destacar que en las mismas únicamente se conducen aguas del origen mencionado y que tiene su descarga al alcantarillado dispuesto por EPSAS.

B) Instalaciones Sanitarias Domésticas. Las que conducen las aguas que han sido utilizadas para el uso doméstico entre ellas podemos citar las aguas utilizadas en el comedor oficinas, baños y duchas que desembocan en el alcantarillado.

D) Instalaciones sanitarias Industriales. Conducen todos los remanentes y desechos que se producen en el proceso de embotellado, éstas tienen descarga únicamente en una conexión específica para la industria con seguimiento en la cantidad de sólidos suspendidos turbidez y sustancias químicas presentes para su posterior tratamiento minimizando el impacto ambiental.

## **1.7. CONCLUSIONES.**

EMBOL S.A. a lo largo de toda su existencia atravesó por una serie de transformaciones que han permitido fortalecer su estructura productiva y así expandir su presencia en el mercado cubriendo todo el país. Y son precisamente estos hechos los que han marcado un gran reto para la empresa y para todos los que la componen, ya que una sociedad de tal magnitud precisa trabajar con sistemas bien organizados y controlados para asegurar la mayor eficiencia posible.

En el presente capítulo se pudo apreciar también la Unidad Industrial enmarcada en las líneas 1 y 2 (Krones 90 y Krones 108), las cuales son ahora el foco central del presente estudio, las mencionadas poseen características que le permiten adaptar su sistema de procesos a la gran variedad de exigencias de los clientes. Con la descripción efectuada del proceso productivo de las mismas, se podrá a partir de ahora definir con propiedad y conocimiento las problemáticas que se generan en el funcionamiento de la maquinaria correspondiente a la unidad industrial.

## CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El sector de la industria embotelladora de bebidas en nuestro país ha evolucionado a la par de lo que la demanda de estos nuevos tiempos le ha exigido, y por ello Embotelladoras Bolivianas Unidas S.A., ante tal situación no puede permanecer estática, sino que debe buscar los medios más eficientes para continuar creciendo, adaptándose a las nuevas características del mercado, y adoptando nuevas directrices que le permitan encaminarse hacia un crecimiento sostenible en el mediano y largo plazo.

El capítulo abordará los aspectos a partir de los cuales surgió la iniciativa de realizar el proyecto, poniendo en evidencia la realidad actual que atraviesa la empresa, y planteando en base a ello los respectivos objetivos que delinearán el desarrollo íntegro del estudio.

### **2.1. PROBLEMÁTICA.**

La identificación de los problemas relevantes en la empresa se iniciará con el diagnóstico a través de los siguientes puntos:

#### **2.1. Identificación del Problema.**

El desarrollo y la evolución de los equipos y maquinarias que se utilizan en las industrias, tienen un ritmo muy acelerado que conlleva a nuevas o potenciales inversiones que los propietarios y socios de las fábricas tienen que enfrentar para mantener u optimizar los niveles de producción, manteniendo de esta manera su competitividad en el mercado. En realidades como la existente en Bolivia, la planificación de nuevas inversiones no es frecuente; por ello entonces se genera la necesidad de extender los ciclos de vida de los distintos sistemas, equipo y maquinaria, por lo que en muchos casos el grado de obsolescencia que alcanzan es elevado, con niveles de producción bajos e incluso de calidad deficiente, situación que podría tornar a las empresas fuertemente dependientes de créditos para modernizar su industria, para alcanzar un nivel de competitividad deseado.

Sin embargo, existen posibles alternativas que si bien no atacan directamente la modernización de los equipos o instalaciones, estos se enfocan a través de la adquisición de nuevos sistemas que incorporan, en el caso más económico, mayores funcionalidades o ventajas. Estas alternativas, son o están relacionadas con buscar la compatibilidad de los sistemas obsoletos, con aquellos modernos sistemas que han sido recientemente diseñados fabricados o comercializados.

Pero tal alternativa no es inmediata y necesita vencer ciertos obstáculos, que van desde la identificación de las características de los sistemas actualmente implementados en ciertas industrias en Bolivia, con aquellos de sistemas modernos; así como identificar los componentes de bajo costo que deberían integrar los sistemas antiguos y podrían emular las funciones de los modernos equipos, además es necesario identificar la cultura operativa que tiene la industria en Bolivia, para recoger todas las necesidades operativas mediante un interfaz de fácil manejo.

El sistema en cuestión puede ser reflejado en una empresa de las muchas existentes en nuestro país, el caso específico expuesto es de la Industria Embol S.A.

Debido a la complejidad de la industria se tienen distintos problemas que se presentan en el cotidiano de la empresa, por ello se procede a realizar un análisis FODA para poder identificar adecuadamente los problemas:

Análisis FODA. Es una matriz que está basada en la identificación de factores externos e internos, permiten realizar una evaluación de la situación de la empresa para realizar una efectiva toma de decisiones, dentro de los factores externos se consideran las oportunidades y amenazas de la empresa, y en los factores internos se consideran las fortalezas y debilidades. La matriz para Embol S. A. se presenta en el Anexo 2-1.

Como resultado del análisis, se identifica uno de los problemas que Embol S. A. Región Occidente en la actualidad sobrelleva:

**“Productividad y eficiencias de líneas no óptimas.”**

### **2.1.2. Descripción del problema.**

Tomando como base el análisis FODA en el Anexo 2-1, se cita a continuación lo siguiente:

- La productividad no óptima se debe a la ineficacia en el desempeño tanto de la mano de obra pero especialmente de la maquinaria, entre otros muchos otros causales. Debido a que Embol S.A. es una empresa intensiva en capital, y por otra parte, para ser eficientes las plantas de procesos deben operar de forma continua durante largos periodos, y poder tener certeza de que se cumplirá la programación de la producción.
- La falta de un modelo de mantenimiento es un problema que tiene como principales consecuencias, los accidentes, las averías, e incluso las fallas que involucren una sola unidad de la instalación, pueden parar la planta entera y poner en peligro vidas y entorno, las pérdidas financieras pueden ser devastadoras, es por ello que las industrias de procesos necesitan un sistema de gestión de equipos con fuertes rasgos colaborativos en toda la empresa con la finalidad de elevar la productividad.

En la actualidad la empresa tiene un sistema de mantenimiento al cual se acude cuando la producción no responde cabalmente a lo que se tenía previsto según la programación establecida, y en caso de existir una urgencia por falla, sin embargo tal medida no soluciona adecuadamente este problema ya que los resultados subsecuentes muestran que a raíz de ello se producen demoras en la producción que, en el peor de los casos, ocasionan reprogramaciones que sobrecarga la producción y ocasionan retrasos en los tiempos de entrega, entre otras varias consecuencias. Lo que provoca una baja productividad.

### **2.1.3. Análisis de las causas del problema.**

Para el análisis de las posibles causas del problema se hará uso de la siguiente herramienta:

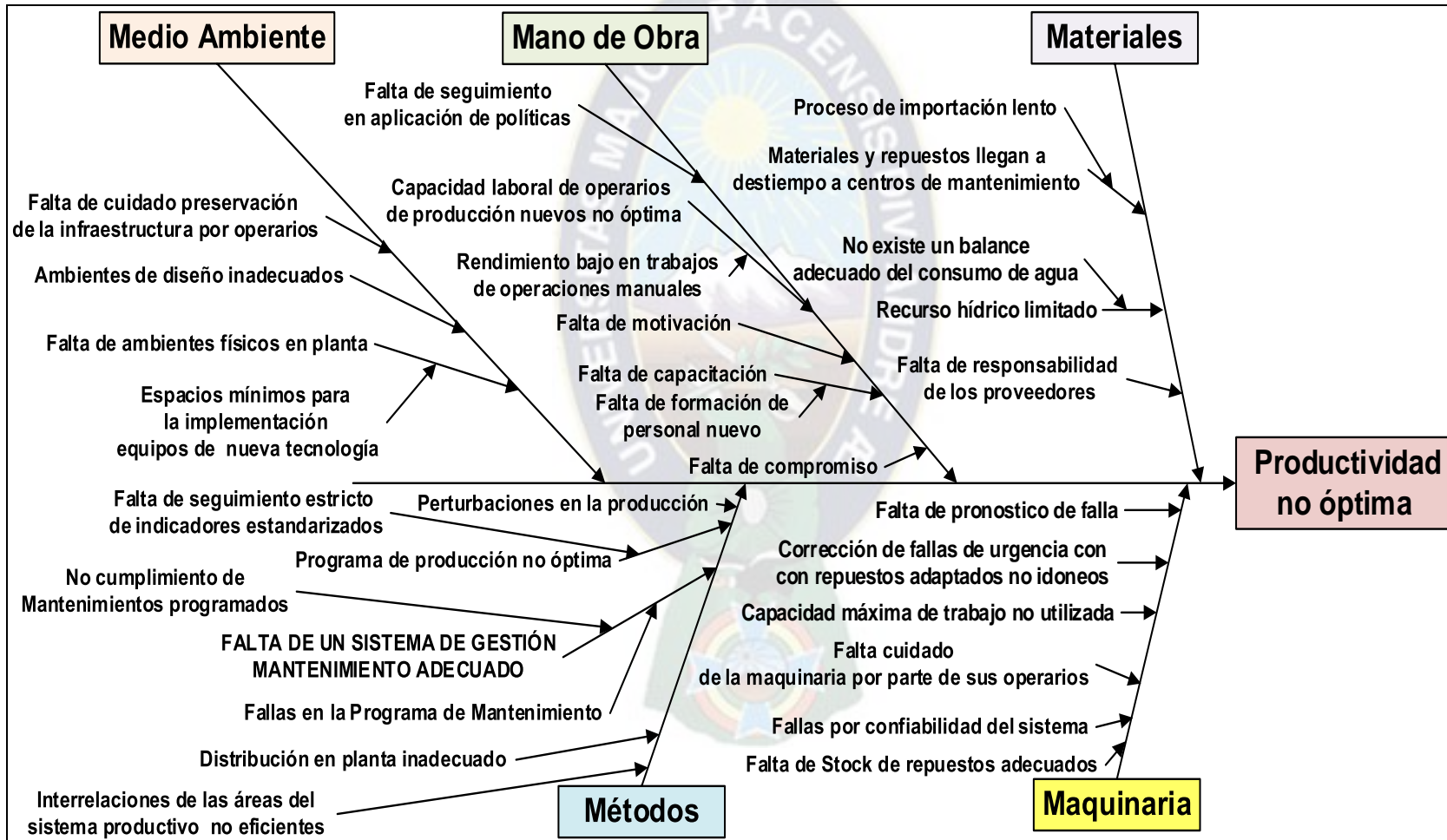
#### **Análisis de Pareto.**

Analizando muchas situaciones se observa que estas siguen una tendencia, permitiendo clasificar cualquier universo mixto en dos grupos, los pocos vitales y muchos triviales. Así por ejemplo es posible que un número reducido de elementos sea responsable de un gran número de consecuencias. Por ello una herramienta utilizada para la evaluación de los problemas es el diagrama de Pareto que permite identificar los principales problemas a resolver. Se fundamenta en el principio de 80/20 donde un pequeño porcentaje de las causas 20% son responsables del 80 % de los problemas.



GRÁFICO 2-1

EMBOL S. A.: Diagrama causa efecto de problemas, 2014



Fuente: Elaboración propia en coordinación con supervisión de logística y planificación mantenimiento.

Se realizó el análisis de Pareto identificando los criterios predominantes de la evaluación del sistema, de las que se eligió siete más importantes:

**CUADRO 2-1**

**EMBOL S.A.: Criterios de evaluación, 2014**

CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Falta de un sistema de gestión de mantenimiento adecuado
Falta de un cuadro de mando integral para la Producción
Recurso hídrico limitado
Interrelaciones de las áreas del sistema productivas no eficientes
Competencia de la mano de obra nueva de producción no óptima.
Falta de ambientes físicos en la planta
Ambientes de almacene de diseño inadecuado

**Fuente:** Elaboración propia en base al Gráfico 2-1 y Anexo 2-1.

Identificados los criterios para la evaluación se realiza la ponderación de las causas en relación con cada criterio identificando el total ponderado para cada causa lo cual permitirá identificar los problemas principales que serán objeto de estudio durante el desarrollo del proyecto. (Véase Anexo 2-2).

**CUADRO 2-2**

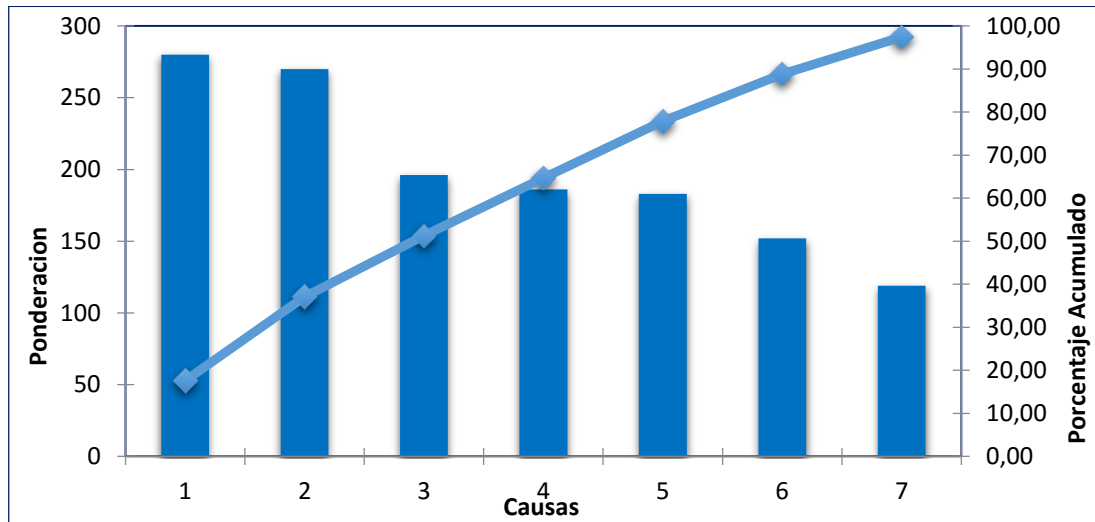
**EMBOL S.A.: Resultado de la ponderación, 2014**

Nº	CAUSAS	RESULTADO DE LA PONDERACIÓN	PORCENTAJE	
			%	% ACUMULADO
1	Recurso hídrico limitado	280	20,20	17,62
2	Falta de un sistema de gestión de mantenimiento adecuado	270	19,48	37,11
3	Falta de ambientes físicos en la planta	196	14,14	51,25
4	Falta de un cuadro de mando integral para la Producción	186	13,42	64,67
5	Interrelaciones de las áreas del sistema productivas no eficientes	183	13,20	77,87
6	Competencia de la mano de obra nueva de producción no óptima	152	10,97	88,84
7	Ambientes de almacenes de diseño inadecuado	119	8,59	97,42

**Fuente:** Elaborado en base a datos de Cuadro 2-2.

## GRÁFICO 2-2

EMBOL S.A.: Diagrama de Pareto, 2014



Fuente: Elaborado en base al Cuadro 2-2

Del diagrama de Pareto se concluye que los principales problemas de la empresa son:

- ✓ La limitación del recurso hídrico por abastecimiento insuficiente, conlleva un balance de consumo de agua inadecuado, limitado a la disponibilidad del recurso y no de la capacidad productiva, que ocasiona el requerimiento de cisternas de transporte de agua, que aun trabajando todo el tiempo, no abastece el consumo de agua lo que ocasiona una restricción en la producción muy considerable.
- ✓ La falta de un modelo de mantenimiento adecuado de maquinaria y equipo, generado por la no disponibilidad de los mismos, provoca, interrupciones y en el peor de los casos paradas de la planta y retrasos en el cumplimiento del programación de producción.

#### 2.1.4. Planteamiento del problema.

¿Cómo puede EMBOL S. A., ser más productiva, buscando eficiencia en la planta de procesos, operar de forma continua durante largos periodos, teniendo la certeza y confiabilidad de que se evitan las paradas de planta, averías, accidentes, y principalmente eliminar el riesgo de pérdidas financieras, con un sistema de gestión de equipos con fuertes rasgos colaborativos?

### 2.1.5. Hipótesis.

#### A. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.

Se plantean las siguientes hipótesis descriptivas-causales correspondientes al proyecto.

Hipótesis inicial (**Ho**): El Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial a implementarse se adaptara a las necesidades productivas actuales de EMBOL S. A., entonces se podrá interactuar y adoptar conocimiento práctico sobre la gestión moderna de mantenimiento.

Hipótesis alterna (**Ha**): El Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial a implementarse no se adaptara a las necesidades productivas actuales de EMBOL S. A., entonces no se podrá interactuar y adoptar conocimiento práctico sobre la gestión moderna de mantenimiento.

#### B. ESTRUCTURA DE LA HIPÓTESIS.

i) Unidad de observación y de análisis.

Sistema mantenimiento industrial de Embol S.A.

ii) Identificación de variables.

Variable Independiente.

Diseño e implementación del modelo de mantenimiento industrial.

Variable Dependiente.

Necesidades productivas actuales de la empresa EMBOL S. A.

iii) Termino de relación o enlace lógico entre las variables.

Es posible... para lograr

## 2.2. OBJETIVOS.

### 2.2.1. Objetivo general.

- Implementar un Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial para generar una mayor productividad y beneficio en Embotelladoras Bolivianas Unidas S. A.

### 2.2.2. Objetivo específicos.

- Diseño de un Sistema Modelo de Mantenimiento general para una Industria de procesos.

- Diseño de un sistema modelo de mantenimiento para EMBOL S. A.
- Diseño de un programa mantenimiento adecuado y eficiente para Embol S.A.
- Optimizar los costos debido a las paradas por averías accidentales de la maquinaria que comporten pérdidas de producción en las líneas 1 y 2.
- Implementar adecuadamente las frecuencias de mantenimiento de los equipos de la planta de producción en las líneas 1 y 2, Embol S. A. Región occidente.
- Analizar al personal operativo sobre el mantenimiento que se viene aplicando en Embol S.A., con la evaluación respectiva para proceder a su mejora y optimización.
- Asignar las Tareas de Mantenimiento y Prevención a los operadores del Proceso.
- Determinar el conjunto de Herramientas y Materiales necesarios para las tareas de mantenimiento asignadas.
- Analizar la eficiencia de la implementación del Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial para el área de producción de Embol S. A.

En el Anexo 2-3 se presenta la matriz de congruencia de objetivos.

### **2.3. JUSTIFICACIÓN.**

Los principales fundamentos de la justificación para la realización del presente proyecto de grado, se relacionan con los aspectos académicos, económicos, metodológicos.

#### **2.3.1. Justificación académica.**

Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial en las áreas de; Ciencias de la ingeniería, Ciencias económico sociales y de humanidades, Ciencias de tecnología industrial y Ciencias de gerencia industrial, e integrarlos con la información de los procesos utilizados por la industria embotelladora de bebidas Embol S.A., que permitan el diseño e implementación de Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial.

#### **2.3.2. Justificación económica.**

Establecer la revalorización económica y tecnológica de la maquinaria para una mejor producción y la diversificación de los productos.

Incrementar la disponibilidad de la maquinaria para producción, proponiendo un proyecto de bajos costos, con el adecuado Hardware y Software.

### **2.3.3. Justificación metodológica.**

Según Dankhe (1986): “Los tipos de investigación se clasifican en: estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos”<sup>5</sup>

Estudio Exploratorio, se efectúa cuando el objetivo es examinar un tema o problema poco estudiado. Dicho estudio es propio para el caso, ya que se pretende examinar a profundidad los estándares y mecanismo utilizados.

Estudio descriptivo, Busca especificar la propiedades más relevantes de los elementos que componen el sujeto de estudio, y los fenómenos que sobre el actúan Por lo cual, este estudio se aplicará para describir los factores clave que afectan al sistema.

Estudio correlacional, tiene como propósito medir el grado de relación que existe entre dos o más variables dentro de un contexto particular, tal estudio adquiere un especial matiz para los objetivos de este proyecto, ya que a través del mismo se pretende el estudio de la interdependencia que existe entre los distintos componentes de producción y mantenimiento en su conjunto.

Estudio explicativo, Dirigido a responder las causas de eventos físicos, explicando el porqué de los mismos, y en qué condiciones se dan los mismos, con ello se pretende dar un sentido lógico a la información levantada, para que de esa forma la misma se convierta en un instrumento de análisis y solución.

## **2.4. CONCLUSIONES.**

En este capítulo se hallaron y especificaron las características principales del entorno que hace a la problemática actual de EMBOL S. A., las cuales derivaron en el establecimiento de las hipótesis, y de los objetivos, que predominarán a lo largo de este proyecto.

---

<sup>5</sup> Hernández, S. y Fernández, C. (1997), “Metodología de Investigación”.

## CAPÍTULO III: ANÁLISIS DEL SECTOR

La industria embotelladora de bebidas no alcohólicas ha atravesado por una serie de profundos y acelerados cambios durante los últimos años, esto debido principalmente a las exigencias del mercado nacional y del grado de tecnología que se emplearon que viraron hacia ámbitos más amplios y globalizados. Por tal motivo, se hace necesario analizar la evolución y actualidad de este sector, debido a que se presentara un Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial general para la industria de procesos, e igualmente, se podrá entender más cabalmente el entorno en el cual se desenvuelve la empresa.

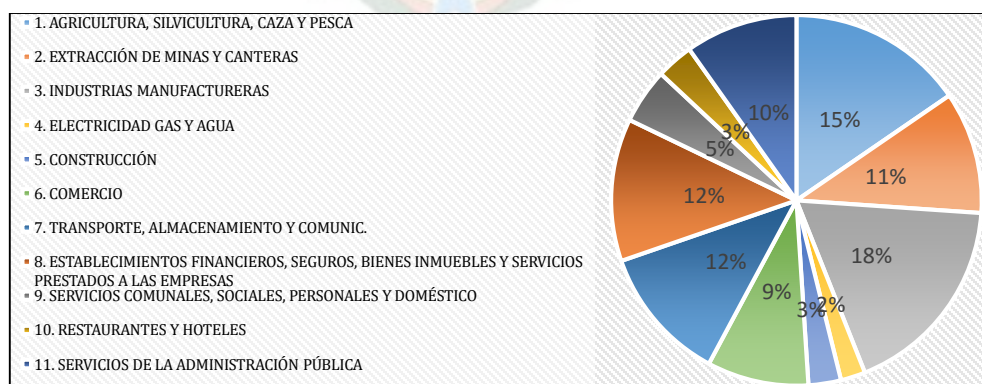
### 3.1. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.

#### 3.1.1. Producto Interno Bruto.

El Producto Interno Bruto (PIB), es un valor total de producción corriente de bienes y servicios finales dentro del territorio nacional; durante un periodo dado comúnmente anual, El PIB suma toda la producción y la reúne en una sola medida. El Producto Interno Bruto real trata de medir el volumen físico de producción por un periodo. El Anexo 3-1 presenta los valores monetarios para el periodo histórico desde 2004 hasta el 2013 de Bolivia, del que se construye:

GRÁFICO 3-1

**BOLIVIA:** Participación en el PIB según actividad económica, 2004 – 2013

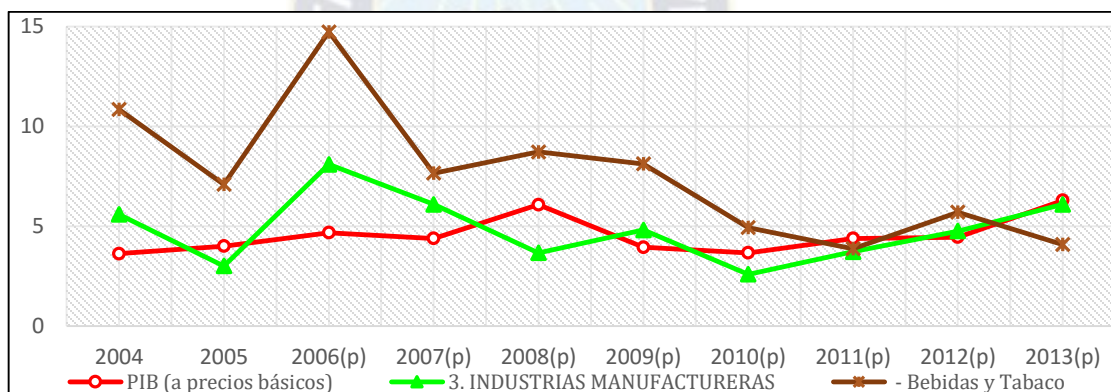


Fuente: Elaboración con base en datos del Anexo 3-1.

Analizando cada actividad económica desarrollada en la última década y su contribución al PIB, se observa que la mayor contribución es aportada por la Industria Manufacturera, quien participó en este periodo, en promedio, con el 18,69% del PIB, 18,02% de la población ocupada urbana y 32,45% del valor total de las exportaciones. Se observa que las actividades económicas con mayor aportación en el PIB son en primer lugar con un 35,9% las actividades relacionadas con la elaboración de alimentos, en segundo lugar con un 16,1% las actividades relacionadas con la elaboración de bebidas y tabaco, dejando en tercer lugar los productos de refinación del petróleo con un 11,4 % y el restante para las demás industrias manufactureras. Asimismo las tendencias, del crecimiento del PIB nacional, la contribución de la Industria Manufacturera y la actividad del sector.

**GRÁFICO 3-2**

**BOLIVIA:** Crecimiento del PIB; total, manufacturero, bebidas, 2004-2013



**Fuente:** Elaboración con base en datos del Anexo 3-2.

En el Anexo 3-3 se muestra la matriz de información para el diagnóstico global, 1990–2013 con su respectivo análisis para tener un panorama claro de la global de Bolivia.

### 3.1.2. Índice Global de Actividad.

El Índice Global de Actividad Económica (IGAE), es el indicador mensual que muestra la evolución de la actividad económica del país en función al crecimiento del índice de volumen físico con respecto a una base referencial.

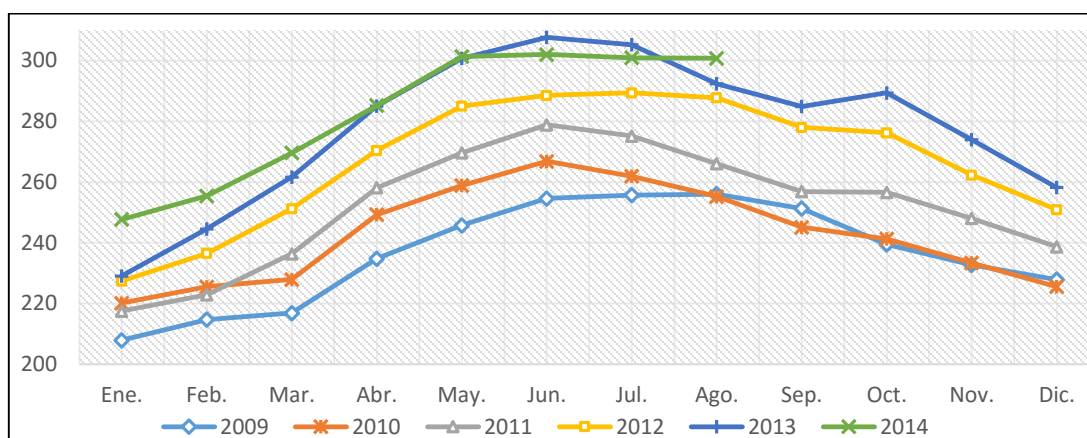
El IGAE de la actividad del sector, durante los últimos cinco años ha seguido una marcada tendencia estacional, con un crecimiento promedio mensual de 3,54%, Cabe destacar que



no obstante este crecimiento puede ser considerado como bajo sobre todo si es comparado con el crecimiento del sector de la Construcción (8,65%) y el promedio nacional (4,72%).

### GRÁFICO 3-3

**BOLIVIA:** Tendencia anual del IGAE del sector bebidas, 2009 – 2014



Fuente: Elaboración con base en datos del Anexo 3-4.

#### 3.1.3. Competitividad Industrial.

El diagnóstico de competitividad industrial del país, se obtiene comparando la magnitud global en la que la industria manufacturera nacional se ha desarrollado en los últimos años siendo necesario realizar un análisis con respecto al desarrollo de otros países, en especial para nuestro alrededor, Sudamérica. En el Anexo 3-5a se presenta el Valor Agregado Manufacturero Per Cápita. En el Anexo 3-5b se presenta el Índice de Rendimiento industrial Competitivo, que es el índice que evalúa el desempeño industrial utilizando indicadores de la capacidad de una economía para producir y exportar manufacturas de forma competitiva. Además se presenta indicadores que revelan la posición que ocupa Bolivia con el resto de la región. Se hace evidente que el país presenta un bajo nivel de desarrollo, produciendo en bajo volumen y con bajo valor agregado.

### 3.2. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE BEBIDAS.

Bolivia, comienza su incursión en la industria de embotellado de gaseosas y bebidas refrescantes alrededor de los años 40, siendo una de las impulsoras Vascal, pero ya existían bebidas elaboradas y embotelladas de forma artesanal desde mucho antes.

### 3.2.1. Clasificación industrial.

Embol S. A., según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 4<sup>6</sup>, pertenece a:

#### CUADRO 3-1

##### EMBOL S.A.: Clasificación de la industria en la CIIU, 2014

Sección	División	Grupo	Clase	Descripción
C Industria Manufacturera	11 Elaboración de Bebidas	- Único Grupo	1104	Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas no minerales y otras aguas embotelladas

**Fuente:** Elaboración con base en CIIU Rev. 4

Sección C: Industria Manufacturera, División 11: Elaboración de bebidas, correspondiente al único grupo existente en la división, y Clase 1104: Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas, Clase a la cual corresponden todos los productos elaborados ésta industria.

Debido a que pertenece a la división de Elaboración de bebidas, cabe mencionar que al analizar las estadísticas relacionadas a este sector, se evidenció que en nuestro país, en la mayoría de los casos las mismas están referidas a una estructura dual agrupada, siendo que por el Instituto Nacional de Estadística se toma erróneamente en cuenta como una sola actividad económica que corresponde a: “Bebidas y Tabaco”, en tal sentido, en los siguientes puntos se tomará en cuenta a la Industria de este sector.

### 3.2.2. Empresas y Empleo.

La Encuesta Ampliada de Establecimientos Económicos (EAEE) realizada por el INE, el año 2004<sup>7</sup>, muestra al sector Bebidas y Tabaco al que pertenece la Industria Embotelladora ocupando el quinto lugar en cuanto al número de empresas legalmente establecidas y la participación en el empleo de la población ocupada (Ver Anexo 3-6a). No es posible determinar un promedio simple acerca del número de empleados por cada

<sup>6</sup> La estructura CIIU examinada y aprobada por la Comisión de Estadística para la serie M, No. 4/Rev. 4, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Organización de Naciones Unidas, Nueva York, 2009

<sup>7</sup> Encuesta más reciente realizada por el INE, con referencia específica al rubro industrial manufacturero.

establecimiento, debido a la gran diferencia en el empleo de este sector, considerando que varía de acuerdo al nivel de tecnología empleada por industria, además que las industrias de embotelladoras de bebidas son intensivas en capital y no así en la mano de obra, lo que amplía el rango de variabilidad de la cantidad empleados en industria.

### **3.2.3. Capacidad Utilizada.**

Los datos mostrados en el Anexo 3-6b, que corresponden al porcentaje de utilización de la capacidad productiva muestran que hasta el año 2004 el uso de la capacidad productiva no superaba los 55%, mientras que a partir del año 2005 se incrementó la utilización de la capacidad de todo el sector teniendo como último valor registrado el correspondiente al 2008 con una utilidad de la capacidad de 63%. Consecuentemente se espera que hasta la gestión se haya incrementado superando el 70%, claro está de forma global para el sector.

### **3.2.4. Exportaciones.**

Las exportaciones realizadas hasta el 2011 según actividad económica del sector Bebidas y Tabaco se presentan en el Anexo 3-7a, que ha sido uno de los más bajos dentro del total nacional de los dos últimos años; además se debe mencionar que en existió un decremento de un año a otro llegando a casi la mitad de su valor en cuanto a la participación nacional. La mayor parte de las exportaciones se han constituido de productos de bebidas alcohólicas y bebidas de malta.

### **3.2.5. Importaciones.**

Las importaciones del sector, en su mayor parte compuestas por: Bebidas Alcohólicas con fuerte participación de productos de Tabaco que ingresan de nuestros países limítrofes. Sin embargo no se puede dejar de lado que el decrecimiento registrado entre el año 2010 al 2011 fue de un orden menor al 0,1% logrando el autoabastecimiento. (Ver Anexo 3-7b)

### **3.2.6. Indicadores de Competitividad.**

A través de las variables macroeconómicas identificadas, a continuación se construirá una tabla con los indicadores que desde una misma perspectiva determinarán el nivel de competitividad del sector Bebidas y Tabaco. (Ver Anexo 3-8)

Los resultados obtenidos pueden resumirse de la siguiente forma:

- La proporción del grupo de productos de Bebidas y Tabaco tiene una ventaja comparativa de 61.72% existiendo una mayor exportación con referencia a la importación para los diferentes productos componentes del sector.
- Existe un 118,32% de ventaja comparativa en la competitividad de los productos del sector de Bebidas respecto del total de la Industria Manufacturera.
- Por \$us 1.000 exportados por Bolivia \$us 12 corresponden al sector Bebidas y tabaco.
- Existe 1,18% de especialización en la exportación de los productos del sector, por lo cual se constituyen en productos importables y presentan ventajas competitivas.
- Existe superávit comercial, siendo que las exportaciones pueden llegar a financiar un 422,46% de las importaciones.
- La actividad comercial de los productos de la industria bebidas y tabaco nacional se enmarcan dentro de una actividad con tendencia a exportación.
- En términos generales, las industrias bebidas y tabaco tiene un buen nivel competitivo en el comercio exterior.

### **3.3. EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN CONTEXTO BOLIVIANO<sup>8</sup>.**

En el ámbito nacional y principalmente regional, podrían mencionarse varios trabajos que hacen referencia al estudio de mantenimiento, tanto desde una perspectiva técnica, organizativa, como de gestión; los cuales evidencian una continua preocupación y evolución en su desarrollo.

Pueden comentarse múltiples actividades desarrolladas en industrias particulares<sup>9</sup>, como en trabajos independientes que tienden a destacar la labor del mantenimiento en nuestro medio. Sin embargo el común denominador en todos ellos, es resaltar una situación del mantenimiento muy deficiente y hasta poco expectable; producto de una transferencia de tecnología realizada en forma desordenada, con equipos de diversas procedencias (incluso en una misma empresa) y sin el soporte técnico adecuado, la mano de obra, los

---

<sup>8</sup> Conceptos vertidos por Ramiro W Peralta Uría (2011): Principios y fundamentos de la Ingeniería de mantenimiento. Editorial “Gráfica Pincel”. La Paz - Bolivia. 2da edición.

<sup>9</sup> Maldonado M, Implementación de un sistema para el mantenimiento de equipos y maquinaria de interior mina en Porco; UMSA 2002

proveedores y los conocimientos tecnológicos están desorientados, sin la madurez técnica para obtener el máximo de productividad de un Departamento de Mantenimiento.

Adicionalmente se debe tener en cuenta el efecto de las estrategias político, social y económico que adopta cada país, ya que producen consecuencias diversas. Es el caso de la crisis económica que hace más desafortunada la situación del mantenimiento, porque:

- ⇒ Se reducen los presupuestos asignados a este sector.
- ⇒ No se contempla ningún tipo de reposición y reemplazo de equipo.
- ⇒ La adquisición de “nueva” maquinaria está limitada no en todos los casos, pero por lo general a la compra de equipos usados y de desecho en países desarrollados, por ende muy poco aptos para nuestro medio.
- ⇒ Las operaciones de mantenimiento se reducen a correcciones de emergencia con el paro total de la producción.
- ⇒ Se improvisan soluciones basándose en reparaciones eventuales y sin ningún tipo de garantía.
- ⇒ La operación de equipos obsoletos y de fabricación discontinuada con la consecuente carencia de partes y componentes.
- ⇒ Cada empresa desarrolla criterios de mantenimiento de acuerdo a sus necesidades.
- ⇒ Los “especialistas” son formados como producto del aprendizaje en el trabajo.

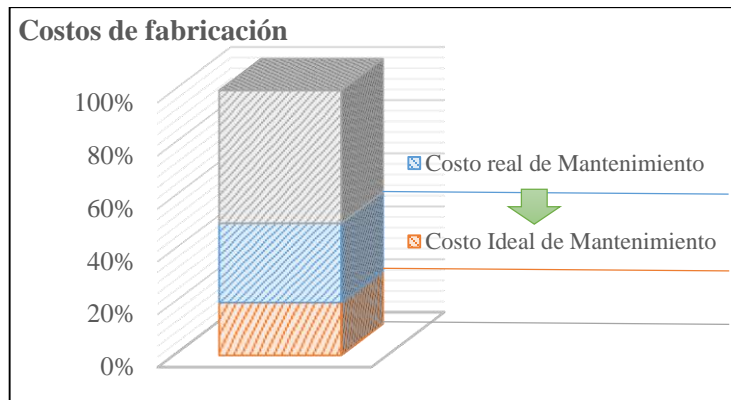
También mencionar que las estrategias beneficiosas como la integración y participación en economías de mercado a nivel internacional, que obligan a mejorar los niveles de calidad y mantenimiento, base de la competitividad y de la productividad, son motivo de esfuerzos para mantener estos equipos y maquinarias en funcionamiento a costos demasiado altos en comparación con los retornos conseguido. Consecuentemente los costos de mantenimiento se incrementan respecto a los teóricos, quedando “escondida” esta situación por una inexistencia en la práctica del control del mantenimiento.

Queda pues en carpeta un gran desafío, y que no es otra cosa que la función de la Ingeniería de Mantenimiento, pero que en nuestro caso debe ser ejecutado con mayor trascendencia y consecuencia para no incurrir y concluir como la gran mayoría de trabajos llevadas en la actualidad. Es decir sistemas de mantenimientos inconclusos pendientes de aplicación,

tal y como se ha podido estimar mediante visitas y entrevistas a plantas industriales (grandes y medianas) y diversos sectores públicos y privados de la región, de los cuales más del 40 % no funcionan o se abandonaron antes de los dos años siguientes a la implantación. El 40 % o 50 % de los restantes sistemas no han alcanzado los objetivos.

**GRÁFICO 3-4**

**BOLIVIA:** Comparación de los costos de mantenimiento, 2011

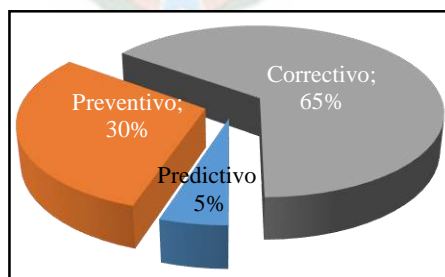


**Fuente:** Principios y fundamentos de la Ingeniería de Mantenimiento, R. Peralta (2011)

Sin embargo debe reconocerse que también existen buenas experiencias y resultados conseguidos, aunque todavía se sigue en un nivel incipiente de tecnificación en el mantenimiento. Como se muestra en la distribución porcentual de estrategias de mantenimiento, conseguida de forma similar al caso anterior, y en el que se ha establecido lo siguiente.

**GRÁFICO 3-5**

**BOLIVIA:** Aplicación del mantenimiento, 2011



**Fuente:** Principios y fundamentos de la Ingeniería de Mantenimiento, R. Peralta (2011)<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Ramiro W Peralta Uría (2011): Principios y fundamentos de la Ingeniería de mantenimiento. 2da edición. Editorial “Gráfica Pincel”. La Paz - Bolivia. Pp. 16

- ⇒ El 65 % es correctivo, bien sea planificado o de emergencia.
- ⇒ El 30 % es preventivo basado en el calendario.
- ⇒ Solo el 5 % es preventivo basado en la condición o predictivo.

No se puede dejar de analizar la consecuencia que está ocasionando este panorama y que independientemente del proceso o estrategia de mantenimiento que lleven las empresas, está enraizando tendencias que justifican sobradamente esta práctica (Ingeniería de Mantenimiento) como objetivo prioritario, estas tendencias son<sup>11</sup>:

Tendencias a convivir con los problemas.- Los pequeños problemas suelen tener el efecto de que, el que los sufre, termina conviviendo con ellos y considerándolos como una situación normal.

Tendencias a simplificar el problema.- Con frecuencia superior a lo deseable, los problemas suelen ser múltiples e interrelacionados. En tales circunstancias, se impone un análisis para separar los distintos elementos del problema, para asignar prioridades y, en definitiva, establecer un plan de acción para evitarlos. Con demasiada frecuencia la escasez de recursos o la simple falta de método, lleva a simplificar el análisis e induce a tomar medidas de nula o escasa efectividad.

Tendencia a centrarse en el problema del día.- La presión del día a día hace olvidar rápidamente el pasado, lo que impide hacer un seguimiento de la efectividad de las medidas aplicadas hasta que el problema vuelve a aparecer, convirtiéndose en un círculo vicioso, que lleva a convivir con el problema.

Con el propósito de que el lector pueda concluir su propio criterio respecto a la importancia del mantenimiento es que se presenta el Cuadro 3-2 donde se muestra una interesante tabla del control de gastos de mantenimiento en Bolivia con otros países. Su análisis amerita y obliga a una profunda reflexión.

---

<sup>11</sup> Ramiro W Peralta Uría (2011): Principios y fundamentos de la Ingeniería de mantenimiento. 2da edición. Editorial “Gráfica Píncel”. La Paz - Bolivia.”. Pp. 17

## CUADRO 3-2

**Bolivia:** Tabla comparativa de gastos de mantenimiento, 2013

País	Gastos de Mantenimiento Millones \$US	Población	PIB Per Cápita \$US	Gastos de Mantenimiento Per Cápita	Porcentaje de Mantenimiento Per Cápita
U.S.A.	580.000	316.128.839	53042	1834,69	3,46%
Japón	48.200	127.341.000	38633	378,51	0,98%
Alemania	150.000	80.621.788	46269	1860,54	4,02%
Brasil	111.000	201.032.000	11173	552,15	4,94%
Chile	21.300	14.204.726	19499	1499,50	7,69%
Bolivia*	3.700	10.671.200	2868	346,73	12,09%

**Fuente:** Elaboración propia<sup>12</sup>

### 3.4. CONCLUSIONES.

El capítulo identificó y analizó el contexto macro del grupo clasificado por actividades según el INE, al cual pertenece EMBOL S.A., con el análisis global de la participación y la creciente competitividad que está adquiriendo a nivel internacional la industria Boliviana, que a pesar de tener un claro y marcado relegamiento se puede observar una mejora en la tecnología. Por otra parte se aclara que la empresa tiene un límite geográfico respectivo definido, el cual debe cubrir, quedando exclusivamente, el análisis realizado sobre exportaciones e importaciones para el sector, llegando a comprender que la industria bebidas nacional necesita mejorar sus perfiles de eficiencia y flexibilidad operativa.

Con referencia al mantenimiento en el contexto boliviano se mostró la desafortunada situación en la que se encuentra detallando los causales, y las marcadas tendencias negativas, y realizándose la comparación de gastos de mantenimiento entre países.

<sup>12</sup> Elaboración con base en datos de: -Ramiro W Peralta Uría (2011): Principios y fundamentos de la Ingeniería de mantenimiento. 2da edición. Editorial "Gráfica Píncel". La Paz - Bolivia." Pp. 17

-Página web. Datos macro. [www.datosmacro.com](http://www.datosmacro.com)

\* Dato no confirmado y posiblemente conservador.



## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

El capítulo describe las características principales del funcionamiento actual del área de mantenimiento industrial en la empresa, esto a fin de contar con un panorama claro acerca de su sistema, con sus componentes, sus interrelaciones, sus bases administrativas, y la funcionalidad, llegando a describirlos con detalle para mejorar el sistema.

### 4.1. FUNCIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.

La función actual del mantenimiento conceptualizada y desempeñada en la planta de Embol S.A. región occidente fue determinada mediante un cuestionario que se muestra en el Anexo 4-1 que contempla los aspectos de mayor relevancia referente a esta área. Este cuestionario fue respondido por los supervisores tanto del área de producción, calidad, soplado, y el área de mantenimiento obteniéndose los siguientes resultados:

- La empresa no considera al mantenimiento como una prioridad, sino como un área de apoyo a la producción, por tanto no toma en cuenta que el mantenimiento afecta a todos los aspectos de efectividad del negocio como ser riesgo, seguridad, integridad, y medio ambiente, uso eficiente de la energía, calidad de productos y servicio al cliente.

- El concepto general de la empresa de la funcionalidad del mantenimiento es:

“Brindar apoyo al sistema de producción en la reparación de la maquinaria con el cuidado de su correcto funcionamiento prolongando su tiempo de vida útil”

- El concepto que actualmente tiene mayor valor, es el preservar los equipos, y mantenerlos en correcto funcionamiento, por lo tanto si bien se tiene en cuenta el concepto actual de mantenimiento por parte de los supervisores, el trabajo en campo y sus políticas están basadas en conceptos antiguos que establecen la poca importancia del actual movimiento del mantenimiento en la planta, minimizando sus actividades a una respuesta inmediata de corrección de fallas y en algunos casos tratar de realizar una reparación antes de que la falla sea muy crítica.

- El actuar decidir y resolver, son las actividades a las que el área de mantenimiento se dedica en la mayor parte de su tiempo a pesar de haber incursionado en el proceso de implantación del TPM hasta el momento se realizan únicamente tareas de mantenimiento correctivo y preventivo sólo en su forma inicial.

- Anteriormente el área de producción solo se encargaba del manejo de los equipos y el área de mantenimiento se encargaba únicamente de repararlos, además que dentro de cada área la relación Supervisor-Obrero está muy acentuada existiendo un gran flujo de órdenes superiores e inferiores.

Ante todo lo expuesto, actualmente existe una falencia involuntaria, la coordinación entre jefaturas para la ejecución de programas de mantenimiento, para que estos sean aplicados de forma eficiente, siendo la misma complicada debido a que las limitantes de tiempo disponible de los equipos para ser intervenidos y espacio físico para almacenes de productos terminados, no permiten generar un adecuado stock de seguridad para permitir paradas con la finalidad exclusiva de realizar un mantenimiento programado.

#### **4.2. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO.**

E. T. Newbrough (1993)<sup>13</sup>: “El presupuesto es un plan económico que constituye el mejor cálculo posible, hecho por la administración, de los gastos que se realizaran en un lapso determinado. Por tanto, puede decirse que los presupuestos son una expresión de los resultados previstos, deben reflejar planes reales, y estar basados en posibilidades verdaderas, y no por lo contrario en conjeturas de lo que puede ocurrir. Una mejor planeación como consecuencia del presupuesto solo es posible si las operaciones futuras son consideradas en detalle y si las cifras de aquel expresan el efecto de planes reales para operaciones venideras”.

Embol S.A., para las diferentes gestiones realiza presupuestos basados en dos principales aspectos, los trabajos pendientes y proyectos, y las reparaciones de los equipos con prioridad del costo de tiempo muerto.

---

<sup>13</sup> E. T. Newbrough (1993), Administración de mantenimiento Industrial – Organización, motivación y control en el mantenimiento industrial. Editorial Diana. México. Pp. 97

El presupuesto de mantenimiento calculado para la empresa contempla un presupuesto anual que es desgregado para cada mes en cada una de los diferentes centros de costos que participan en el presupuesto considerando un aproximado de: Centro de producción interna de CPI 62 %, Centro de comercialización 9 %, Centro de Administración 7 %, y el Centro de Expedición con un total de 22 %.

La incidencia de costo del mantenimiento propio de la planta de producción está compuesta por los centro costos de CPI y Expedición con una participación del 84 % del total presupuestado anual.

En el Anexo 4-2, se muestra el presupuesto de mantenimiento de la gestión 2013 y el costo real del mantenimiento 2013. Con el que se realizara el siguiente análisis.

Con el presupuesto de mantenimiento de la gestión 2013 como base para el cálculo, se observa que para los centros de coste de CPI y Expedición los concernientes a la planta de producción. En cada mes, exceptuando el mes de abril y julio para CPI, en cambio enero y abril para Expedición, todos los demás meses superan el presupuesto:

- Para CPI, tiene un 40% de más de lo presupuestado en el ítem de repuestos y mantención de CPI en el mes de septiembre, mientras que un 54 % de exceso en el Ítem Servicios generales y mantención de edificio CPI, en el mes de junio.
- Para Expedición, tiene un exceso del 32 % en el mes de julio en el ítem de repuestos y mantención en Expedición, mientras que un 159 % de exceso en lo presupuestado para el mes de septiembre.

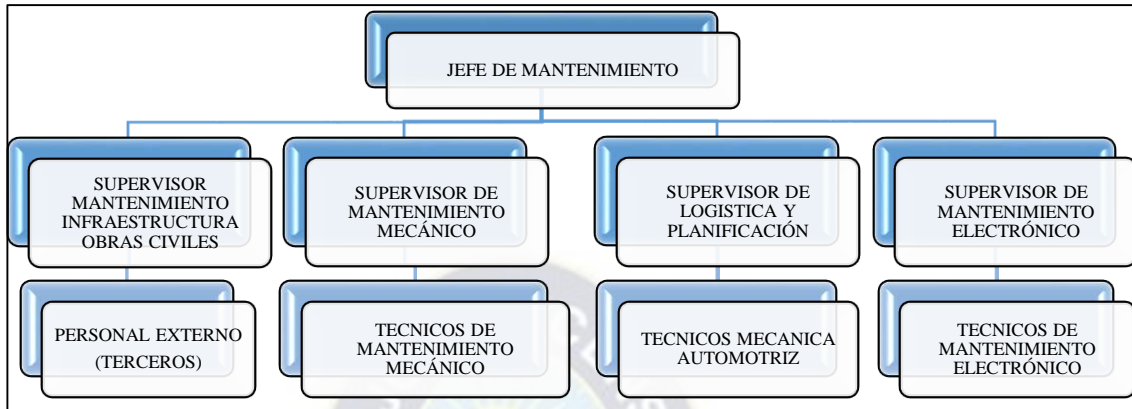
Debido a la política actual de mantenimiento correctivo de urgencia como base, el exceso del presupuesto asignado es una consecuencia esperada, por ello se busca modificar la política de Mantenimiento industrial. (Véase Anexo 4-3)

#### **4.3. ESTRUCTURA ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.**

La estructura actual del área de mantenimiento, parte del orden jerárquico y las divisiones que se tienen en la planta de EMBOL S.A., además cuenta con un programa que involucra los procedimientos formales escritos de los diferentes tipos de mantenimiento.

**GRÁFICO 4-1**

**EMBOL S. A.: Organigrama área de mantenimiento, 2014**



**Fuente:** Elaboración con base en información supervisión Mto. Logística y planificación.

La cantidad de trabajadores que posee en la actualidad Embol S.A., en el área de mantenimiento, representan, 1 operario en mantenimiento por cada 11 operarios en producción, cuya relación está enmarcada por pertenecer a la industria de procesos, y además está considerablemente distanciada de las industrias de procesos de clase mundial, con avanzada tecnología, cuya relación indica, 1 operario en mantenimiento por 1 operario en producción (industrias de Petróleo y siderurgia, etc.). El personal de mantenimiento de Embol S.A., está conformado por: Un Jefe de mantenimiento, 4 Supervisores, 23 técnicos los cuales pertenecen a las 3 áreas; mecánica, electrónica, y automotriz. En el Anexo 4-4 se muestra la descripción de los cargos con referencia al mantenimiento.

Cada división del área de mantenimiento conlleva responsabilidades establecidas por la propia extensión de su nombre, pueden clasificarse a grueso modo en dos; las que brindan apoyo a la producción (mantenimiento mecánico y electrónico) y el apoyo a la logística interna e infraestructura (mantenimiento de infraestructura obras civiles y automotriz), a continuación se definen los perfiles de los cargos definidos por la empresa<sup>14</sup>:

**Jefatura mantenimiento:** Asegurar la operación óptima de los equipos e instalaciones, realizando acciones de desarrollo en la gestión de mantenimiento de los mismos, con la permanente búsqueda de minimizar las paradas de equipo por falla mecánica.

<sup>14</sup> Las especificaciones y descripción de actividades y objetivos del cargo, fueron extraídas del documento: Detalle de Cargos Embol S. A., revisión 30/08/2012

**Supervisión mantenimiento mecánico:** Asegurar la ejecución de los planes del mantenimiento mecánico de los equipos e instalaciones, realizando acciones de desarrollo de la gestión del mantenimiento mecánico de los mismos, minimizando las paradas de equipos e instalaciones por falla mecánica.

**Supervisión mantenimiento electrónico:** Asegurar la ejecución de los planes del mantenimiento eléctricos - electrónicos de los equipos e instalaciones, realizando acciones de desarrollo de la gestión del mantenimiento eléctrico - electrónico de los mismos, minimizando las paradas de equipos e instalaciones por falla eléctrica o electrónica.

**Supervisión mantenimiento logística y planificación:** Asegurar la elaboración de los planes del mantenimiento de los equipos e instalaciones, realizando acciones de desarrollo de la gestión del mantenimiento y la logística de aprovisionamiento y distribución de los equipos, repuestos y herramientas utilizados en las actividades de los mismos.

**Supervisión mantenimiento infraestructura obras civiles:** Asegurar la elaboración y ejecución de los planes del mantenimiento de la infraestructura de las instalaciones, realizando acciones de desarrollo de la gestión del mantenimiento de infraestructura y obras civiles de toda la empresa, minimizando los inconvenientes en el trabajo de equipos e instalaciones por fallas en la infraestructura.

**Técnico mantenimiento mecánico:** Apoyar la actividad de mantenimiento mecánico en los equipos e instalaciones, con la ejecución de acciones técnicas y requeridas, buscando mantener los equipos e instalaciones en óptimo funcionamiento.

**Técnico mantenimiento eléctrico - electrónico:** Apoyar la actividad de mantenimiento eléctrico y electrónico en los equipos e instalaciones, con la ejecución de acciones técnicas y requeridas, buscando mantener los equipos e instalaciones en óptimo funcionamiento.

**Técnico mantenimiento automotriz:** Apoyar la actividad de mantenimiento mecánico automotriz en los montacargas y vehículos, con la ejecución de acciones técnicas y requeridas, buscando mantener el parque automotor en óptimo funcionamiento.

#### **4.4. LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

El programa de mantenimiento que se desarrolla en Embol S.A. tiene como propósito, establecer la función del mantenimiento moderno expresado como empleo de las mejores técnicas de administración cuya eficacia se comprobara en el trabajo de producción.

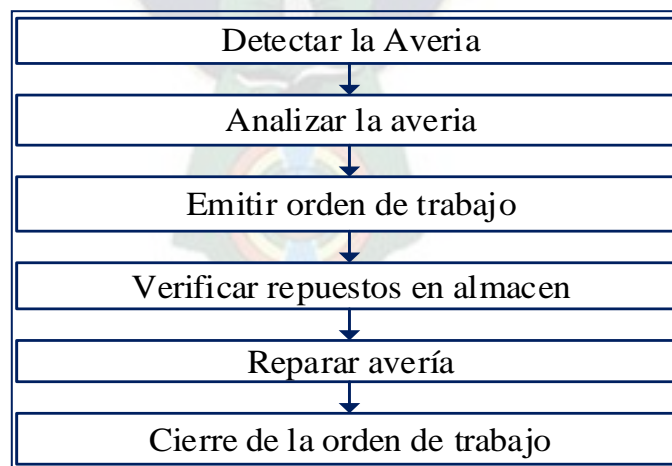
Asimismo establecer un sistema de control, con la finalidad de corregir y mejorar la gestión, de los métodos y procedimientos de trabajo. El programa de mantenimiento se compone de los tipos de mantenimiento; Correctivo (Correctivo, Correctivo Programado), mantenimiento Preventivo y el mantenimiento Predictivo, que en el caso de los correctivos, son aplicados en forma adecuada, mientras que la aplicación de los mantenimientos preventivos todavía en forma inicial con muy poco avance. A continuación se describen los tipos de mantenimientos que están establecidos de manera formal en el documento que fue elaborado por el área de mantenimiento de Embol S. A.: Ingeniería de Mantenimiento LP-MT-01.01

**Mantenimiento Correctivo o de emergencia. (MC)**

Permite que el equipo o instalación funcione hasta que falle o desarrolle un problema serio, entonces, se repara con mucha premisa o se reemplaza inmediatamente con el objetivo de evitar costos, daños materiales y/o humanos mayores. El mantenimiento correctivo requiere pocos registros. El gráfico 4-2 presenta el flujo de proceso del mantenimiento correctivo que forma parte del plan de mantenimiento anual de la empresa.

**GRÁFICO 4-2**

**EMBOL S. A.: Mantenimiento Correctivo, 2013**



**Fuente:** Elaborado en base al plan de mantenimiento ING MTTO LP-MT-P-01.01

**Mantenimiento Correctivo Programado. (MCP)**

Al igual que el anterior mantenimiento corrige fallas y actúa muchas veces ante un hecho concreto. La diferencia con el correctivo es que no existe el grado de apremio del anterior,

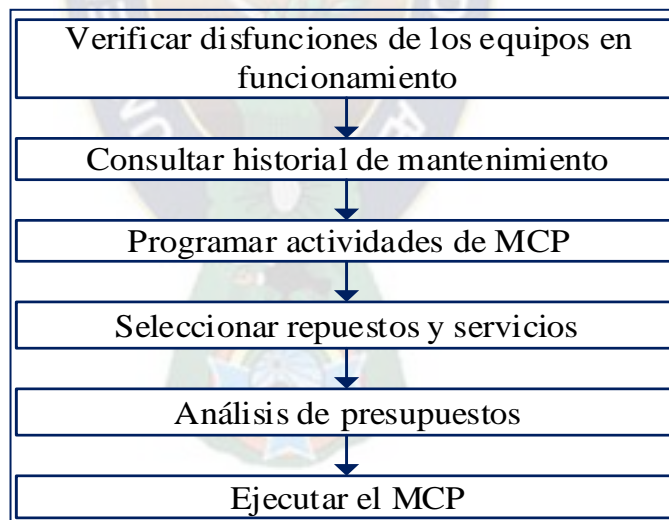
sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general se programa la detención de los equipos por presencia de fallas, pero antes de hacerlo se acumulan tareas a realizar sobre el mismo, y se programa la ejecución en dicha oportunidad aprovechando la parada para efectuar todas estas tareas que no se podrían hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente se aprovecharan paradas horas en contra turno, periodos de baja demanda, fines de semana, etc.

Si bien muchas de las paradas son programadas, las paradas son programadas por la aparición de la falla. Por ello, este sistema comparte casi las mismas desventajas o inconvenientes que el método anterior. En la gráfico 4-3 Se presenta el flujo de proceso de mantenimiento correctivo programado.

**GRÁFICO 4-3**

**EMBOL S.A.:** Mantenimiento Correctivo Programado, 2013



**Fuente:** Elaborado en base al plan de mantenimiento ING MTTO LP-MT-P-01.01

**Mantenimiento Preventivo. (MP)**

Este tipo de mantenimiento se basa en el tiempo y pretende restaurar o reemplazar piezas de las máquinas o equipos a intervalos fijos, determinados por estimaciones tentativas, utilizando estadísticas de averías y/o recomendaciones del fabricante, procurando anticiparse a la aparición de la falla en los mismos. Evidentemente, ningún sistema puede

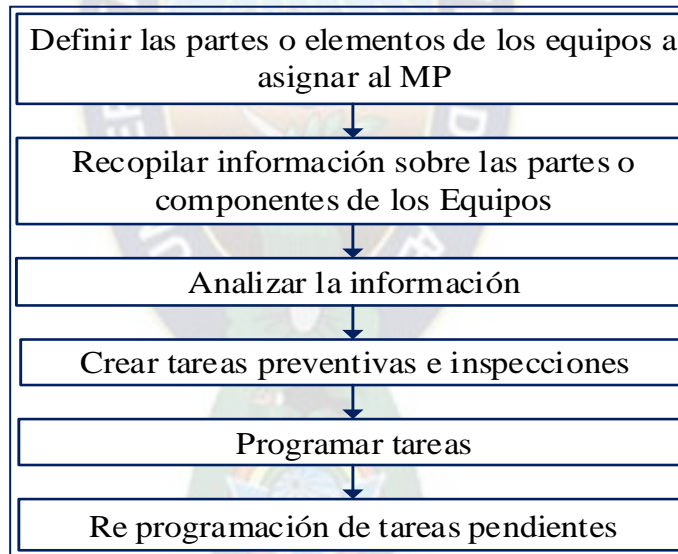
anticiparse a las fallas que no son advertidas por algún medio. Por tanto la base de la información surge de fuentes internas a la empresa y fuentes externas a ella.

Las fuentes internas están constituidas por registros o historiales de reparación, incluyendo todas las tareas de mantenimiento efectuadas en cada equipo, y las fuentes externas están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento efectuadas por el fabricante.

La prevención permite preparar el equipo de técnicos, los materiales a utilizar las piezas a reponer y la metodología a seguir, la mayor ventaja de este sistema es la de reducir la cantidad de fallas por horas de marcha. En el gráfico 4-4 se presenta el flujo de proceso de mantenimiento Preventivo.

**GRÁFICO 4-4**

**EMBOL S.A.: Proceso de Mantenimiento Preventivo, 2013**



**Fuente:** Elaborado en base al plan de mantenimiento ING MTTO LP-MT-P-01.01

**Mantenimiento Predictivo. (MPr)**

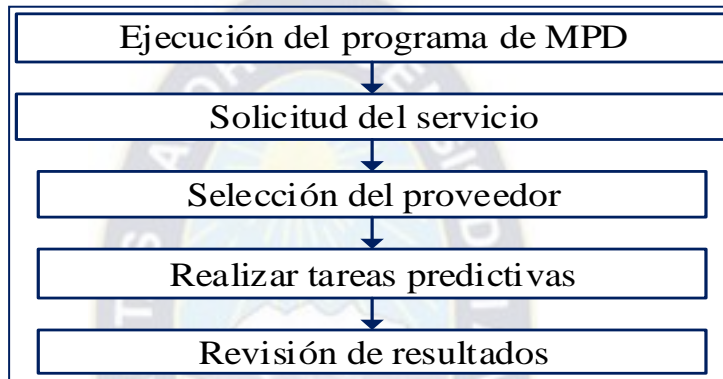
El mantenimiento predictivo, establece intervalos de revisión de los equipos en función de las condiciones actuales del equipo basándose en el uso de equipos de diagnóstico y modelos técnicas de procesamiento de señales que evalúen al equipo en operación mediante monitoreo de condiciones de temperatura, vibración resistencia eléctrica, presión, humedad, etc., y determinan cuando se precisa realizar el mantenimiento.



Las averías a tratar con este tipo de mantenimiento no aparecen de repente, tienen un proceso evolutivo, por tanto mediante este mantenimiento se detecta y diagnostica las averías antes de que se produzcan y así poder programar los paros para reparaciones en momentos oportunos. En el gráfico 4-5 se presenta el flujo de proceso de mantenimiento Predictivo que claramente designa este tipo de mantenimiento a personal externo.

**GRÁFICO 4-5**

**EMBOL S.A.: Proceso de Mantenimiento Predictivo, 2013**



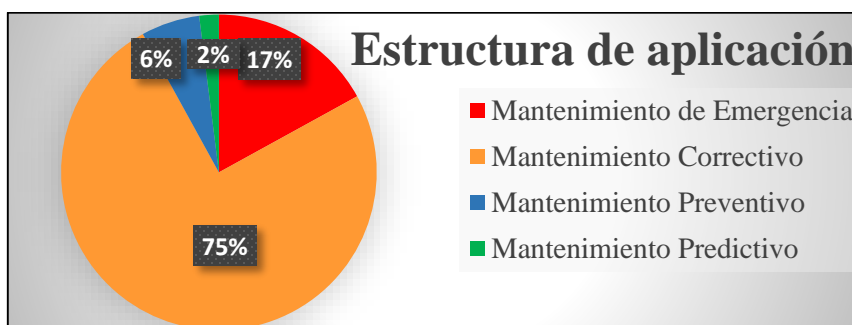
**Fuente:** Elaborado en base al plan de mantenimiento anual de la empresa Embol S.A.

**4.1.1. Ejecución del Programa.**

La estructura de aplicación de los procesos de mantenimiento está regida bajo el documento interno de Embol S. A. Región Occidente: Ingeniería de Mantenimiento, Procedimiento (LP-MT-P-01.01). El porcentaje de aplicación de cada uno de los procesos de mantenimiento para la gestión 2014 está dada de la siguiente manera:

**GRÁFICO 4-6**

**EMBOL S.A.: Proceso de Mantenimiento Predictivo, 2013**



**Fuente:** Elaborado en base al plan de mantenimiento anual de la empresa Embol S.A.

La ejecución del programa de mantenimiento que se desarrolla en Embol S.A. tiene como propósito, establecer por el jefe y supervisores de mantenimiento la correcta aplicación en el tiempo preestablecido sin mayores variaciones, en el Anexo 4-5 se presenta el programa de mantenimiento con la asignación del supervisor correspondiente según el conjunto de la máquina o instalación a intervenir. En cuanto al control de la ejecución del programa de mantenimiento de tiene el programa REGISTRO DE AVERÍAS programa elaborado a medida por el área de mantenimiento de Embol S. A. región occidente de uso exclusivo y a la medida de la empresa en la gestión 2003 que se presentan en el Anexo 4-6.

#### 4.5. ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.

El presente proyecto queda delimitado a las líneas de producción Línea 1: KRONES 90, Línea 2: KRONES 108, debido a la complejidad de la industria englobando también los sistemas que permiten el funcionamiento de las mismas.

##### 4.5.1. Descripción de las líneas de producción.

**CUADRO 4-1**

**EMBOL S.A.: Parque de máquinas línea 1, 2014**

	Código	Maquinaria / Equipo
LÍNEA 1 (KRONES -90) CPI.	L1-ALX	ALEXUS
	L1-CHE	INSPECTOR DE NIVEL
	L1-COB	ANALIZADOR DE BEBIDA EN LÍNEA
	L1-COI	CODIFICADOR EN LÍNEA
	L1-DEC	DESCAPSULADOR
	L1-DNC	DESECAJONADOR
	L1-ENC	ENCAJONADOR
	L1-LLN	LLENADORA
	L1-LNT	LINATRONIC
	L1-LVB	LAVADORA DE BOTELLAS
	L1-LVC	LAVADORA DE CAJAS
	L1-MIX	MIXER
	L1-OZO	GENERADOR DE OZONO
	L1-REL	RECHAZADOR LINEAL
	L1-RIN	RINSER
	L1-SYN	SYNCROJET
	L1-TAP	ALIMENTADOR DE TAPAS
	L1-TRB	TRANSPORTE DE BOTELLAS POR CADENA
	L1-TRBN	TRANSPORTE DE BOTELLAS NEUMÁTICO
	L1-TRE	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
	L1-TUN	TÚNEL TERMO CONTRAÍBLE
	L1-UV	SISTEMA DE U V
	L1-VIS	VISORES
L1-LUB	LUBRICACIÓN DE CINTAS	
L1-TRC	TRANSPORTE DE CAJAS	
L1-CAP	CAPSULADORA	

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

**Línea 1: KRONES 90**, Embotella las bebidas en envases de plástico (Tipo Pet); retornable (RefPet) y no retornables (OW) para presentaciones de 500 cc, 1500 cc y 2000 cc, 2500 cc y vidrio 1.500 cc.

**CUADRO 4-2**

**EMBOL S.A.:** Parque de máquinas línea 2, 2014

	Código	Maquinaria / Equipo
LÍNEA 2 (KRONES -108) CPI.	L2-CAP	CAPSULADORA
	L2-CHE	INSPECTOR DE NIVEL
	L2-COB	ANALIZADOR DE BEBIDA EN LÍNEA
	L2-COI	CODIFICADOR EN LINEA
	L2-DEC	DESCAPSULADOR
	L2-DNC	DESENCAJONADOR
	L2-ENC	ENCAJONADOR
	L2-LLN	LLENADORA
	L2-LNT	LINATRONIC
	L2-LVB	LAVADORA DE BOTELLAS
	L2-LVC	LAVADORA DE CAJAS
	L2-MIX	MIXER
	L2-RIN	RINSER
	L2-TAP	ALIMENTADOR DE TAPAS
	L2-TRB	TRANSPORTE DE BOTELLAS POR CADENA
	L2-TRBN	TRANSPORTE DE BOTELLAS NEUMATICO
	L2-TRE	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA
	L2-TUN	TUNEL TERMOCONTRAIBLE
	L2-UV	SISTEMA DE UV
	L2-VIS	VISORES
L2-LUB	LUBRICACION DE CINTAS	
L2-TRC	TRANSPORTE DE CAJAS	
L2-CODB	CODIFICADOR BURN	
L2-VOL	VOLTEADOR DE CAJAS	

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

**Línea 2: KRONES 108**, Embotella bebidas en envases de vidrio retornables para diferentes formatos: 190 cc, 350 cc, 500 cc, 600 cc, 750 cc, 1000 cc y 1500 cc, 2000 cc.

Los sistemas que permiten el funcionamiento de las líneas de producción son; tratamiento de aguas, Aire comprimido, Vapor, CO<sub>2</sub>, lubricación de cintas, distribución eléctrica, Jarabes, CIP, Presión positiva. Además del sistema de tratamiento de efluentes. En el Anexo 4-7 se muestran el parque de maquinaria y equipo que conforman los sistemas anteriormente citados.

#### 4.5.2. Operaciones por Línea de Producción.

El Anexo 1-5, presenta el cursograma sinóptico de elaboración y embotellado de bebidas basado en el proceso de elaboración de Coca Cola CO. La sincronía entre la entrega de materiales, proceso de manufactura, entrega a expedición del producto terminado, y la flexibilidad de cambio de un formato, tiene que ver siempre con la variable tiempo, por lo que es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos.

Preparación de la línea. Es una tarea programada que en términos generales es adecuar la línea de producción a un tamaño y/o sabor esto implica la adecuación de varios equipos:

- Cambio de formato a la llenadora
- Cambio de formato a la lavadora
- Cambio de formato al túnel
- Cambio de formato al descapsulador (K-108)
- Cambio de formato a las cintas K-90

Arranque de línea. En esta operación se puede apreciar tres arranques en paralelo:

- Carga de línea
- Embotellado
- Desencajonado

Trabajo en línea. En esta etapa entra una producción plena donde trata de llegar a la velocidad teórica. Esta velocidad es en función directa del formato.

Fin del trabajo de línea. Generalmente se asienta en los registros como final del trabajo de embotellado el minuto en el que se termina de llenar la última botella; pero después de esto hay todavía actividades como es el vaciado de cintas de transporte y el respectivo encajonado y Paletizado. En términos de productividad la propuesta se centra en el control de la variable (tiempo de disponibilidad, en minutos).

#### 4.6. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD.

La capacidad de producción esta expresada en términos de cajas unitarias CU, que es la unidad manejada a lo largo de este proyecto, incluyendo al producto terminado, para los diferentes formatos y diferentes sabores que produce Embol S. A. región occidente.

El estudio del área de mantenimiento se basa en el análisis de la velocidad de producción que varía según el formato considerándose el contenido embotellado y no las unidades producidas.

#### 4.6.1. Selección de los objetos de estudio.

Los objetos de estudio, por su importancia, se presentan en el cuadro 4-3 donde se muestra el parque de máquinas y equipos de la sección de embotellado disgregadas por líneas de producción, especificando la marca, y la cantidad existente de los mismos como se observa la empresa cuenta en las líneas 1 y 2 con 51 equipos en la sección de embotellado, de los cuales 40 % fueron adquiridos en el año 1995 (línea 1: Kronen 90), de la empresa KRONES origen alemán. A demás se presentan las velocidades nominales de los equipos, sin embargo al ser una línea de producción continua la capacidad de producción se mide en función de las velocidades de la llenadora, que está dada en botellas por minuto (bpm), en ambas líneas de producción la llenadora tiene una capacidad nominal de 40.000 litros por hora, y tomando en cuenta los diferentes tipos de formatos se puede obtener la cantidad de botellas por minuto por formato.

En el cuadro 4-4 se presenta el cálculo de la depreciación acumulada de los equipos, el mismo se calculó en función del valor de compra y las horas de funcionamiento de los mismos. Como se puede observar en la línea 1 presenta un porcentaje de depreciación mayor con un 75,6 % respecto de 6.499.424.- \$us en comparación a la línea 2 que presenta solamente un 45,5 % respecto de 3.981.269.- \$us debido a que esta última fue adquirida tres años después de la línea 1 en 1998.

Realizando un análisis previo a la implementación del proyecto, el funcionamiento de los equipos no es el óptimo, ya que presentan un deterioro acumulado generando tiempos muertos por averías, bajos rendimientos por velocidad reducida, paradas cortas y también perdidas por productos defectuosos. Sin embargo, la empresa convive con muchas de las fallas que ocurren en los equipos ejecutando un mantenimiento con base en el correctivo.

Considerando que uno de los problemas fundamentales son los equipos antiguos, el Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial es prioritario, porque no es posible pensar en un mantenimiento mucho más específico debido a la gran variedad, las interrelaciones e interdependencias con el sistema productivo y la diversidad de equipos asimismo el grado de importancia de cada uno de ellos, que más evidentes en las líneas de producción.

**CUADRO 4-3**

**EMBO S.A.: Parque de maquinaria y equipo, 2014**

MAQUINARIA / EQUIPO	DENOMINACIÓN	MARCA	AÑO DE ADQUISICIÓN	VELOCIDAD NOMINAL	UNIDAD	CANTIDAD
<b>LÍNEA KRONES K-90</b>						
L1-DNC	Desencajonador	KRONES	1995	63	[cj/min]	1
L1-VIS	Pantallas de inspección visual humana	-	1995	299	[bpm]	6
L1-DEC	Descapsulador	ALCOA	1997	300	[bpm]	1
L1-SYN	Syncrojet	THERMEDICSF	1995	600	[bpm]	1
L1-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	THERMEDICSF	1995	450	[bpm]	1
L1-LVB	Lavadora de botellas	KRONES	1995	16	[golpes/min]	1
L1-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	KRONES	1995	417	[bpm]	1
L1-LVC	Lavadora de cajas	KRONES	1995	70	[cj/min]	1
L1-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	KRONES	1995	300	[bpm]	1
L1-MIX	Mezcladora "MIXER"	KRONES	1995	40	[l/h]	1
L1-LLN	Llenadora	KRONES	1995	40	[l/h]	1
L1-CAP	Capsulador	ZALKIN	1995	27	[l/h]	1
L1-COI	Codificador	VIDEOJET	1995	30	[bph]	1
L1-ENC	Encajonador	KRONES	1995	63	[cj/min]	1
L1-CHE	Inspector de nivel	KRONES	2000	600	[bpm]	1
L1-TUN	Tunel termocontraible	CERMEX	1996	45	[ciclos/min]	1
L1-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	KRONES	1995	299	[bpm]	1
L1-TRBN	Sistema de transporte de botellas neumático	KRONES	1998	299	[bpm]	1
L1-TRC	Sistema de transporte de cajas	KRONES	1995	70	[cj/min]	1
L1-COB	Analizador LAN II	KRONES	1996	450	[bpm]	1
L1-TAP	Alimentador de tapas	KRONES	1995	500	[u/m]	1
<b>TOTAL EQUIPOS LÍNEA KRONES K-90</b>						<b>26</b>
<b>LÍNEA KRONES K-108</b>						
L2-DNC	Desencajonador	KRONES	1998	63	[cj/min]	1
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	-	1998	299	[bpm]	6
L2-DEC	Descapsulador	ALCOA	2006	300	[bpm]	1
L2-SYN	Syncrojet	THERMEDICSF	2006	600	[bpm]	1
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	THERMEDICSF	1998	450	[bpm]	1
L2-LVB	Lavadora de botellas	KRONES	1998	16	[golpes/min]	1
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	KRONES	1998	417	[bpm]	1
L2-LVC	Lavadora de cajas	KRONES	1998	70	[cj/min]	1
L2-VOL	Volteador de cajas	KRONES	1998	70	[cj/min]	1
L2-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	KRONES	1998	300	[bpm]	1
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	KRONES	1998	40	[l/h]	1
L2-LLN	Llenadora	KRONES	1998	40	[l/h]	1
L2-CAP	Capsulador	KRONES	1998	27	[l/h]	1
L2-COI	Codificador	VIDEOJET	1999	30	[bph]	1
L2-ENC	Encajonador	KRONES	1998	63	[cj/min]	1
L2-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	KRONES	1995	299	[bpm]	1
L2-TRC	Sistema de transporte de cajas	KRONES	1995	70	[cj/min]	1
L2-COB	Analizador LAN II	KRONES	1996	450	[bpm]	1
L2-CHE	Checkmat	KRONES	1998	417	[bpm]	1
L2-TAP	Alimentador de tapas	KRONES	1998	500	[u/m]	1
<b>TOTAL EQUIPOS LÍNEA KRONES K-108</b>						<b>25</b>

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.



**CUADRO 4-4**

**EMBOL S.A.: Cálculo depreciación acumulada equipos Línea KRONES 90, 2014**

MAQUINARIA / EQUIPO	DESCRIPCIÓN	AÑO DE ADQUISICIÓN	VALOR DE COMPRA [SUS]	VIDA UTIL [h]	HORA DE TRABAJO [h]	VIDA UTIL RESIDUAL [h]	FACTOR DE DEPRECIACIÓN [SUS/h]	DEPRESIACIÓN ACUMULADA [SUS]	DEPRESIACIÓN ACUM. PORCT. [%]
<b>LÍNEA KRONES K-90</b>									
L1-DNC	Desencajonador	1995	169.610	200.000	147.937	52.063	0,85	125.458	73,97%
L1-VIS	Pantallas de inspección visual humana	1995	42.690	350.000	226.682	123.318	0,12	27.649	64,77%
L1-DEC	Descapsulador	1997	62.871	200.000	147.937	52.063	0,31	46.505	73,97%
L1-SYN	Syncrojet	1995	114.584	300.000	102.875	197.125	0,38	39.293	34,29%
L1-ALX	Inspector de botellas vacias "ALEXUS"	1995	329.487	250.000	102.875	147.125	1,32	135.584	41,15%
L1-LVB	Lavadora de botellas	1995	756.443	250.000	147.937	102.063	3,03	447.624	59,17%
L1-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	1995	328.387	250.000	78.745	171.255	1,31	103.435	31,50%
L1-LVC	Lavadora de cajas	1995	190.339	250.000	147.937	102.063	0,76	112.633	59,17%
L1-LNT	Inspector de botellas vacias "LINATRONIC"	1995	306.723	250.000	226.682	23.318	1,23	278.114	90,67%
L1-MIX	Mezcladora "MIXER"	1995	395.304	300.000	226.682	73.318	1,32	298.694	75,56%
L1-LLN	Llenadora	1995	1.350.480	300.000	226.682	73.318	4,50	1.020.432	75,56%
L1-CAP	Capsulador	1995	50.428	200.000	158.677	41.323	0,25	40.009	79,34%
L1-COI	Codificador	1995	5.957	200.000	158.677	41.323	0,03	4.726	79,34%
L1-ENC	Encajonador	1995	191.292	200.000	147.937	52.063	0,96	141.496	73,97%
L1-CHE	Inspector de nivel	1996	268.290	150.000	89.237	60.763	1,79	159.609	59,49%
L1-TUN	Tunel termocontraible	1996	154.123	300.000	102.875	197.125	0,51	52.851	34,29%
L1-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	1995	618.945	250.000	147.937	102.063	2,48	366.259	59,17%
L1-TRBN	Sistema de transporte de botellas neumatica	1998	900.577	250.000	78.745	171.255	3,60	283.664	31,50%
L1-TRC	Sistema de transporte de cajas	1995	177.142	250.000	69.120	180.880	0,71	48.976	27,65%
L1-COB	Analizador LAN II	1996	52.119	200.000	46.580	153.420	0,26	12.139	23,29%
L1-TAP	Alimentador de tapas	1997	33.633	200.000	52.892	147.108	0,17	8.895	26,45%
<b>TOTAL LÍNEA KRONES K-90</b>			<b>6.499.424</b>		<b>Total de depreciación Acumulada</b>			<b>3.754.044</b>	<b>75,56%</b>

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

**CUADRO 4-5**

**EMBOL S.A.:** Cálculo depreciación acumulada equipos Línea KRONES 108, 2014

MAQUINARIA / EQUIPO	DESCRIPCIÓN	AÑO DE ADQUISICIÓN	VALOR DE COMPRA [US\$]	VIDA UTIL [h]	HORA DE TRABAJO [h]	VIDA UTIL RESIDUAL [h]	FACTOR DE DEPRECIACIÓN [US\$/h]	DEPRESIACIÓN ACUMULADA [US\$]	DEPRESIACIÓN ACUM. PORCT. [%]
<b>LÍNEA KRONES K-108</b>									
L2-DNC	Desencajonador	1998	150.684	200.000	69.100	130.900	0,75	52.061	34,55%
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	1998	47.567	350.000	113.650	236.350	0,14	15.446	32,47%
L2-DEC	Descapsulador	2010	74.525	200.000	65.542	134.458	0,37	24.423	32,77%
L2-SYN	Syncrojet	2010	129.040	300.000	65.542	234.458	0,43	28.192	21,85%
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	1998	349.654	250.000	62.414	187.586	1,40	87.293	24,97%
L2-LVB	Lavadora de botellas	1998	21.627	250.000	69.100	180.900	0,09	5.978	27,64%
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	1998	348.487	250.000	44.550	205.450	1,39	62.100	17,82%
L2-LVC	Lavadora de cajas	1998	97.270	250.000	69.100	180.900	0,39	26.885	27,64%
L2-VOL	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	1998	175.252	250.000	113.650	136.350	0,70	79.670	45,46%
L2-LNT	Mezcladora "MIXER"	1998	314.267	300.000	113.650	186.350	1,05	119.055	37,88%
L2-MIX	Llenadora	1998	1.138.935	300.000	113.650	186.350	3,80	431.467	37,88%
L2-LLN	Capsulador	1998	52.735	300.000	65.542	234.458	0,18	11.521	21,85%
L2-CAP	Codificador	1999	23.749	200.000	65.542	134.458	0,12	7.783	32,77%
L2-COI	Encajonador	1998	171.158	200.000	69.100	130.900	0,86	59.135	34,55%
L2-ENC	Sistema de transporte de botellas por cadenas	1995	625.656	250.000	69.100	180.900	2,50	172.931	27,64%
L2-TRB	Sistema de transporte de cajas	1995	130.099	250.000	62.414	187.586	0,52	32.480	24,97%
L2-TRC	Analizador LAN II	1996	53.161	200.000	39.650	160.350	0,27	10.539	19,83%
L2-COB	Checkmat	1998	28.458	200.000	44.550	155.450	0,14	6.339	22,28%
L2-CHE	Dosificador de soda	2001	4.108	200.000	37.845	162.155	0,02	777	18,92%
L2-TAP	Alimentador de tapas	1998	44.837	200.000	26.594	173.406	0,22	5.962	13,30%
<b>TOTAL EQUIPOS LÍNEA KRONES K-108</b>			<b>3.981.269</b>		<b>Total depreciación Acumulada</b>			<b>1.240.037</b>	<b>45,46%</b>

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.



**A. Clasificación de las pérdidas en los equipos.** El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que estos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible. Para ello es necesario clasificar, describir y eliminar los principales factores que deterioran las condiciones operativas ideales de los equipos.

Para eliminar las pérdidas que afectan a la productividad y la calidad, primero se tiene que realizar una clasificación de las mismas, conocer su magnitud y comportamiento en el tiempo, para que de esta manera se pueda realizar un modelo de mantenimiento industrial efectivo y que además permitan valorar las acciones implementadas.

Para realizar un adecuado análisis de las pérdidas en EMBOL S. A., se han clasificado en siete grandes pérdidas, las cuales están agrupadas en tres grandes categorías tomando en consideración el tipo de efectos que pueden presentar en el rendimiento del sistema productivo, en el Anexo 4-8, se puede apreciar la clasificación de las pérdidas generales que afectan a la productividad, el tipo de deficiencia que representa cada una de las pérdidas, sus características y el objetivo a alcanzar.

#### **4.6.2. Recolección de Datos.**

Con la selección de los objetivos de estudio, se procede analizar los datos del registro de averías para las máquinas y equipos en las líneas de producción Línea K-90, Línea K-108, y el Sistema de aire comprimido. A partir del registro de averías conjuntamente con las horas de funcionamiento se calculó las el tiempo medio entre fallas MTBF [h], construyéndose un resumen general presentado en el cuadro 4-6, y obteniendo los gráficos resumen de las líneas 1 y 2, además del sistema de aire comprimido, desagregándolos por equipo y periodo mensual, que son presentados en el gráfico 4-7.

Por último se graficó el indicador global de tiempo medio entre fallos por equipos en el gráfico 4-7.



**CUADRO 4-6**

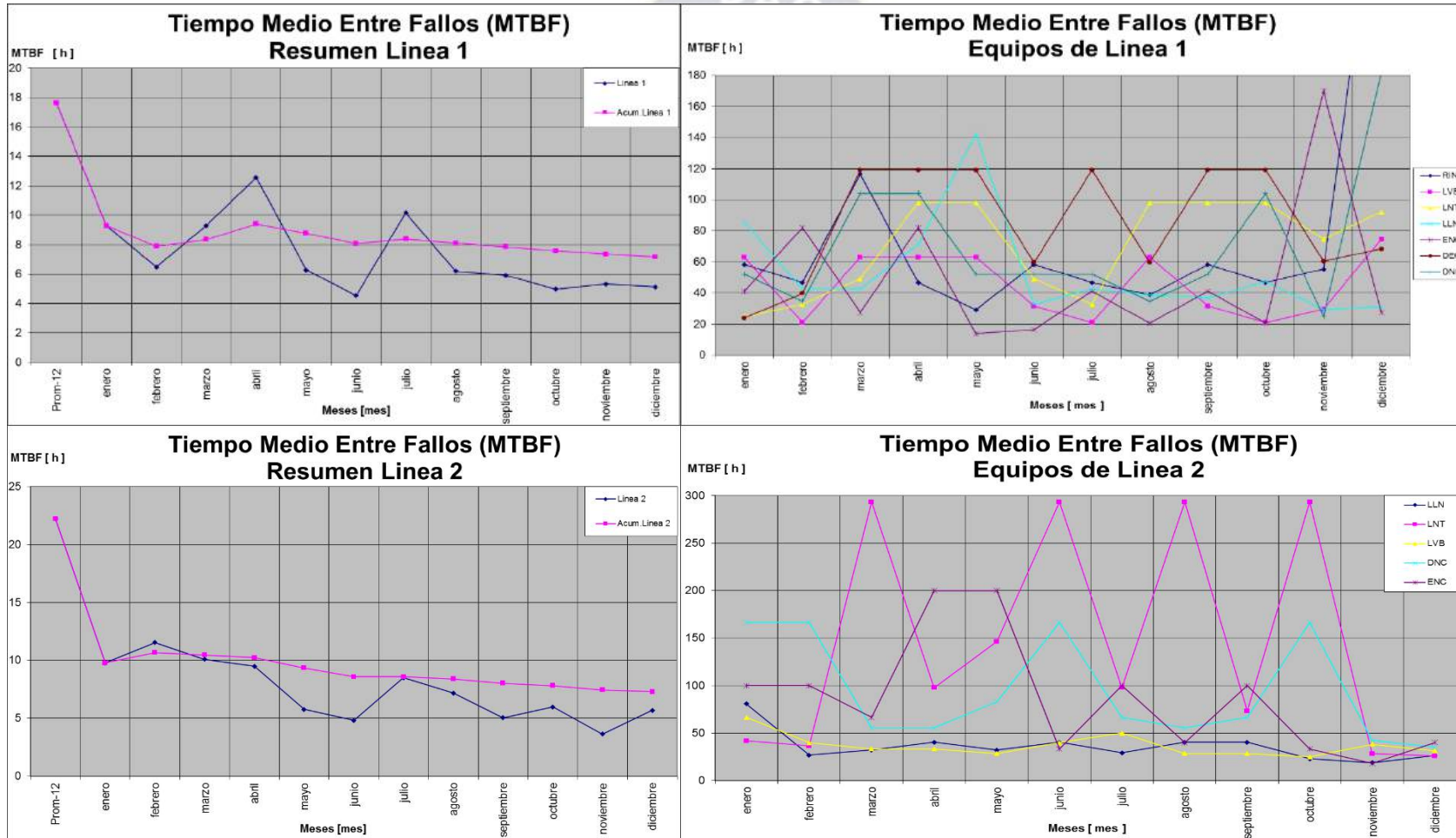
**EMBOL S.A.: Análisis de tiempo medio entre fallas, 2013**

<b>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS MTBF ( EN HORAS )</b>													
<b>EQUIPOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>INGER XF 60</b>	236,50	236,50	236,50	473,00	236,50	473,00	118,25	236,50	473,00	236,50	254,50	570,00	<b>315,06</b>
<b>INGER M 68</b>	639,00	213,00	319,50	639,00	213,00	319,50	639,00	319,50	639,00	639,00	427,00	468,00	<b>456,21</b>
<b>LNT L2</b>	41,86	293,00	293,00	97,67	146,50	293,00	97,67	293,00	73,25	293,00	28,20	25,86	<b>164,67</b>
<b>DNC L2</b>	166,50	166,50	55,50	55,50	83,25	166,50	66,60	55,50	66,60	166,50	42,50	35,20	<b>93,89</b>
<b>LVB L2</b>	66,67	40,00	33,33	33,33	28,57	40,00	50,00	28,57	28,57	25,00	38,29	31,56	<b>36,99</b>
<b>LLN L2</b>	80,75	26,92	32,30	40,38	32,30	40,38	29,36	40,38	40,38	23,07	18,93	26,50	<b>35,97</b>
<b>ENC L2</b>	100,00	100,00	66,67	200,00	200,00	33,33	100,00	40,00	100,00	33,33	18,23	40,17	<b>85,98</b>
<b>DEC L1</b>	23,80	39,67	119,00	119,00	119,00	59,50	119,00	59,50	119,00	119,00	60,33	68,25	<b>85,42</b>
<b>RIN L1</b>	58,25	46,60	116,50	46,60	29,13	46,60	46,60	38,83	58,25	46,60	55,20	330,00	<b>76,60</b>
<b>LNT L1</b>	24,50	32,67	49,00	98,00	98,00	49,00	32,67	98,00	98,00	98,00	74,50	92,00	<b>70,36</b>
<b>ENC L1</b>	41,00	82,00	27,33	82,00	13,67	16,40	41,00	20,50	41,00	20,50	170,00	27,43	<b>48,57</b>
<b>LVB L1</b>	63,00	21,00	63,00	63,00	63,00	31,50	21,00	63,00	31,50	21,00	29,50	74,50	<b>45,42</b>
<b>LLN L1</b>	85,40	42,70	42,70	71,17	142,33	32,85	42,70	38,82	36,70	47,44	29,20	31,20	<b>53,60</b>
<b>DNC L1</b>	52,00	34,67	104,00	104,00	52,00	52,00	52,00	34,67	52,00	104,00	24,71	181,50	<b>70,63</b>
<b>LINEA 1</b>	<b>9,28</b>	<b>6,47</b>	<b>9,28</b>	<b>12,56</b>	<b>6,28</b>	<b>4,54</b>	<b>10,17</b>	<b>5,92</b>	<b>4,97</b>	<b>5,31</b>	<b>5,11</b>	<b>7,17</b>	<b>7,17</b>
<b>LINEA 2</b>	<b>9,79</b>	<b>11,54</b>	<b>10,09</b>	<b>9,50</b>	<b>5,77</b>	<b>4,82</b>	<b>8,50</b>	<b>5,05</b>	<b>5,98</b>	<b>3,64</b>	<b>5,68</b>	<b>7,29</b>	<b>7,29</b>
<b>S. AIRE</b>	<b>437,75</b>	<b>218,88</b>	<b>291,83</b>	<b>875,50</b>	<b>218,88</b>	<b>437,75</b>	<b>218,88</b>	<b>875,50</b>	<b>437,75</b>	<b>340,75</b>	<b>753,00</b>	<b>449,86</b>	<b>449,86</b>
TASA DE FALLO LINEA 1	0,108	0,155	0,108	0,080	0,159	0,220	0,098	0,162	0,201	0,188	0,196	0,139	<b>0,151</b>
TASA DE FALLO LINEA 2	0,102	0,087	0,099	0,105	0,173	0,207	0,118	0,139	0,167	0,167	0,167	0,167	<b>0,142</b>
TASA DE FALLOS S. AIRE	0,002	0,005	0,003	0,001	0,005	0,002	0,005	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	<b>0,003</b>
<b>HORAS DE PRODUCCIÓN</b>													
<b>LINEA 1</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>427,00</b>	<b>367,00</b>	<b>427,00</b>	<b>292,00</b>	<b>4.814,00</b>
<b>LINEA 2</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>323,00</b>	<b>284,00</b>	<b>3.832,00</b>
<b>S. DE AIRE</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>875,50</b>	<b>681,50</b>	<b>10.189,50</b>

Fuente. Elaboración con base en datos de logística y planificación del mantenimiento Embol S.A.

**GRÁFICO 4-7**

**EMBO S.A.: Gráficos Resumen y desagregación por equipos TMBF, 2013**



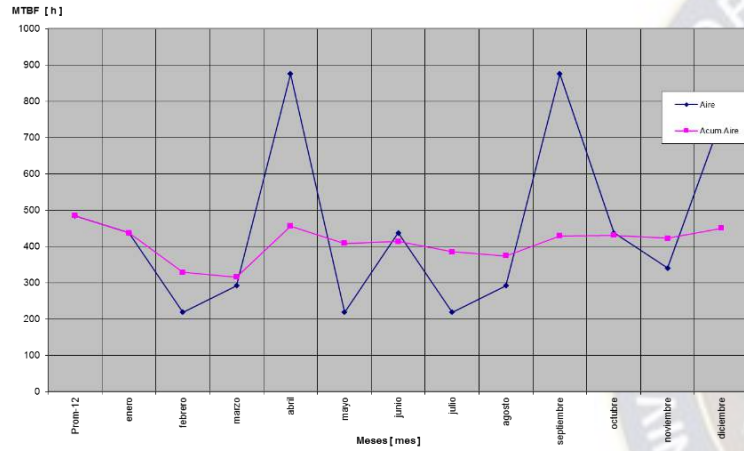
**Fuente:** Elaboración con base en datos de cuadro 4-6



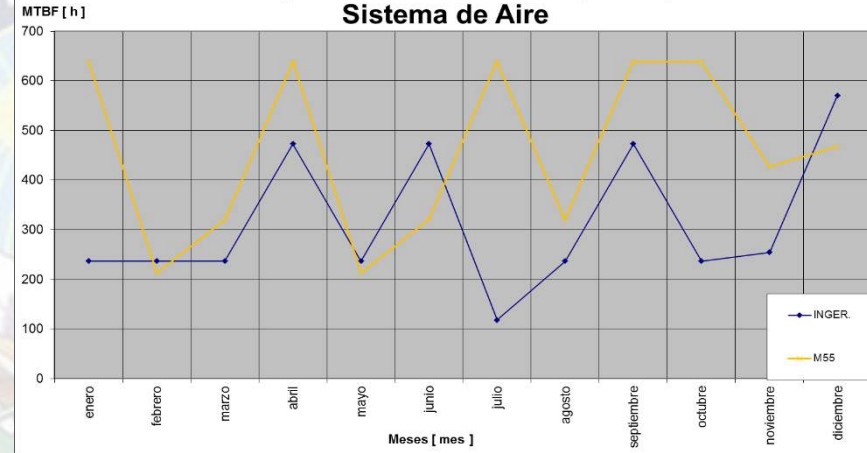
**GRÁFICO 4-7 (Continuación)**

**EMBO S.A.: Gráficos Resumen y desagregación por equipos TMBF, 2013**

**Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)  
Resumen Aire**



**Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)  
Sistema de Aire**



**INDICADOR GLOBAL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS**



Fuente: Elaboración con base en datos de cuadro 4-6

### 4.6.3. Cálculo de la Capacidad.

Realizando un análisis de los datos de proceso de producción para las diferentes órdenes de producción, el histórico de programación de la producción, y control de la producción cuyo análisis comprende las gestiones 2013 y 2014 se realizó el cálculo de la capacidad de producción por velocidad de operación por línea y tipo de formato obteniéndose una tabla resumen de:

**CUADRO 4-7**

**Embol S. A.:** Velocidades de producción líneas K-90 y K108 por formato, 2014

LÍNEA	ENVASE	TAMAÑO	VELOCIDAD
K-90	PET	500	250
K-90	PET	600	250
K-90	PET	1000	180
K-90	PET	1500	230
K-90	Vidrio	1500	120
K-90	PET	2000	230
K-90	REF-PET	2000	220
K-90	PET	2500	167
K-108	Vidrio	190	480
K-108	Vidrio	237	450
K-108	Vidrio	350	450
K-108	Vidrio	600	340
K-108	Vidrio	750	330
K-108	Vidrio	1000	300
K-108	Vidrio	1250	250
K-108	Vidrio	1500	250

**Fuente:** Elaboración con base en datos de Asistencia de producción Embol S. A.

### 4.6.4. Identificación de las variables determinantes.

La documentación actual del mantenimiento en Embol S. A. región occidente tiene establecida como variables claves del mantenimiento a las siguientes:

**Confiability.** Definida también como fiabilidad que es la probabilidad de que las máquinas y equipos funcionen sin fallar durante un tiempo determinado y bajo condiciones específicas.

**Disponibilidad.** Probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento requerido.

**Mantenibilidad.** Característica inherente al elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria.

Las tres variables que serán consideradas y tomadas muy en cuenta en la construcción del modelo de mantenimiento industrial.

#### **4.6.5. Determinación del Modelo de Pronóstico de fallas.**

En la actualidad Embol S. A. regio occidente no posee una metodología de pronóstico de fallas para el seguimiento adecuado del mantenimiento de sus equipos maquinaria e instalación quedando claramente como una necesidad a ser resuelta por este proyecto.

#### **4.6.6. Análisis de los resultados.**

El trabajo está organizado por órdenes de trabajo, para asignación de prioridades, distribución de materiales y mano de obra y un 60% de estas órdenes son clasificadas según el tipo de mantenimiento realizado. Actualmente un 70% las peticiones de trabajo que reciben en mantenimiento se consideran urgentes debido a que las tareas a realizar son propias de un mantenimiento correctivo y de emergencia.

Las operaciones de mantenimiento son controladas por los supervisores del área, pero no se dispone de un sistema de asignación de tiempos a cada orden de trabajo, actualmente la empresa cuenta con información actual sobre las tareas realizadas debido al uso de registros que facilitan esta labor, y se está procurando recopilar la mayor información posible sobre las fallas en los equipos para evitar que en un futuro se repitan estos problemas.

Cabe destacar que hasta el momento no se dispone con un archivo con el historial de las piezas de los equipos de mayor costo, ciclo de vida de los repuestos y su tendencia de tipo de reparaciones. La empresa efectuó un seguimiento sistemático de la gestión de mantenimiento mediante la evolución de los siguientes índices de control.

- Gastos de mantenimiento por unidad de producto.
- Disponibilidad de las instalaciones.
- Horas planificadas por horas disponibles.
- Órdenes de trabajo urgentes.

Con respecto a la capacitación se selecciona personal para asistir a algún tipo de curso dependiendo de la necesidad y de la posibilidad del área.

La empresa no utiliza programas de computación en la gestión de mantenimiento, pero se vio la necesidad de aplicarlos en un futuro.

Basado en el análisis de los datos recolectados y los resultados de los mismos que se presentaron en el punto 4.6.2. del presente proyecto observamos del gráfico 4-7 que en la actualidad los equipos que presentan la mayores problemas por averías registradas pertenecen al sistema de Aire comprimido y en el caso de la líneas al Decapsulador y Lavadora de botellas, por el grado técnico de conocimiento para realizar un estudio más detallado sobre el adecuado mantenimiento técnico se toman como ejemplo de aplicación al compresor de aire y la lavadora de botellas para estudio de mantenimiento más detallado en los siguientes puntos.

#### **4.7. CONCLUSIONES**

En el capítulo se logró describir las características principales del funcionamiento actual del área de mantenimiento industrial en la empresa, en consecuencia ahora se cuenta con un panorama claro acerca de su sistema, con sus componentes, sus interrelaciones, sus bases administrativas, y la funcionalidad, que han sido descritos con detalle para mejorar el sistema.

## CAPÍTULO V: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

---

El propósito del presente capítulo es definir las herramientas técnicas y de gestión, así como la metodología que será utilizada en la estructuración de diseño del modelo de mantenimiento industrial, describiendo a detalle los principios y fundamentos que lo sustentan y el sistema sobre el cual funciona.

### 5.1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

La creciente competencia y la demanda de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad han obligado a los fabricantes a adoptar la “automatización”. Esto ha dado lugar a inversiones muy grandes en equipo. Para alcanzar las tasas de rendimiento de las inversiones fijadas, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado sin que se den paros de trabajo y reparaciones costosas. Muchas compañías de procesos han implantado “programas justo a tiempo” (JIT), y están operando con inventarios de trabajo en proceso tan bajos que no existe reserva de inventario que pueda utilizarse en caso de que ocurra una descompostura que dure mucho tiempo. Estas dos tendencias han llevado al primer plano la función del mantenimiento como actividad clave para producir con alto nivel de calidad, y con especificaciones de producción, que se alcanzan mediante acciones oportunas de mantenimiento.

Resulta innegable aceptar la vigencia y entidad que ha adquirido el mantenimiento; pasando de una tarea de reparación en un determinado equipo, a una potencial herramienta para la disminución de costos provocados por la inutilización temporal de los equipos y por las paradas de producción. Esta rápida evolución es manifestada en un continuo desarrollo de las metodologías de mantenimiento, dirigidas a conseguir mejores y más eficientes operaciones en las industrias, convirtiéndolo de esta manera en uno de los factores más importantes de fiabilidad y calidad de los productos.

El mantenimiento de sistemas productivos asume una relevancia creciente en la industria debido a la complejidad de las máquinas en funcionamiento productivo y la relación con



los diferentes componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos, térmicos y sistemas informáticos; debiendo realizar su acción a lo largo de todo el ciclo de vida del objeto, desde su especificación hasta su desactivación.

### **Definición de Mantenimiento.**

Pessoa A. (1997): “El conjunto de acciones y medidas destinadas a garantizar el correcto funcionamiento de una instalación productiva, evitando de esta forma que baje su rendimiento o que sus elementos productivos dejen de funcionar”<sup>15</sup>.

Duffuaa – Raof – Dixon (2002): “Se define como la combinación de las actividades mediante las cuales un equipo o sistema, se mantiene en, o se reestablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa”<sup>16</sup>.

Klijn A. (2000): “Mantener no solo significa tener el equipo funcionando, sino tenerlo en la más alta condición de servicio, con ello el equipo y la compañía, pueden y cumplirán con las severas condiciones impuestas por los reglamentos técnicos y las normas medioambientales”<sup>17</sup>.

Es muy probable encontrar tantas definiciones gramaticales con base a la función del mantenimiento, como personas que las expresen, pero sin duda todas llevan de forma explícita el mismo concepto, pero con fines prácticos, para la correcta implementación se tiene la siguiente definición propia de mantenimiento industrial.

#### **DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

Mantenimiento industrial es la combinación de actividades técnicas de aplicación directa y acciones de gestión económica, mediante las cuales, una instalación, equipo o maquinaria, se mantiene o se reestablece en un estado que pueda asegurar un funcionamiento o servicio óptimo ofreciendo una ventaja competitiva, buscando prolongar su ciclo de vida a un costo mínimo con máxima calidad y seguridad.

<sup>15</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011), “Principios y fundamentos de la ingeniería del mantenimiento”, pág. 4

<sup>16</sup> Duffuaa – Raof – Dixon (2002), “Sistemas de mantenimiento planeación y control”, pág. 29

<sup>17</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011), “Principios y fundamentos de la ingeniería del mantenimiento”, pág. 4

## 5.2. SELECCION DE LA METODOLOGÍA.

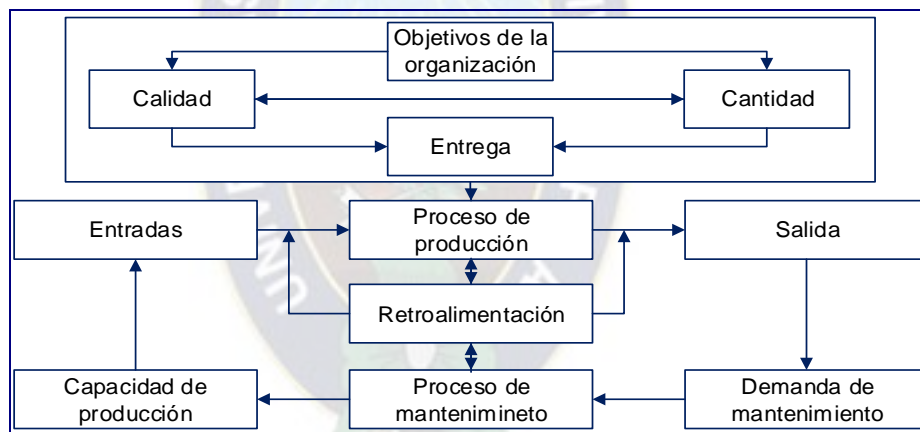
### A) ENFOQUE DE SISTEMA AL MANTENIMIENTO.

Grover Pando (2013): “Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados e interdependientes que forman un todo coordinado, organizado y dirigido a alcanzar un objetivo en común”

El mantenimiento puede ser considerado como un sistema en conjunto, con las actividades que se realizan en combinación con los sistemas de producción.

#### GRÁFICO 5-1

**MANTENIMIENTO:** Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento, 2002



**Fuente:** Duffuaa Raof Dixon (2002), “Sistemas de mantenimiento planeación y control”, pág. 30

En el gráfico anterior se muestra un diagrama de relaciones entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento. Los sistemas de producción generalmente se ocupan de convertir entradas o insumos, como materias primas, mano de obra y procesos en productos que satisfacen las necesidades de los clientes.

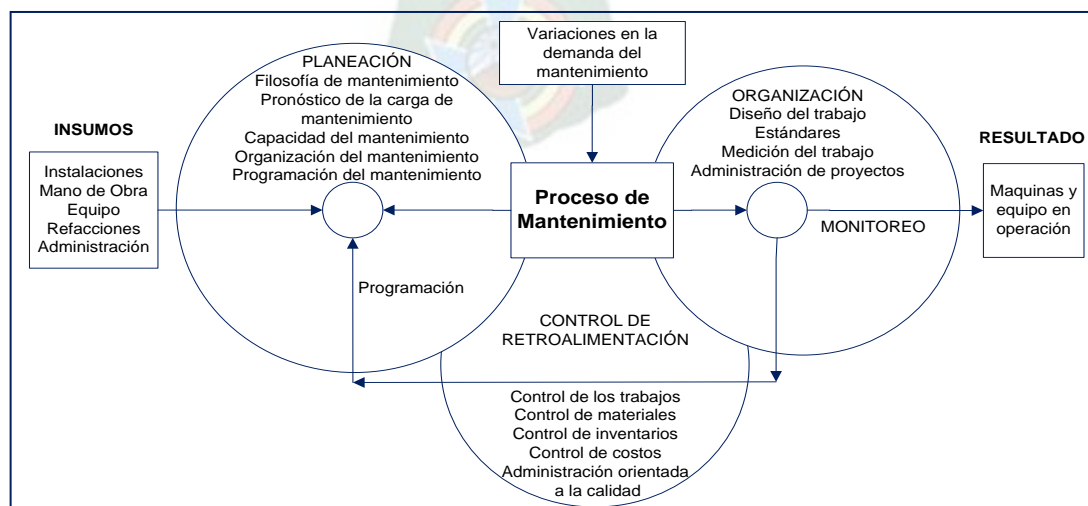
La primera salida de los sistemas de producción son los productos terminados; una salida secundaria es la falla de un equipo. Esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento. El sistema de mantenimiento toma esto como una entrada y le agrega conocimiento experto, mano de obra y refacciones, produciendo un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción aceptable.

La principal meta de un sistema de producción es elevar al máximo las utilidades a partir de las oportunidades disponibles en el mercado, y la meta secundaria tiene que ver con los aspectos económicos y técnicos del proceso de conversión. Los sistemas de mantenimiento también contribuyen al logro de estas metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Éstas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

Desde hace mucho tiempo se ha tomado en cuenta el papel de los sistemas de mantenimiento en las empresas manufactureras. Sin embargo es claro que las funciones de mantenimiento también son esenciales en las empresas de servicios como hospitales, bancos, instituciones educativas. En organizaciones como los hospitales por ejemplo, las máquinas de rayos X y de exploración del cerebro deben mantenerse funcionando todo el tiempo debido a que son equipos fundamentales para la vida humana. Los conceptos, modelos y técnicas que se pretenden representar en el proyecto para la planeación, diseño, organización y control de los sistemas de mantenimiento son aplicables a todas las organizaciones que realizan una función de negocios pero con una mayor aproximación a la industria de procesos. Por otra parte, se debe hacer un llamado a la conciencia de que existe un amplio espectro para el empleo del material que se realizara en el proyecto.

**GRÁFICO 5-2.**

**MANTENIMIENTO: Sistema típico de mantenimiento, 2012**



**Fuente:** Duffuaa Raof (2012) “Sistemas de mantenimiento planeación y control” pág. 31

Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada y salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, refacciones, equipo, etc., y la salida es equipo funcionando, confiable y bien configurado, para lograr la operación planeada de la planta. Esto nos permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas de un sistema de mantenimiento. En esta figura se muestra un sistema típico de mantenimiento y control, se pretende presentar los componentes de un sistema de mantenimiento que necesita planearse, organizarse y optimizarse a fin de incrementar sus salidas y lograr la mejor utilización de los recursos.

### **5.3. ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO.**

Pese a ser una práctica asociada a la experiencia humana desde las primeras labores artesanas y creadoras en el uso de maquinaria, es en los últimos treinta años cuando ha tenido un gran desarrollo y una rápida evolución, principalmente como consecuencia del elevado costo de parada en máquinas por avería o por mantenimiento, al cada vez mayor costo de maquinaria y equipos, y principalmente a la creciente complejidad de las mismas.

El concepto moderno de Mantenimiento tiene su origen en el vocabulario militar, (anteriormente sí había cuidados, pero no se entendía el mantenimiento como técnica ciencia hasta esta época), la aparición de este término tiene lugar alrededor de 1950 en EE.UU. y, poco después, se introduce en Europa.

### **5.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO.**

La ingeniería de mantenimiento es la disciplina y profesión de la aplicación de los conceptos de ingeniería al mantenimiento para la optimización a sus equipos, procedimientos y presupuestos. Que tiene por objetivo garantizar la fiabilidad y disponibilidad de los recursos de una organización.

El estudio sistemático del mantenimiento busca la estimación del nivel de conservación y deterioro, así como la incidencia que estos dos aspectos pueden tener sobre el riesgo y grado de protección existente. Por ese motivo, los programas de mantenimiento se deben considerar herramientas de gestión preventiva y predictiva, ya que limitan el riesgo de ocurrencia de accidentes y garantizan la seguridad de las personas y de las instalaciones.

Existen distintas clasificaciones de mantenimiento algunas normalizadas en cada país o región pero muy cuestionables de acuerdo a su base de clasificación. Por ello se adoptara la clasificación que aun no siendo la universal, es la más aceptada, Debe considerarse además, que el límite de cada tipo es difícil de establecer dado que a excepción del mantenimiento correctivo, la finalidad de todas es la misma variando la metodología.

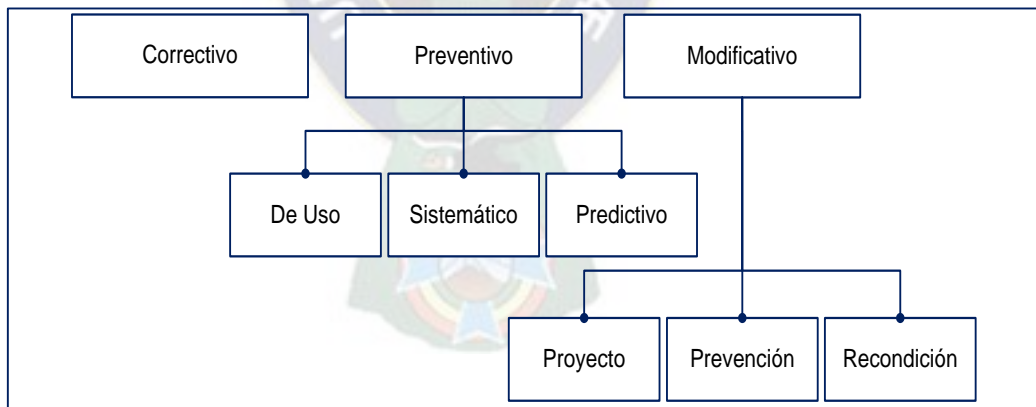
Los diferentes tipos que se describen no son incompatible entre ellos sino que se complementan para lograr un mantenimiento óptimo. En general, puede establecerse que son tres los grupos grandes de tipos de mantenimiento los que se aplican:

- El que actúa una vez aparecida la avería.
- Los que tratan de predecirla o prevenirla antes de su aparición.
- Los que tratan de eliminarla de una forma permanente

El esquema mostrado en el gráfico 5-3 siguiente nos resume la clasificación más aceptada según criterio de diversos autores.

**GRÁFICO 5-3.**

**MANTENIMIENTO.: Clasificación del Mantenimiento, 2011**



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 8

**A. Mantenimiento Correctivo de emergencia.** Permite la utilización de la máquina, equipo o instalación hasta que sobreviene la falla, entonces se repara con mucha premisa o se realiza el reemplazo inmediatamente con la finalidad de evitar consecuencias serias, como costos, pérdidas de tiempo de producción, daños materiales y o humanos mayores.

- B. **Mantenimiento Correctivo.** Permite la utilización de la máquina, equipo o instalación hasta que sobreviene la falla o desarrolle un problema serio entonces se procede a intervenir el equipo para reestablecerlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.
- C. **Mantenimiento preventivo.** Consiste en efectuar las intervenciones en las máquinas, equipos o instalaciones antes de que se produzca la avería y reducir la probabilidad de falla. Para ello se debe crear una metodología a fin de definir las frecuencias de las intervenciones en cada uno de ellos, para efectuar intervenciones previstas preparadas y programadas antes de la fecha probable de aparición de la avería.
- D. **Mantenimiento predictivo.** Consiste en pronosticar el estado y el grado de fiabilidad de una máquina, equipo o instalación, sin necesidad de pararla utilizando técnicas que permiten realizar mediciones de parámetros en funcionamiento correcto que debidamente tratados y analizados deben diagnosticar el tipo de falla que se está produciendo, donde se produce y su severidad, ajustando con mayor precisión el ciclo de vida real de los componentes susceptibles a recambios o renovación.

En el Anexo 5-1 se detalla cada uno de los tipos de mantenimiento clasificados anteriormente.

### 5.5. FILOSOFÍA ACTUAL DE MANTENIMIENTO.

Las estrictas normas de calidad y la presión competitiva han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento, a una unidad con un alto valor en la productividad total, mediante la aplicación de nuevas acciones técnicas y prácticas.

En la situación actual es imprescindible, tanto en las grandes como en las medianas empresas, la implantación de una estrategia de mantenimiento predictivo para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en la productividad de la planta.

El mantenimiento es mucho más que un asunto “apaga fuegos” dentro de la industria, va ligado a un proceso productivo efectivo (Vital para la empresa), a una política seria de desarrollo para la competitividad, al cumplimiento y seguimiento riguroso de las normas de seguridad industrial y a un cambio de mentalidad empresarial, orientado a lograr la calidad total en sus procesos para obtener resultados que signifiquen mayores beneficios.

El Mantenimiento Industrial - M.I. ofrece un bien real, capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Para algunas empresas, el M.I. ha significado enormes dolores de cabeza producto de las fallas en los equipos empleados en el sector, errores en la consecución de personas especializadas en el tema, falta de la seriedad y garantía que debe respaldar el trabajo realizado, y de las paradas en la producción, que representan pérdidas monetarias importantes. Está comprobado que el mantenimiento industrial incide básicamente en seis puntos: los costos de producción, la calidad del producto o servicio, la capacidad operacional, la seguridad e higiene industrial, la calidad de vida de los colaboradores de la empresa y la imagen y seguridad ambiental de la compañía.

Mantenimiento Sistemático, es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas. Este requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales. Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

## **5.6. DIAGNÓSTICOS DE MANTENIMIENTO.**

Las fallas de los equipos y maquinarias se deben a; formas inadecuadas de trabajo, mantenimiento mal realizado o realización deficiente de las reparaciones. El reemplazo de la pieza defectuosa no significa, en absoluto la eliminación de la causa de la falla. Siendo más bien, que se comete el gran error de centrar el mantenimiento en reparaciones

olvidando el análisis de la avería, por tanto estos volverán a repetirse originando nuevas paradas del equipo y más gastos. Por consiguiente, es imprescindible conocer las causas que la han originado y eliminarlas. Por esta razón es fundamental establecer una relación entre fallas, síntomas, causas, y aspectos.

Norma británica BS 3811: “**Falla.** La terminación del equipo para realizar la función requerida”

Ramiro W. Peralta (2011)<sup>18</sup> : “Actualmente no es posible distinguir de una manera clara los conceptos de falla y avería, estando íntimamente ligados. Así nos encontramos con que según el tipo de empresa o la región donde se trabaje se hace referencia a uno u otro vocablo, por lo cual se puede considerar solo como fines prácticos falla o avería indistintamente. Se considera falla o avería como:

Incapacidad de un elemento o sistema para realizar la misión encomendada en diseño, impidiendo que la instalación mantenga su nivel productivo y/o de prestaciones

Debiendo ampliarse la idea a la falta de calidad en el producto, falta de seguridad, pérdidas energéticas y contaminación ambiental”

### **5.6.1. Diagnóstico de fallas.**

El diagnóstico de fallas se puede definir como la investigación de los síntomas y acontecimientos que llevan a la detección y aislamiento de la falla causante de una irregularidad en la maquinaria, o instalación. Esta irregularidad se presenta normalmente como una disminución de las prestaciones, siendo entonces el proceso que permite evaluar la condición actual de funcionamiento.

En el proceso de diagnóstico de fallas, tras la detección e identificación de los síntomas originados por las fallas, es necesaria la identificación de la falla mediante una evaluación de dichos síntomas. Esta relación causa-efecto entre síntomas y falla se conoce como: Correlación Síntoma-Falla.

La base del diagnóstico es la relación existente entre las manifestaciones externas cuantificables (síntomas que determinan el estado de funcionamiento) y los y los mecanismos de falla de los componentes. De forma que siempre que se pueda encontrar

---

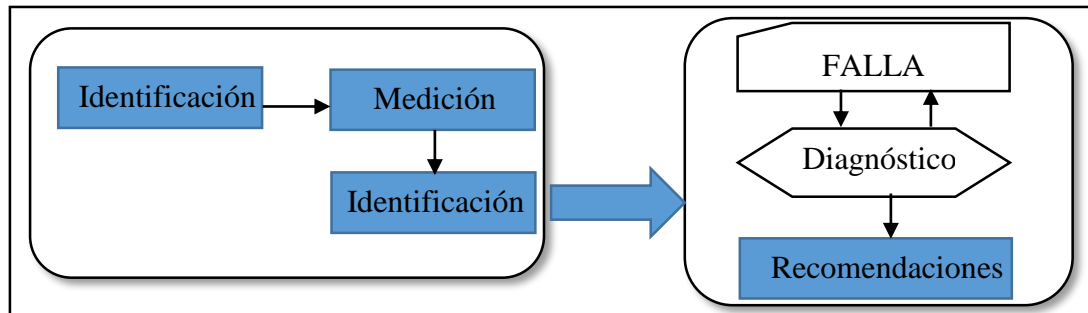
<sup>18</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento”, 2 da edición, Industria Gráfica Píncel, La Paz – Bolivia, pág. 258



el origen de la falla y su severidad por medio de una manifestación sensible, se dispondrá de una herramienta útil de diagnóstico de esta falla. EL propósito es conseguir un buen diagnóstico que hace necesario seguir el ordenamiento mostrado en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO 5-4.**

**MANTENIMIENTO: Secuencia Falla-Recomendación, 2011**



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 275

### 5.6.2. Diagnóstico mediante análisis de vibraciones

Hoy en día la mayoría de las industria modernas dentro de sus programas de mantenimiento predictivo, utiliza el monitoreo y análisis de vibraciones, con el fin de establecer cuál es el estado de salud mecánica de las máquinas y en particular de sus elementos más críticos como son los rodamientos, descansos y engranajes, y de esta manera prevenir fallas catastróficas.

La medida y análisis de vibraciones es utilizado también como técnica de Ensayos No Destructivos para la detección de grietas en ejes, y vigas en la evaluación de máquinas, estructuras e instalaciones. En el caso de los equipos rotatorios, la ventaja que presenta el análisis de vibraciones respecto a otras técnicas como tintas penetrantes, radiografía, ultrasonido, etc., es que se realiza con la máquina funcionando, evitando con ello la pérdida de producción que genera una detención.

#### ¿Qué es una vibración?

En términos muy simples una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. De acuerdo a esto, las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes. Por tanto,

una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes. El Anexo 5-2 detalla el análisis de vibraciones.

**A. Técnicas de análisis de vibraciones.** El objetivo del análisis de vibraciones es poder extraer el máximo de información relevante que ella posee. Para esto existen diferentes técnicas de análisis tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, las cuales tienen sus propias ventajas para algunas aplicaciones.

- **Análisis espectral.** La esencia del análisis espectral es descomponer la señal vibratoria en el dominio del tiempo en sus componentes espectrales en frecuencia, permitiendo, en el caso de las máquinas, correlacionar las vibraciones medidas generalmente en sus descansos, con las fuerzas que actúan dentro de ella.

- **Análisis de la forma de onda.** El análisis de la forma de la vibración en el tiempo a veces puede proveer información complementaria al análisis espectral. Este análisis es adecuado para reconocer los siguientes tipos de problemas:

Impactos.	Modulaciones en amplitud y frecuencias.
Rozamientos intermitentes.	Truncaciones.

- **Análisis de fase de vibraciones.** La diferencia de fase entre dos vibraciones de igual frecuencia es la diferencia en tiempo o en grados con que ellos llegan a sus valores máximos, mínimos o cero, El análisis de diferencias de fase a la velocidad de giro de la máquina entre las vibraciones horizontal y vertical o entre las vibraciones axiales de los diferentes descansos del sistema motor-máquina, permite determinar los movimientos relativos entre ellos y diferenciar entre problemas que generan vibraciones a frecuencia  $1 \times f_{\text{rotación}}$ :

Desbalanceamiento.	Eje doblado.	Poleas excéntricas o desalineadas
Desalineamiento.	Resonancia.	

- **Análisis de demodulaciones.** Consiste en analizar la envolvente de la señal temporal de una señal modulada. Este análisis permite determinar más fácilmente la periodicidad de las modulaciones y diagnosticar problemas tales como:

Rodamientos picados.	Deterioro de álabes en turbinas.
Engranajes con dientes agrietados.	Problemas eléctricos en motores.

- **Análisis de órbitas.** Combinando dos señales vibratorias captadas por sensores ubicados relativamente entre ellos a  $90^\circ$  (vertical y horizontal) en un descenso de la máquina se puede obtener el movimiento del eje en el descenso o su órbita.

- **Análisis de los promedios sincrónicos en el tiempo.** Esta técnica recolecta señales vibratorias en el dominio tiempo, las suma y promedia sincrónicamente mediante un pulso de referencia repetitivo. Las componentes sincrónicas al pulso se suman en el promedio y las no sincrónicas disminuyen de valor con el número de promedios.

- **Análisis de vibraciones en partidas y paradas de una máquina.** Ciertos problemas son más fáciles de diagnosticar durante el funcionamiento transitorio (partidas/paradas) que durante el funcionamiento estacionario. Es el caso de los problemas generados por vibraciones cuyas frecuencias son función de la velocidad de la máquina. Al disminuir ésta, dichos componentes van disminuyendo en acorde, por lo que en algún momento coinciden con alguna frecuencia natural de ella y son amplificadas, evidenciando en ese instante en forma más clara el problema. Por ello se analiza los gráficos de la amplitud y fase de algunas componentes vibratorias en función de la velocidad de rotación, denominados gráficos Bodé. Otro gráfico utilizado para análisis es el diagrama en cascada, gráfico tridimensional muestra espectros vibratorios de diferentes velocidades de rotación.

- **Transformada tiempo - frecuencia.** El análisis espectral es adecuado al analizar vibraciones compuestas de componentes estacionarios. Esto indica qué efectos transitorios de la vibración son promediadas en el período de análisis, perdiéndose información sobre la naturaleza o forma de estas variaciones, existe entonces la necesidad de un análisis que describa mejor señales no estacionarias o transitorias. Esto se consigue con las distribuciones o transformadas tiempo-frecuencia. Las transformadas tiempo-frecuencia son análisis tridimensionales amplitud-tiempo-frecuencia, es decir, se agrega una nueva dimensión (el tiempo) a la clasificación FFT.

### 5.6.3. Diagnóstico mediante análisis de lubricantes

La lubricación tiene por finalidad la reducción de fricción entre dos superficies con movimiento relativo y en contacto entre ellas. Reduciendo la fricción se reduce también el desgaste entre piezas, con lo cual se está otorgando a las mismas una mayor esperanza

de vida útil productiva. La reducción de fricción y desgaste son los objetivos primordiales de la lubricación pero no debe perderse de vista otras misiones que puedan cumplir con la lubricación, como: evitar la corrosión, evacuar el calor generado, eliminar las partículas que aparecen debidas al propio funcionamiento, amortiguar los golpes, reducir los ruidos, proteger contra la herrumbre y la corrosión así como contribuir al arrastre de contaminantes. La sustancia utilizada para obtener estas funciones se denomina lubricante.

Debido a la fricción entre dos cuerpos sin lubricación entre ellos, proviene principalmente de la adhesión y deformación, siendo la primera la más importante, la principal exigencia de la lubricación es que reduzca la fuerza necesaria para cizallar las uniones que se forman entre las asperezas de las superficies. Esto se puede conseguir por dos vías, interponiendo entre las asperezas un material que pueda cizallarse de manera más fácil o bien, mediante la utilización de una sustancia química que altere la resistencia al cizallamiento de las asperezas. El material interpuesto entre las asperezas puede estar en diferente fase: sólido, líquido o gaseoso. Cuando el material está en un estado sólido convencionalmente se denomina “lubricación sólida”, en los otros casos se llama “lubricación fluida”. Esta última es el más empleado actualmente y se caracteriza por el reemplazo de la fricción adhesiva por la fricción viscosa originada por la fuerza necesaria para cizallar el fluido.

La tribología es la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, que se encuentran en contacto mutuo, y los fenómenos con ellos relacionados. Comprende temas como la fricción, el desgaste, la lubricación, diseño y mantenimiento, etc. En el Anexo 5-3 se detalla el análisis de lubricantes.

**A. Análisis para la determinación de la degradación del lubricante.** La degradación del lubricante es el proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite y sus aditivos para cumplir sus funciones de lubricar, proteger, limpiar, refrigerar y sellar, originado por la alteración de sus propiedades físicas y químicas, motivado por las diferentes condiciones a las que se ve sometido dentro de las piezas a lubricar, como elevadas temperaturas, grandes velocidades de cizallamiento, entorno corrosivo, etc.

La velocidad de degradación del lubricante es la rapidez con que pierde sus propiedades fisicoquímicas iniciales. Depende principalmente, del estado y mantenimiento de las

piezas a lubricar, de la calidad del aceite, de la composición del aceite y del tipo de combustible y del tipo de servicio. Algunas de las características de degradación son:

- La utilización de aceites de mejor calidad, entendida como la característica de adaptación a las condiciones de servicio y tipo de motor, retarda la degradación.
- La utilización de combustibles con elevado contenido de azufre aumenta el proceso de degradación de los aditivos básicos y del desgaste por corrosión.
- La velocidad y el nivel de degradación del lubricante aumenta cuando se producen fallas o condiciones en el motor que introducen contaminantes o deterioran sus componentes, como: temperaturas elevadas, presiones extremas en los elementos lubricantes, baja compresión, inyección defectuosa y filtro de aire roto, etc.
- Los añadidos retrasan el proceso de degradación del aceite, no porque se reduzca su velocidad, sino por el efecto de dilución de los contaminantes y por la recuperación de las propiedades al reestablecerse parcialmente el nivel de aditivos. Esta última consecuencia se puede invertir cuando se mezclan aceites con aditivos diferentes.

Los principales síntomas que caracterizan el estado del lubricante son:

**Viscosidad.** Propiedad más importante que define a un aceite lubricante, determinando el establecimiento de una capa de lubricación. Si se emplea un aceite excesivamente viscoso para el requerimiento de trabajo, las pérdidas mecánicas aumentan debido a un mayor rozamiento que provoca mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite que puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite, y pasar aceite sucio al motor. La selección de un aceite de viscosidad más baja que la requerida puede dar lugar a desgaste en las piezas por pérdida de la capa de lubricación y falta de lubricación hidrodinámica.

“Se considera que un aceite en servicio esta degradado cuando su viscosidad varia en más o menos un 30 %, respecto a la que posee cuando esta nuevo.”<sup>19</sup>

- **Acidez-basicidad del lubricante.** El grado de acidez o alcalinidad de un aceite se expresa con los índices de neutralización respectivos, que son:

- El índice de acidez total TAN. Representa los miligramos de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para neutralizar todos los constituyentes ácidos presentes en

<sup>19</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento”, 2 da edición, Industria Gráfica Píncel, La Paz – Bolivia, pág. 145

un gramo de muestra en condiciones normalizadas, Se utiliza poco en diagnóstico de análisis de lubricante, a causa de que su valor depende del contenido de aditivos.

- El índice de acidez fuerte SAN. Corresponde a los miligramos de KOH necesarios para neutralizar solo los ácidos fuertes presentes en un gramo de muestra, Se utiliza para detectar la presencia de ácidos orgánicos que provienen, generalmente, de la combustión. Se usa poco para el seguimiento del aceite, por la poca importancia de la información que suministra.
- El índice de basicidad total TBN. Definido como la cantidad de ácido expresado en miligramos de KOH que se requiere para neutralizar el contenido básico de un gramo de muestra en condiciones normalizadas. La alcalinidad de un aceite nuevo da información sobre su capacidad para neutralizar productos ácidos provenientes de la combustión y de la oxidación del aceite a temperaturas elevadas. Mientras que la de una usada, da información sobre su degradación y reserva alcalina, por tanto, es el parámetro más utilizado en la evolución de los aceites de un motor.
- El índice de basicidad fuerte SBN. Determina el contenido de componentes fuertemente alcalinos de un aceite, Presenta poco interés para el diagnóstico y solamente se utiliza en el seguimiento de ciertos aceites de elevada alcalinidad.

“Se considera que un aceite ha agotado su reserva de alcalinidad, y por tanto procede su cambio, cuando su TBN alcanza un valor igual al 50 % del inicial.”<sup>20</sup>

- **Detergencia del lubricante.** La propiedad detergente de los aceites se obtiene por la utilización de aditivos capaces de evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en los alojamientos de las anillas, faldas de los pistones, guías y vástagos de válvulas, originados por las altas temperaturas del motor que producen cambios en la naturaleza química del lubricante. Un lubricante detergente, además, reduce su oxidación a alta temperatura y mantiene en suspensión los depósitos que se producen a temperaturas normales, mediante un mecanismo que todavía no es bien conocido.

- **Dispersividad del lubricante.** La dispersividad es la propiedad del lubricante mediante la cual se produce la dispersión de los lodos húmedos originados durante el

<sup>20</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento”, 2 da edición, Industria Gráfica Píncel, La Paz – Bolivia, pág. 145

funcionamiento en frío del motor, Los lodos están constituidos por mezclas complejas de productos de la combustión parcialmente quemados, carbón, óxidos y agua.

La detergencia y la dispersividad se reducen con la degradación y el consumo de aditivos correspondientes y aumentan con la reposición de aceite nuevo.

“No existe una relación que se pueda generalizar, entre la variación del índice de basicidad total del lubricante con la degradación y la pérdida de eficacia del aditivo detergente.”<sup>21</sup>

- **Constante dieléctrica.** Es la capacidad de un medio para conducir la electricidad, comparada con la del vacío. En un lubricante nuevo su valor depende del aceite base y de los aditivos, variando durante el uso como consecuencia de su degradación y contaminación, debido a que se forman compuestos como peróxidos, ácidos, etc., que polarizan las moléculas del lubricante con el aumento del valor de la constante dieléctrica. Las sustancias contaminantes como el agua, metales también producen un aumento de la constante dieléctrica. El estado del lubricante se determina a partir de los valores mostrados a continuación y además se puede realizar un sencillo diagnóstico del motor.

### CUADRO 5-1

#### LUBRICACIÓN: Diagnóstico de motor a partir de las mediciones del lubrisensor, 2011

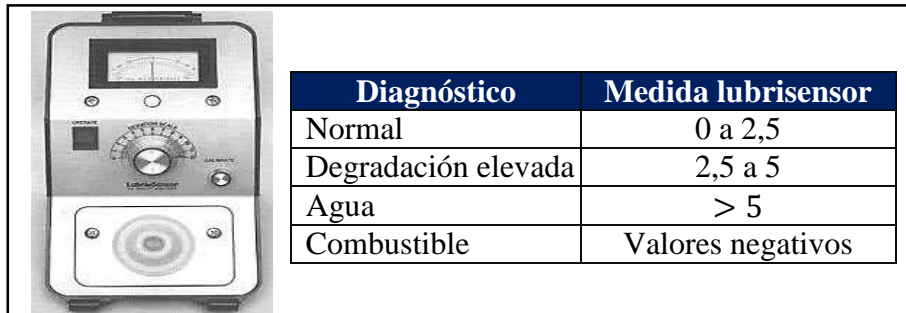
GRUPO 1: Contaminantes que producen un incremento moderado de la constante dieléctrica.	
Contaminación	Fallos en el motor
- Lodos. - Suciedad. - Fenómenos de oxidación. - Ácidos.	- Aceite degradado - Contaminación externa - Filtro de aire roto o en mal estado - Fallas de refrigeración, que producen sobrecalentamiento del motor - Filtro de aceite ineficiente
GRUPO 2: Contaminantes que producen un incremento grande de la constante dieléctrica.	
Contaminación	Fallos en el motor
- Agua. - Anticongelante (glicol). - Partículas metálicas. - Residuos carbonosos.	- Bomba de inyección y/o inyectores defectuosos. - Turbocompresor defectuoso. - Filtro de aire o conducto de admisión obstruido. - Desgaste excesivo de componentes del motor. - Sistema de refrigeración con fugas hacia el circuito de lubricación. - Filtro de aceite obstruido.
GRUPO 3: Contaminantes que provocan una disminución de la constante dieléctrica.	
Contaminación	Fallos en el motor
- Combustibles	- Inyector defectuoso (goteo). - Conductos de combustible con fugas internas. - Contaminación externa por combustible.

**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 149

<sup>21</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento”, 2 da edición, Industria Gráfica Píncel, La Paz – Bolivia, pág. 147

## GRÁFICO 5-5

### LUBRICACIÓN: Equipo lubrisensor y valores referenciales, 2014



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 148

#### 5.6.4. Diagnóstico mediante termografía infrarroja

Casi inmediatamente a la aparición del primer equipo para medir temperaturas a través de rayos infrarrojos, han sido reconocidas y proyectadas sus ventajas para el mantenimiento. Pero, debido a las limitaciones tecnológicas y constructivas, no fue hasta los años noventa en que ha podido considerarse a la Termografía Infrarroja como una técnica suficientemente madura y convenientemente desarrollada para integrarse o los programas de mantenimiento, No obstante, los trabajos precedentes principalmente realizados en laboratorio han servido de base y proporcionado bastante información para hacer más rápida y menos dificultosa su implementación en el campo industrial.

La técnica de monitorizado, busca nuevas y mejores perspectivas de aplicaciones diversas, que van desde las tradicionales como la medicina, las aplicaciones eléctrico-electrónicas, las construcciones, pero sobre todo las convencionales aplicaciones industriales, especialmente por las nuevas perspectivas de monitorizado y análisis que ha brindado el ensayo no destructivo de materiales. También debe hacerse referencia a aquellos campos especiales de aplicación que surgen como consecuencia de su versatilidad, los más nombrados por su aplicación en la investigación son el procesado de imágenes con miras a un diagnóstico automático, ya sea mediante Redes Neuronales o lógica difusa. También la visualización y caracterización de llamas de combustión ya sean estas abiertas o en cámaras de combustión en motores. Así mismo su inclusión en problemas de modelado, análisis numérico, físico fundamental o calor inverso, han permitido que la técnica adquiriera vigencia y actualidad. El Anexo 5-4 detalla el análisis de termografía infrarroja.



**A. La termografía en mantenimiento predictivo.** La termografía en inspecciones de mantenimiento predictivo son potentes herramientas no invasivas para la supervisión y el diagnóstico del estado de componentes e instalaciones eléctricas y mecánicas. Una cámara termográfica, puede identificar problemas en fase temprana, tal que se pueden documentar y corregir antes de que se agraven y resulten más costosos de reparar. Sus características:

- Son tan fáciles de usar como una videocámara o cámara digital.
- Proporcionan una imagen completa de la situación.
- Permiten llevar a cabo inspecciones mientras los sistemas están cargados.
- Identifican y encuentran el problema y guardan información.
- Miden temperaturas e indican exactamente qué se necesita corregir.
- Ayudan a encontrar fallos antes de que se produzcan problemas reales.
- Permiten ahorrar valioso tiempo y dinero.

La termografía con datos de temperatura precisos, proporciona información importante acerca del estado del inspeccionado. Estas inspecciones se pueden realizar mientras el proceso de producción se encuentra en funcionamiento y, en muchos casos, el uso de una cámara termográfica puede incluso ayudar a optimizar el propio proceso de producción.

- **Aplicación de termografía a sistemas eléctricos.** La termografía se utiliza para inspecciones de componentes y sistemas eléctricos de todos los tamaños y formas. La gran variedad de aplicaciones de cámaras termográficas en el rango de sistemas eléctricos son:

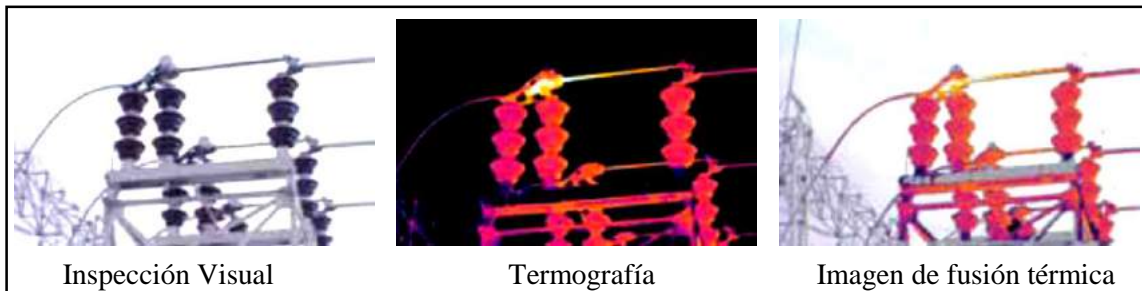
i) Instalaciones de alta tensión. El calor es un factor importante en estas instalaciones. Cuando la corriente pasa a través de un elemento resistivo, genera calor. Una mayor resistencia produce un aumento del calor. Con el tiempo, la resistencia de conexiones eléctricas aumenta, debido, a la holgura y la corrosión. El correspondiente incremento de temperatura puede causar fallas, provocando cortes de tensión inesperados y lesiones. La energía empleada en generar calor provoca pérdidas innecesarias. Si no se comprueba, el calor podría acumularse hasta de fundir conexiones y provocar averías e incluso incendios.

Los fallos en instalaciones de alta tensión que se pueden detectar con termografía son:

- Conexiones recalentadas
- Defectos de aislamiento
- Conexiones mal aseguradas
- Oxidación de interruptores de alta tensión.

### GRÁFICO 5-6

**TERMOGRAFÍA INFRARROJA:** Inspección termográfica de una subestación, 2011

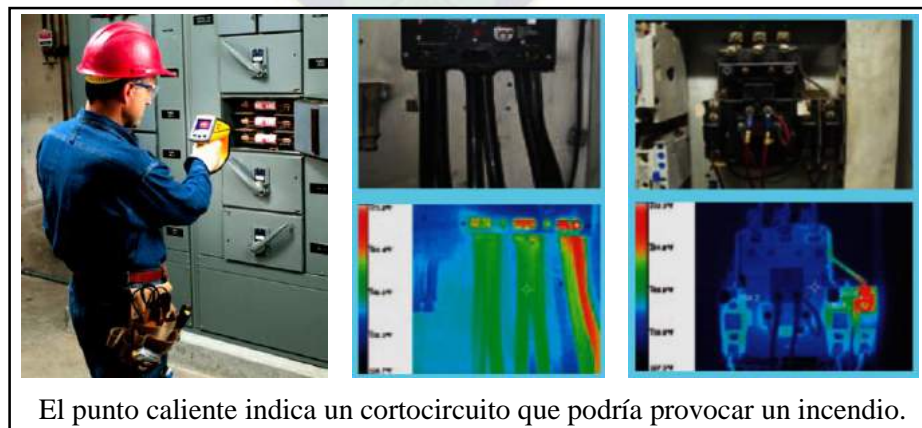


**Fuente.** Alava Ingenieros (2011) “Guía de Termografía para mantenimiento predictivo”<sup>22</sup>

ii) Instalaciones de Baja tensión. Con la termografía se puede examinar regularmente cuadros eléctricos y centros de control de motores. Si no se hacen, el calor podría acumularse hasta el punto de fundir conexiones y provocar averías e incluso incendios. Además de conexiones sueltas, los sistemas eléctricos sufren desequilibrios de carga, corrosión y aumentos de impedancia de corriente. Las inspecciones térmicas permiten localizar rápidamente puntos calientes, determinar la gravedad del problema y calcular el tiempo en el que se debe reparar el equipo.

### GRÁFICO 5-7

**TERMOGRAFÍA INFRARROJA:** Inspección termográfica de instalaciones, 2011



**Fuente.** Fluke (2005) “Guía de Aplicaciones de la Termografía en mantenimiento Industrial”<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Alava Ingenieros (2011) “Guía de Termografía para mantenimiento predictivo”, Madrid-España, [www.alava-ing.es](http://www.alava-ing.es), pág. 14

<sup>23</sup> Fluke Ibérica, S.L. (2005) “Guía de Aplicaciones de la Termografía para mantenimiento industrial”, Países Bajos, [www.fluke.es](http://www.fluke.es), pág. 2, 4.

Los fallos en equipamientos de baja tensión que se pueden detectar con termografía son:

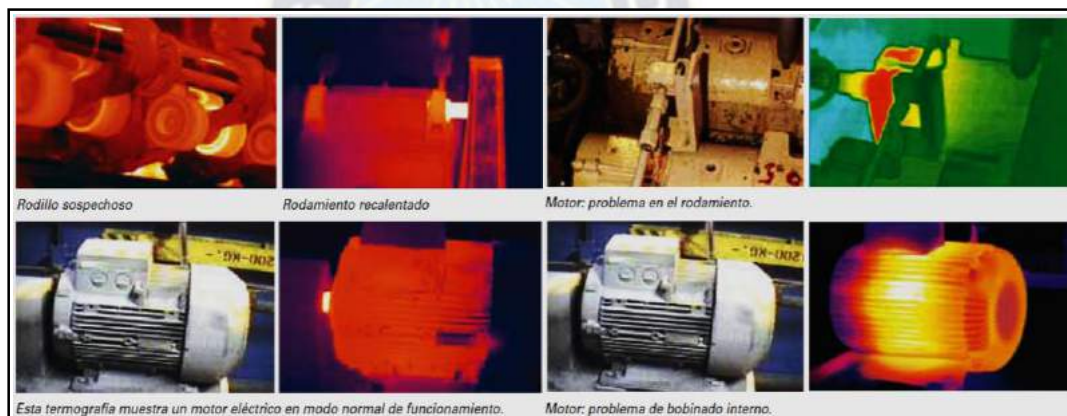
- Conexiones de alta resistencia
- Conexiones corroídas
- Daños internos en los fusibles
- Fallos internos en los disyuntores
- Malas conexiones y daños internos

Estos y otros problemas se pueden detectar en una fase temprana mediante una cámara termográfica. De este modo, se evitarán costosos daños y situaciones peligrosas.

- **Aplicación de termografía a Instalaciones mecánicas.** Los datos térmicos recopilados con una cámara termográfica pueden ser una fuente muy valiosa de información complementaria para los estudios de vibración y la supervisión de los equipos mecánicos.

### GRÁFICO 5-8

#### TERMOGRAFÍA INFRARROJA: Termografía en instalaciones mecánicas, 2011



**Fuente.** Alava Ingenieros (2011) “Guía de Termografía para mantenimiento predictivo”<sup>24</sup>

Los sistemas mecánicos se recalientan si existen fallas en ciertos puntos del sistema. Las cintas transportadoras son un buen ejemplo. Si un rodillo está gastado, aparecerá claramente en la termografía, indicando que debe cambiarse. Cuando los componentes mecánicos se desgastan y pierden eficiencia suelen disipar más calor. Como resultado, los equipos o sistemas defectuosos aumentan rápidamente su temperatura antes de averiarse.

Al comparar periódicamente lecturas de una cámara termográfica con el perfil de temperatura de una máquina en condiciones de funcionamiento normales, es posible detectar una gran cantidad de fallos distintos. También se pueden inspeccionar motores

<sup>24</sup> Alava Ingenieros (2011) “Guía de Termografía para mantenimiento predictivo”, Madrid-España, [www.alava-ing.es](http://www.alava-ing.es), pág. 16, 17.

mediante una cámara termográfica. Las fallas en el motor, como los signos de desgaste en el contacto de las escobillas y los cortocircuitos en los armazones, suelen producir un calor excesivo antes de la falla pero son imposibles de detectar mediante un análisis de vibraciones puesto que con frecuencia generan poca o ninguna vibración. La termografía ofrece una visión completa y permite comparar las temperaturas de distintos motores.

Otros sistemas mecánicos que se supervisan con cámaras termográficas son conexiones, transmisiones, cojinetes, bombas, compresores, correas, turbinas y cintas transportadoras.

Las averías mecánicas que se pueden detectar con la termografía:

- Problemas de lubricación
- Errores de alineación
- Motores recalentados
- Rodillos sospechosos
- Ejes de motor recalentados
- Rodamientos calientes

Estos problemas se detectan en una fase temprana mediante una cámara termográfica, evitando que se produzcan daños costosos y a garantizar la continuidad de la producción.

## **5.7. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

En la organización del mantenimiento, uno de los elementos más importantes es el dar una respuesta en cuanto a la selección del sistema de mantenimiento a planearse. Por ello se mostrara a continuación algunas de las vías que pueden ser implementadas para abordar el perfeccionamiento de la actividad de mantenimiento atendiendo a las estrategias económicas actuales. Evidentemente en el ámbito industrial no se opta por una sola política de mantenimiento sino que se aplican todas ellas en diferentes proporciones, tendiendo siempre a obtener, mejores resultados técnicos económicos. La selección y la frecuencia tanto de la política de mantenimiento como del tipo de actuación se determinan de acuerdo con las características económicas y la fase de desarrollo de la industria.

### **- Planificación del mantenimiento preventivo.**

Programación de revisiones. El propósito de realizar inspecciones complementadas con pruebas no solo radica en comprobar el funcionamiento correcto de los equipos sino también en determinar el estado real en relación a los parámetros e ítems seleccionados.

La selección del tiempo de actuación, debe considerar como primera aproximación, las recomendaciones que brinda el fabricante. Sin embargo, los tiempos de inspección que

brinda el fabricante están pensados en forma muy conservadora que les asegura quedarse muy del lado de la seguridad, debido a que están obligados a aconsejar tiempos entre inspecciones relativamente cortos para garantizar un alto porcentaje de fiabilidad. Por tanto, en instalaciones importantes se debe hacer un estudio técnico-económico para determinar los tiempos de revisión que mejor se ajustan a los objetivos empresariales.

### GRÁFICO 5-9

**MANTENIMIENTO.:** Esquema de planificación del mantenimiento preventivo, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” Pp. 236

Desde el punto de vista técnico, el primer paso a realizar es la determinación de las leyes de estadísticas de fallas. Con el parámetro de mayor interés, el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF: Mean Time Between Failure) característico de la fiabilidad. Se plantea a la densidad de probabilidad “ $f(t)$ ” como una función gaussiana, representando al porcentaje de piezas que fallan por unidad de tiempo, dicha función podría tener la forma que se presenta a continuación.

$$f(t_i) = \frac{n_i/N_0}{\Delta t}$$

Donde:

- $\Delta t$  es el incremento del tiempo entre dos instantes consecutivos.
- $n_i$  son las piezas que fallan entre “ $t$ ” y “ $t + \Delta t$ ”.
- $N_0$  son las pizas que había al inicio.
- $t_i$  es el tiempo de rotura entre piezas  $n_i$ .

Entonces. 
$$MTBF = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{N_0} = \sum(t_i \cdot f(t_i) \cdot \Delta t)$$

Si  $f(t)$  en lugar de ser una función discreta, fuese una función continua, entonces:

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt.$$

Otra forma de calcular el  $MTBF$ , es mediante el control de los Tiempos de Buen Funcionamiento (TBF: *Time Between Failures*). En la que a lo largo de la vida útil se obtendrá una función de onda cuadrada, donde TTR (*Time To Repair*) es el tiempo de reparación, entonces:

$$MTBF = \frac{\Sigma(TBF)}{N^{\circ} Averias+1}$$

Así con el  $MTBF$  nos evalúa el tiempo medio en buen funcionamiento, y por tanto la fiabilidad de la máquina, el  $MTTR$  (Mean Time To Repair) es el tiempo medio entre reparación y es característico de la mantenibilidad. Conocido el  $MTBF$  de cada elemento de la máquina, y la función de densidad  $f(t)$ , podemos determinar el “tiempo de actuación”  $t_a$ , que nos interesa para una probabilidad de falla dada.

La creación de rutinas de mantenimiento con el fin de optimizar el mantenimiento preventivo conviene agrupar las operaciones a realizar sobre un mismo subsistema o conjunto, de esta forma se evita que la máquina tenga que pasar muchas veces por el taller y aumenta así su disponibilidad.

El método que generalmente se utiliza en el mantenimiento preventivo, es el método conocido como ABAC – ABAD este método lo que hace es agrupar las operaciones en secuencias o rutinas según una progresión geométrica. Concretamente.

- La rutina de operación A se efectúa al tiempo  $t_1$
- La rutina de operación B se efectúa al tiempo  $2t_1$
- La rutina de operación C se efectúa al tiempo  $4t_1$
- La rutina de operación D se efectúa al tiempo  $8t_1$

El tiempo  $t_1$  lo fija aquella operación que se realiza más frecuentemente, aunque debe tenerse en cuenta que no conviene hacer más de cuatro rutinas ya que se complicaría la planificación y en general no es necesario.

#### **- Planificación del mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento predictivo solo es aplicable a algunas piezas o máquinas específicas donde la decisión se hace previo estudio técnico-económico.

La base de la predicción de averías es la correlación que puede establecerse, si es posible, de causa y efecto, entre una falla y sus síntomas, de modo que la observación de estos últimos permita predecir el sobrevenir de aquellos, para ello habrá sido preciso establecer previamente los valores o campos de valores del síntoma que reflejen un funcionamiento normal, los que signifique una condición de funcionamiento crítica (límite de avería) , debiendo estudiarse las causas de anomalía con el fin de evitar la aparición de fallas; y finalmente los que supongan la presencia de la falla (así sea incipiente) cuyo valor representa el valor máximo permitido para un parámetro de diagnóstico (límite de alarma).

La determinación de estos límites se debe hacer considerando varios criterios, como el del fabricante, de mantenimiento, de seguridad, económico y de experiencia, debe tenerse en cuenta que los síntomas no son necesariamente manifestaciones de fallas, ya que los síntomas siempre se pueden medir, y las fallas so contribuyen a que su valor sea anormal. Los monitorizados del nivel de deterioro pueden ser de dos tipos:

Continuos o permanentes. En cuyo caso se dispone de alarmas sonoras y visuales que avisan al llegar a la zona de alerta.

Discontinuos. Se establecen unos periodos entre monitorizados, que serán función del costo y de la seguridad el costo dependerá de la disponibilidad de utilización de equipos de monitorizado.

Se define como:

- ⇒  $t_{tra}$  Tiempo disponible de trabajo al año para monitorizado.
- ⇒  $t_{mac}$  Tiempo necesario para el monitorizado en una máquina.
- ⇒  $N_{tot}$  Número total de máquinas que constituye el conjunto.

Entonces, el número de veces que se revisara al año cada máquina será:

$$n = t_{tra} / (N_{tot} \cdot t_{mac})$$

En el caso de que el valor obtenido sea insuficiente, entonces se pensaría en la posibilidad de aumentar el número de turnos de trabajo. Y por tanto el periodo,  $T_{revisión}$ , con el que hay que establecer el monitorizado será:

$$T_{revisión} = T_{anual} / n$$

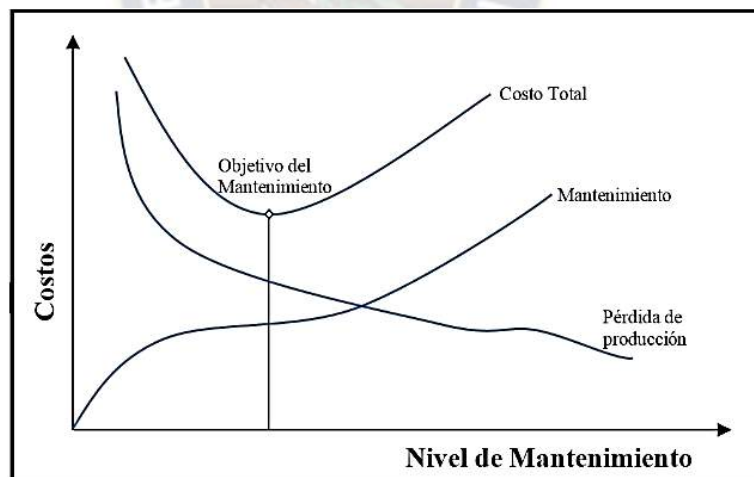
## 5.8. ASPECTOS ECONÓMICOS DEL MANTENIMIENTO.

La actividad del mantenimiento está cada vez tomando mayor importancia dentro de las empresas, debido sobre todo a los aspectos económicos que éste implica, como ser:

- ⇒ El elevado costo de inversiones que obliga a que los equipos sean más y mejor explotados con el fin de obtener mayor productividad.
- ⇒ Los equipos son cada vez más sofisticados y, por lo tanto, requieren mayores costos de mantenimiento.
- ⇒ La aparición de averías en equipos importantes compromete el programa de actividades de la empresa, ocasionando pérdida de rentabilidad proporcional a los gastos fijos.
- ⇒ Cuando el margen de beneficios no es muy grande, los costos del mantenimiento son muy importantes, por lo que conviene optimizarlos.

### GRÁFICO 5-10.

**Mantenimiento:** Costo de la empresa en función del nivel de mantenimiento, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 332

### 5.8.1. Tipos de costos.

El costo de las reparaciones es una parte más del precio final del producto, independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que se deberá asumir. Por ello, es importante ver cómo influyen los gastos de mantenimiento en los costos generales de la empresa.



### 5.8.1.1. Costos globales de la empresa.

- Variables. Estos costos son proporcionales a la producción, pueden ser:

- Mano de obra directa.
- Materiales, repuestos, etc.
- Energía.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Modificativo.
- Otros atribuibles al nivel de producción.

- Fijos. Son independientes del volumen de producción, dentro de estos costos se destacan.

Los costos fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente por; mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y sistemático así como el gasto en la lubricación de maquinaria. Costos fijos de producción son:

- Mano de obra indirecta.
- Mantenimiento preventivo.
- Seguros.
- Alquiler de equipos y herramientas.

Desde el punto de vista del mantenimiento, se trata, por tanto, de un costo que asegura el estado de la instalación a mediano y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este costo fijo, limita la cantidad de revisiones programadas y, a simple vista, supone un ahorro a la empresa. Este ahorro implica una mayor incertidumbre sobre el estado de la instalación y, por tanto, de su capacidad productiva real.

### 5.8.1.2. Costos directos del mantenimiento.

Los costos directos de mantenimiento ( $C_{dm}$ ), son gastos acumulados variables y fijos, relacionados directamente con el mantenimiento, así como los ocasionados por la intervención de la avería los cuales son: ( $C_{mo}$ ) Costo de mano de obra; ( $C_f$ ) Costo fijo del servicio de mantenimiento; ( $C_c$ ) Costos consumibles (materiales más recambios); ( $C_e$ ) Costo por contratación externa:  $C_{dm} = C_{mo} + C_f + C_c + C_e$

### 5.8.1.3. Costos indirectos del mantenimiento.

Los costos indirectos del mantenimiento ( $C_{im}$ ), son costos generados por paradas de producción o servicio imputables al mantenimiento, cuando esto ocurre por avería.

$$C_{dm} = T \cdot T_{pm}$$

$$\Rightarrow T: \text{Tasa horario de parada} \quad C_{im} = \frac{\text{Pérdida de producción}}{\text{Nº de horas de parada}}$$

$$\Rightarrow T_{pm}: \text{Tiempo de parada de producción por causa de mantenimiento.}$$

#### 5.8.1.4. Costo total del mantenimiento

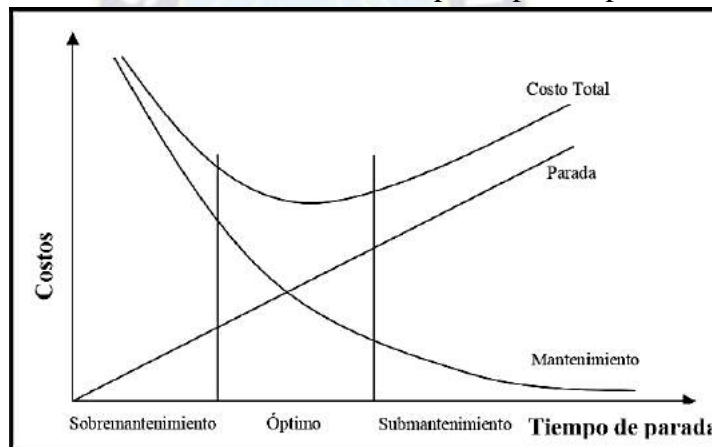
El costo total de mantenimiento ( $C_{Tm}$ ), es la suma de los costos directos e indirectos causados por las fallas o actividades de mantenimiento.

$$C_{Tm} = C_{dm} + C_{im}$$

El costo total del mantenimiento tiene un óptimo que depende, principalmente de los tipos de mantenimiento. A continuación se muestra una curva típica de evolución de los costos de mantenimiento en función del tiempo de parada. Se dice que cuando el costo es elevado por exceso de mantenimiento estamos en una situación de sobremantenimiento mientras que si es elevado por un excesivo tiempo de parada de las máquinas es submantenimiento.

**GRÁFICO 5-11.**

**Mantenimiento:** Costo total en función del tiempo de parada por mantenimiento, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 337

#### 5.8.1.5. Costo medio anual.

Costo acumulado del material dividido por el tiempo de vida en explotación. Permite detectar de forma sencilla la vida óptima de explotación de un material. En cualquier instante un equipo posee los siguientes costos acumulados:

- ⇒ Valor de inversión (estudio + adquisición + instalación) :  $V_i$
- ⇒ Acumulado de costos de explotación o funcionamiento:  $\sum_1^n C_f$
- ⇒ Acumulado de costos de mantenimiento:  $\sum C_m$
- ⇒ Valor eventual de reventa:  $V_r$
- ⇒  $n$  son los años de explotación.

$$C_{ma} = \left( Vi + \sum_1^n C_f + \sum_1^n C_m - Vr \right) / n$$

De existir una remodelación intermedia de costo ( $C_r$ ), la expresión del  $C_{ma}$  sería:

$$C_{ma} = \left( Vi + \sum_1^n C_f + \sum_1^n C_m + C_r - Vr \right) / n$$

### 5.8.2. Vida deterioro y obsolescencia de un equipo.

A continuación se comentaran algunos conceptos de la gestión económica de un equipo.

#### 5.8.2.1. Tipos de vida.

- Vida económica. Periodo en el cual el equipo alcanza el costo medio de mantenimiento por unidad de uso más bajo. También definida como el tiempo que pasara antes de que el equipo sea desplazado por otro, como resultado de un análisis económico técnico.
- Vida de útil o de servicio. Periodo durante el cual el equipo está en servicio útil.
- Vida contable. Periodo seleccionado por la contaduría para la depreciación del equipo.
- Vida física. Tiempo en el que el equipo queda inservible para cualquier trabajo útil.
- Vida específica. Tiempo medio entre fallas.

#### 5.8.2.2. Durabilidad.

La durabilidad es la habilidad de un equipo para mantener su rendimiento dentro de valores prefijados, con las paradas necesarias para mantenimiento y grandes reparaciones.

Se caracteriza por el factor de durabilidad ( $P_d$ ), siendo, el tiempo de operación durante su vida útil ( $T_p$ ), y el tiempo total de indisponibilidad debido a fallas durante su vida útil.

$$P_d = T_p / \left( T_p + \sum T_{ni} \right)$$

El factor de durabilidad es numéricamente igual a la probabilidad de que en un instante seleccionado arbitrariamente la maquina esté disponible de operar y no en reparación.

#### 5.8.2.3. Deterioro o envejecimiento.

El deterioro o envejecimiento de un equipo es la disminución de eficiencia de ingeniería (mecánica, eléctrica, etc.) de un equipo en comparación con la existente cuando el equipo era nuevo. El deterioro se evalúa en unidades de costo mediante el gradiente de deterioro ( $g$ ) que se define como el aumento medio anual de los costos de explotación.

#### **5.8.2.4. Obsolescencia.**

La obsolescencia de un equipo es la disminución de la eficiencia de ingeniería del equipo cuando todavía era nuevo, en comparación con la eficiencia de ingeniería de otro equipo similar en el mismo instante. Representa una inferioridad tecnológica y no de deterioro entre equipo que realizan la misma función. Entre muchos factores de obsolescencia se tienen: Mayor consumo de combustible y energía por menor rendimiento. Menor productividad, debido a velocidades de producción o de explotación más baja. Costo de mantenimiento más elevado a causa de peor diseño. Dificultad de operación.

### **5.9. METODOLOGÍAS**

Se hacen referencia a metodologías de mantenimiento que han cobrado vigencia, pese a no tener diferencia sustancial con los conceptos ya establecidos se han impuesto por sus características en la aplicación y principalmente por el carácter de actualidad, importancia terminológica y su carácter novedoso.

#### **A) MANTENIMIENTO PROACTIVO.**

El mantenimiento proactivo es una estrategia del mantenimiento que permite maximizar la vida útil operativa de las máquinas, y sus componentes identificando y corrigiendo las causas que originan la falla en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones e atacan la causa de los problemas no los efectos. Se ha impuesto por los beneficios que otorga: Solución a causas de fallas recurrentes. Incremento del tiempo medio entre fallas. Educación de mantenimiento. El mantenimiento proactivo investiga las causas de las averías y busca remedios para evitar que se repitan. Este mantenimiento persigue la condición de la causa raíz de un problema para eliminar por completo la aparición de averías.

#### **B) MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN.**

El mantenimiento basado en la condición, (por sus siglas en inglés CBM), tiene su origen en el supuesto lógico de que el momento óptimo para reparar o recambiar piezas de manera preventiva sería justo antes de que produjera algún fallo en la máquina.

El diseño adecuado de una estrategia de mantenimiento basado en condición MBC permitirá acceder a los beneficios y aprovechar al máximo las inversiones en tecnología y

educación que se deben hacer. Esta estrategia asume que hay características medibles y observables que son indicadores de la condición de la maquinaria. Se puede clasificar los beneficios del MBC en:

- Detectar causas que pueden ser causa de la falla – (proactiva)
- Detectar problemas en la máquina – (predictiva)
- Evitar fallos catastróficos – (predictiva)
- Diagnosticar la causa de la falla – (proactiva)

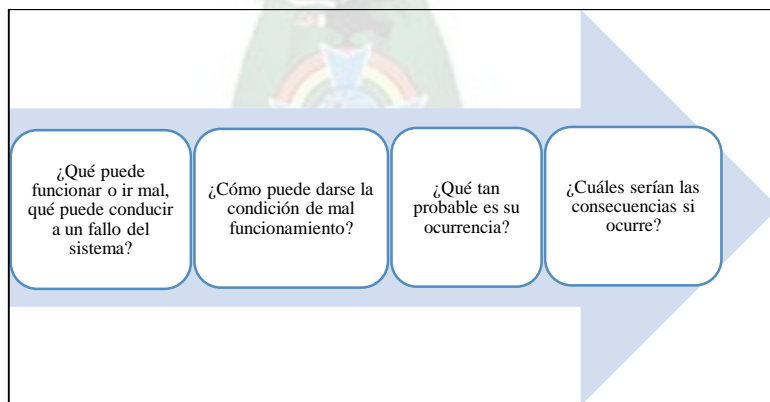
**C) INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO.**

La inspección basada en riesgo es un proceso que sirve para identificar, evaluar y definir los riesgos industriales (debido a la corrosión y fracturas por exceso de tensión), que pudieran poner en peligro la integridad de los equipos, tanto presurizados como estructurales. La RBI (Risk Based Inspection) aborda los riesgos que se pueden controlar mediante inspecciones y análisis adecuados.

Durante el proceso de RBI, los ingenieros diseñan la estrategia a seguir en la inspección (qué, como, cuando inspeccionar) que encargue mejor en los mecanismos de degradación que se hubiera previsto u observado.

**GRÁFICO 5-12.**

**Mantenimiento:** Proceso de estrategia, inspección basada en el Riesgo, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 252

**5.10. REGLAS DE APLICACIÓN.**

La gestión de equipo en la industria de procesos tiene tres aspectos citados a continuación:

- El primero involucra la planificación para el ciclo completo de la vida del equipo. (“trade-off”) entre costes y tecnología debe realizarse contemplando la vida entera de la instalación, desde el momento en que la máquina se planifica y diseña hasta su reemplazo.
- El segundo aspecto se refiere al tipo de mantenimiento a realizar, esto es, el enfoque (preventivo, correctivo, predictivo, etc.) y su frecuencia (programado o no programado). Para eliminar averías, las empresas deben combinar inteligentemente estos tipos de mantenimiento.
- El tercer aspecto involucra la asignación de responsabilidades para el mantenimiento esto es, decir que tareas se realizarán automáticamente por los operarios, de producción o por especialistas de mantenimiento. Hasta el momento presente, los departamentos de producción y mantenimiento atacan algunas tareas de mantenimiento independientemente y otras en colaboración. Sin embargo la frontera es probable que esté cambiando conforme los equipos se automatizan y se requiere menos intervención de personas.

Deben considerarse además:

- Los tipos de equipos que gestionan.
- La combinación de estrategias adoptadas para lograr las cero averías, defectos y accidentes que variarán dependiendo de las categorías particulares de los equipos.
- Los costes del sistema teniendo en cuenta los costes de implementación y seguimiento.
- La variación del personal requerido en mantenimiento.
- Con un especial énfasis en la fiabilidad de la información.

### **5.11. CONCLUSIONES.**

En este capítulo, el enfoque realizado permitió visualizar al sistema mantenimiento y producción, además de poder comprender conceptos técnicos acerca del mantenimiento y su adecuada gestión, con los detalles respectivos para las diferentes metodologías y tipos de mantenimiento al igual que las estrategias presentes en las mismas.

Lo planteado en este capítulo no es más que las bases para una propuesta que pretende ser una directriz para las acciones que se deben realizar continuamente, esto a fin de que con el pasar del tiempo estas herramientas continúen siendo de utilidad y mejoren conforme a los objetivos planteados por los desafíos en la ingeniería del mantenimiento industrial.

## CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

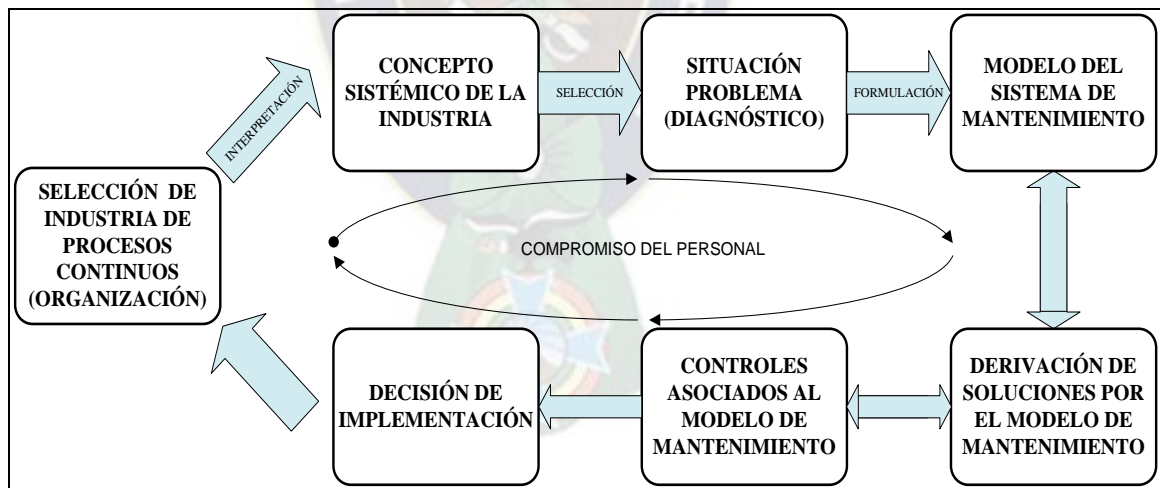
El propósito del capítulo es el diseño del sistema modelo de mantenimiento industrial y las herramientas técnicas y de gestión, así como la metodología que será utilizada en la estructuración del modelo, describiendo a detalle los componentes, interrelaciones, y las interdependencias que lo sustentan.

### 6.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MODELO.

La sigla “SMMI” de Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial, será utilizada de aquí en adelante por el resto del proyecto.

**GRÁFICO 6-1.**

**SMMI.: Proceso de Análisis - Modelado, 2014**



**Fuente:** Elaboración propia en base en el capítulo v de ingeniería de mantenimiento.

El Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial diseñado en el presente proyecto es un conjunto de componentes, (tales como, proceso de producción, personal del área de producción, infraestructura de producción, parque de máquinas, taller de mantenimiento, personal del área de mantenimiento, infraestructura restante de toda la planta, personal de la planta, servicios externos y los recursos financieros destinados al mantenimiento), que

con las actividades de gestión económica realizada por el personal del área de mantenimiento y producción en sincronía y paralelo a la misma producción, combinadas con las actividades técnicas de aplicación directa del propias mantenimiento industrial, busca establecer las mejores interrelaciones entre procesos de producción-mantenimiento con la finalidad de garantizar el alcance de los objetivos planteados por la organización. Para que el SMMI sea evidentemente un modelo de mantenimiento aplicable a empresas medianas y grandes (por la complejidad de sus actividades técnicas) aplicado no solo a los componentes productivos, sino a la planta en general, desarrollando un modelo integral con las restricciones pertenecientes a la Industria de procesos continuos secuenciales o en línea, con la siguiente metodología de análisis.

**ETAPA 1. SELECCIÓN DE LA INDUSTRIA DE PROCESOS CONTINUOS (ORGANIZACIÓN).** El SMMI pretende realizar una primera aproximación del correcto modelado de mantenimiento para las industrias de procesos continuos o de producción secuencial en línea, esto debido principalmente a que las metodologías, técnicas, y herramientas utilizadas en el SMMI, tiene una vital importancia en la monitorización de la instalación, máquina, o el equipo en mantenimiento, priorizando la prevención de fallas debido a que además de existir restricciones y características propias de la industria de procesos a continuación citadas, al existir una falla, ocasiona por lo general la parada de toda la línea de producción, generando un caos y perdidas económicas muy considerables.

La industria de procesos se distingue de la manufactura y de la industria de ensamble por características específicas que, desde luego, tienen su efecto en la implementación de cualquier modelo de mantenimiento industrial. Considerando que en el caso de una industria de procesos secuenciales, que conlleva las siguientes características.

Sistemas de producción diversos. El término Industria de procesos cubre una amplia variedad de industrias, incluyen el refinado de petróleo, químico general, siderurgia, generación eléctrica, gas, papeleras, cemento, alimentación, farmacéutica y textil. Las plantas de esta industria emplean una mezcla de regímenes de producción diversos que van desde la producción continua completamente integradas hasta la producción en lotes o cargas. Asimismo, la diversificación y la variedad de productos.



Diversidad de equipos. En la industria de proceso, los procesos de producción consisten en una combinación de operaciones unitarias como la pulverización, la disolución, reacción, filtración, absorción, concentración, cristalización, separación, moldeado, secado, calentamiento, y cribado, junto con el manejo y transporte de diversas sustancias. Las instalaciones incluyen unidades estáticas tales como, columnas tanques intercambiadores de calor, calderas y hornos, maquinaria rotativa, bombas, compresores motores y turbinas; sistemas eléctricos e instrumentación, que conectan el conjunto.

Uso de equipo estático. El equipo estático es una característica particularmente notable de la industria de procesos. La naturaleza especial de estos equipos requiere actividades de mantenimiento industrial que se centren en la relación entre las condiciones del proceso y la calidad del producto, e incluyan técnicas para diagnosticar la corrosión, fisuras, quemaduras, obstrucciones, fugas, etc.

Control centralizado y pocos operarios. Las industrias de procesos tienen una producción integrada y continua con control centralizado de grandes complejos de equipos. A menudo una amplia gama de equipos está controlada por unos cuantos operarios.

Alto consumo de energía de los procesos, como por ejemplo la disolución, reacción, cristalización, consumen grandes cantidades de energía eléctrica, gasolina, agua, etc.

Uso común de unidades de reserva y conexiones de derivación. Para aliviar efectos de las averías, es una práctica común instalar equipos de reserva, conexiones de derivación, etc.

Diversos problemas relacionados con los equipos. A demás de las obstrucciones, fugas, y otros problemas de proceso, el equipo a menudo está plagado de fallos, tales como fisuras, roturas, corrosión, agarrotamientos, fatigas, holguras, piezas que se desprenden, desgastes, distorsiones, quemaduras, corto circuitos, aislamiento defectuoso, cables rotos, operación defectuosa, fugas de corriente y sobrecalentamiento, sin embargo los problemas más comunes son la corrosión, fugas y obstrucciones.

Alto riesgo de accidentes y polución. Algunos procesos manejan sustancias peligrosas o tóxicas y se operan a altas temperaturas y presiones, con el riesgo de explosiones y poluciones del entorno. Esto hace esencial una gestión de la planta.

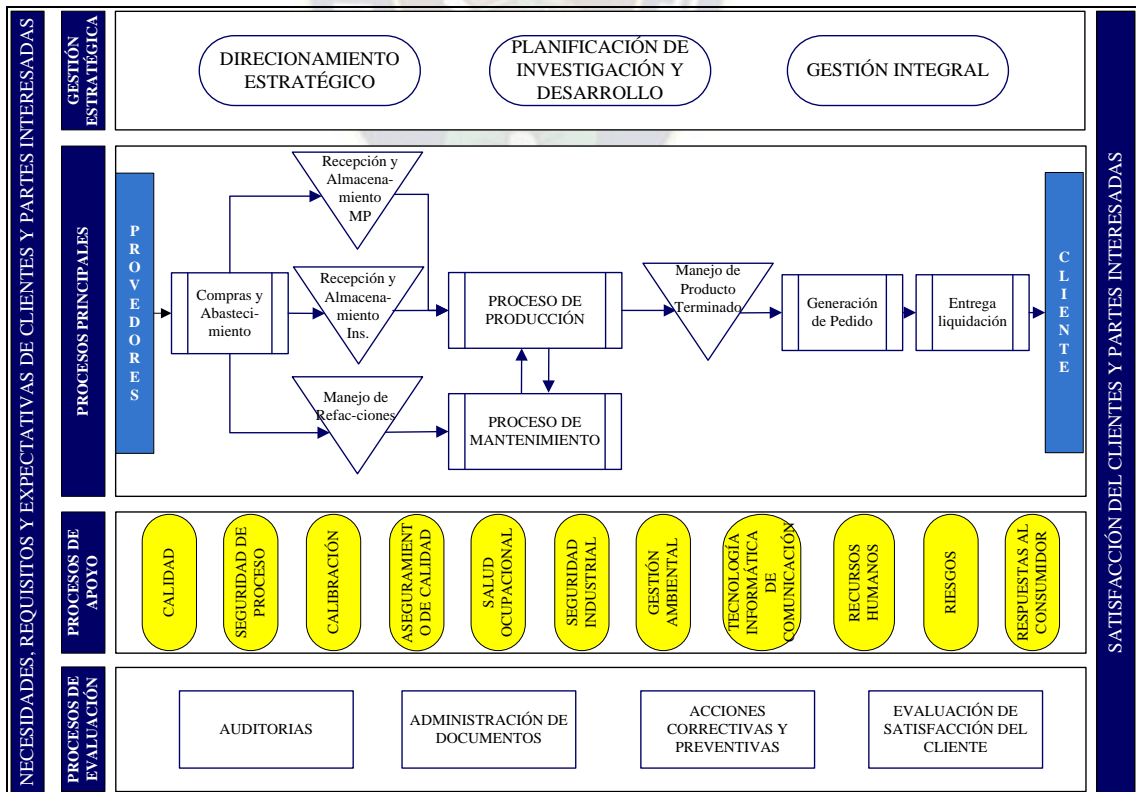
Entorno de trabajo deficiente. Los productos intermedios y finales manejados, consiste en carga de materiales pulvígenos, líquidos y sólidos, en este contexto se considera inevitable que el entorno de trabajo se ensucie como resultado de la dispersión de partículas, derrames fugas etc. Condiciones que con frecuencia causan problemas en los equipos.

Mantenimiento con parada de instalaciones. El mantenimiento a máquina parada es una característica distintiva, cuidadosamente planificado, y sistemáticamente ejecutado, el mantenimiento con parada general se considera el modo más eficaz de evitar las averías. Sin embargo, como este tipo de mantenimiento consume un tiempo considerable y muy intensivo en mano de obra, es costoso. Encontrar el modo más eficaz de realizar el mantenimiento con parada de instalaciones es por tanto una preocupación primordial.

Con las consideraciones mencionadas se puede seleccionar empresas de este tipo para realizar el modelado que pueda aproximarse al de mayor eficiencia para la organización.

**GRÁFICO 6-2**

**SMML.: Macroproceso de Industria de Procesos continuos, 2014**



**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de del Dpto. Sistema de Gestión Integral.

**ETAPA 2. CONCEPTO SISTÉMICO DE LA INDUSTRIA.** Se debe establecer claramente el concepto sistémico de la industria conociendo cabalmente las restricciones, y características de la organización en análisis, estableciendo un proceso de ingeniería concurrente conformado por representantes de cada área de la planta, para definir claramente los componentes, las relaciones internas, la función sistémica de la organización así como, ingresos, salidas, y fronteras del entorno, desarrollando el estudio de la organización que es la actividad de recopilación de la información que requiere una valoración de lo relevante a la organización en observación y análisis, con un ordenamiento y sistematización de datos, validación de la información y ordenamiento sistémico. Que conlleva a una descripción global como por ejemplo el macroproceso genérico, además de un detalle específico del parque de máquinas.

**ETAPA 3. SITUACIÓN PROBLEMA (DIAGNÓSTICO).** En la etapa se precisa la observación y análisis de las condiciones preliminares, el desempeño actual del área de mantenimiento sus virtudes desventajas fortalezas y las debilidades existentes para proceder a la descripción cualitativa de los objetivos, funciones, requerimientos y limitaciones del modelo de mantenimiento a desarrollar.

El diagnóstico debe ser objetivo y preferentemente se debe realizar un análisis exhaustivo revisando no solo indicadores establecidos, sino inclusive, por qué fueron establecidos y su utilidad actual además de los conceptos y percepción de la función actual que desempeña el área de mantenimiento en la empresa, se recomienda elaborar para ello un cuestionario que será llenado por las todas las áreas para comparar el concepto que tienen los del área de mantenimiento sobre sus acciones y la percepción de los demás en la organización. Sin dejar de lado los diferentes históricos de problemas que de ser posible se buscaría eliminarlos por completo.

A continuación se procede a formulación del problema raíz en el desempeño del área de mantenimiento, derivándose en plantearse objetivamente de las metas para definir las estrategias y políticas específicas sobre el área de mantenimiento.

**ETAPA 4. MODELO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.** Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada y salida. Las entradas de

dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, refacciones, equipo, etc., y la salida es equipo funcionando, confiable y bien configurado, para lograr la operación planeada de la planta. Esto nos permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas de un sistema de mantenimiento. En el gráfico 6-3 se muestra un sistema de mantenimiento relacionado con el sistema de producción y control, se pretende presentar los componentes de un sistema de mantenimiento que necesita planearse, organizarse y optimizarse a fin de incrementar sus salidas y lograr la mejor utilización de los recursos relacionado con el sistema de producción y control, se pretende presentar los componentes de un sistema de mantenimiento que necesita planearse, organizarse y optimizarse a fin de incrementar sus salidas y lograr la mejor utilización de los recursos.

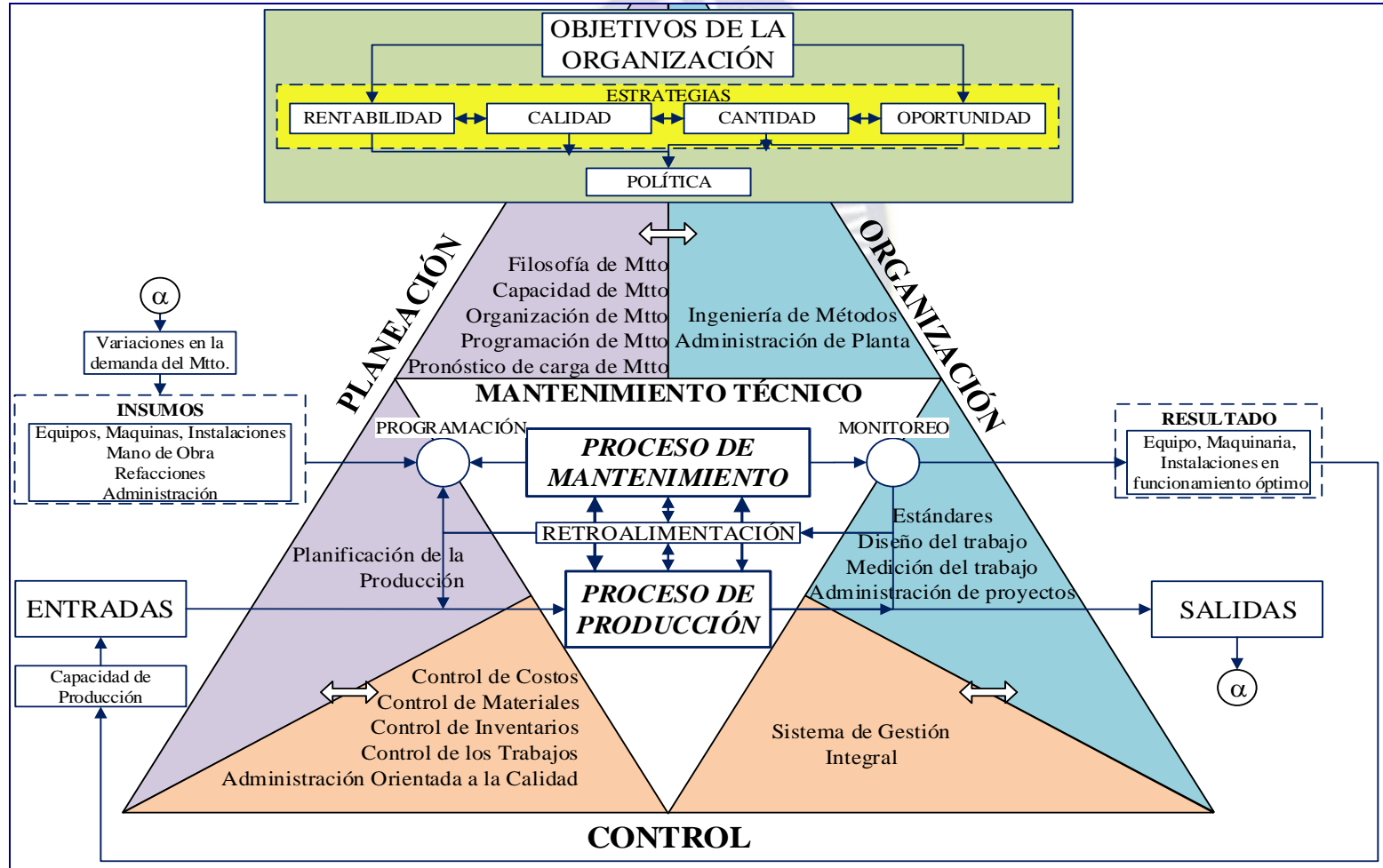
Atendiendo a dicho enfoque, se puede decir que el sistema de mantenimiento está constituido por: el subsistema tecnológico, el subsistema humano, el subsistema administrativo, el subsistema de apoyo, el medio externo, y objetivos y metas:

- Subsistema tecnológico: Lo constituyen los equipos, maquinarias e instalaciones objetos del mantenimiento, el conocimiento técnico, procedimientos, métodos, prácticas operativas, parámetros e indicadores.
- Subsistema humano: Lo constituyen el sujeto de mantenimiento, la cultura, aptitudes y habilidades, filosofía del liderazgo, comunicaciones, normas de comportamiento.
- Subsistema administrativo: Conformado por la estructura organizativa, las políticas, la toma de decisiones, los procedimientos administrativos, funciones, flujos de trabajo.
- Subsistema de apoyo: Conformado por los instrumentos del mantenimiento, materiales, herramientas, equipos de prueba, repuestos, información técnica y del desempeño.
- Medio externo: Está constituido por las políticas de la empresa, el mercado laboral, la comunidad y el ambiente en general.
- Objetivos y metas: Son la razón de ser de la organización y las estrategias para lograrlo.

El SMMI tiene como objetivo planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades necesarias para obtener y conservar un costo económicamente razonable del ciclo de vida de los activos y unas ventajas competitivas adecuadas, tratando de asegurar la competitividad de la empresa para que logre sus objetivos.

GRÁFICO 6-3.

SMML.: Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial, 2014



Fuente: Elaboración propia.

**A. ACTIVIDADES DE PLANEACIÓN.** Las actividades de planeación generalmente incluyen las siguientes:

- Filosofía del mantenimiento.
- Pronostico de la carga de mantenimiento.
- Capacidad de mantenimiento.
- Programación del mantenimiento.

En las siguientes secciones se hace una descripción de cada una de las actividades.

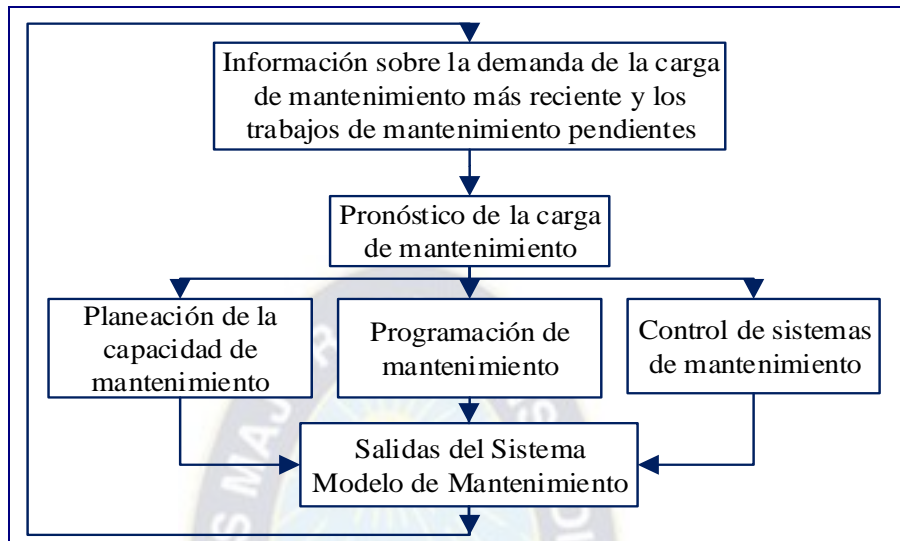
**- Filosofía del mantenimiento.** La filosofía del SMMI es básicamente, tener un mínimo de personal de mantenimiento que sea consiente con la optimización de la producción y disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad. Para lograr esta filosofía, las siguientes estrategias pueden desempeñar un papel eficaz si se aplican en combinación y forma correcta.

- Mantenimiento Autónomo.
- Mantenimiento correctivo de emergencia.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Detección y análisis de fallas.
- Modificación del diseño.
- Mantenimiento basado en la fiabilidad
- Reemplazo.

**- Pronostico de la carga de mantenimiento.** Este pronóstico es el proceso mediante el cual se predice la carga de mantenimiento. La carga de mantenimiento en una planta dada varía aleatoriamente y, entre otros factores, puede ser una función de la edad del equipo, a nivel de su uso, la calidad de mantenimiento, factores climáticos y las destrezas de los trabajadores de mantenimiento. El pronóstico de la carga de mantenimiento es esencial para alcanzar un nivel deseado de eficacia y utilización de los recursos, y sin este, muchas de las funciones de mantenimiento no pueden realizarse bien.

## GRÁFICO 6-4

SMMI.: Función del pronóstico de la carga de mantenimiento, 2014



Fuente: Elaboración propia

- **Capacidad de mantenimiento.** La planeación de la capacidad de mantenimiento determina los recursos necesarios para satisfacer la demanda de trabajos de mantenimiento. Estos recursos incluyen la mano de obra, materiales, refacciones, equipo, herramientas. Entre los aspectos fundamentales la capacidad de mantenimiento se incluye la cantidad de trabajadores de mantenimiento, y sus habilidades.

- **Programación del mantenimiento.** La programación de mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y personal para los trabajos que tienen que realizarse en ciertos momentos. Es necesario asegurar que los trabajadores, las piezas y los materiales requeridos estén disponibles antes de poder programar una tarea de mantenimiento. El equipo crítico de una planta se refiere al equipo cuya falla detendrá el proceso de producción o pondrá en riesgo vidas humanas y la seguridad, El trabajo de mantenimiento para estos equipos se maneja bajo prioridades y es atendido antes de emprender cualquier otro trabajo. La ocurrencia de tales trabajos no puede predecirse con certeza, de modo que los programas para el mantenimiento planeado en estos casos tienen que ser revisados.

En la eficacia del SMMI influye mucho, el programa de mantenimiento que se haya desarrollado y la capacidad para adaptarse a los cambios. Un alto nivel de eficacia en los programas de mantenimiento es señal de alto nivel de eficacia en el propio mantenimiento.

**B. ACTIVIDADES DE ORGANIZACIÓN.** La organización del SMMI incluye:

- **Ordenes de trabajo.** Los sistemas de mantenimiento se ponen en movimiento por las órdenes de trabajo, que generalmente son emitidas por los departamentos de producción. Estas órdenes de trabajo describen el trabajo, su ubicación, las habilidades requeridas y la prioridad del trabajo.

- **Diseño del trabajo.** El diseño del trabajo, en lo que se refiere al mantenimiento, comprende el contenido de trabajo de cada tarea y determina el método que se va a utilizar, las herramientas especiales necesarias y los trabajadores calificados requeridos.

- **Estándares de tiempo.** Una vez que la tarea de mantenimiento ha pasado por la etapa de diseño, es básico estimar el tiempo necesario para completar el trabajo. Los estándares de tiempo realistas representan un elemento muy valioso para vigilar e incrementar la eficacia de los trabajadores y, de esta forma, reducir al mínimo el tiempo muerto. No es esencial tener estándares para todos los trabajos de mantenimiento. Por ejemplo, puede observarse que el 20 % de los trabajos de mantenimiento consumen aproximadamente el 80 % del tiempo disponible para las operaciones de mantenimiento. Deben hacerse los esfuerzos necesarios para desarrollar estándares de tiempo de trabajos que consumen mucho tiempo. Es obvio que se requieren estándares de tiempo de los trabajos para pronosticar y desarrollar programas de mantenimiento.

- **Administración de proyectos.** En el caso de plantas grandes, las reparaciones generales de gran envergadura o el mantenimiento preventivo que se han planeado se llevan a cabo en forma periódica. Durante estos trabajos, toda la planta o parte de ésta se para. Teniendo en mente la minimización del tiempo muerto, conviene planear y graficar el trabajo para hacer el mejor uso de los recursos. La administración de proyectos implica el desarrollo de redes de actividades y luego el empleo de técnicas como el método de la ruta crítica (CPM) o la técnica de evaluación y revisión de programas (PERT). Una vez que se ha desarrollado la red, que incluye una descomposición de trabajos, secuencia de los mismos, estimaciones de tiempo para cada actividad, etc., puede utilizarse software de computadora para programar las actividades y determinar la mejor utilización de los



recursos. La fase de control de un proyecto tal incluye medir el avance en forma regular, compararlo con el programa y analizar la variación como un porcentaje del trabajo total.

**C. ACTIVIDADES DE CONTROL.** El control, aplicado al SMMI, incluye lo siguiente:

- **Control de trabajos.** El SMMI se pone en movimiento por la demanda de trabajos de mantenimiento. En la carga de trabajo de este tipo, influye sobre todo la filosofía del mantenimiento. La administración y el control del trabajo de mantenimiento son esenciales para lograr los planes establecidos. El sistema de órdenes de trabajo es la herramienta que se utiliza para controlar el trabajo de mantenimiento. Una orden de trabajo bien diseñada con un adecuado sistema de informes es el corazón del SMMI.

- **Control de inventarios.** Para la programación del trabajo de mantenimiento es esencial asegurar la disposición de refacciones y materiales requeridos. Es físicamente imposible y económicamente impráctico que cada refacción llegue de manera exacta cuando se necesita y donde se necesita. Por estas razones se mantienen inventarios. El control de inventarios es la técnica de mantener refacciones y materiales en los niveles deseados. Es esencial mantener un nivel óptimo de refacciones que disminuya el costo de tener el artículo en existencia y el costo en que se incurre si las refacciones no están disponibles. También proporciona la información necesaria para cerciorarse de la disponibilidad de las refacciones requeridas para el trabajo de mantenimiento. Si no están disponibles las refacciones, se deben tomar las medidas para lograr su abastecimiento e informar al departamento de programación acerca de cuándo estarán disponibles las refacciones.

- **Control de costos.** El costo del mantenimiento tiene muchos componentes, incluyendo el mantenimiento directo, la producción perdida, la degradación del equipo, los respaldos y los costos de un mantenimiento excesivo. El control de los costos de mantenimiento es una función de la filosofía del mantenimiento, el patrón de operación, el tipo de sistema y los procedimientos y las normas adoptadas por la organización. Es un componente importante en el ciclo de vida de los equipos. El control del costo de mantenimiento optimiza todos los costos del mantenimiento, logrando al mismo tiempo los objetivos que se ha fijado la organización, como disponibilidad, "porcentaje de calidad" y otras medidas

de eficiencia y eficacia. La reducción y el control de costos se utilizan como una ventaja competitiva en el suministro de productos y servicios.

- **Control de calidad.** En un proceso de producción, la calidad de las salidas pueda ser considerada como "aptitud para su uso" y "hacerlo bien desde la primera vez". El control de calidad se ejerce midiendo los atributos del producto o servicio y comparando éstos con las especificaciones del producto o el servicio, respectivamente. El mantenimiento también puede verse como un proceso y la calidad de sus salidas debe ser controlada.

En el caso del trabajo de mantenimiento, es esencial "hacerlo bien la primera vez". La calidad puede evaluarse como el porcentaje de trabajos de mantenimiento aceptados de acuerdo a la norma adoptada por la organización. Una alta calidad se asegura verificando los trabajos de mantenimiento crítico o mediante la supervisión del mantenimiento.

**D. MANTENIMIENTO TÉCNICO.** Entendiéndose como tal todo el conocimiento técnico tanto cuantitativo, cualitativo, así como el establecido por la experiencia en el trabajo de mantenimiento, no solo de la misma industria, si no desde los proveedores o fabricantes de las maquinarias, equipos e instalaciones que poseen la industria, hasta los nuevos métodos, las técnicas y los procedimientos que se van desarrollando por la evolución de la aplicación de la tecnología en el rubro estableciendo cada vez estándares de calidad y competitividad mucho mayores.

- **Taller de mantenimiento.** El taller de mantenimiento debe estar conformado y muy bien equipado de acuerdo a las exigencias de corrección de fallas y averías, considerándose que debe tener equipamiento móvil para poder atender a las fallas y averías en el propio lugar de trabajo, en la misma línea de producción y el fuerte del equipamiento en el taller que deberá estar tan bien equipado como se la capacidad de trabajo que se le solicite hasta el punto donde se define la tercerización del mantenimiento.

- **La biblioteca de mantenimiento.** La asignación de un espacio físico, para la biblioteca de mantenimiento no debe ser considerada como espacio muerto, ya que por el grado de la tecnificación y especialización del mantenimiento para la determinada industria es una necesidad básica, lugar que debe ser de acceso a todo el personal para poder consultar manuales técnicos y procedimientos tales que mejoren y afiancen en el caso de

capacitaciones estableciendo espacios para la correcta alimentación del control informático del SMMI para el llenado de registros.

**E. COMPORTAMIENTO HUMANO.** El desarrollo de las funciones de planeación, organización y control, por los jefes de mantenimiento deben considerar la forma en que sus acciones afectan el comportamiento humano. Deberán entender de qué manera el comportamiento de los subordinados puede afectar las acciones de gestión de la gerencia. En la toma de decisiones sobre el mantenimiento, el comportamiento de los subordinados debe ser de interés de la gerencia. Deberá asegurarse que se logre y mantenga el nivel deseado de satisfacción del personal.

**ETAPA 5. DERIVACIONES DE SOLUCIONES POR EL MODELO DE MANTENIMIENTO DE MANTENIMIENTO.** La derivación de soluciones para el SMMI, corresponde a la selección de métodos, procedimientos, herramientas, y estructura de aplicación. Por lo mismo y con base en las etapas anteriores, se procede a:

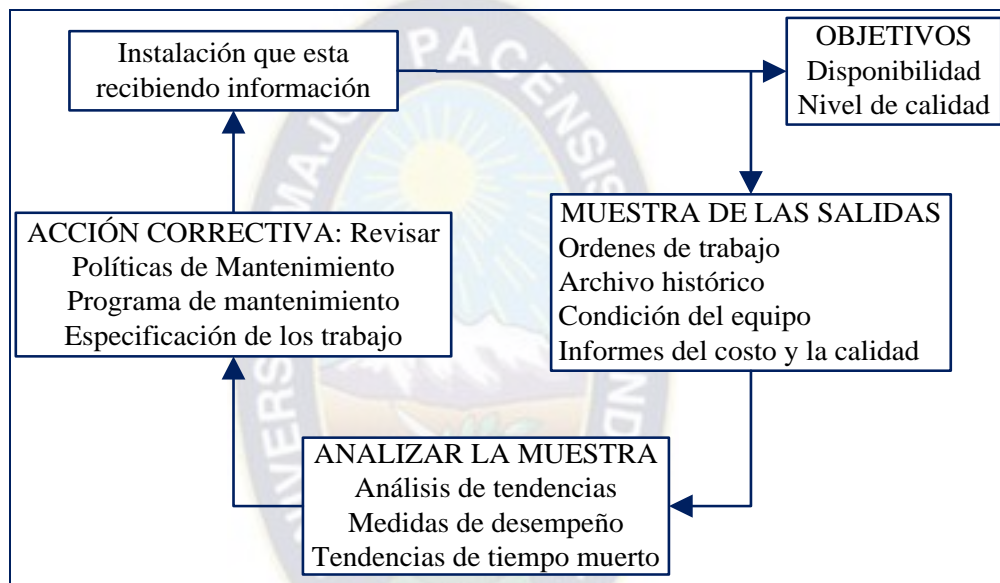
- Conformar un equipo de estudio y análisis del funcionamiento de cada una de las instalaciones, máquinas y equipos de la industria, de modo que se deba establecer las condiciones para mantener su funcionamiento y posteriormente establecer condiciones que logren optimizar dicho funcionamiento.
- Asignación de un tipo de mantenimiento, la experiencia en el trabajo tanto productivo como el realizado en mantenimiento es vital, para establecer el tipo de mantenimiento óptimo con la metodología adecuada a la importancia que tenga el bien, buscando minimizar costos y garantizar un funcionamiento óptimo. En el Anexo 6-1 se presenta la metodología para una primera aproximación al tipo de mantenimiento.
- Establecer el proceso de mantenimiento correspondiente que englobe cada tipo de mantenimiento a realizarse en el parque de máquinas e instalaciones que posee la industria, debiendo detallar las metodologías de cada tipo, establecerse los documentos y registros que los respaldan, así como las relaciones internas y externas que puedan existir estableciendo las responsabilidades para cada actividad de todo el proceso.

El proceso y las herramientas estructuradas para el SMMI se detallan en el punto 6.2.

**ETAPA 6. DISEÑO DE CONTROLES ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO.** El SMMI debe poseer una función para el control del mantenimiento, aplicándose los conceptos desarrollados de control automático de procesos para mejorar la eficacia de las máquinas. En el mantenimiento, el ciclo de control puede definirse como sigue:

**GRÁFICO 6-5**

**SMMI.:** Ilustración del ciclo de control de mantenimiento, 2014



**Fuente:** Elaboración propia

El objetivo es la disponibilidad de la planta y la calidad de los productos.

El muestreo de la salida consiste en la recopilación de los archivos de las órdenes de trabajo o de la historia del equipo.

El análisis de la muestra consiste en el empleo de técnicas para determinar si se ha alcanzado el objetivo. Por ejemplo, ¿el nivel de calidad corresponde a la satisfacción del cliente o cumple con las especificaciones? También, ¿corresponde la disponibilidad del equipo a los objetivos de disponibilidad?

La acción correctiva consiste en revisar las políticas de mantenimiento, modificar los programas de mantenimiento, mejorar las especificaciones de trabajo, capacitar a los trabajadores, e implementar nuevos programas y estrategias de mantenimiento.

La aplicación de los conceptos del gráfico 6-5 requiere el establecimiento de procedimientos y formas para administrar el trabajo de mantenimiento; normas para la recopilación y para el análisis de datos, medios para un informe eficaz del trabajo, la condición del equipo y la calidad del producto, siendo estos tres últimos elementos necesarios para el control de los trabajos el control de costos y el control de condición de la planta, que deberán estar englobados en un Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento. “SCAM”.

### **ETAPA 7. DECISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN.**

La implantación del SMMI tiene como objetivo fundamental alcanzar el máximo rendimiento y eficacia global de un sistema productivo a través de la correcta gestión y estudio técnico de los equipos que lo conforman. El SMMI permitirá lograr lo siguiente:

- Introducir de un sistema eficiente de mantenimiento productivo con la participación activa de todo el personal de producción y mantenimiento, con el objetivo de mejorar la eficiencia alcanzada de forma continua.
- Introducción de un sistema de mantenimiento preventivo efectuado por la aplicación del mantenimiento basado en el tiempo (TBM) y el basado en las condiciones (RCM), con el objetivo de progresar en la consecución de eliminar la averías.
- Formación y Entrenamiento de los recursos humanos.

El SMMI se implantara en cuatro fases las cuales son:

Fase 1: Preparación

Fase 2: Introducción.

Fase 3: Implementación.

Fase 4: Consolidación.

El procedimiento detallado de la implementación se describe en el capítulo VII del presente proyecto.

## 6.2. FLUJO DE INTERACCIÓN Y RELACIONES

El SMMI en general pretende establecerse como un sistema organizado y coordinado con el área de producción y mantenimiento, con una clara metodología procedimental que se detalla de manera gráfica en el Anexo 6-2 que se describirá en resumen a continuación. Con el inicio de la organización del SMMI se procede primeramente a conformar un equipo de trabajo de ingeniería concurrente, integrando mismo, con personal de cada una de las áreas de trabajo en la industria.

Considerando el procedimiento del SMMI, se debe tener a mano, coleccionar y disponer de información y especificaciones de dos tipos:

- Especificaciones técnicas. Manuales del fabricante, planos, catálogos de piezas y partes, experiencias con otros equipos similares).
- Especificaciones de Calidad. Estándares de planta y variables de control.
- Historial de la instalación maquinaria o equipo.

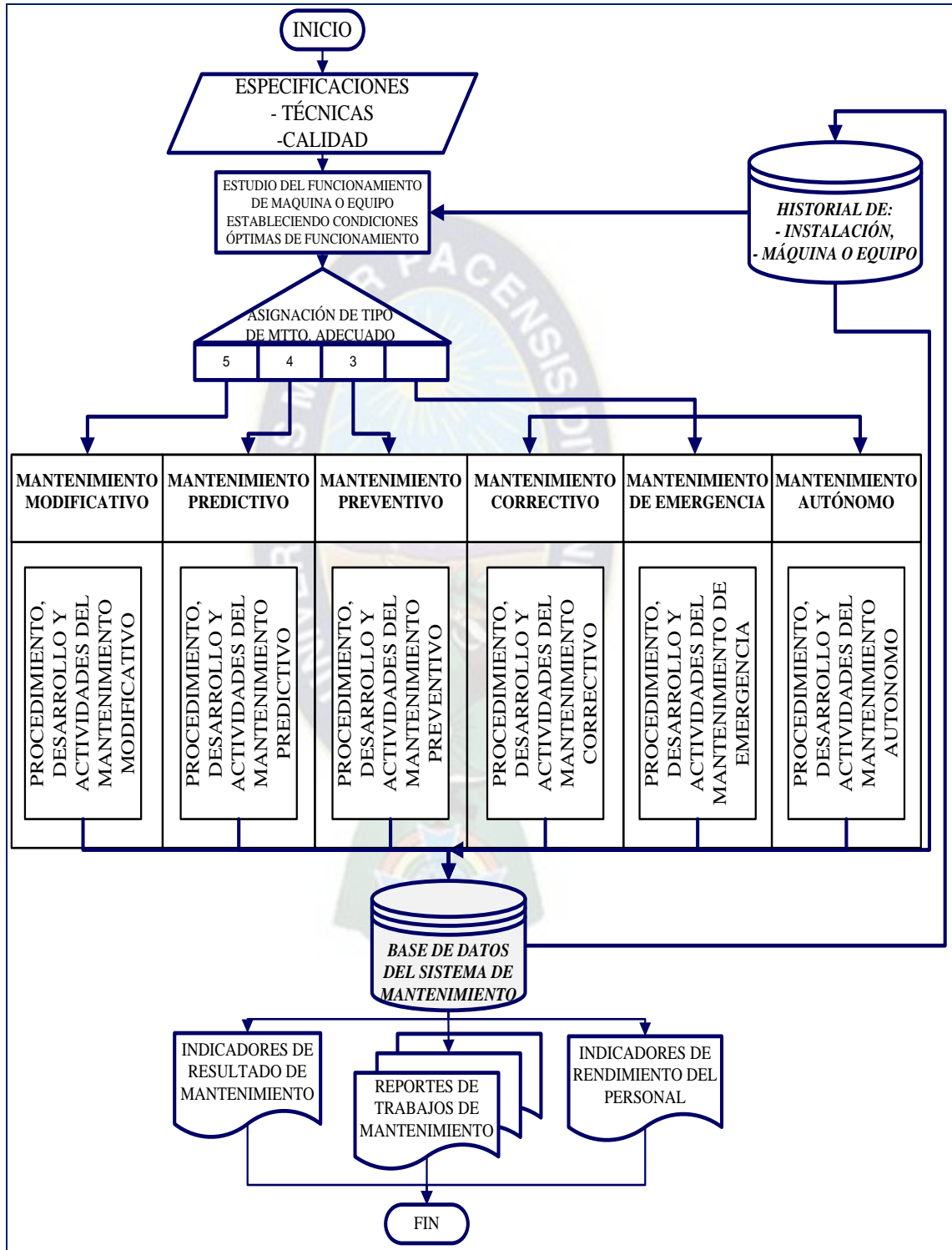
A continuación se realiza el estudio del funcionamiento de la instalación, maquinaria o equipo, con la finalidad de especificar las condiciones mínimas para su funcionamiento, para que posteriormente, se establezcan condiciones que puedan optimizar el mismo.

Con las condiciones de funcionamiento óptimo y el criterio del grado de importancia de la instalación, maquinaria o equipo, establecidos por el equipo de ingeniería concurrente se debe asignar de manera adecuada el tipo de mantenimiento a desarrollar, estableciendo una metodología adecuada para cada una de los bienes de la industria.

A continuación se debe desarrollar el procedimiento de cada uno de los tipos de mantenimiento que serán utilizados en la industria, que para nuestro caso el SMMI tiene una adecuada interrelación para los diferentes tipos de mantenimiento requeridos en la industria de procesos, estableciendo además las responsabilidades para cada etapa y actividad a desarrollarse en el SMMI. Mostradas en el Anexo 6-2. Debe notarse que en el flujo del procedimiento intervienen todos los componentes del mantenimiento, por lo mismo se establece una interrelación detallada, además estableciendo los responsables para cada las diferentes actividades desarrolladas en el proceso de mantenimiento.

**GRÁFICO 6 -6**

**SMML:** Resumen gráfico del proceso de mantenimiento, 2014



Fuente. Elaboración propia

### 6.3. ESTRATEGIA SEIS SIGMA PARA EL MODELO

Las empresas buscan cada vez más sistemas adecuados para auxiliar la gestión del mantenimiento en sus funciones en esta búsqueda se aplican conceptos administrativos desarrollados en otros ámbitos, uno de los cuales es el “Seis Sigma”. La estrategia seis sigma es un nuevo enfoque para mejora continua que pone una serie de prácticas para mejorar sistemáticamente los procesos mediante la reducción de las variaciones en el proceso y en consecuencia para eliminar defectos. Siendo un defecto definido como la falta de conformidad de un producto o servicio con sus especificaciones.

El Seis Sigma en la función del mantenimiento, se aplica de manera idéntica a las condiciones en otras áreas funcionales y de negocios. En esta metodología se destacan tres grandes bloques: Procesos estratégicos, procesos de mejora y procesos de control, que con la óptica de la función del mantenimiento se presentan en el a continuación.

#### CUADRO 6-1

**SMML.:** Bloques de procesos de en el Seis Sigma para el mantenimiento, 2014

Proceso	Descripción
Estratégico	Los procesos estratégicos están relacionados con la identificación de los procesos críticos del negocio que tienen alto impacto en el logro de los objetivos estratégicos de la compañía. Su propósito final es la identificar las variables sobre las que se debe actuar y diseñar planes concretos de mejora.
De mejora	Los procesos de mejora tienen que ver con los mecanismos utilizados para medir el estado actual de los procesos clave seleccionados, valorar las posibilidades de ser optimizados, identificar las variables sobre las que se debe actuar y diseñar planes concretos de mejora.
De control	Los procesos de control están relacionados con las actividades de gestión de las acciones cotidianas para asegurar que los logros se mantienen a través del tiempo.

**Fuente.** Elaboración propia.

Los pasos para una adecuada organización del mantenimiento son:

**Paso 1.** Tener una postura estratégica clara de la contribución al logro de los objetivos estratégicos del negocio por la función del mantenimiento.



Con esta visión se selecciona los procesos clave que desarrolla el mantenimiento; define los clientes clave y objetivos a alcanzar.

Definir el equipo gestor del proyecto de mejora.

**Paso 2.** Establecer las métricas o medidas que permitan conocer el estado de las variables de los procesos clave seleccionados.

Dependiendo del método seleccionado se aplicaran métodos cuantitativos o cualitativos para la medición.

Se busca establecer las causas de variabilidad del proceso y las variables que introducen esta variabilidad.

Una vez identificado el estado actual de las variables críticas, se procede a formular objetivos de mejora. Por ejemplo se pueden seleccionar como variables críticas la medición y control de MTBF de sus equipos críticos.

**Paso 3.** Para el análisis de la causa de variabilidad se puede emplear numerosas técnicas. Las más habituales son: análisis de flujo de procesos, estratificación de información, principio de Pareto, diagramas de afinidad y relaciones, histogramas, análisis de capacidades de procesos y otras técnicas estadísticas simples.

Como resultado de la aplicación de estas técnicas, se identifican como causa clave sobre las que se debe actuar.

**Paso 4.** Formulación de planes de acción, en esta fase se diseñan acciones correctivas las cuales se deben implantar para eliminar las causas clave de la variación del proceso. Si es necesario rediseñar un nuevo proceso para realizar un trabajo o prestar un servicio.

**Paso 5.** Los gráficos de control estadísticos por atributos o variables son instrumentos útiles para seguir el avance de las acciones implantadas.

#### **6.4. LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La tendencia general de los departamentos de mantenimiento es hacia la informatización, no obstante, la misma presenta ventajas e inconvenientes, que hacen necesario, analizar cuando es interesante esta informatización y cuando la herramienta informática se convierte en un obstáculo que ralentiza y encarece la función del mantenimiento.

## CUADRO 6-2

**SMMI.:** Ventajas e inconvenientes de la informatización del mantenimiento, 2014

Ventajas	Inconvenientes
Control sobre la actividad del mantenimiento.	Alta inversión inicial (tanto en equipos, programas, y mano de obra para la implantación)
Control sobre gastos.	Burocratización del sistema
Facilidad para la consulta de históricos	Aumento del personal indirecto dedicado a tareas no productivas
Facilidad para la obtención de ratios e indicadores	La información facilitada a menudo no es suficientemente fiable

**Fuente.** Elaboración propia.

Cuando se estudia la implantación de un sistema informático de gestión de mantenimiento se debe tener presente que este software no se ocupa del mantenimiento de la empresa, es decir no mantiene la empresa ni desde un punto de vista correctivo ni desde el punto de vista preventivo. Por lo que el sistema informático es una herramienta que en algunos casos puede convertirse más en un obstáculo que en una ayuda. Como todo sistema de gestión de información, su función es exclusivamente tratar los datos que se introducen, para convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Por tanto es necesario analizar cuando el sistema informático supondrá una mejora para el departamento, y cuando en cambio se convertirá en una carga pesada.

Referidos al SMMI, debido a la cantidad de información requerida y el nivel de análisis de todos los datos y parámetros, es necesario para que el proceso de implantación sea el correcto y de esta manera obtener el máximo partido del SMMI, establecer cuál es el correcto GMAO, con la finalidad de minimizar inconveniente y maximizar beneficios.

### 6.4.1. Elección de software de mantenimiento.

Los GMAO o programas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador, han sido una gran ayuda para la gestión del mantenimiento de plantas industriales y edificios. Los Programas de Gestión de Mantenimiento (CMMS según su acrónimo en inglés) permiten el control del mantenimiento programado de cualquier instalación, la carga de trabajo de cada técnico, trabajos pendientes, gestión del repuesto, costes y gestión económica, etc...

Las grandes plantas industriales requieren de un software complejo, con múltiples opciones y con una capacidad inmensa de tratamiento de información. No obstante, el mantenimiento de la mayor parte de los edificios, algunas plantas de diferentes rubros pueden gestionarse perfectamente con aplicaciones más sencillas que pueden obtenerse incluso de forma gratuita en la web.

El coste medio de un software GMAO para la gestión del mantenimiento puede costar desde 7.000 \$us, para los programas más básicos hasta los 200.000 \$us para los programas de mayor coste, como ejemplo podemos mencionar. MÁXIMO®, SAP PM, MP2®. Pero no hay que olvidar que un gran porcentaje (alrededor de un 80 %) de las opciones de un software de alto coste no se utiliza nunca aunque se paga un alto precio por ellas. Por otra parte existen softwares de descarga gratuita en la web. Por ejemplo tenemos a:

RENOVEFREE, desarrollado por RENOVETEC, Permite; gestionar la mayor parte de las plantas pequeñas y medianas, adaptarlo a las necesidades concretas de cada una de ellas, implementar el árbol jerárquico de equipos y sistemas, personal, costes y control de stocks, elaborar un planes de mantenimiento, y obtener indicadores de mantenimiento.

PMX PRO es otro de los programas de carácter gratuito. Más básico que el anterior, está basado en ACCESS, y por ello admite algunas interesantes posibilidades de personalización y configuración de informes. La versión gratuita no trabaja en red.

También se debe tener en cuenta que una de las opciones para el GMAO de una empresa es programarla de acuerdo a su requerimiento específico, realizar un software a la medida, teniendo muy en cuenta que el programa debería tener un enfoque dinámico y no estático, para que de esta manera se puedan realizar los arreglos correspondientes.

Para la elección correcta del software de mantenimiento especificado a implementarse en Embol S. A. como soporte del SMMI se tiene las siguientes opciones:

**CUADRO 6-3**

**SMMI: Posibilidades de elección para el software de mantenimiento, 2014**

NOMBRE Y DESCRIPCIÓN		DETALLES Y PRECIO
A	 <p>Desarrollado por: Mro Software / IBM Tivoli Software</p> <p>IBM Maximo Asset Management permite a las organizaciones compartir e implementar las mejores prácticas, el inventario, los recursos y el personal. Permite gestionar todo tipo de activos, entre ellos planta, producción, infraestructura, instalaciones, transporte y comunicaciones.</p>	<p>País: Estados Unidos                  Web: <a href="http://www.ibm.com/tivoli">www.ibm.com/tivoli</a></p> <p>Incluye uso exclusivo, Hoja Centro Extensión, y Linux en el Sistema, autorización de la licencia del usuario + SW la Suscripción y Soporte por 12 Meses.</p> <p style="text-align: right;"><b>\$us. 88.000,00</b> <b>Bs 612.480,00</b></p>
B	 <p>Desarrollado por: SAP AG</p> <p>El módulo, Mantenimiento de Planta (PM) incluye una variedad de sub-módulos, en función del tipo de ambiente en que está utilizando como; mantenimiento preventivo, gestión de mantenimiento del orden, gestión de trabajos, sistemas de información, escenarios móviles y la planificación de proyectos de mantenimiento de la planta.</p>	<p>País: Alemania                  Web: <a href="http://www.sap.com">www.sap.com</a></p> <p>Incluye uso exclusivo, Centro Extensión, autorización de la licencia del usuario + Soporte técnico, capacitación por módulos.</p> <p style="text-align: right;"><b>\$us 84.724,00</b> <b>Bs 589.679,04</b></p>
C	 <p>Desarrollado por: Infor (anteriormente Datastream)</p> <p>MP2 es un sistema integrado de gestión que comprende; Organización y seguimiento del inventario, Gestión de costes por equipos, Históricos de datos en equipos, Planificación de tareas de Mtto. Preventivo, Localización de recursos, Solicitud de compra de repuestos, Estudio de fallos en equipos y necesidades de mantenimiento.</p>	<p>País: Estados Unidos                  Web: <a href="http://www.infor.com/">www.infor.com/</a></p> <p>Incluye uso exclusivo, Centro Extensión, autorización de la licencia del usuario, Soporte técnico, capacitación, asesoramiento en uso de hasta 1 año.</p> <p style="text-align: right;"><b>\$us 62.190,00</b> <b>Bs 432.842,40</b></p>

Fuente: Elaboración propia.

Los factores de elección, así como sus respectivos coeficientes de ponderación son:

**CUADRO 6-4**

**SMMI: Factores de elección y ponderación, 2014**

FACTOR	PONDERACIÓN
I. Organización, administración y control de equipos e instalaciones.	10
II. Organización administración y control de órdenes de trabajo.	5
III. Programación de mantenimiento correctivo.	8
IV. Programación del mantenimiento preventivo.	8
V. Programación del mantenimiento predictivo.	6
VI. Coordinación con el manejo de inventarios de SAP	5
VII. Coordinación con la gestión de compras de SAP	5
VIII. Gestión de mano de obra mantenimiento.	10
IX. Otras funciones del sistema.	4
X. Análisis de datos.	7
XI. Adiestramiento a personal para implementación	10

**Fuente:** Elaboración propia.

La escala de calificación adoptada es la siguiente.

Mala 0, Regular 2, Buena 4, Muy buena 6.

A continuación se establece el cuadro de calificación correspondiente.

**CUADRO 6-5**

**SMMI: Factores de elección y ponderación, 2014**

FACTOR DE CALIFICACIÓN	COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN NO PONDERABLE			PUNTAJE PONDERADO		
		A	B	C	A	B	C
I	10	6	6	4	60	60	40
II	5	6	6	6	30	30	30
III	8	6	6	6	48	48	48
IV	8	6	6	4	48	48	32
V	6	6	4	2	36	24	12
VI	5	4	6	2	20	30	10
VII	5	2	6	2	10	30	10
VIII	10	6	6	4	60	60	40
IX	4	6	2	4	24	8	16
X	7	6	6	4	42	42	28
XI	10	4	6	4	40	60	40
TOTAL PUNTAJES					<b>418</b>	<b>440</b>	<b>306</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Según el Cuadro 6-5, de acuerdo al puntaje obtenido, el mejor Software de GMAO, especificado a implementar en Embol S.A. que satisface de mejor manera los factores de evaluación con un puntaje ponderado de 440 es el software **SAP PM** con un costo de adquisición de \$us 84.724,00.

Por otra parte, para el SMMI como modelo general para la industria de procesos, se presenta en el Anexo 6-3 el detalle del análisis de decisión para paquetes informáticos dedicados a la gestión del mantenimiento asistido por ordenador, ofreciendo alternativas a la actual elección a implementarse debido al elevado costo, y los factores correspondientes que se evalúan de acuerdo a cada industria en particular.

#### **6.4.2. Descripción del funcionamiento y finalidad del software.**

Las siglas SAP que provienen de la lengua inglesa "*Systems, Applications, Products in Data Processing*", es un sistema, programa, software para la computadora, sirve para brindar información. Se alimenta de datos que se cargan y procesan dentro de un entorno, encargándose el sistema (de acuerdo a la configuración realizada por el usuario - consultores SAP) de producir con esos datos información útil para la toma de decisiones y la exposición de esos datos de forma tal que puedan ser interpretados por los interlocutores interesados. Se describe como una tecnología.

El módulo PM (siglas en inglés) significa Mantenimiento de Planta ha sido diseñado específicamente para uso en fábricas y corresponde al software SAP que se utiliza para agilizar las plantas y sus entornos. Su función, incluye las medidas de control que establecen las condiciones de trabajo de un sistema técnico o maquinaria, incluye también medidas preventivas y medidas de reparación, que se ponen en su lugar para mantener la condición ideal de cada máquina y restaurarlas a su estado ideal si han sufrido daños.

Las características del módulo mantenimiento de planta, incluye una variedad de sub-módulos, en función del tipo de ambiente en que el módulo se está utilizando. Hay módulos para el mantenimiento preventivo, gestión de mantenimiento del orden, gestión de trabajos de limpieza, procesamiento de reclamaciones de garantía, sistemas de información, escenarios móviles y la planificación de proyectos de mantenimiento.

## I. Gestión de Mantenimiento en SAP PM.

A continuación se describe los componentes y transacciones que se realiza el SAP PM.

**Catálogos.** Las clases de catálogos se utilizan para gestionar, definir uniformemente y estandarizar la información (Por ejemplo, los tipos de falla, las medidas, pequeños paros, etc.) del cliente o del centro. Las clases de catálogo le pueden ayudar a registrar y posteriormente a evaluar datos cualitativos y a describir problemas. Un catálogo contiene código (datos numéricos), los cuales están codificados. Esto favorece la uniformidad de criterios en el momento de registrar la información y presenta la ventaja que estos catálogos pueden ser utilizados en diversas ocasiones.

Los catálogos se clasifican por tipo. Se utilizan tanto en calidad como en mantenimiento. Para mantenimiento está previsto que se utilicen las siguientes Clases:

### CUADRO 6-6

**SAP PM.:** Clases de Catálogos en Mantenimiento, 2014

Clase	Texto breve para catalogo	Palabra clave
1	Particularidad de la característica	Particularidad
2	Medidas	Medida
3	Dimensiones de empleo	Dimensión
4	Eventos	Evento
5	Causa Raíz	Causa
6	Secuencia de defectos	SecuenciaDef
8	Acciones	Acción
9	Clases defecto	Cl.defecto
A	Actividades	Actividad
B	Secciones Objeto	Parte objeto
C	Síntomas de la avería	Sint.avería
D	Codificaciones	Codificación
E	Ubicaciones de defecto	Ubic.Defecto
P	Fallas	Falla
Q	Tipo de Fallas	Tipo de falla
W	Pequeños paros	Causa P Paro

**Fuente:** Manual SAP, [www.mundosap.com](http://www.mundosap.com)

Los códigos agrupados, tienen en cuenta datos similares o puntos en común. Un conjunto de selección combina diferentes códigos pertenecientes a diferentes grupos de un catálogo dado. Estos conjuntos de selección son creados a nivel centro.

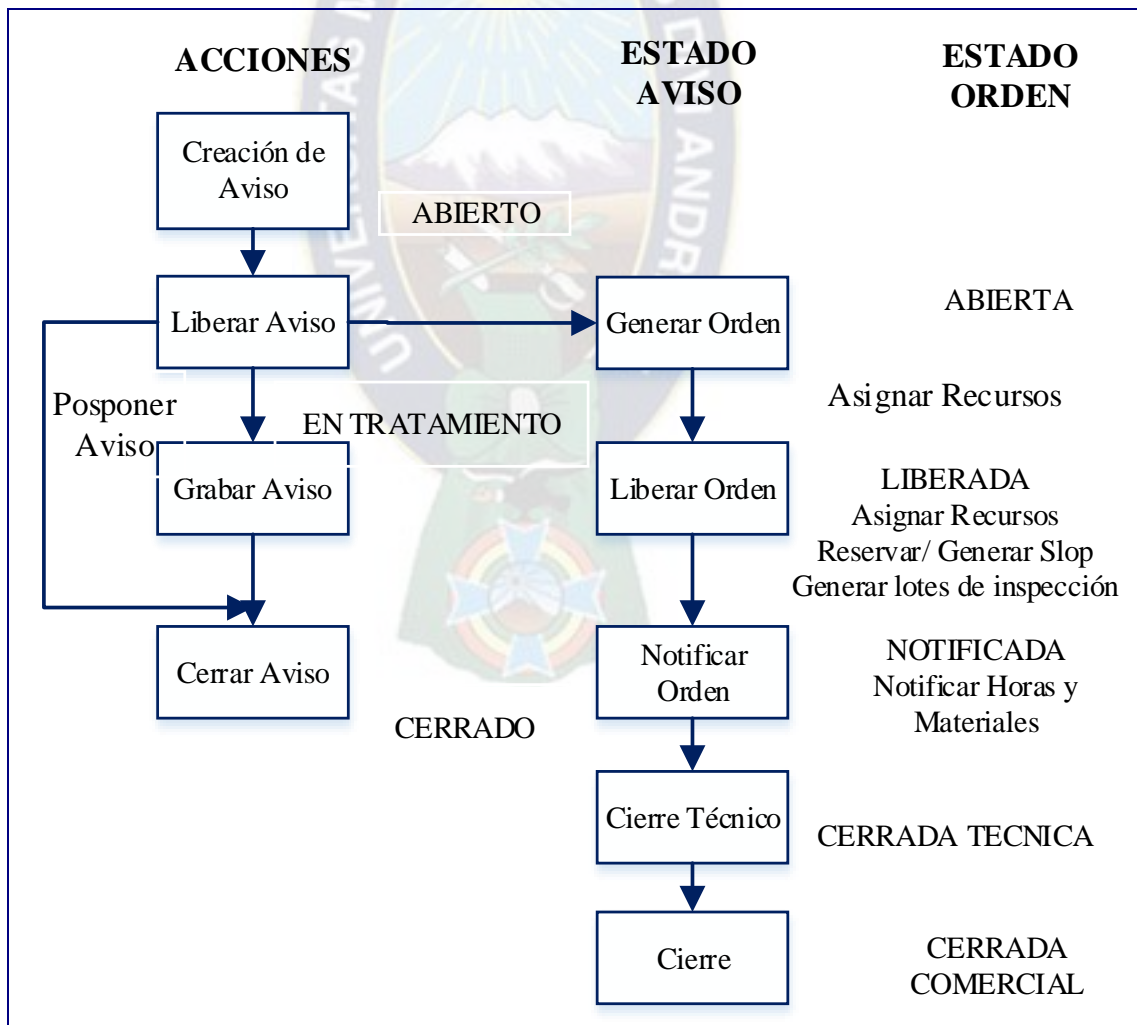
**Gestión de avisos.** Los avisos de mantenimiento y de servicio actúan como soporte en diferentes tareas, principalmente en las siguientes:

- Describir el estado de un objeto técnico (Instalación, Equipo o Maquinaria)
- Solicitar que se tomen medidas en dicho objeto (reparar, limpiar, etc.)
- Permite el seguimiento de dichas medidas.
- Gestionar de status de avisos y medidas.

Un aviso se conoce como un pedido de trabajo y en el gráfico 6-7, se muestra un flujo explicativo del proceso de avisos, así también el cómo se convierten en órdenes.

**GRÁFICO 6-7**

**SAP PM.: Flujo de proceso de avisos y ordenes**



Fuente: Manual SAP, [www.mundosap.com](http://www.mundosap.com)



### CUADRO 6-7

#### SAP PM.: Clases de Catálogos en Mantenimiento, 2014

Clase	Clase de aviso	Clase	Clase de aviso
AF	Análisis de fallas	LG	Libro de guardia
AM	Tarjeta amarilla	M1	Solicitud MT
AZ	Tarjeta azul	M2	Aviso de avería
BL	Tarjeta blanca	M3	Aviso de actividad
G1	Parada de planta	PP	Pequeños paros
GC	Parada de conocimiento	RF	Fallos
GE	Parada de planta	RO	Tarjeta Roja
GF	Parada de filtración	Z1	Sol.Mtto.Correctivo

**Fuente:** Manual SAP, [www.mundosap.com](http://www.mundosap.com)

El detalle de las transacciones y la descripción de la gestión de órdenes y planificación de del mantenimiento sistema SAP PM se presentan en el Anexo 6-4.

#### 6.5. CONCLUSIONES.

En el presente capítulo se logró el diseño de un sistema modelo de mantenimiento industrial eficiente para las industrias de procesos continuos, que detalla un procedimiento adecuado para el mantenimiento industrial en la maquinaria, equipo e instalaciones, con una perspectiva de competitividad, y garantizando un funcionamiento óptimo, sistematizando los datos e información para de forma adecuada afrontar el dinamismo de las industrias.

Un sistema GMAO funciona para y por las personas, es por ello que los trabajadores de la empresa deben estar implicados en todo momento en el diseño de la solución; de esta forma el sistema se adaptará a las necesidades reales de la empresa.

Para Embol S.A. región occidente se seleccionó al software SAP PM como GMAO a implementarse.

## CAPÍTULO VII: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

---

La implementación de un Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial en EMBOL S. A. región occidente, permitirá disponer, tener confiabilidad y utilizar eficientemente los equipos, instalaciones y maquinaria, para la elaboración de bebidas carbonatadas y productos refrescantes siendo un factor importante en la calidad de los productos utilizándose como una estrategia para la competitividad, además de mejorar la funcionalidad del mantenimiento, se trata de alargar la vida útil de los bienes productivos y activos mencionados y alcanzar el máximo rendimiento, creándose una conciencia de participación total del personal involucrado en dicha área de proceso. Así se lograra que el operador pase del criterio de: Yo opero, tú reparas, al soy responsable de mi equipo y el personal de mantenimiento pasar del: Arreglar siempre, a arreglar definitivamente.

### 7.1. PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL.

La parte más importante del mantenimiento es el factor humano, sin las personas que forman parte de este equipo es imposible tener resultados positivos, en tal sentido se debe lograr que los que forman parte de este, sean:

- Trabajadores, es decir, que tengan siempre la actitud de resolver los problemas que se presenten sin que medie otro sentimiento que realizar el trabajo bien hecho.
- Que Piensen, Se ha de distinguir y premiar a las personas que aportan ideas y soluciones a problemas, empezando por los más cotidianos.
- Trabajo en equipo, toda información es propiedad de la empresa y del grupo. Si existe algún técnico capaz de solucionar todos los problemas, pero que el resto del equipo está solamente para alcanzarle las herramientas, el consejo es prescindir de ese operario. A corto plazo nos aporta más inconvenientes que soluciones. Por eso, es importante que toda intervención en equipos se quede perfectamente documentada para que cualquier miembro del departamento sepa cómo hay que actuar.

- Responsabilidad. La responsabilidad debe estar ligada compromiso, la comprensión del grado de importancia de las labores, que por lo general son urgentes.
- Que aporten el corazón en las tareas que realicen. Cuando se resuelva algún problema de difícil solución, hacer una felicitación expresa del logro conseguido, del beneficio de la Empresa y distinguir al realizador de ese trabajo.

Finalmente, indicar que los responsables de mantenimiento (supervisores y jefe), han de conocer las características profesionales y personales de cada una de las personas que integran el equipo. El fin es que todos sepan el máximo de todo el conocimiento del departamento; la realidad indica que cada uno de nosotros tenemos unas características que nos hacen únicos, distintos a los demás, y por experiencia siempre se encuentran los siguientes perfiles humanos en el departamento de mantenimiento:

**CUADRO 7-1**

**SMMI.:** Perfiles de humanos de diferentes tipos de técnicos operarios, 2014

TÉCNICO	PERFIL HUMANO
Operario inventivo	A primera vista, es capaz de saber cómo funciona una máquina por complicada que sea, cómo resolver las averías correctivas o es capaz de dar soluciones ingeniosas y sencillas a problemas difíciles. Este perfil casi siempre corresponde al inventivo pero indisciplinado, poco rígido en el trabajo sistemático, hay que pedirle continuamente el informe de reparación o, en los momentos de poco control, está siempre haciendo lo que quiere y desaparecido.
Operario sistemático	Simplemente hay que decirle una vez cómo se hace una cosa y siempre lo hará igual. Son las personas a la que podemos responsabilizarlo de trabajos repetitivos, que tendremos la seguridad que siempre lo realizará de acuerdo con las instrucciones recibidas.
Operario según manual	El operario que siempre mira el manual y actúa siguiendo el método, siendo incapaz de hacer modificaciones que pueden mejorar los resultados. Normalmente este perfil siempre pone inconveniente a los cambios no contemplados en el manual y es poco imaginativo; suele responder al perfil de “Es un contrario”.
Operario individual	El operario incapaz de hacer equipo, cuidar la herramienta, tener el Departamento limpio y ordenado. Este perfil puede tenerlo el número 1.

**Fuente:** Elaboración propia

De cada uno de estos perfiles hay que recoger lo mejor de ellos y emplearlos en función del beneficio de la Empresa. Intentar no dar tareas sistemáticas al que tiene gran capacidad inventiva. Dar las tareas de control a los sistemáticos. Cuando se necesite realizar tareas

limpieza y organización del Departamento, que todos participen, pero que sean los más ordenados quienes dirijan el trabajo. Todo es aplicar el Sentido Común, que aunque paradójico a veces no es el más común de los sentidos. El Jefe de Mantenimiento ha de ser quién, desde la atalaya que le confiere su visión de la Industria, debe saber dar el Tempo en las actuaciones, sobre todo, en las correctivas graves. Saber cuándo hay que acelerar las intervenciones de las personas hasta el punto en que no se vuelvan ineficaces por los nervios; y en los momentos de mucha tensión, ser capaz de disminuirla hasta el punto en que las personas involucradas, puedan tener un rendimiento mejor, más lúcido porque ha imperado la serenidad sobre los nervios. La importancia de formar un equipo humano capaz de estar unido ante los continuos problemas que nos encontramos cada día, el que ese equipo no tenga la menor duda que el apoyo de los compañeros es absoluto y que el conocimiento de cada uno es el bien colectivo compartido; son aspectos que hacen que el Equipo de Mantenimiento sea pieza fundamental en los objetivos para alcanzar los logros propuestos desde la Dirección de la empresa y como tal.

#### **7.1.1. Programa de Motivación.**

##### **Fase de Preparación**

Se crea un entorno apropiado para establecer una planificación cuidadosa del programa mantenimiento industrial que evite o limite al máximo futuras modificaciones durante su implementación, esta fase a su vez está compuesta por cinco etapas:

##### **ANUNCIO DE LA ALTA DIRECCIÓN DE LA DECISIÓN DE INTRODUCIR EL SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Etapas 1: La primera etapa en el desarrollo SMMI es hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el sistema modelo de mantenimiento industrial. La alta dirección debe informar a todos los empleados su intención de implementar y transmitir su entusiasmo por el proyecto. Esto puede llevarse a cabo a través de reuniones internas, información en boletines internos, donde se explica el concepto, metas y resultados esperados.

Previo a dar este paso va a resultar imprescindible que la alta dirección tenga la completa convicción, primero de la necesidad y segundo de la utilidad de implementar el SMMI.

**LANZAMIENTO DE LA CAMPAÑA EDUCACIONAL O INFORMACIÓN.**

Etapa 2: Comprende una política de difusión al alcance de todo el mundo que permita entender el concepto SMMI, y cuál va a ser su papel, esto se consigue mediante la realización de campañas informativas que pretenden hacer comprender a todo el personal, sea cual sea su nivel y responsabilidad.

La resistencia frente al SMMI puede adoptar diferentes formas, algunos pueden preferir la división de tareas más convencional (Que supone que los operarios manejan el equipo, el personal de mantenimiento lo repara). Los trabajadores de línea de producción a menudo temen que se incrementará la carga de trabajo, mientras que el personal de mantenimiento es escéptico sobre la capacidad de los operarios para el mantenimiento.

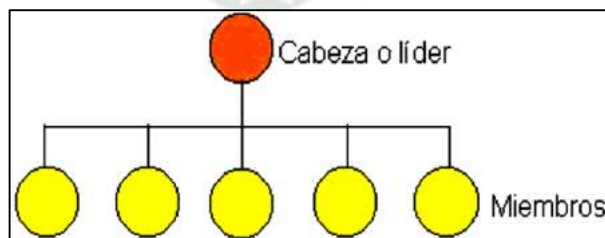
El objetivo de la educación es, no solamente explicar el SMMI, si no también elevar la moral y romper la resistencia al cambio, con el fin de garantizar que todos comprenden las características del SMMI y valoran sus beneficios, se organizan jornadas de entrenamiento adecuadas para cada nivel.

**ESTRUCTURA PROMOCIONAL DEL SMMI.**

Etapa 3: La promoción del SMMI se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños equipos que se solapan en toda la organización, cada líder de equipo es miembro de otro equipo del nivel superior, de esta forma existe conexión entre niveles y la comunicación horizontal y vertical es más fluida.

**GRÁFICO 7-1**

**SMMI.: Estructura de un grupo SMMI**



**Fuente:** Elaboración propia

En este proceso se organiza pequeños equipos de 5 a 6 personas máximo donde existe un líder que es cabeza de un grupo y miembro del siguiente, se puede apreciar como toda la

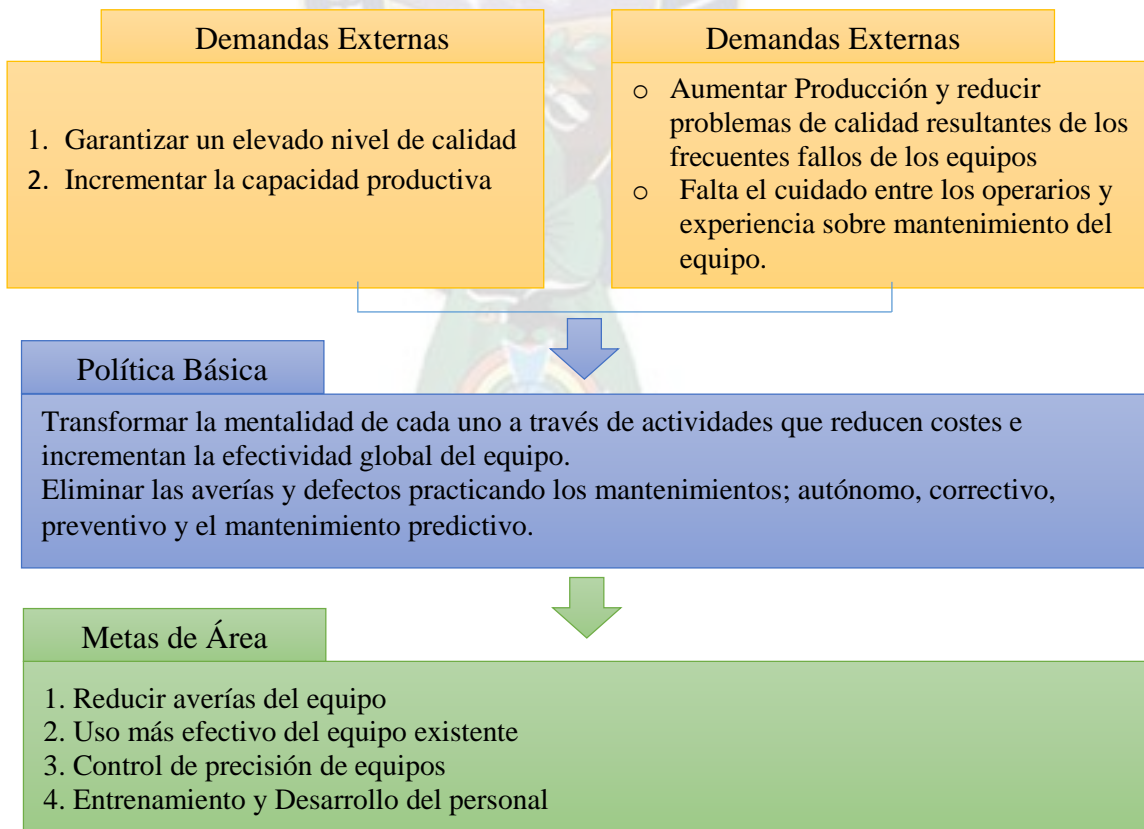
organización está involucrada en la aplicación del SMMI, este tipo de distribución permite que la empresa trabaje de forma más organizada y coordinada donde la información sube y baja a través de la estructura piramidal del organigrama de la empresa permitiendo una mejor evaluación y control del proceso.

### ESTABLECER POLÍTICAS BÁSICAS SMMI Y FIJAR OBJETIVOS

Etapa 4: La alta dirección deberá incorporar el SMMI a la política estratégica de la compañía, así mismo, fijar objetivos concretos a alcanzar y las directrices a seguir a medio y largo plazo. Como paso previo a la fijación de objetivos deberemos analizar cuál es el punto de partida de la empresa, y tener así una base de referencia. Esto implica conocer la situación actual de la empresa, disponer de datos numéricos sobre averías, tasa de defectos, rendimiento, etc.

#### GRÁFICO 7-2

SMMI.: Políticas y metas básicas, 2014



Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se podrán establecer niveles deseables de mejora con objetivos medibles y alcanzables. No sirve de nada fijarse unos objetivos excesivamente elevados y que lleven ineludiblemente al desánimo cuando estos no se consiguen.

Como hemos visto, aunque las políticas puedan consistir en proposiciones abstractas verbales o escritas, las metas deben ser cuantitativas y precisas especificando la meta (¿Qué?), la cantidad (¿Cuánto!), y el periodo de tiempo (Cuando).

#### DESARROLLO DE UN PLAN MAESTRO SMMI

Etapa 5: Se establece un plan concreto para la implantación del SMMI que integra las actividades a desarrollar para conseguir las metas propuestas. Se establece un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo en colaboración con los propios operarios.

Mejora de la efectividad del equipo a través de la eliminación de las seis grandes pérdidas. Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado por personal de mantenimiento. (Véase gráfico 7-3)

Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

#### FASE DE INTRODUCCIÓN: ARRANQUE DEL SMMI.

Etapa 6: El arranque o disparo de salida es el primer paso para la implementación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. Durante la Fase de Preparación esto es las cinco primeras etapas, la dirección y el staff profesional juegan el rol dominante. A partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el SMMI. Cada trabajador juega ahora un rol crucial, Por esta razón, cada trabajador debe apoyar la política de la alta dirección a través de las actividades para eliminar las seis grandes pérdidas.

Es aconsejable organizar un acto formal de presentación al que asistan todos los empleados y clientes o empresas relacionadas, en donde se informe de las actividades llevadas a cabo en la fase de preparación y de los planes futuros.

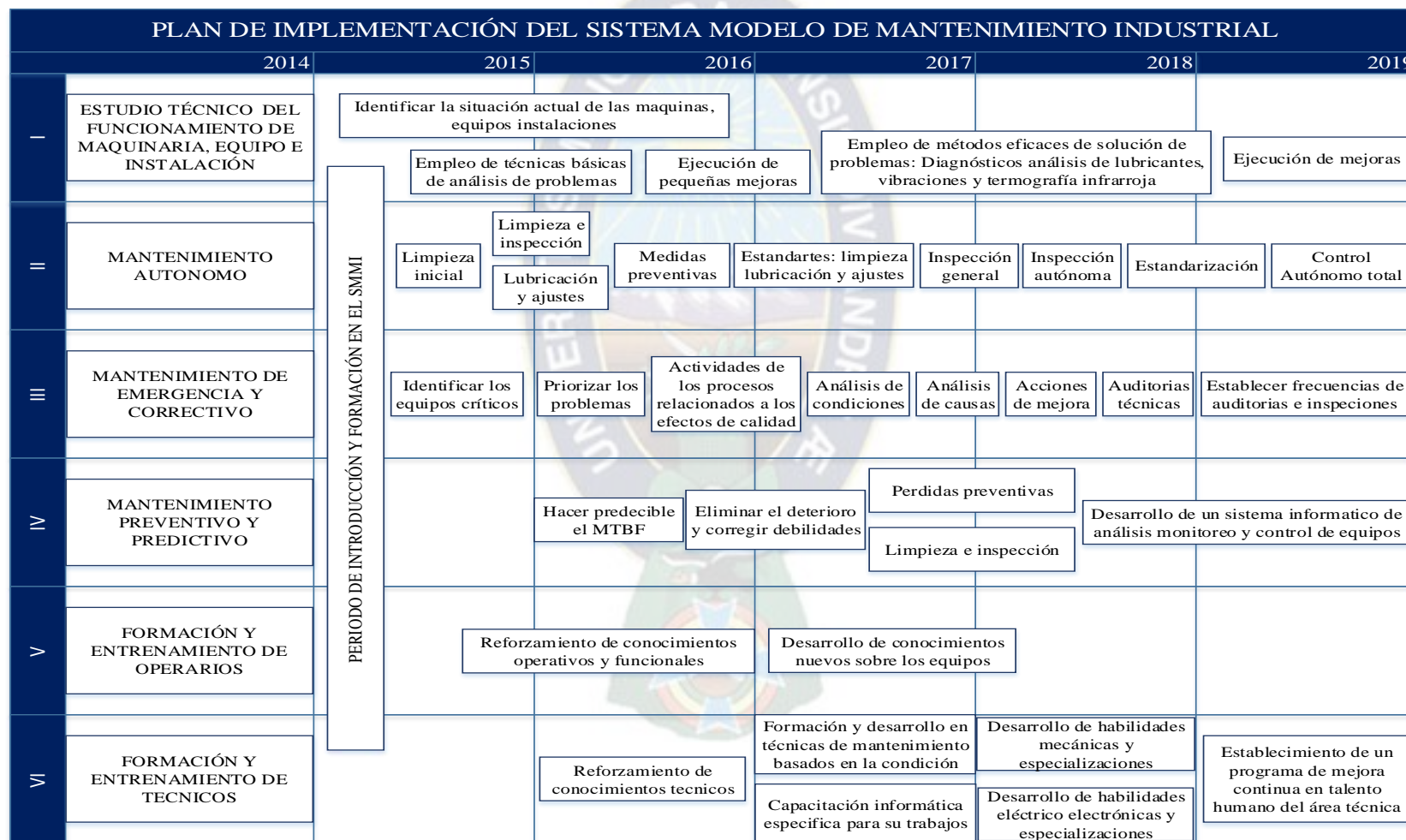
#### **7.1.2. Programa de Capacitación**

La correcta implementación del SMMI dependerá de la adecuada planificación de acuerdo a la capacidad de la industria en cuestión, para el caso de EMBOL S. A.:



**GRÁFICO 7-3**

**SMMI.: Plan de implementación SMMI, 2014**



**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.



### 7.1.3. Seguimiento a la Implementación.

#### FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Desarrollar las actividades planificadas, con la debida asignación de los responsables y el acuerdo acerca de las fechas de implementación de las mismas, para evitar caer en demoras y retrasos excesivos, así como en la falta de coordinación que puede darse en la introducción de un nuevo sistema de gestión, es importante ajustarse a los plazos previstos en el plan de implementación; es por este motivo que será necesario tener asignados para cada objetivo una fecha y un responsable.

#### MEJORAR LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO

Etapas 7: Se organizan equipos de trabajo multifuncionales y multidisciplinarios compuestos por ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad del equipo. Deberá seleccionarse de todo el conglomerado de equipos de planta un equipo piloto que sufra pérdidas crónicas y una vez medidas y evaluadas cuidadosamente, se actuará de forma que se obtengan mejoras significativas y que se puedan cuantificar.

#### ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Etapas 8: Una manera de evitar un mantenimiento autónomo superficial denominado el método de siete pasos que incluye las 5S. La cual citamos a en el Anexo 7-1.

#### ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Etapas 9: Se desarrollará un programa de mantenimiento programado para que pueda ser llevado a cabo por el departamento de mantenimiento. El personal del mismo debe centrar sus energías en las tareas que requieren su propia experiencia técnica y aprender técnicas más sofisticadas, al tiempo que coopera con el Mantenimiento Autónomo.

#### FORMACIÓN PARA ELEVAR CAPACIDADES DE OPERACIÓN

Etapas 10: Para llevar a cabo un mantenimiento eficaz es importante mejorar las habilidades de los recursos humanos de los que dispone la empresa. Por ello en las etapas iniciales de la implantación del SMMI conviene realizar un esfuerzo especial pero muy valioso en la formación de los empleados. Una vez puesto en marcha el SMMI, se evaluará periódicamente a cada persona para fijar planes de formación para la fase siguiente.

En este sentido se describen las capacitaciones realizadas siguientes.

**CUADRO 7-2**

**SMMI.: Programa de capacitaciones, 2014**

FECHA	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	DESCRIPCIÓN
20/03/14	PLAN GENERAL DE LIMPIEZA	Aplicación de 5Ss Especificación, Plan General Limpieza Líneas: Línea K-90      Línea K-108 Línea C-32      Línea K-140 Procesos          Soplado Almacenes
29/08/14	SOFTWARE SERVICEDESKPLUS MATTO. INFRAESTRUCTURA	Ingreso al programa. Procedimientos de ejecución y transacciones. Creaciones de orden de trabajo y cierres.
16/09/14	SOFTWARE SAP PM MANTENIMIENTO DE PLANTA	Ingreso al sistema SAP PM. Creación de avisos. Creación de Ordenes de trabajo. Cierres de transacciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

La descripción detallada de cada una de las capacitaciones como los manuales y tutoriales que se desarrollaron en este proyecto se muestran en los anexos, Anexo 7-1 (Capacitación plan General de Limpieza), Anexo7-2 (Capacitación Software Servicedesk plus 9.0), Anexo7-3 (Capacitación Software SAP PM).

**FASE DE CONSOLIDACIÓN Y ELEVACIÓN DE LOS OBJETIVOS**

Etapa 12: El último paso de un programa SMMI es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores. Hay que cuantificar el progreso alcanzado y darlo a conocer a todos los empleados para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario. A partir de ahora hay que adoptar una filosofía de mejora continua, revisando los objetivos establecidos y fijando otros más ambiciosos.

**7.1.4. Disminución de probabilidad de fallas.**

**CLASIFICACIÓN ABC DE LAS MAQUINAS.**

Con la información presentada en el Anexo 7-4, se realiza el cálculo de los parámetros como son los tiempo medio entre fallos TBMF y frecuencia de falla, para el caso de cálculo de frecuencia de fallas se toma como parámetro paradas superiores a 10 min, que por las condiciones de operación, la complejidad del flujo del envase se presentan micro paradas o paradas cortas por pequeños problemas, los cuales se ven reflejados en la disminución de la velocidad de operación, mostrados a continuación:

**CUADRO 7-3**

**SMML.: Cálculo de MTBF, frecuencia de falla y MTTR, L2 K-108, 2014**

CÓDIGO	MÁQUINA	CANTIDAD DE FALLAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS > 10 [min] [h]	MTBF [h]	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTTR [h]
L2-DNC	Desencajador	29	45,83	151,94	4,74	1,58
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	3	2,94	1139,57	0,63	0,98
L2-DEC	Descapsulador	21	37,00	207,19	3,47	1,76
L2-SYN	Syncrojet	7	9,83	569,79	1,26	1,40
L2-ALX	Inspector de botellas vacias "ALEXUS"	12	17,00	350,64	2,05	1,42
L2-LVB	Lavadora de botellas	74	108,93	60,78	11,85	1,47
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	17	22,00	253,24	2,84	1,29
L2-LVC	Lavadora de cajas	10	14,00	414,39	1,74	1,40
L2-VOL	Volteador de cajas	7	10,55	569,79	1,26	1,51
L2-LNT	Inspector de botellas vacias "LINATRONIC"	23	51,80	189,93	3,79	2,25
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	22	58,67	198,19	3,63	2,67
L2-LLN	Llenadora	78	124,33	57,70	12,48	1,59
L2-CAP	Capsulador	12	29,33	350,64	2,05	2,44
L2-COI	Codificador	8	12,07	506,48	1,42	1,51
L2-ENC	Encajonador	39	64,10	113,96	6,32	1,64
L2-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	22	38,51	198,19	3,63	1,75
L2-TRC	Sistema de transporte de cajas	19	9,20	227,91	3,16	0,48
L2-COB	Analizador LAN II	7	10,55	569,79	1,26	1,51
L2-CHE	Checkmat	8	11,74	506,48	1,42	1,47
L2-TAP	Alimentador de tapas	11	16,10	379,86	1,90	1,46

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Un análisis simple de la tabla de criticidad nos muestra que los equipos más importantes o de clasificación A y B, son 13 máquinas que a continuación para determinar cuál debe ser tomada con mayor prioridad, se analiza su impacto en el proceso tomando como referencia aspectos como, entrega, frecuencia de fallas y el tiempo medio de reparación.

Como se puede observar a continuación en el cuadro 7-4, quienes presentan los valores más altos en frecuencia de falla, valores menores en MTBF y valores MTTR altos son: La llenadora y lavadora de botellas.

**CUADRO 7-4**

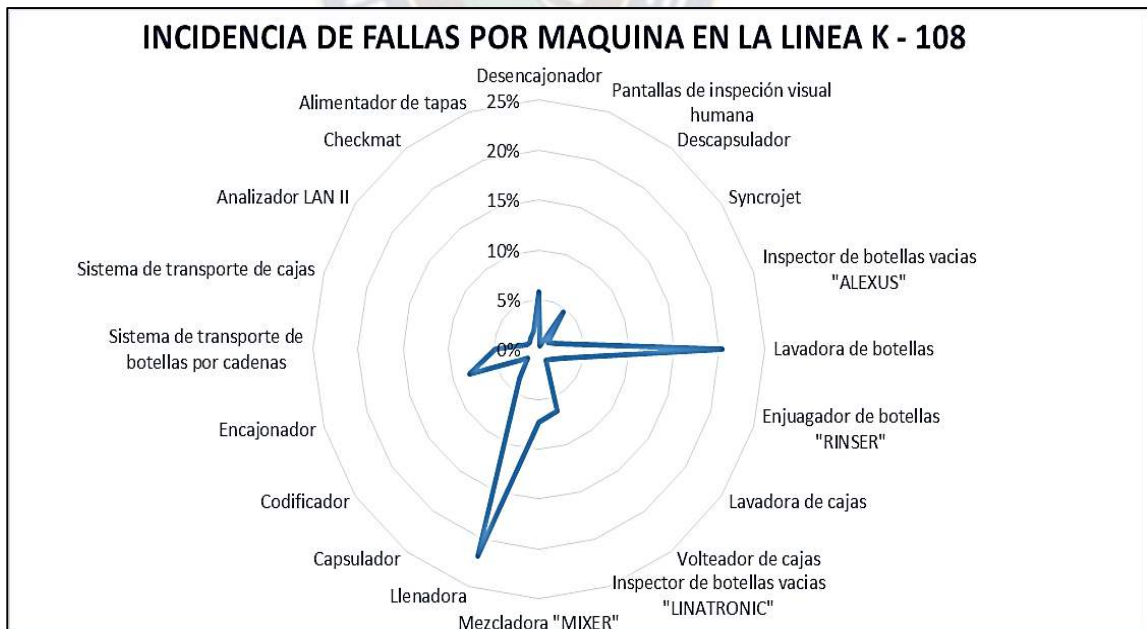
**SMMI.:** Comparación de aspectos de equipos críticos Línea Kronen K-108, 2014

CÓDIGO	MÁQUINA	ENTREGA	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTBF [h]	MTTR [h]
L2-DNC	Desencajonador	●	4,74	151,94	1,58
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	●	0,63	1139,57	0,98
L2-SYN	Syncrojet	●	1,26	569,79	1,40
L2-ALX	Inspector de botellas vacias "ALEXUS"	●	2,05	350,64	1,42
L2-LVB	Lavadora de botellas	●	11,85	60,78	1,47
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	●	2,84	253,24	1,29
L2-LNT	Inspector de botellas vacias "LINATRONIC"	●	3,79	189,93	2,25
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	●	3,63	198,19	2,67
L2-LLN	Llenadora	●	12,48	57,70	1,59
L2-CAP	Capsulador	●	2,05	350,64	2,44
L2-COI	Codificador	●	1,42	506,48	1,51
L2-COB	Analizador LAN II	●	1,26	569,79	1,51
L2-CHE	Checkmat	●	1,42	506,48	1,47

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

**GRÁFICO 7-4**

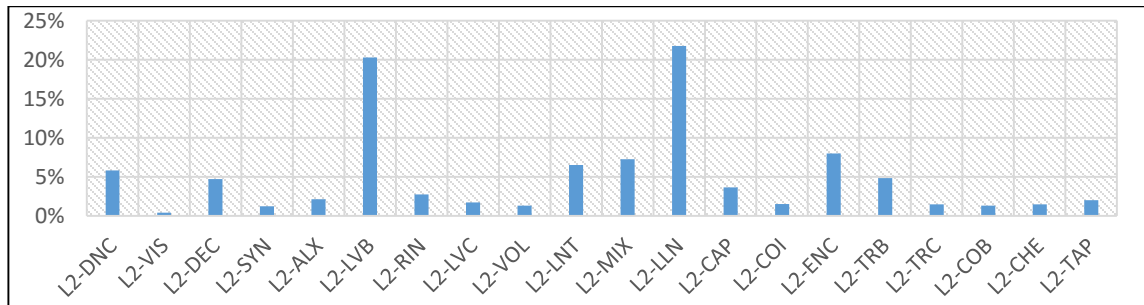
**EMBO S. A.:** Incidencia de fallas por maquina en la Línea Kronen K-108, 2014



**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

**GRÁFICO 7-5**

**EMBOL S. A.:** Incidencia de fallas por maquina en la Línea Krones K-108, 2014



**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

**ANÁLISIS DE FALLAS LAVADORA DE BOTELLAS L2 –LVB KRONES K 108.**

Con los resultados obtenidos del análisis de criticidad se inicia un estudio minucioso del equipo seleccionado, para obtener la criticidad de los diferentes subconjuntos y componentes del mismo, para comenzar se realizara una breve descripción de la máquina y sus diferentes subconjuntos que son presentados en el Anexo 7-5.

La lavadora es la encargada de realizar dos operaciones principales: limpieza mecánica de las botellas y remoción aseptia de microorganismos dañinos a la bebida refrescante.

Conociendo ya los subconjuntos (véase Anexo 7-5) podemos realizar un seguimiento del último año en cuanto al comportamiento de los tiempos perdidos atribuibles a cada uno de ellos. A continuación se resume los resultados obtenidos.

**CUADRO 7-5**

**SMMI.:** Resumen de fallas subconjuntos lavadora Krones K-108, 2014

SUBCONJUNTO	NUMERO DE PARADAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO DE PARADA [h]
Sistema de descarga lavadora	31	36,62
Sistema de cargue lavadora	18	29,18
Sistema de accionamiento principal	11	35,87
Sistema Eléctrico	6	25,79
Sistema de manejo de botellas	4	15,43
Sistema de bombeo y enjuague	3	10,77
Sistema de extracción de residuos	1	8,27
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>	<b>161,93</b>

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Al conocer los diferentes modos de falla de los subconjuntos los podemos clasificar de acuerdo a su consecuencia y aplicar sobre los más críticos la metodología de análisis de falla y poder así determinar la causa raíz. A continuación se resumen los resultados de los indicadores.

**CUADRO 7-6**

**SMML.: Calculo de indicadores para subconjuntos, 2014**

SUBCONJUNTO	MODOS DE FALLA	CANTIDAD DE FALLAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS > 10 [min] [h]	MTBF [h]	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTTR [h]
Sistema de descarga lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	31	36,62	142,45	5,05	1,18
Sistema de cargue lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	18	29,18	239,91	3,00	1,62
Sistema de accionamiento principal	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras.	11	35,87	379,86	1,90	3,26
Sistema Eléctrico	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores	6	25,79	651,18	1,11	4,30
Sistema de manejo de botellas	Fallas en canastas porta botella y puntales defectuosos.	4	15,43	911,66	0,79	3,86
Sistema de bombeo y enjuague	Fallas en flautas de enjuague por fugas	3	10,77	1139,57	0,63	3,59
Sistema de extracción de residuos	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción	1	8,27	2279,14	0,32	8,27

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

**Programa óptimo de inspección que minimice el costo esperado para la lavadora de botellas de la línea Kronos 108.**

1º Se realiza un cuadro con los tiempos TBF [h] y F(t) regido según el caso por:

$$- F(t) = \frac{i}{N+1} \text{ para } 20 \leq N \leq 50; F(t) = \frac{i-0.3}{N+0.4} \text{ para } N \leq 20 \text{ o } F(t) = \frac{i}{N} \text{ para } N \geq 50$$

2º Se debe construir una tabla de modo de poder obtener un gráfico lineal para ello se utiliza las siguientes ecuaciones:

Sea  $R(t) = e^{-(t\beta)^\alpha}$ , y también  $R(t) = 1 - F(t)$ , aplicando logaritmos en dos ocasiones se

obtiene:  $Ln\left(Ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) = \alpha.Lnt + \alpha.Ln\beta$  donde por comparación con el modelo lineal

$y = b.x + a$  se calculan:

$$\alpha = \frac{n \cdot \sum Lnt_i \cdot Ln\left(Ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) - \sum Lnt_i \cdot \sum Ln\left(Ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right)}{n \cdot \sum Lnt^2 - \left(\sum Lnt_i\right)^2} = b$$

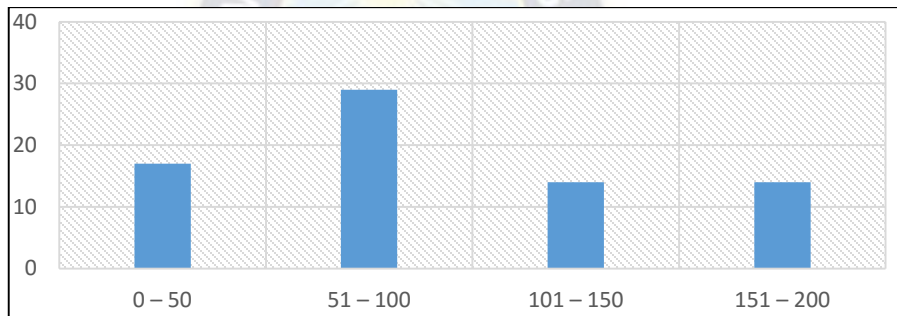
$$\alpha \ln \beta = \frac{\sum Lnt^2 \cdot \sum \ln\left(\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) - \sum Lnt_i \cdot \ln\left(\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right)}{n \cdot \sum Lnt^2 - (\sum Lnt_i)^2} = a$$

Por lo tanto:  $\ln \beta = \frac{a}{\alpha}$  Obteniéndose al final:  $\beta = e^{\left(\frac{a}{\alpha}\right)}$

3° Así pues se obtiene los parámetros de forma y de escala para luego hacer uso de las ecuaciones presentadas en el Anexo 7-7 se desarrolla el tratamiento de la información obteniéndose.

**GRÁFICO 7-6**

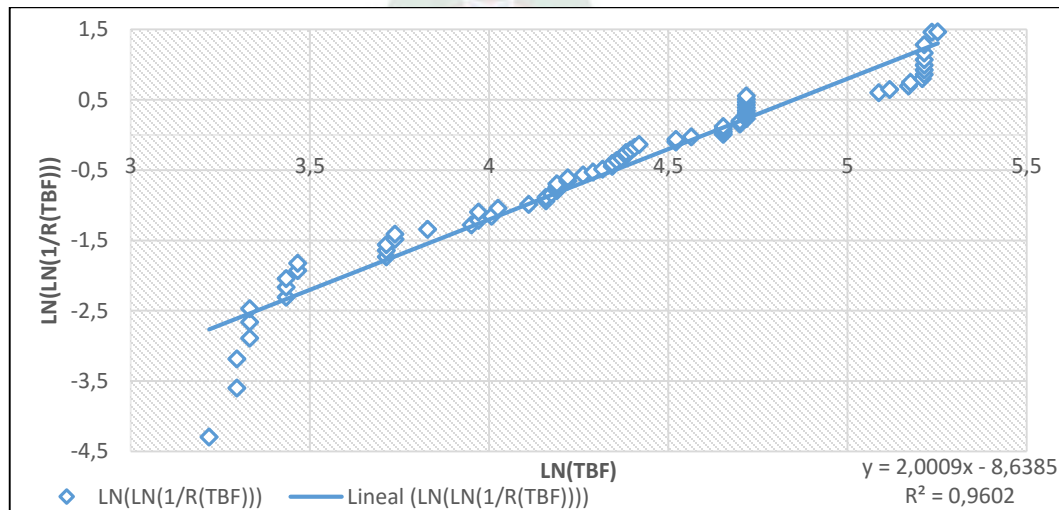
**SMML:** Frecuencias intervalos de clase de TBF para f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014



**Fuente:** Elaboración en base a datos de supervisión de mantenimiento.

**GRÁFICO 7-7**

**SMML:** Grafica lineal de los TBF para f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014



**Fuente:** Elaboración en base a datos de supervisión de mantenimiento.

**CUADRO 7-7**

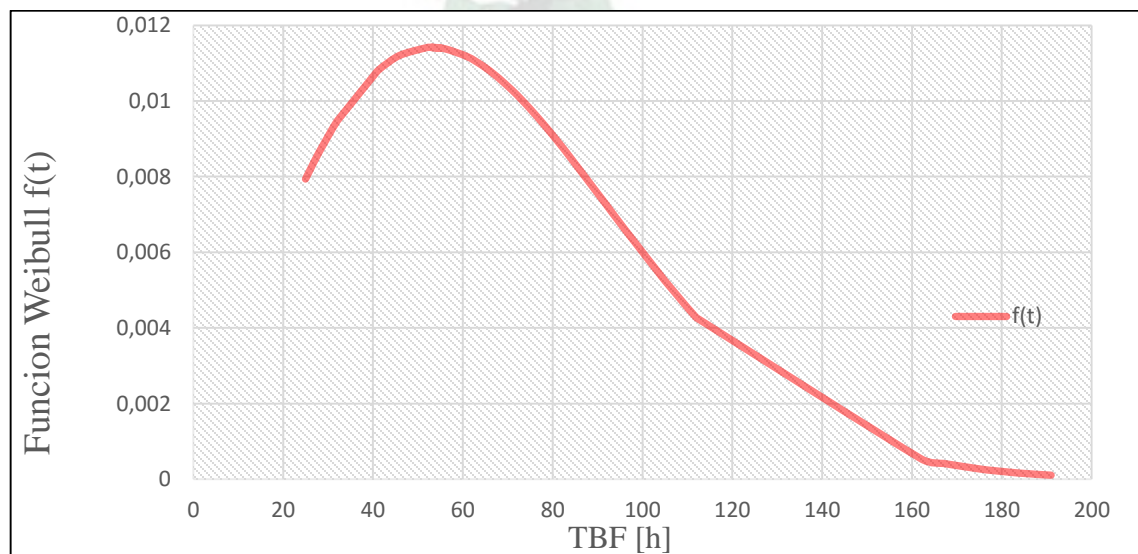
**SMML:** Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014

<b>f (t)</b> : Función de densidad del tiempo hasta la falla del equipo	<b>f (t) =</b>	$0,0266 (0,0133 t)^{1,0009} e^{-(0,0133 t)^{2,0009}}$
<b>F (t)</b> : Función de densidad acumulada de tiempo hasta que falle el equipo	<b>F (t) =</b> $\int_0^T f(t) dt =$	$\int_0^T 0,0266 (0,0133 t)^{1,0009} e^{-(0,0133 t)^{2,0009}} dt$
<b>λ (t)</b> : Función de tasa de fallos	<b>λ (t) =</b>	$0,0266 (0,0133 t)^{1,0009}$
<b>p</b> : Beneficio por unidad de tiempo cuando la maquina esta en	<b>p =</b>	1257 [\$US/h]
<b>Cr</b> : Costo de reparación	<b>Cr =</b>	3500 [\$US]
<b>Ci</b> : Coste de inspección	<b>Ci =</b>	50 [\$US]
<b>T</b> : Longitud del intervalo de inspección	<b>T* =</b>	57 [h]
<b>g (T)</b> : Beneficio esperado por el ciclo de inspección	<b>g (T) =</b>	59955 [\$US/ciclo]
<b>Z (T)</b> : Beneficio esperado por unidad de tiempo	<b>Z (T) =</b>	1051 [\$US/h]
<b>R (t)</b> : Confiabilidad de función de sobrevivencia	<b>R (t) = 1 - F (t) =</b>	$e^{-(0,0133 t)^{2,009}}$
<b>μ</b> : Tiempo medio entre fallas	<b>μ = MTBF =</b>	$(1/0,0133) \Gamma \left( 1 + \frac{1}{2,0009} \right) = 66,4545$

**Fuente:** Elaboración en base a datos de supervisión de mantenimiento.

**GRÁFICO 7-8**

**SMML:** Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014

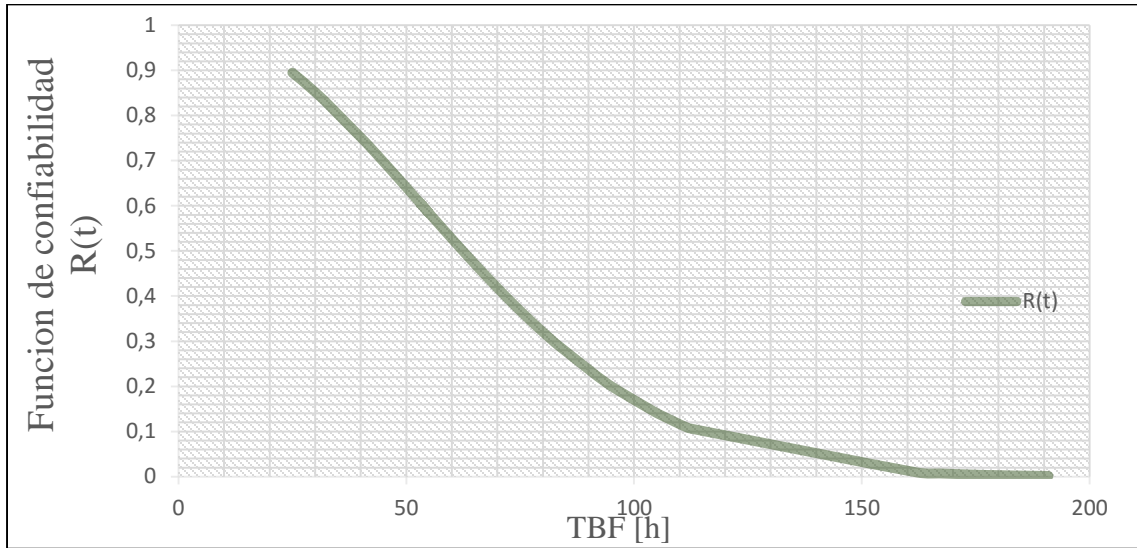


**Fuente:** Elaboración en base a datos del cuadro 7-7.



**GRÁFICO 7-9**

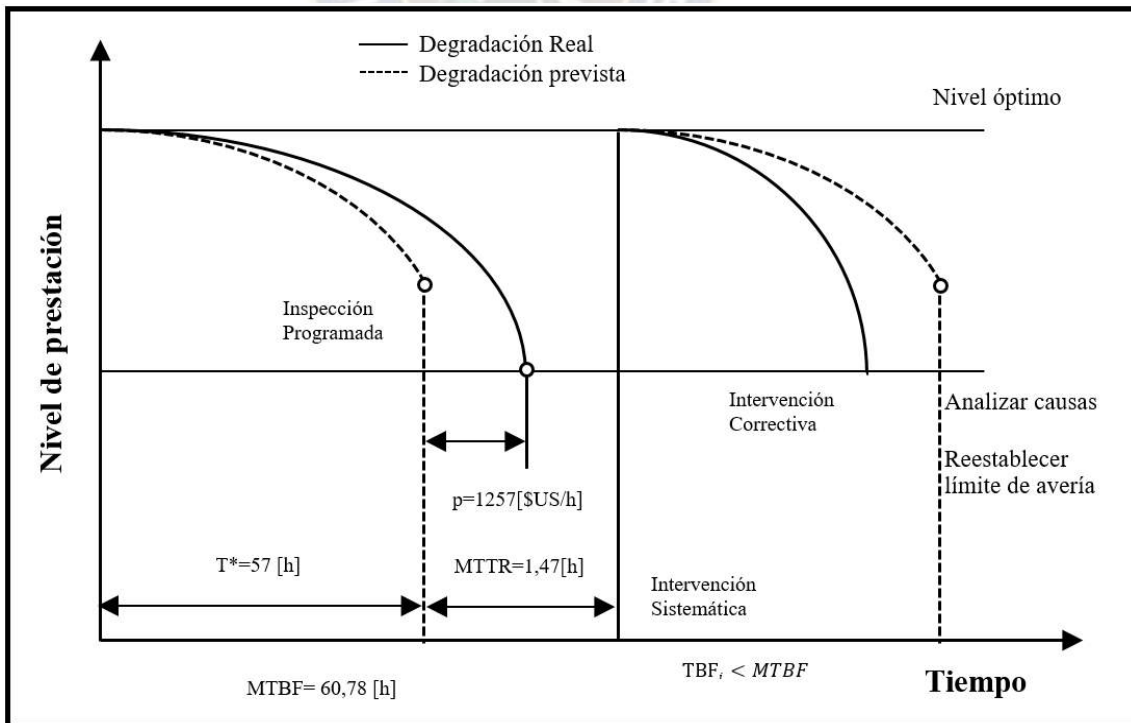
**SMML:** Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014



**Fuente:** Elaboración en base a datos del cuadro 7-7.

**GRÁFICO 7-10**

**SMML:** Aplicación de Mto. Preventivo con inspección frecuente L2-LVB, 2014



**Fuente:** Elaboración propia.

## 7.2. AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO

Realizar una auditoría de mantenimiento no es otra cosa que comprobar el cómo se gestiona cada uno de los puntos indicados anteriormente, el objetivo que se persigue al realizar una auditoría de mantenimiento no es cuestionar su forma de trabajo, es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarias para mejorar los resultados. Para ello se pueden presentar los siguientes tipos de auditorías:

**AUDITORÍA TÉCNICA.** Se encarga de analizar la degradación que ha sufrido una instalación con el paso del tiempo es una especie de fotografía instantánea del estado técnico en que se encuentra un conjunto de una instalación y cada uno de los equipos que la componen, puede decirse que una auditoría técnica sirve para determinar todos los fallos que presenta una planta industrial en un momento determinado, con esos datos, es posible determinar que equipos necesitan ser sustituidos, y que reparaciones habría que efectuar en una instalación, para que volviera a estar en un estado técnico aceptable.

Por supuesto, su realización requiere un profundo conocimiento de la instalación, por lo que solo puede ser realizado por personal experto de los equipos principales y auxiliares, que componen la planta, y con una demostrada experiencia, en este tipo de trabajo.

Oportunidades para realizar una auditoría técnica.

- Puesta a punto de la instalación.
- Evaluación de la operación y el mantenimiento de una instalación.
- Evaluación de la gestión de un contratista de operación y o mantenimiento.
- Operaciones de compra o venta de instalaciones.
- Estudio de una posible inversión, revisión o ampliación de una planta industrial.
- Análisis de la instalación antes de firmar un contrato de mantenimiento de gran alcance.

El Anexo 7-8 se describe la forma de llevar a cabo una auditoría técnica.

**AUDITORIAS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.** Realizar una gestión de auditoría de mantenimiento en empresa, es tratar de determinar el grado de excelencia de

un departamento de mantenimiento y de su forma de gestionar. Se analizan criterios y conceptos como:

- Determinar la gestión de los principales aspectos relacionados con el mantenimiento, (repuestos, personal, métodos de trabajo, seguridad herramientas etc.) es la adecuada.
- Puede utilizarse para una negociación con los principales seguros, sobre todo si el estudio lo ha realizado una empresa de reconocido prestigio.
- Es una herramienta de mejora que detecta los puntos que no se gestionan correctamente (no-conformidades) y propone un plan de acción realmente útil y rentable.
- Determina si un contratista de mantenimiento está realizando un trabajo adecuado en las instalaciones, o si, por el contrario, su gestión provocara una degradación acelerada de la instalación.

En el Anexo 7-8 se describe la forma de llevar a cabo una auditoría de gestión de mantenimiento.

### **7.3. CONCLUSIONES.**

La implantación de un sistema GMAO es una acción extremadamente compleja que debe tener la colaboración de todos los estamentos de la empresa. Cuanto más grande es la empresa, el departamento de mantenimiento asume un mayor coste, respecto a los costes totales de la empresa; siendo más necesario implantar sistemas GMAO para optimizar el departamento.

En el capítulo se describieron las consideraciones de los diferentes factores como son el compromiso de la alta dirección, la participación del personal el plan y seguimiento a la implementación del SMMI, y por ultimo las consideraciones al realizar una auditoria en mantenimiento.

## CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo se presenta la evaluación económica del proyecto presentando los beneficios económicos prosiguiendo con la implementación. Dadas las características del proyecto, una evaluación de forma tradicional o convencional no resulta aplicable, en este sentido se describirán las inversiones los costos adicionales, los costos de operación y los ahorros que se traducen en ingresos.

Por lo anteriormente citado el proyecto tiene una duración de 5 años en implementarse de forma adecuada, de los cuales los primeros tres se consideran que serán la base para la implementación y los siguientes tendrán la finalidad de afianzar y buscar la mejora continua del modelo.

### 8.1. BENEFICIOS CUANTIFICABLES.

Los beneficios cuantificables que se generan por el proyecto fueron calculados en relación con los ahorros económicos que se percibirán. Para el cálculo se considera los ahorros por el incremento de eficiencia de las líneas de producción y los costos de mantenimiento.

#### A) Incremento de la eficiencia de las líneas de producción.

La realización de las actividades del SMMI tiene un efecto en el incremento de la eficiencia de las líneas de producción por la reducción de la cantidad de paradas no programadas traduciéndose en ahorros de la mano de obra.

**Ahorros en la mano de obra.** Cuando el proceso productivo tiene muchas paradas no programadas ocasiona que no se cumplan los programas de producción establecidos en consecuencia para cubrir dicha producción se deben incurrir a horas extras, lo que constituye un costo adicional de mano de obra. Las actividades del SMMI reducen estas paradas no programadas dentro el proceso productivo permitiendo así una producción más continua y de este modo se reducen los costos adicionales por horas extras.

El siguiente cuadro presenta el costo de la mano de obra. Este cálculo se lo realizo en base al sueldo recibido por un operario en base al cual se determinó el costo por hora extra de considerando que dicho costo representa un 50% sobre el sueldo normal, el producto de este monto por el total de operarios de planta representa el costo de la mano de obra por hora extra incurrido en un mes.

### CUADRO 8-1

#### EMBOL S. A.: Costo de mano de obra, 2014

Sueldo Mensual [Bs]	Sueldo diario [Bs]	Costo de hora normal [Bs/h]	Costo de hora extra [Bs/h]	Costo de hora extra [\$us/h]	Numero de operarios	Costo total mensual [\$us-h/mes]
3.835	140,5	17,6	26,3	3,78	76	287

**Fuente.** Elaboración con base en datos de desarrollo humano.

En el Cuadro 8-2 se presenta la reducción en tiempo de paradas no programadas entre los meses de abril a diciembre desglosadas por línea de producción, el tiempo total reducido multiplicado por el costo de la mano de obra por hora extra constituye el ahorro generado correspondiente a cada mes, ascendiendo a un total con el siguiente detalle.

### CUADRO 8-2

#### EMBOL S. A.: Costo de mano de obra, 2014

MESES	REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PARADA [min]		TOTAL [min]	TOTAL [h]	AHORRO [\$US]
	Línea K-90	Línea K-108			
Abril-Agosto	2.570	1.425	3.995	66,68	14.403
Agosto-Septiembre	845	867	1.712	28,53	6.162
Septiembre-October	180	145	325	5,42	1.171
October-Noviembre	1.680	540	2.220	37,00	7.992
Noviembre-Diciembre	1.450	1.234	1.684	44,73	9.662
<b>Total ahorro</b>					<b>39.390</b>

**Fuente.** Elaboración en coordinación con asistencia de producción.

Para la proyección de los flujos futuros del proyecto, es necesario determinar el ahorro equivalente al incremento se considera un mino del 1,5 % de eficiencia.

### B) Ahorros en costo de mantenimiento.

Los ahorros de mantenimiento se verán reflejados por la aplicación de un eficaz programa de mantenimiento el cual será elaborado sobre la base de la aplicación del SMMI, conjuntamente con RCM II, permitiendo minimizar los costos consecuentes de las fallas en los equipos debido a que se determina todos los modos de fallo (Causas) probables y elige para cada uno de ellos la tarea de mantenimiento más rentable. Por tanto para el cálculo de los ahorros en costo de mantenimiento es necesario determinar la cantidad de modos de fallos que generan ahorros y multiplicarlos por el ahorro promedio por modo de fallo.

En el cuadro 8-3, se presenta el ahorro de los costos de mantenimiento, sobre la base de la aplicación en la lavadora de botellas, donde se identifican 90 conjuntos de los cuales se determinaron 71 modos de fallos donde únicamente el 50% generan ahorros, debido a las tareas de mantenimiento propuesto. En función a esta información se estima que en promedio un equipo cuenta con 100 conjuntos, en los cuales se espera como mínimo 39 modos de fallos que generan ahorros y se considera que el ahorro promedio por cada modo de fallo es del 60 \$US, ascendiendo a un total de 2.400 \$US por equipo, por tanto dado que la planta cuenta con 37 equipos importantes en la sección de embotellado se estima que se identificaran 1.457 modos de fallo que efectivamente generan un ahorro total de 87.420 \$US/año debido a que el programa se realiza para toda una gestión.

### CUADRO 8-3

#### EMBOL S.A.: Ingresos ahorro en costo de mantenimiento

Equipo	Nº de conjuntos	Nº de modos de fallos	Nº de modos de fallo que producen ahorro	Ahorro promedio por modo de fallo [US\$]	Ahorro total de programación de mantenimiento [US\$]
Lavadora de botellas	90	74	36	60	2.160
Otro equipo	100	80	39	60	2.340
Total equipos	3.700	3.031	1.479	60	88.740

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.



8.1.1. Indicadores de mantenimiento.

INDICADOR		UM	FORMULA					FREC.	¿QUE ES?					
Tasa de Gravedad (Pérdida de Confiabilidad por fallos)		[%]	$\frac{\text{Tiempo de Fallos}}{\text{Tiempo Real de Producción}} \times 100$					Mensual	Muestra la incidencia que tienen los fallos en la eficiencia de la línea de envasado. Relaciona el tiempo de duración de los fallos con el tiempo de operación de la máquina de que se trate					
Cantidad de Fallos		[u]	$\sum \text{Fallos}$					Mensual	Es el seguimiento a través de los meses de la evolución de la cantidad de fallos respecto del objetivo.					
Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)		[h]	$\frac{\text{Tiempo Neto Operación}}{\text{Cantidad Fallos}}$					Mensual	Es el tiempo promedio que transcurre entre dos fallos consecutivos durante la operación de la máquina.					
Tiempo Medio para Reparar (MTTR)		[min]	$\frac{\text{Tiempo de Fallos}}{\text{Cantidad Fallos}}$					Mensual	Es el tiempo promedio que dura la reparación de cada fallo.					
Línea K-90	<b>Indicadores</b>	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>	<b>agosto</b>	<b>sept</b>	<b>octubre</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>	
	Tasa de Gravedad	1,50%	1,30%	1,70%	2,10%	1,60%	2,20%	2,30%	1,90%	1,10%	1,80%	2,90%	2,50%	
	Real Acumulado	1,5%	1,4%	1,5%	1,7%	1,6%	1,7%	1,8%	1,8%	1,7%	1,8%	1,9%	1,9%	
	Cantidad de Fallos	45	65	45	33	67	93	41	68	61	85	54	60	
	Real Acumulado	45	55	52	47	51	58	56	57	58	60	60	60	
	MTBF	9,28	6,47	9,28	12,56	6,28	4,54	10,17	6,19	5,92	4,97	5,31	5,11	
	Real Acumulado	9,28	7,88	8,34	9,40	8,77	8,07	8,37	8,10	7,85	7,57	7,36	7,17	
MTTR	6,22	12,23	8,34	4,76	6,30	7,73	6,22	7,23	13,38	7,39	13,38	18,38		
Real Acumulado	6,22	9,22	8,93	7,89	7,57	7,60	7,40	7,38	8,04	7,98	8,47	9,30		
Línea K-108	<b>Indicadores</b>	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>	<b>agosto</b>	<b>sept</b>	<b>octubre</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>	
	Tasa de Gravedad	3,15%	1,80%	1,56%	1,81%	2,60%	2,30%	2,30%	1,90%	1,90%	1,12%	2,29%	3,11%	
	Real Acumulado	3,2%	2,5%	2,2%	2,1%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,1%	2,0%	2,1%	2,2%	
	Cantidad de Fallos	33	25	30	28	51	62	34	45	59	50	78	50	
	Real Acumulado	33	29	29	29	33	38	38	39	41	42	45	45	
	MTBF	9,50	12,42	10,42	11,14	6,21	5,13	9,23	7,02	5,38	6,33	3,59	6,24	
	Real Acumulado	9,50	10,96	10,78	10,87	9,94	9,14	9,15	8,88	8,49	8,28	7,85	7,72	
MTTR	7,38	12,30	6,89	7,10	14,60	9,20	6,12	5,60	8,90	12,56	10,80	12,50		
Real Acumulado	7,38	9,84	8,86	8,42	9,65	9,58	9,08	8,65	8,68	9,07	9,22	9,50		

### 8.1.1.1. Indicadores de gestión

Para realizar el adecuado control de mantenimiento se presenta el cuadro 8-4 de tareas ejecutadas y programadas en mantenimiento

**CUADRO 8-4**

**SMML: Tareas ejecutadas y programadas en Mantenimiento, 2014**

2014										
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
TAREAS PROGRAMADAS	0,00	35,00	42,00	37,00	13,00	33,00	15,00	10,00	38,00	223,00
TAREAS EJECUTADAS		26,00	32,00	29,00	11,00	29,00	7,00	6,00	0,30	140,30
% Rendimiento	0%	74%	76%	78%	85%	88%	47%	60%	79%	64%
Objetivo	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%
Real /OBJETIVO	100%	4%	1%	-2%	-10%	-14%	39%	22%	-3%	18%

### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

2014										
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
TAREAS PROGRAMADAS	3,00	20,00	39,00	65,00	54,00	35,00	25,00	16,00	29,00	286,00
TAREAS EJECUTADAS	3,00	17,00	32,00	49,00	47,00	33,00	24,00	14,00	25,00	244,00
% Rendimiento	100%	85%	82%	75%	87%	94%	96%	88%	86%	88%
Objetivo	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%
Real /OBJETIVO	-30%	-10%	-7%	2%	-13%	-22%	-25%	-14%	-12%	-15%

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la asistencia de producción.

### 8.1.1.2. Inventario de repuestos.

Con el análisis de averías efectuados se construyó un conjunto de repuestos y piezas de recambio y refaccionado además de su frecuencia conformando de esta manera un conjunto de repuestos clave que se presentan en el Anexo 8-1.



### 8.1.1.3. Gastos de Operación.

Los costos de y gastos en los cuales se incurre para la implementación del presente proyecto son costos que se presentan en un cuadro resumen para luego presentar el monto económico con los que serán valuados.

#### CUADRO 8-5

**SMMI.: Costos y gastos para la implementación del presente proyecto, 2014**

Tipo de costo	Consideraciones	Descripción y Valor
Costo de Organización externa (COExt)	Incluye servicios de consultores, quienes ofrecerán un curso a los supervisores y la jefatura acerca de los tipos de mantenimiento así como de los procedimientos técnicos para su ejecución	Instituto Japonés de mantenimiento de planta. 1 semana COExt = 15.000 \$US
Costo de Organización interna (COInt)	Considera el diseño del SMMI. Capacitación inicial sobre el SMMI al personal operativo y de mantenimiento	Capacitación: monitoreo y de diagnóstico en Mto. Industrial. VIBROVAL COInt = 12.140 \$US
Costo de Inversión SMMI GMAO SAP	Incluye uso exclusivo, Centro Extensión, autorización de licencia del usuario + Soporte técnico y capacitación por módulos.	CSAP = 84.724 \$US
Costo Total de Activos Fijos (CTAF)	2 Equipos de computación 2 Escáner 2 Escritorios 4 Estantes 8 Carpetas	CTAF = 4.220 \$US
<b>A- Total costos de inversión</b>	$INV = COExt + COInt + CSAP + CTAF$	<b>INV = 116.084 \$US</b>
Costos de capacitación (CcapOp)	Reforzamiento Conocimientos nuevos Temas específicos SMMI	CcapOp = 22.326 \$US
Costos de capacitación (CcapTe)	Reforzamiento Conocimientos técnicos nuevos Temas específicos de SMMI	CcapTe = 59.582 \$US
<b>B- Total costos de Capacitación (CTcap)</b>	$CTcap = CcapOp + CcapTe$	<b>CTcap = 81.908 \$US</b>
<b>C- Costos adicionales de Mto. (CAMt)</b>	Incremento de las tareas correctivas para eliminar el deterioro acumulado en activos	<b>CAMt = 35.000 \$US</b>
<b>D- Costo seguimiento al proyecto (CSproy)</b>	Sueldo Coordinador, analista del sistema SMMI	<b>CSproy = 18.400 \$US por año</b>

Fuente: Elaboración en base a datos de la jefatura de mantenimiento.

### 8.1.2. Análisis de Indicadores económicos.

El análisis cuantitativo del proyecto permite el cálculo de ciertos indicadores económicos a través de la comparación de flujos positivos y negativos que genera el proyecto a través de su vida útil, por tanto el cuadro 8-5 presenta el resumen de las inversiones costos operativos e ingresos mediante los cuales se obtienen los flujos del proyecto que serán utilizados para el cálculo del Valor actual neto y la relación beneficio costo del proyecto.

#### A) VALOR ACTUAL NETO.

El valor actual neto representa el incremento o decremento en la riqueza o la pérdida del inversionista en el momento actual por efectuar el proyecto.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1 + i_o)^t}$$

Donde:  $F_t$ : Flujo en el instante t  
 $n$ : numero de periodos  
 $i_o$ : tasa de interes de oportunidad

Para la actualización de flujos futuros del presente proyecto se realiza considerando el costo de oportunidad de la empresa Embol S. A. de un  $i_o = 25\%$

Por tanto el valor actual neto es de:

$$VAN_{25\%} = 153.849 - 116.084 \text{ \_} \$US \qquad \qquad \qquad \mathbf{VAN_{25\%} = 37.765 \$US}$$

Dado que  $VAN_{25\%} > 0$  el proyecto es rentable generando 37.765 \$US adicionales frente a una posible oportunidad, por lo tanto el dinero invertido en el proyecto rinde más que la tasa de interés considerada.

#### B) RELACIÓN BENEFICIO COSTO

La relación beneficio/costo establece de manera explícita los ingresos y costos atribuibles a un determinado proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC} = \frac{\sum_0^T (B_t / (1 + i_{op})^t)}{\sum_0^T (C_t / (1 + i_{op})^t)}$$

VPB : Valor presente de los beneficios brutos  
 VPC : Valor presente de los costos brutos

El valor de VPB y VPC se son calculados en el cuadro 8-6, hallando la relación de B/C:

$$B/C = \frac{347.094}{193.346} \qquad \qquad \qquad B/C = 1,8$$

Dado que la relación  $B/C_{25\%} > 1$  el proyecto es rentable, se acepta por que el valor generando por los beneficios es mayor a al valor generado por los costos frente a una posible oportunidad.

**CUADRO 8-6**

**SMMI.: Resumen de los flujos del proyecto, 2015**

CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>INVERSIÓN</b>	116.084					
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>						
<b>B. COSTOS DE CAPACITACIÓN</b>						
CAPACITACION OPERARIOS		8.550	8.550	8.550	4.500	4.500
CAPACITACIÓN TECNICOS		25.000	25.000	25.000	9.000	9.000
<b>TOTAL COSTOS DE CAPACITACIÓN</b>		<b>33.550</b>	<b>33.550</b>	<b>33.550</b>	<b>13.500</b>	<b>13.500</b>
<b>C. COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>						
COSTO ADICIONAL DE MANTENIMIENTO		35.000	35.000	35.000	0	0
<b>D. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO</b>						
COMITÉ SMMI		18.400	18.400	18.400	18.400	18.400
<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>86.950</b>	<b>86.950</b>	<b>86.950</b>	<b>31.900</b>	<b>31.900</b>
<b>INGRESOS</b>						
<b>A. INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE LA LINEA</b>						
AHORRO POR LA MANO DE OBRA		39.390	39.981	40.581	41.189	41.807
<b>B. DISMINUCIÓN COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>						
AHORRO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO		88.740	88.740	88.740	88.740	88.740
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>128.130</b>	<b>128.721</b>	<b>129.321</b>	<b>129.929</b>	<b>130.547</b>
<b>FLUJO DEL PROYECTO</b>	<b>-116084</b>	<b>41.180</b>	<b>41.771</b>	<b>42.371</b>	<b>98.029</b>	<b>98.647</b>
	<b>VAN<sub>25%</sub> = 37.765</b>			<b>TIR = 37,4%</b>		
	<b>VPB<sub>25%</sub> = 347.094</b>			<b>VPC<sub>25%</sub> = 193.246</b>		
	<b>B/C<sub>25%</sub> = 1,8</b>					

Fuente: Elaboración en propia.

## 8.2. BENEFICIOS NO CUANTIFICABLES

Los beneficios no cuantificables son aquellos que no representan un beneficio tangible para la empresa, como ser: Lucro cesante, ahorro por el uso del software de mantenimiento, beneficios por la aplicación del SMMI.

Ingresos que se pierden por ineficiencia del proceso. El lucro cesante generado por la aplicación de SMMI está en función a la reducción del tiempo de paradas no programadas en el cual se podría haber producido una determinada cantidad de producto el cual podría generar una determinada utilidad siempre y cuando se haya comercializado.

En el cuadro 8-9 se presenta los litros de producto y el margen de utilidad que se podría generar por formato considerando una reducción del tiempo de paradas programadas de 3.515 [min] de la línea K-90

**CUADRO 8-7**

**EMBOL S.A.:** Lucro cesante, margen utilidad Línea K-90

PRODUCTO	FORMATO	REDUCCIÓN TIEMPO DE PARADAS [MIN]	VOLUMEN PRODUCTO [L]	NÚMERO DE CAJAS UNITARIAS	UTILIDAD [\$US]
Coca Cola,	500	93	11.652	2.052	2.647
Fanta,	1.500	139	48.212	8.491	10.953
Sprite	2.000	2.483	1.141.975	201.123	259.448
Míneragua	2.000	257	118.341	20.842	11.255
Simba	2.000	478	219.927	38.733	20.916
<b>TOTAL</b>		<b>3515</b>	<b>1.540.016</b>	<b>271.225</b>	<b>576.424</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en cuadro 8-7 en un tiempo por paradas no programadas de 3.515 [min] se estima que se podrá producir 1.540.016 [l] de bebida que representan 271.225 [CU] equivalentes a 576.424 [\$US], ya que para los productos de clase A el margen de utilidad es de 2,29 [\$US/CU] y de clase B es de 1,54 [\$US/CU].

En el cuadro 8-8 se presenta los litros de producto y el margen de utilidad que se podría generar por formato considerando una reducción del tiempo de paradas programadas de 2.049 [min] de la línea K-108

**CUADRO 8-8****EMBOL S.A.: Lucro cesante, margen utilidad Línea K-108**

PRODUCTO	FORMATO	REDUCCIÓN TIEMPO DE PARADAS [MIN]	VOLUMEN PRODUCTO [L]	NÚMERO DE CAJAS UNITARIAS	UTILIDAD [\$US]
Coca Cola, Fanta, Sprite	190	520	47.400	8.348	19.117
	350	76	11.842	2.086	4.776
	600	369	75.358	13.272	30.393
	750	100	24.636	4.339	9.936
	1000	226	67.830	11.946	27.357
	1500	242	83.638	14.730	33.732
Mineragua	2000	16	4.764	839	1.292
Simba	2000	500	166.256	29.281	45.092
<b>TOTAL</b>		<b>2.049</b>	<b>481.724</b>	<b>84.840</b>	<b>171.695</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en cuadro 8-8 en un tiempo por paradas no programadas de 2.049 [min] se estima que se podrá producir 481.724 [l] de bebida que representan 84.840 [CU] equivalentes a 171.695 [\$US], ya que para los productos de clase A el margen de utilidad es de 2,29 [\$US/CU] y de clase B es de 1,54 [\$US/CU].

### 8.3. CONCLUSIONES

En este capítulo se describieron los beneficios cuantitativos y cualitativos que traería consigo la implementación de la propuesta. En términos cuantitativos, se comprobó que la inversión que se requiere para poner en marcha el nuevo sistema de trabajo es mínima, sobre todo si es comparada con los réditos que se esperarían como fruto de ésta.

Las características de esta propuesta son sencillas y aplicables, lo cual hace que su implementación pueda realizarse de forma inmediata, siendo que los beneficios se llegarían a percibir gradualmente en un corto plazo, no mayor a un año, ya que la mayor parte de la información recabada contemplaba el promedio de una gestión de trabajo.

## CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 9.1. CONCLUSIONES

Culminados los puntos los capítulos anteriores se presentan el siguiente detalle:

Se diseñó un Sistema Modelo de Mantenimiento general para la Industria de procesos tomando en cuenta todas las restricciones que presentan dichas empresas además de realizarla de forma general.

Se logró el diseño de un sistema modelo de mantenimiento para EMBOL S. A. región occidente, tomando en cuenta las restricciones correspondientes a la propia empresa.

Se construyó un programa mantenimiento adecuado y eficiente para Embol S.A. región occidente además de establecerse los mecanismos de control del mismo.

Se logró disminuir los costos debido a las paradas por averías accidentales de la maquinaria que comportan pérdidas de producción en las líneas 1 y 2.

Se construyó adecuadamente las frecuencias de mantenimiento de los equipos de la planta de producción en las para las líneas 1 y 2, Embol S. A. Región occidente tomando como objeto piloto a la lavadora de botellas.

Se capacito al personal operativo sobre el mantenimiento que se viene aplicando en Embol S.A., con la evaluación respectiva para conformando un programa de mejora continua.

Asignamos tareas de mantenimiento autónomo y prevención a los operadores del Proceso.

Se determinar el conjunto de herramientas y materiales necesarios para las tareas de mantenimiento asignadas y reemplazando las que ya estaban en desperfecto.

Alcanzados los objetivos específicos del presente proyecto podemos concluir finalmente:

Se logro implementar el Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial que genera una mayor productividad y beneficio en Embotelladoras Bolivianas Unidas S. A. en forma inicial con las bases ya establecidas adecuadas buscando mejorar el sistema con el transcurso de los años afianzando y robusto, logrando una adecuada gestión confiabilidad y productividad del sistema productivo de la planta.

## 9.2. RECOMENDACIONES

Para implantar el SMMI es necesario tener en cuenta factores organizativos clave para transformar eficazmente la empresa hacia una nueva cultura de la productividad y que el sistema productivo constituya verdaderas capacidades competitivas, es decir sean verdaderos recursos estratégicos. Por tanto es necesario que primeramente la alta gerencia este realmente convencida de los beneficios de SMMI, que permitirá contar con los recursos económicos necesarios para llevar a cabo las actividades del SMMI.

El segundo aspecto a considerar es uno de los más difíciles, lograr el compromiso de la gente, ya que se debe lograr que la organización actúe de acuerdo a los nuevos requerimientos establecidos para el SMMI. Pero el solo hecho de que la gerencia anuncie la necesidad de implantar el SMMI en la empresa no significa que los integrantes de la empresa estén de acuerdo con el SMMI. Algunos pueden ser escépticos por diferentes motivos, el más frecuente es quizás el desconocimiento de lo que implica el SMMI para su trabajo y potencial peligro de la seguridad de los sistemas tradicionales de trabajo poco cuestionado hasta ahora, los intereses creados, la inercia y las practicas organizativas arraigadas en ocasiones no encajan cuando los directivos deciden una nueva estrategia.

Para la puesta en marcha del SMMI se requiere de un liderazgo experto para vencer los focos de duda y desacuerdo, crear un consenso sobre cómo proceder, lograr el compromiso y cooperación e integrar todas las partes que deben actuar para el desarrollo de todos los pilares del SMMI y para su inicio se debe seleccionar una línea piloto para poner en práctica el diseño de los pilares.

Implantar el SMMI exige tener en claro que la empresa se debe orientar hacia un nuevo pensamiento de la necesidad de mejora de todas sus acciones y en especial, tener en claro que para lograrlo es necesario contar con el compromiso de todas las personas de la organización. Un proyecto eficaz SMMI implica mover a toda la organización hacia un nuevo concepto de productividad esta es la tarea más exigente de los líderes de una empresa que ha decidido poner en marcha el SMMI.

Una de las claves para la puesta en marcha del SMMI en forma exitosa es que la dirección comunique el motivo del cambio estratégico que se inicia en los centros productivos con

tanta claridad y en una forma que logre el interés en un principio y un compromiso total en todos los niveles para llevar a cabo esta estrategia. Se debe crear el suficiente entusiasmo para lograr que la puesta en práctica del SMMI sea una verdadera cruzada contra todo lo que sea despilfarro en la organización.

Implantar el SMMI implica realizar que requieren inversiones. Es posible que la más significativa tiene que ver con la recuperación del deterioro acumulado de los equipos del sistema productivo. Si se pretende mejorar el nivel de productividad de una planta, es necesario mejorar la gestión de los equipos, mejorar el mantenimiento preventivo, y esto exige inversiones que se recuperaran en los mejores niveles de productividad y utilización.

Las acciones SMMI requieren de un sistema de gestión que estimule la mejora continua y la responsabilidad de los integrantes de la organización por los procesos productivos. Es necesario establecer las reglas como objetivos específicos de mejora de la efectividad global de procesos (OEE), índices de gestión sistemas de control de las rutinas y todo aquello que ayude a mejorar la administración de las operaciones industriales.

Es necesario implicar a toda la organización en las acciones de autocontrol; un buen sistema de control de una estrategia SMMI debe contemplar la utilización de mecanismos de gestión visual, en el cual se presentaran los resultados obtenidos y se realizara un reconocimiento a los que mejores resultados obtuvieron con el objetivo de motivarlos.

Desarrollar sistemas de comunicación eficaces que permitan que el personal de la compañía pueda realizar su trabajo alineado a los objetivos de la empresa. EL SMMI se apoya en modelos de comunicación como reuniones semanales y mensuales de células donde se analizan los principales problemas y comentan logros y programan actividades SMMI a realizar, comunicación visual como medios para mantener el entusiasmo de los trabajadores con los objetivos establecidos.

Crear un ambiente de trabajo participativo y de capacidad para resolver problemas en forma autónoma. Una cultura de creer en la capacidad del trabajador ayudara a introducir acciones autónomas presentes en el SMMI como en el mantenimiento autónomo. Esto exige que la dirección promueva la formación permanentemente del trabajador y la asignación gradual de responsabilidades mayores.



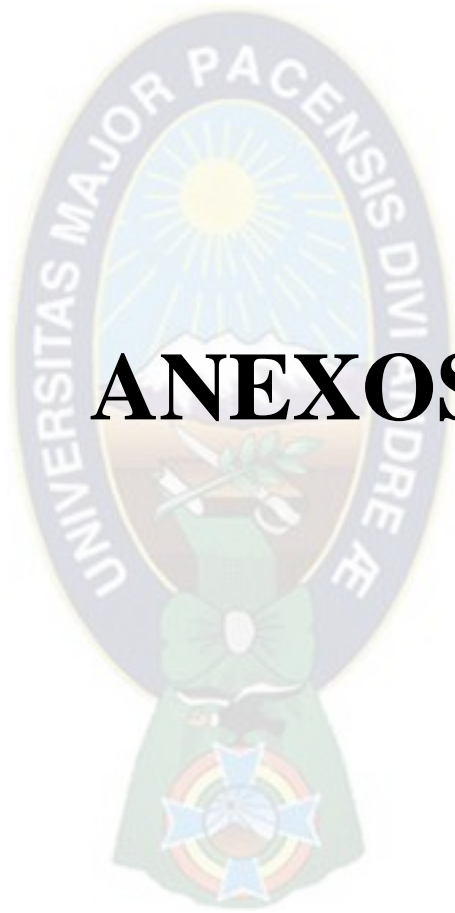
**BIBLIOGRAFÍA.**

- 1) DUFFUAA, Salih O. 2002, Sistemas de mantenimiento planeación y control. 1ª reimpresión. México D.F.-México, Ed. Limusa S.A. 419p. Pp. 19 – 44, 75- 90.
- 2) PERALTA, Ramiro. 2011. Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento. 2ª Edición. La Paz – Bolivia, Grafica Pincel. 460p. Pp. 35 – 54, 113-175.
- 3) RAYMUNDO, Heber. 1984. Mantenimiento industrial organización, gestión y control. Buenos Aires-Argentina, Alsina, 201p. Pp. 42-45, 122-146.
- 4) HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. “Metodología de la Investigación”. Monterrey, McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A., 2003. Pp. 113-133.
- 5) TOKUTARO, Suzuki. 2002. T P M en la industria de procesos. 2ª edición. Madrid-España, TGP-Hoshin. 385p. Pp. 1-13, 45-83
- 6) NEWBROUGH, E. T. 1983, Administración del mantenimiento industrial. México D.F.-México, Ed. Diana. 413p. Pp. 49-69.
- 7) HARIAGA, M. 2005. A Maintenance Inspection Model for a Single Machine with General Failure Distribution. Microelectronics and Reliability, Vol 36, N 3, Pp 353 -358
- 8) Instituto Boliviano de Normalización. 2013. NB 12017:2013 Sistemas de gestión de mantenimiento- Requisitos, La Paz-Bolivia, IBNORCA, 26 de septiembre 2013. 19p.
- 9) AGUILAR, Abad. 2012, El método de resolución de problemas – Herramientas básicas manual de entrenamiento, La Paz – Bolivia, 28 de marzo de 2012, 49 p.
- 10) KRONES (1995). Manual de funcionamiento y mantenimiento línea embotelladora de bebidas Krones K-90. Alemania, Krones. 1995. 5440p.
- 11) KRONES (1997). Manual de funcionamiento y mantenimiento línea embotelladora de bebidas Krones K-108. Alemania, Krones. 1997. 5225p.
- 12) MINISTERIO DE TRABAJO – Estado Plurinacional de Bolivia. 1954. Ley General del Trabajo, D.S. 3691, abril 1954. 7 p.

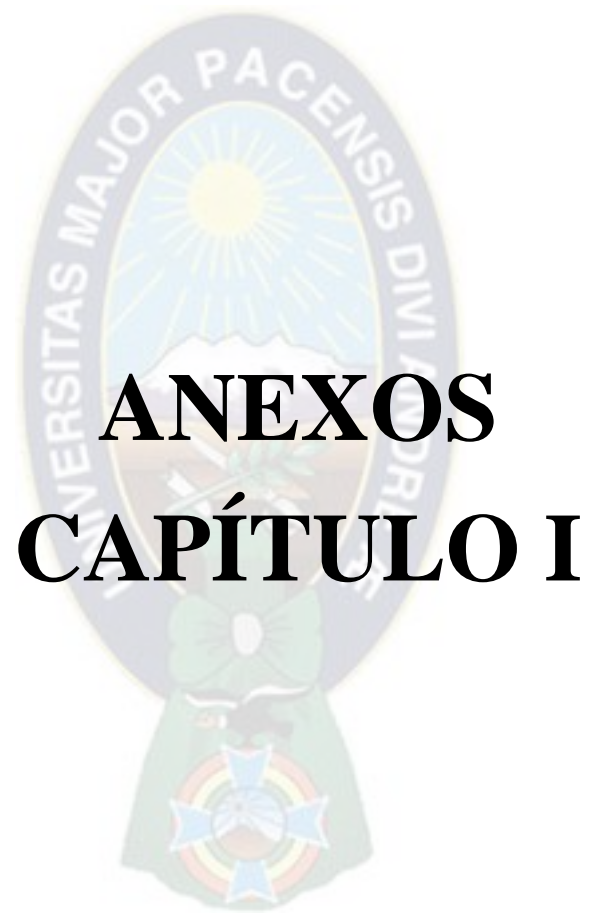
**WEB GRAFÍA.**

- 1) NACIONES UNIDAS. “Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) – Revisión 4”, 2009 [en línea] <[www.unstats.un.org](http://www.unstats.un.org)> [consulta 15 mayo 2014].

- 2) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DE BOLIVIA. Cuentas nacionales, 2011 [en línea] <[www.ine.gob.bo](http://www.ine.gob.bo)> [consulta 02 abril 2014].
- 3) CHAJIN, Miguel y MENDOZA, Lilia. Rompiendo paradigmas en tiempos de crisis [en línea] <[www.simposiodefinanzas.com](http://www.simposiodefinanzas.com)> [consulta 08 abril 2014].
- 4) NAVARRO D. Análisis de Averías [en línea], <[www.gestiondeactivosindustriales.com](http://www.gestiondeactivosindustriales.com)> [consulta 12 abril 2014].
- 5) ALVAREZ H, Análisis de criticidad, [en línea], <[www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)> [consulta 12 abril 2014].
- 6) MAGMA, Mantenimiento de Maquinaria y procesos industriales. [en línea] <[www.acimut.es/index.htm](http://www.acimut.es/index.htm)> [consulta 12 abril 2014].
- 7) Rosmiman, Programa Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador [en línea], <[www.rosmiman.com](http://www.rosmiman.com)> [consulta 22 abril 2014].
- 8) PRISM A (SISTEPLANT). Programa Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador [en línea], <[www.sisteplant.com/es/](http://www.sisteplant.com/es/)> [consulta 22 abril 2014].
- 9) BalGest. Programa Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador [en línea], <[www.balterrainformatica.es/](http://www.balterrainformatica.es/)> [consulta 22 abril 2014].
- 10) PRIMAVERA Maintenance: Para la gestión eficaz del equipamiento [en línea], <[es.primaverabss.com/es/](http://es.primaverabss.com/es/)> [consulta 25 mayo 2014].
- 11) SIMI: Sistema Integrado de Mantenimiento Industrial [en línea], <[www.simimantenimiento.com/](http://www.simimantenimiento.com/)> [consulta 25 mayo 2014].
- 12) Mantenimiento Fácil [en línea], <[www.mantenimientofacil.com.ar/demo.htm](http://www.mantenimientofacil.com.ar/demo.htm)> [consulta 25 mayo 2014].
- 13) CARL Source Factory: GMAO 100% internet, personalizable y modular, [en línea], <[www.carl-software.es/](http://www.carl-software.es/)> [consulta 25 mayo 2014].
- 14) Software, Maquinaria y Mantenimiento S.L. [en línea], <[www.smmsl.com/](http://www.smmsl.com/)> [consulta 22 abril 2014].
- 15) MP SOFTWARE, [en línea] <[www.mpsoftware.com.mx/](http://www.mpsoftware.com.mx/)> [consulta 25 mayo 2014].
- 16) Systems, Applications, Products in Data Processing. Modulo SAP PM [en línea], <[www.sap-img.com/sap-pm.htm](http://www.sap-img.com/sap-pm.htm)>, [consulta 25 mayo 2014].



# **ANEXOS**



# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO I**

## ANEXO 1-1

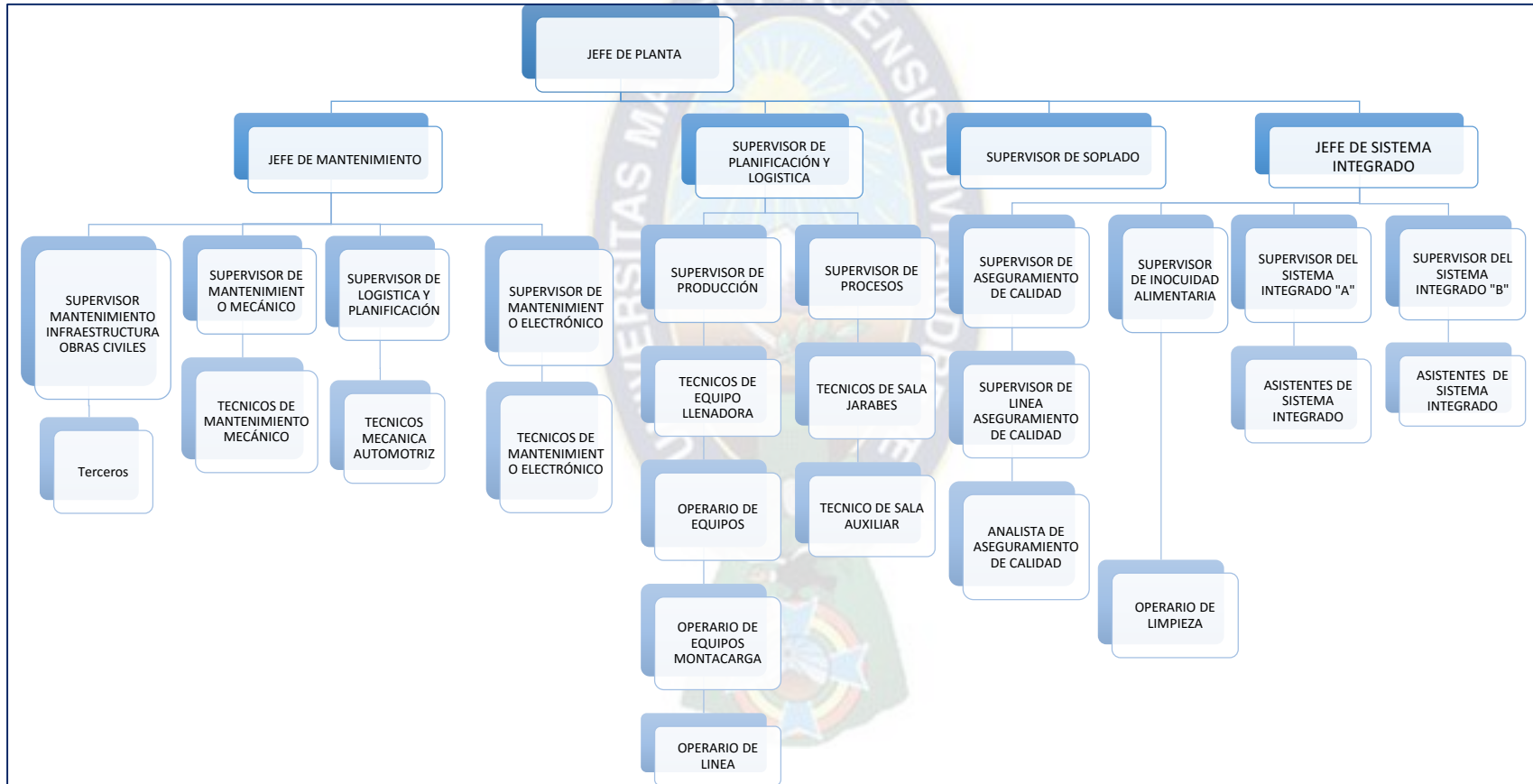
EMBOL S. A.: Mapa de presencia a nivel nacional, 2014



Fuente: Documentos de Inducción Personal, Recursos Humanos

## ANEXO 1-2

### EMBOL S. A.: Organigrama Unidad Industrial, 2014



**Fuente:** Elaboración con base en información Dpto. Recursos Humanos

ANEXO 1-3

EMBO S. A.: Plano infraestructura Planta Embol S.A. Región Occidente, 2014



**Fuente:** Elaboración en base a datos de unidad de mantenimiento en infraestructura

## ANEXO 1-4

### EMBO S. A.: PORTAFOLIO DE PRODUCTOS PRODUCIDOS, 2014

N°	GRÁFICO	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
1		CC	COCA COLA
		CD PM	COCA COLA POST MIXSER PARA DISPENCER
2		CZ	COCA COLA ZERO
		CZ PM	COCA COLA ZERO PARA DISPENCER
3		FN	FANTA NARANJA
		FM	FANTA MANDARINA
		FY	FANTA PAPAYA
4		FZ	FANTA ZERO
5		SP	SPRITE FRESH

**FUENTE:** Elaboración con base en datos de la supervisión de procesos



## ANEXO 1-4 (CONTINUACIÓN)

**EMBOL S. A.: PORTAFOLIO DE PRODUCTOS PRODUCIDOS, 2014**

N°	GRÁFICO	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
6		SZ	SPRITE ZERO
7		FSC	FRESCA
8		SBG	SIMBA GUARANÁ
		SBY	SIMBA PAPAYA
		SBD	SIMBA DURAZNO
		SBF	SIMBA FRAMBUESA
		SBM	SIMBA MANZANA
		SBP	SIMBA PIÑA
		SL	SIMBA POMELO
9		GA	GINGER ALE
10		MA	MINERAGUA

**FUENTE:** Elaboración con base en datos de la supervisión de procesos

## ANEXO 1-4 (CONTINUACIÓN)

### EMBOL S. A.: PORTAFOLIO DE PRODUCTOS PRODUCIDOS, 2014

Nº	GRÁFICO	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
11		VG	VITAL CON GAS
		VN	VITAL NATURAL
		VO	VITAL O 2
12		PWI4LL	POWERADE ION 4 LIMA LIMÓN
		PWI4MF	POWERADE ION 4 MULTI FRUTAS
		PWI4MZ	POWERADE ION 4 MORA AZUL
		PWI4MA	POWERADE ION 4 MANDARINA
13		AQM	AQUARIUS MANZANA
		AQN	AQUARIUS NARANJA
		AQÑ	AQUARIUS PIÑA
		AQP	AQUARIUS PERA
14		BURN	BURN
15		HC	HIELO

**FUENTE:** Elaboración con base en datos de la supervisión de procesos

### ANEXO 1-5

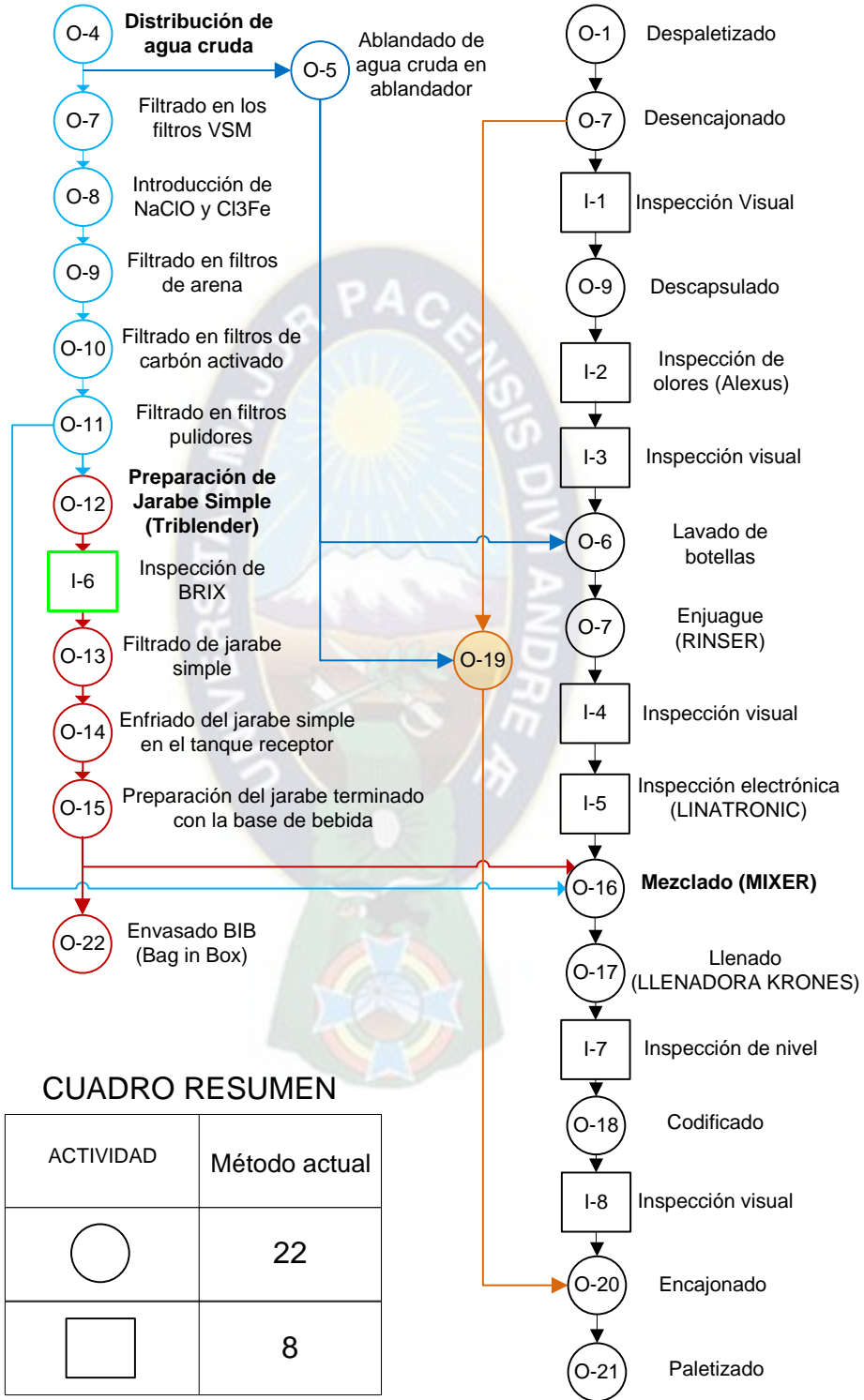
EMBOL S. A.: PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN POR FORMATOS, 2013-2014

FORMATO	TOTAL 2013		TOTAL 2014		Promedio Porcentual
CU Formato Vidrio Personal 190	2.296.370	5,68%	2.433.276	5,29%	5,48%
CU Formato Vidrio Personal 250	12.168	0,03%	13.375	0,03%	0,03%
CU Formato Vidrio Personal 350	119.485	0,30%	115.392	0,25%	0,27%
CU Formato Vidrio Lt. 600	1.031.559	2,55%	1.122.885	2,44%	2,50%
CU Formato Vidrio Lt. 750	569.358	1,41%	428.469	0,93%	1,17%
CU Formato Vidrio Lt. 1000	363.854	0,90%	346.378	0,75%	0,83%
CU Formato Vidrio Lt. 1500	2.999.343	7,42%	3.311.880	7,20%	7,31%
CU Formato Refpet	7.533.506	18,64%	6.584.243	14,31%	16,47%
CU Formato OW	25.103.622	62,10%	31.237.642	67,90%	65,00%
CU Dispenser	396.462	0,98%	411.465	0,89%	0,94%
	40.425.727	100,00%	46.005.004	100,00%	100,00%

**Fuente:** Elaborado con base en datos de asistencia de producción

## ANEXO 1-6

### EMBOL S. A.: Cursograma Sinóptico elaboración y embotellado de bebidas, 2014



**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la supervisión de procesos

The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a green banner at the bottom with a blue cross. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI JORDANI" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO II**

## ANEXO 2-1

### EMBOL S. A.: ANÁLISIS FODA, 2014.

<b>FORTALEZAS</b>		<b>DEBILIDADES</b>	
<b>FACTORES INTERNOS</b>	- Alto reconocimiento del producto en el mercado	- Productividad y eficiencias de líneas no óptimas.	- Falta de formación de personal nuevo especializado
	- Cumplimiento de las expectativas del cliente	- Fuerte control o mando sindical	- Limitado capital de operaciones actual provisionando presupuesto para enfrentar nuevas ampliaciones a partir del 2015.
	- Buenas relaciones con sus proveedores	- Falta de Información técnica con empresas del mismo rubro.	- Falta de seguimiento estricto de indicadores estandarizados
	- Experiencia en el rubro	- Falta de modelo específico de mantenimiento para el parque de maquinaria.	- Falta de espacio físico en la planta para almacenamiento de materiales de elaboración y productos terminados
	- Precio accesible	- Limitante de flexibilidad en proceso productivo por materiales de elaboración en almacenes externos.	- Recurso hídrico limitado
	- Variedad del producto en su presentación	- Falta de gestión en el cuidado de la maquinaria de parte de sus operarios	- Falta de cumplimiento de políticas de Mantenimiento preventivo y predictivo debido a la disponibilidad del equipo para su intervención
	- Producto de altísima calidad	- Capacidad instalada cercana a la demanda actual provocando una posible demanda insatisfecha a futuro.	- Ubicación de planta en zona urbana
	- Existe una línea con maquinaria de última tecnología	- Crecimiento de la planta en sobredimensión	- Stock limitado de envases retornables no permiten generar stock para cubrir días de parada Especialmente Vidrio.
	- Las materias primas e insumos son certificadas (ISO 14001:2004)	- Falta de planilla de control producción para seguimiento del avance de la producción y generación de indicadores on line	- Falta de cuadro de mando integral
	- El proceso de elaboración de los productos está certificado (9001:2008)		
	- Certificación OHSAS 18001:2007		
	- Certificación IBNORCA NB: 325002: 2004		
	- Se cuenta con un portafolio de productos de marca reconocidos mundialmente		
	- Cobertura a nivel nacional		
	- Fuerte posicionamiento de la marca en nuestro mercado y todo el mundo		
- Diversificación del portafolio de productos			

**Fuente:** Elaboración en coordinación con la jefatura de producción.

**ANEXO 2-1 (Continuación)**

**EMBOL S. A.: ANÁLISIS FODA, 2014.**

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda creciente del mercado.</li> <li>- El crecimiento del mercado de un 10% anual.</li> <li>- Ampliar el portafolio de productos producidos en Embol S. A. La Paz con el respaldo de la Coca Cola Company</li> <li>- Contar con una extensa cantidad de proveedores de materia prima e insumos.</li> <li>- Entrar al mercado de jugos con pulpa (Share Frutal)</li> <li>- Entrar al mercado con el formato de tres litros</li> <li>- Crear y producir nuevos paquetes de consumo según las nuevas tendencias alimenticias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conflictos con OTBs por uso del agua</li> <li>- Conflicto con vecinos por invasión de calles y deterioro de vías.</li> <li>- Posibles cambios de leyes que rigen el sector</li> <li>- Agresividad en plan de marketing de la competencia.</li> <li>- Elevación de los impuestos para la importación</li> <li>- Bloqueos de transporte que impidan la distribución del producto y la llegada de materia e insumos</li> <li>- Problemas sociopolíticos del país (Huelgas, paros, bloqueos, etc.)</li> <li>- Políticas gubernamentales en perjuicio al sector empresarial</li> <li>- Modificación de los hábitos de consumo de bebidas refrescantes carbonatadas a nivel mundial</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración con base en coordinación con la gerencia de producción.



**ANEXO 2-2**

**EMBOL S.A.:** Ponderación de los criterios, 2014

CRITERIOS CAUSAS	1		2		3		4		Total
	Calificación	Peso	Calificación	Peso	Calificación	Peso	Calificación	Peso	
Falta de un sistema de gestión de mantenimiento adecuado	9	10	10	7	10	6	10	5	270
Falta de un cuadro de mando integral para la Producción	3	10	8	7	10	6	8	5	186
Recurso hídrico limitado	10	10	10	7	10	6	10	5	280
Interrelaciones de las áreas del sistema productivo no eficientes	5	10	8	7	7	6	7	5	183
Competencia de la mano de obra nueva de producción no óptima	3	10	7	7	8	6	5	5	152
Falta de ambientes físicos en la planta	4	10	8	7	10	6	8	5	196
Ambientes de almacenes de diseño inadecuado	3	10	3	7	3	6	10	5	119

**Fuente:** Elaboración propia.



### ANEXO 2-3

#### EMBOL S.A.: MATRIZ DE CONGRUENCIA DE LOS OBJETIVOS 2014

OBJETIVOS	EVALUACIÓN			PROPIEDADES		
	¿En qué circunstancias la empresa no intentaría cumplir el objetivo?	¿Por qué la empresa quiere cumplir el objetivo?	¿Si la empresa no cumpliera el objetivo dejaría de existir?	Alcanzable	Medible	Verificable
<b>GENERAL</b> <i>Implementar un Sistema Modelo de Mantenimiento Industrial para generar una mayor productividad y beneficio en Embol S. A.</i>	Solo si se pretende un estancamiento en la productividad, que provocaría mantener el nivel de beneficio actual y la pérdida de competitividad	Cumpléndolo se lograría un mejor beneficio por la producción de bebidas.	No, el riesgo más alto es la pérdida de participación en el mercado.	Alcanzable y controlable por la empresa, y existen recursos financieros necesarios.	Por el Índice de Productividad global $IGP = \sum_{i=1}^n \Pi_{mi} \times P_i$ $P_i \rightarrow \text{Grado de ponderación (i)}$	Mediante una medición directa de los nuevos valores de producción y el beneficio generado.
<b>ESPECÍFICOS</b> <i>Diseño de un sistema modelo de mantenimiento general para una Industria de procesos.</i>	Si se pretende un modelo a medida del parque específico de máquinas que requeriría de personal especializado	Se lograría un sistema flexible aplicable a varias empresas.	No, en tal caso solo existe ineficiencia en la utilización de los recursos y el capital humano	Alcanzable y controlable por el personal supervisor del área de mantenimiento .	Se puede medir por la aplicabilidad del modelo a diferentes empresas.	Por la implementación de este en una empresa de procesos.
<i>Optimizar los costos debido a las paradas por averías accidentales de la maquinaria que comporten pérdidas de producción en las líneas 1 y 2.</i>	En ningún escenario, ya que ello implicaría perdidas en la actividad empresarial.	Generaría una eficiencia en el uso de recursos y presupuesto asignado para el área	No, pero se incurriría en pérdidas apreciables.	Es alcanzable ya que es controlable por las líneas de producción.	Medido por: (G de Mtto. + G Parada fortuita) /Beneficios por servicios prestados	Por medición directa de la cantidad de productos defectuosos.

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la gerencia de producción

**ANEXO 2-3 (Continuación)**

**EMBOL S.A.: MATRIZ DE CONGRUENCIA DE LOS OBJETIVOS 2014**

OBJETIVOS	EVALUACIÓN			PROPIEDADES		
	¿En qué circunstancias la empresa no intentaría cumplir el objetivo?	¿Por qué la empresa quiere cumplir el objetivo?	¿Si la empresa no cumpliera el objetivo dejaría de existir?	Alcanzable	Medible	Verificable
<b>ESPECÍFICOS</b>						
<i>Implementar las frecuencias de mantenimiento de los equipos de la planta de producción en las líneas 1 y 2, Embol S. A.</i>	En ningún escenario, ya que existe el compromiso de los operarios de la línea y de la jefatura de mantenimiento	Para tener una adecuada programación de tareas y actividades técnicas de mantenimiento	No, pero se incurriría en fallas y paradas que pueden evitarse.	Es alcanzable ya que es controlable por los supervisores de mantenimiento	Medido por: Por el tiempo de funcionamiento antes de la existencia de una falla	Por medición directa de la cantidad de producción ininterrumpida.
<i>Asignar las Tareas de Mantenimiento y Prevención a los operadores del Proceso.</i>	En ningún escenario, ya que existe el compromiso de los operarios de la línea y de la jefatura de producción	Para tener una adecuada programación de tareas y actividades operador de producción	No, pero se incurriría en fallas y paradas que pueden evitarse.	Es alcanzable ya que es controlable por los supervisores de producción	Medido por: El tiempo de funcionamiento antes de ocurrir una falla.	Por medición directa de la cantidad de producción ininterrumpida.
<i>Analizar la eficiencia de la implementación del sistema modelo de mantenimiento industrial para el área de producción.</i>	En ningún escenario, ya que existe el compromiso de los operarios de la línea y de la jefatura de producción	Para liberar tiempos muertos que puede ser utilizado en actividades de mayor productividad.	No, en tal caso, se es ineficiente y se incurre en gastos evitables que bajan los beneficios percibidos.	Es alcanzable ya que es controlable por la línea y la jefatura de producción.	Medido por el tiempo de reparación y las horas de funcionamiento	Por medición directa del tiempo de reparación y las horas de funcionamiento ininterrumpidas de las líneas.

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la gerencia de producción

The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a shield at the bottom with a cross and other symbols. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI JOSEPH" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO III**

### ANEXO 3-1

**BOLIVIA:** Producto Interno Bruto, según actividad económica a precios constantes (en miles de Bs 1990), 2004-2013.

DESCRIPCION	2004	2005	2006(p)	2007(p)	2008(p)	2009(p)	2010(p)	2011(p)	2012(p)	2013(p)
PRODUCTO INTERNO BRUTO (a precios básicos)	22.629.049	23.534.090	24.634.132	25.713.890	27.273.725	28.348.748	29.385.416	30.671.617	32.036.669	34.051.297
1. AGRICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA	3.599.495	3.778.852	3.939.811	3.919.884	4.022.389	4.170.490	4.121.359	4.249.002	4.425.312	4.632.643
2. EXTRACCIÓN DE MINAS Y CANTERAS	2.486.854	2.812.354	2.963.297	3.171.260	3.899.056	3.820.195	3.974.572	4.183.680	4.388.663	4.782.324
3. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	4.172.930	4.298.295	4.646.134	4.929.111	5.109.524	5.355.324	5.493.991	5.698.175	5.968.573	6.331.776
- Alimentos	1.546.774	1.559.298	1.703.536	1.792.060	1.805.432	1.911.895	1.940.212	2.016.325	2.137.739	2.223.584
- Bebidas y Tabaco	578.948	619.998	711.303	765.709	832.516	900.103	944.451	980.974	1.036.933	1.079.274
- Textiles, Prendas de Vestir y Productos del Cuero	418.525	428.527	441.309	453.748	459.453	455.389	473.286	483.970	490.700	500.272
- Madera y Productos de Madera	268.323	279.498	288.874	309.312	321.187	337.351	357.503	362.051	368.837	380.382
- Productos de Refinación del Petróleo	501.220	504.512	525.349	574.342	615.439	580.733	594.909	609.932	646.964	745.947
- Productos de Minerales no Metálicos	313.038	344.208	392.038	440.012	505.815	566.999	594.421	660.174	677.687	756.458
- Otras Industrias Manufactureras	546.101	562.254	583.726	593.928	569.681	602.854	589.208	584.749	609.714	645.858
4. ELECTRICIDAD GAS Y AGUA	502.019	515.657	536.455	559.588	579.601	615.008	660.131	708.758	750.023	788.403
5. CONSTRUCCIÓN	661.475	703.503	761.536	870.798	950.916	1.053.809	1.132.402	1.223.216	1.321.351	1.461.990
6. COMERCIO	2.069.029	2.132.635	2.214.679	2.338.432	2.449.894	2.570.026	2.671.878	2.770.698	2.875.258	2.987.907
7. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNIC.	2.769.903	2.850.936	2.962.604	3.066.342	3.189.552	3.367.539	3.636.570	3.859.506	3.963.946	4.229.001
8. ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, SEGUROS, BIENES INMUEBLES Y SERVICIOS PRESTADOS A LAS EMPRESAS	2.903.093	2.913.382	3.070.484	3.262.852	3.415.381	3.556.984	3.756.976	3.956.375	4.344.481	4.627.283
9. SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES, PERSONALES Y DOMÉSTICO	1.121.601	1.141.697	1.169.835	1.205.797	1.238.088	1.282.508	1.327.245	1.362.868	1.410.499	1.455.168
10. RESTAURANTES Y HOTELES	752.739	757.139	773.840	792.089	806.369	824.964	851.102	876.879	906.345	936.345
11. SERVICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	2.289.713	2.372.793	2.459.400	2.559.289	2.657.190	2.829.467	2.932.473	3.113.725	3.296.135	3.610.502
SERVICIOS BANCARIOS IMPUTADOS	-699.802	-743.154	-863.945	-961.553	-1.044.235	-1.097.567	-1.173.282	-1.331.265	-1.613.916	-1.792.044

**Fuente:** Elaboración con Base en Datos del Instituto Nacional de Estadística Bolivia.

### ANEXO 3-2

**BOLIVIA:** Crecimiento del Producto Interno Bruto a precios constantes según actividad económica (en porcentaje), 2004-2013.

DESCRIPCION	2004	2005	2006(p)	2007(p)	2008(p)	2009(p)	2010(p)	2011(p)	2012(p)	2013(p)
PRODUCTO INTERNO BRUTO (a precios básicos)	3,62	4	4,67	4,38	6,07	3,94	3,66	4,38	4,45	6,29
1. AGRICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA	0,25	4,98	4,26	-0,51	2,61	3,68	-1,18	3,1	4,15	4,69
2. EXTRACCIÓN DE MINAS Y CANTERAS	9,42	13,1	5,37	7,02	22,95	-2,02	4,04	5,26	4,9	8,97
3. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	5,58	3	8,09	6,09	3,66	4,81	2,59	3,72	4,75	6,09
- Alimentos	3,68	0,81	9,25	5,2	0,75	5,9	1,48	3,92	6,02	4,02
- Bebidas y Tabaco	10,8	7,09	14,73	7,65	8,72	8,12	4,93	3,87	5,7	4,08
- Textiles, Prendas de Vestir y Productos del Cuero	3,33	2,39	2,98	2,82	1,26	-0,88	3,93	2,26	1,39	1,95
- Madera y Productos de Madera	3,07	4,16	3,35	7,07	3,84	5,03	5,97	1,27	1,87	3,13
- Productos de Refinación del Petróleo	12,3	0,66	4,13	9,33	7,16	-5,64	2,44	2,53	6,07	15,3
- Productos de Minerales no Metálicos	9,77	9,96	13,9	12,24	14,95	12,1	4,84	11,06	2,65	11,62
- Otras Industrias Manufactureras	0,89	2,96	3,82	1,75	-4,08	5,82	-2,26	-0,76	4,27	5,93
4. ELECTRICIDAD GAS Y AGUA	3,09	2,72	4,03	4,31	3,58	6,11	7,34	7,37	5,82	5,12
5. CONSTRUCCIÓN	2,18	6,35	8,25	14,35	9,2	10,82	7,46	8,02	8,02	10,64
6. COMERCIO	3,91	3,07	3,85	5,59	4,77	4,9	3,96	3,7	3,77	3,92
7. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	4,03	2,93	3,92	3,5	4,02	5,58	7,99	6,13	2,71	6,69
8. ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, SEGUROS, BIENES INMUEBLES Y SERVICIOS PRESTADOS A LAS EMPRESAS	-1,45	0,35	5,39	6,27	4,67	4,15	5,62	5,31	9,81	6,51
9. SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES, PERSONALES Y DOMÉSTICO	3,04	1,79	2,46	3,07	2,68	3,59	3,49	2,68	3,49	3,17
10. RESTAURANTES Y HOTELES	2,29	0,58	2,21	2,36	1,8	2,31	3,17	3,03	3,36	3,31
11. SERVICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	3,4	3,63	3,65	4,06	3,83	6,48	3,64	6,18	5,86	9,54
SERVICIOS BANCARIOS IMPUTADOS	-6,61	6,19	16,25	11,3	8,6	5,11	6,9	13,47	21,23	11,04

**Fuente:** Elaboración con Base en Datos del Instituto Nacional de Estadística Bolivia.

### ANEXO 3 – 3

#### BOLIVIA: MATRIZ DE INFORMACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO GLOBAL, 1990 – 2013

AÑO	Producto Interno Bruto	Deflactor implícito del PIB	Tasa de Crecimiento del PIB	Exportaciones Netas	Inversión Bruta	Índice de Precios al Consumidor	Tasa de inflación	Población	Tasa de crecimiento de la población	Población Ocupada	Población Desocupada	Tasa de desempleo	Tasa de interés real en moneda nacional
	PIB [MM Bs90]	dip	% $\Delta$ PIB/PIB [%]	XN [MM Bs90]	IB [MM Bs90]	IPC [Base=2007]	$\pi$ [%]	N [M hab]	% $\Delta$ N/N [%]	PO [M hab]	PD [M hab]	%tD [%]	iR [%]
1990	15.443,14	100,00		-177,49	1.939,43	34,56		6.179,95		2.287,69	180,15	7,30	-
1991	16.256,45	117,69	5,27	-386,10	2.309,23	39,58	14,53	6.310,35	2,11	2.356,84	147,77	5,90	-
1992	16.524,12	133,22	1,65	-756,96	2.587,87	43,72	10,46	6.522,49	3,36	2.428,07	144,04	5,60	-
1993	17.229,58	141,96	4,27	-521,22	2.655,90	47,78	9,29	6.701,21	2,74	2.501,46	159,67	6,00	29,45
1994	18.033,73	153,25	4,67	114,69	2.442,94	51,86	8,54	6.884,82	2,74	2.577,07	82,44	3,10	31,66
1995	18.877,40	170,76	4,68	134,11	2.780,08	58,38	12,57	7.073,47	2,74	2.654,96	99,15	3,60	26,44
1996	19.700,70	190,53	4,36	-50,64	3.106,14	63,02	7,95	7.267,28	2,74	2.737,27	103,70	3,65	26,72
1997	20.676,72	201,40	4,95	-879,43	3.937,44	67,26	6,73	7.466,40	2,74	2.822,14	129,89	4,40	32,21
1998	21.716,62	215,61	5,03	-1.889,42	5.087,83	70,22	4,40	7.670,98	2,74	2.909,63	225,75	7,20	21,92
1999	21.809,33	220,81	0,43	-1.328,18	4.310,60	72,42	3,13	7.881,17	2,74	2.999,84	233,09	7,21	26,16
2000	22.356,27	232,28	2,51	-895,14	3.927,01	74,89	3,41	8.097,11	2,74	3.092,85	249,33	7,46	23,65
2001	22.732,70	236,62	1,68	-113,21	3.084,70	75,58	0,92	8.319,41	2,75	3.188,34	296,18	8,50	16,40
2002	23.297,74	243,30	2,49	-568,56	3.655,61	77,43	2,45	8.460,84	1,70	3.286,78	313,20	8,70	17,33
2003	23.929,42	258,70	2,71	133,79	3.259,14	80,48	3,94	8.604,68	1,70	3.388,27	322,87	8,70	12,35
2004	24.928,06	279,31	4,17	928,16	3.222,71	84,20	4,62	8.750,96	1,70	3.492,88	358,15	9,30	8,51
2005	26.030,24	295,90	4,42	534,66	3.437,56	88,33	4,90	8.899,72	1,70	3.600,73	321,63	8,20	9,05
2006	27.278,91	336,33	4,80	1.112,83	3.757,08	92,70	4,95	9.051,02	1,70	3.710,91	322,69	8,00	6,40
2007	28.524,03	361,13	4,56	1.034,13	4.232,11	103,57	11,73	9.204,89	1,70	3.824,45	319,05	7,70	2,71
2008	30.277,83	398,62	6,15	388,89	5.022,37	115,84	11,85	9.361,37	1,70	3.941,47	292,12	6,90	-1,20
2009	31.294,25	388,97	3,36	292,05	5.167,46	116,15	0,27	9.520,51	1,70	4.062,07	305,75	7,00	7,69
2010	32.585,68	423,12	4,13	213,42	5.553,15	124,49	7,18	9.682,36	1,70	4.186,37	253,05	5,70	6,51
2011	34.271,64	484,75	5,17	-890,63	6.870,21	133,08	6,90	9.846,96	1,70	4.314,46	170,43	3,80	0,20
2012	36.045,69	518,88	5,18	-100,33	6.970,61	139,13	4,54	10.061,56	2,18	4.446,47	146,99	3,20	5,56
2013	38.487,83	549,40	6,78	-604,58	7.869,83	148,14	6,48	10.280,83	2,18	4.582,53	151,49	3,20	-2,79

Fuente: Elaborado con base en datos de Instituto Nacional de Estadística, Banco Central de Bolivia, Ministerio de Economía y Finanzas. (INE, 2014) (BCB, 2014) (Ministerio de Economía y Finanzas, 2013)

## **ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE INFORMACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO GLOBAL, 1990 – 2013 (Continuación anexo 3-3)**

Tasa de crecimiento del PIB: Es la variación porcentual del PIB de un periodo a otro. En la tasa, para los tres periodos se observa un comportamiento cíclico ascendente, en el primer periodo esta tasa tiene una baja considerable en el año 1992 (1,65%), el siguiente año se repone inmediatamente. En el segundo periodo, sucede el mismo fenómeno. Finalmente para el tercer periodo la tasa recae en 2009 (3,36%), y situándose por encima de las tasas anteriores asciende en el 2013 con 6,78%.

Tasa de inflación: La tasa de inflación ( $\pi$ ), es el cambio porcentual del nivel general de precios en un periodo determinado. (Larraín & Sachs, 2002). Muestra un comportamiento cíclico, tuvo en 1992 su punto más bajo de 0,92%; mientras que para las gestiones de 2007 y 2008 uno de sus más altos valores de 11,73%; para el 2013 tiene tendencia de crecimiento con 6,48%.

Las exportaciones netas en las últimas tres gestiones fueron de expresados en valores negativos, significa que las importaciones fueron mayores, indica un déficit comercial en el que nos prestamos más bienes de los que enviamos, bajo la condición de que serán devueltos en un futuro, generando un superávit comercial en el futuro. (Jones, 2009)

Tasa de desempleo: mide el número de personas que buscan activamente trabajo sin encontrarlo, como porcentaje o fracción de fuerza laboral. (Larraín & Sachs, 2002), la tasa muestra crecimiento en el primer periodo, en el segundo se mantuvo en un rango y para el tercer periodo descendió.

En relación a la Inversión Bruta (IB), valor del conjunto de bienes de capital producidos (planta, equipo, vivienda e inventario) en un periodo determinado. También muestra un comportamiento ascendente, en Bolivia se produce más bienes de capital cada año.

Respecto a la tasa de incremento del PIB, para los tres periodos se observa un comportamiento cíclico ascendente, para el tercer periodo la tasa recae en 2009 (3,36%), y situándose por encima de las tasas anteriores asciende en el 2013 con 6,78%. Por lo que se fijó el doble aguinaldo.

La tasa de inflación ( $\pi$ ) muestra un comportamiento cíclico, para el 2013 tiene tendencia de crecimiento con 6,48%. Y la tasa de interés real en moneda nacional (iR), es el beneficio que recibe el consumidor, en el futuro, por pagar ese consumo en el presente. (Jones , Macroeconomía, 2009), esta tasa descendió radicalmente, haciendo menos atractiva la inversión en Bolivia.

Para la población, como se esperaba, esta fue creciendo, sin embargo no en ritmo creciente, según el último censo la tasa intercensal fue de 1,70%. La población ocupada asciende suavemente, la población desocupada y la tasa de desempleo muestran crecimiento en el primer periodo, en el segundo se mantuvo en un rango y para el tercer periodo descendió.

### ANEXO 3-4

**BOLIVIA: Índice Global de la Actividad Económica, 2009-2014(p).**

DESCRIPCION	2004	2005	2006(p)	2007(p)	2008(p)	2009(p)	2010(p)	2011(p)	2012(p)	2013(p)
PRODUCTO INTERNO BRUTO (a precios básicos)	22.629.049	23.534.090	24.634.132	25.713.890	27.273.725	28.348.748	29.385.416	30.671.617	32.036.669	34.051.297
1. AGRICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA	3.599.495	3.778.852	3.939.811	3.919.884	4.022.389	4.170.490	4.121.359	4.249.002	4.425.312	4.632.643
2. EXTRACCIÓN DE MINAS Y CANTERAS	2.486.854	2.812.354	2.963.297	3.171.260	3.899.056	3.820.195	3.974.572	4.183.680	4.388.663	4.782.324
3. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	4.172.930	4.298.295	4.646.134	4.929.111	5.109.524	5.355.324	5.493.991	5.698.175	5.968.573	6.331.776
- Alimentos	1.546.774	1.559.298	1.703.536	1.792.060	1.805.432	1.911.895	1.940.212	2.016.325	2.137.739	2.223.584
- Bebidas y Tabaco	578.948	619.998	711.303	765.709	832.516	900.103	944.451	980.974	1.036.933	1.079.274
- Textiles, Prendas de Vestir y Productos del Cuero	418.525	428.527	441.309	453.748	459.453	455.389	473.286	483.970	490.700	500.272
- Madera y Productos de Madera	268.323	279.498	288.874	309.312	321.187	337.351	357.503	362.051	368.837	380.382
- Productos de Refinación del Petróleo	501.220	504.512	525.349	574.342	615.439	580.733	594.909	609.932	646.964	745.947
- Productos de Minerales no Metálicos	313.038	344.208	392.038	440.012	505.815	566.999	594.421	660.174	677.687	756.458
- Otras Industrias Manufactureras	546.101	562.254	583.726	593.928	569.681	602.854	589.208	584.749	609.714	645.858
4. ELECTRICIDAD GAS Y AGUA	502.019	515.657	536.455	559.588	579.601	615.008	660.131	708.758	750.023	788.403
5. CONSTRUCCIÓN	661.475	703.503	761.536	870.798	950.916	1.053.809	1.132.402	1.223.216	1.321.351	1.461.990
6. COMERCIO	2.069.029	2.132.635	2.214.679	2.338.432	2.449.894	2.570.026	2.671.878	2.770.698	2.875.258	2.987.907
7. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNIC.	2.769.903	2.850.936	2.962.604	3.066.342	3.189.552	3.367.539	3.636.570	3.859.506	3.963.946	4.229.001
8. ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, SEGUROS, BIENES INMUEBLES Y SERVICIOS PRESTADOS A LAS EMPRESAS	2.903.093	2.913.382	3.070.484	3.262.852	3.415.381	3.556.984	3.756.976	3.956.375	4.344.481	4.627.283
9. SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES, PERSONALES Y DOMÉSTICO	1.121.601	1.141.697	1.169.835	1.205.797	1.238.088	1.282.508	1.327.245	1.362.868	1.410.499	1.455.168
10. RESTAURANTES Y HOTELES	752.739	757.139	773.840	792.089	806.369	824.964	851.102	876.879	906.345	936.345
11. SERVICIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	2.289.713	2.372.793	2.459.400	2.559.289	2.657.190	2.829.467	2.932.473	3.113.725	3.296.135	3.610.502
SERVICIOS BANCARIOS IMPUTADOS	-699.802	-743.154	-863.945	-961.553	-1.044.235	-1.097.567	-1.173.282	-1.331.265	-1.613.916	-1.792.044

**Fuente:** Elaboración con Base en Datos del Instituto Nacional de Estadística Bolivia.



### ANEXO 3-5a

**BOLIVIA:** Valor Agregado Manufacturero Per Cápita (en \$us constantes), 2011

PAÍS	AÑO				
	2001	2003	2005	2007	2009
Argentina	1.299	1.356	1.393	1.479	1.545
Bolivia	136	139	140	146	150
Brasil	581	643	749	787	871
Chile	880	908	989	967	998
Colombia	300	316	328	349	367
Ecuador	182	196	211	225	241
Paraguay	202	199	193	193	195
Perú	310	330	355	376	401
Uruguay	1.077	1.129	1.162	1.241	1.301
Venezuela	900	919	864	959	979

**Fuente:** Informe sobre Desarrollo Industrial<sup>25</sup> 2011 – ONUDI, LI Yong (2011)

### ANEXO 3-5b

**BOLIVIA:** Índice de Rendimiento Industrial Competitivo, 2005 – 2009

Ranking Sudamérica	Ranking Mundial		País	Índice Rendimiento Industrial Competitivo		Variación de puntos
	2005	2009		2005	2009	
1	37	44	Brasil	0,212	0,202	-0,01
2	49	46	Argentina	0,168	0,192	0,024
3	69	74	Colombia	0,14	0,135	-0,005
4	71	77	Venezuela	0,138	0,131	-0,007
5	80	79	Uruguay	0,123	0,129	0,006
6	70	81	Chile	0,139	0,128	-0,011
7	96	96	Perú	0,094	0,106	0,012
8	108	104	Ecuador	0,069	0,079	0,01
9	104	105	Paraguay	0,075	0,076	0,001
10	111	107	Bolivia	0,063	0,073	0,01

**Fuente:** Informe sobre Desarrollo Industrial 2011<sup>26</sup> – ONUDI, LI Yong (2011)

<sup>25</sup> El Informe sobre el Desarrollo Industrial (IDI) 2011, fue preparado bajo la orientación general de LI Yong, Director General de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

<sup>26</sup> El Informe sobre el Desarrollo Industrial (IDI) 2011

### ANEXO 3-6a

**BOLIVIA:** Número de empresas y población ocupada, según actividad, 2004

Actividad	Número de empresas			Población Ocupada		
	Nº de Empresas	% Por Actividad	Posición Relativa	Nº de Trabj.	% Por Actividad	Posición Relativa
Productos alimenticios	269	19,4	1	13.292	31,2	1
Bebidas y Tabaco	60	4,3	9	2.887	6,8	5
Textiles y Prendas de vestir	219	15,8	2	7.281	17,1	2
Madera y Productos de madera	147	10,6	5	2.344	5,5	7
Papel y Actividades de Impresión	187	13,5	3	6.397	15	3
Sustancias y Productos químicos, plásticos	170	12,3	4	4.051	9,5	4
Productos minerales no metálicos	89	6,4	8	2.550	6	6
Productos de metales, maquinaria	125	9	6	1.693	4	9
Otras industrias manufactureras	121	8,7	7	2.120	5	8
<b>TOTAL</b>	<b>1.387</b>	<b>100</b>		<b>42.615</b>	<b>100</b>	

**Fuente:** Elaboración en base a EAEE – 2004

### ANEXO 3-6b

**Bolivia:** Capacidad Productiva Utilizada, según actividad<sup>27</sup> (en porcentaje), 2008

Actividad	Año							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Productos Alimenticios	59	61	61	63	65	67	66	63
Bebidas y tabaco	54	51	52	55	58	59	61	63
Textiles y Prendas de vestir	48	49	54	59	55	62	67	64
Madera y productos de madera	43	46	44	46	60	59	53	51
Papel y Actividades de impresión	49	52	51	52	55	63	61	62
Sustancias y productos químicos	58	60	62	66	69	65	64	66
Productos minerales no metálicos	56	60	63	66	70	74	74	76
Productos de metales, maquinaria	43	57	31	61	57	42	29	33
Otras industrias manufactureras	60	79	79	77	73	75	74	70
Total	54	55	56	59	62	65	65	64

**Fuente:** Elaboración en base a información del INE

<sup>27</sup> Corresponde a los datos de mayor actualidad en el portal <http://www.ine.gob.bo/>

### ANEXO 3-7a

**Bolivia:** Exportaciones, según actividad económica (en miles de \$us), 2011

Actividad	2010		2011	
	Valor	Participación (%)	Valor	Participación (%)
Productos alimenticios	768.810	41,92	788.160	38,09
Bebidas y Tabaco	49.800	2,72	31.980	1,55
Textiles y Prendas de vestir	92.980	5,07	60.890	2,94
Madera y Productos de madera	116.810	6,37	85.040	4,11
Papel y Actividades de Impresión	520	0,03	1.500	0,07
Sustancias y Productos químicos	23.210	1,27	24.040	1,16
Productos minerales no metálicos	6.480	0,35	9.330	0,45
Productos de metales, maquinaria	587.490	32,03	999.920	48,33
Otras industrias manufactureras	187.820	10,24	68.250	3,3
Total	1.833.920	100	2.069.110	100

**Fuente:** Elaboración en base a información del INE

### ANEXO 3-7b

**Bolivia:** Importaciones<sup>28</sup>, según actividad económica (en miles de \$us)

Actividad	2010		2011	
	Valor	Participación (%)	Valor	Participación (%)
Productos alimenticios	362.850	6,84	518.210	7
Bebidas y Tabaco	5.520	0,1	7.570	0
Textiles y Prendas de vestir	106.850	2,01	156.740	2,1
Madera y Productos de madera	99.500	1,88	132.730	1,78
Papel y Actividades de Impresión	209.460	3,95	211.320	2,83
Sustancias y Productos químicos	921.610	17,37	1.070.310	14,34
Productos minerales no metálicos	103.060	1,94	133.250	1,78
Productos de metales, maquinaria	1.968.130	8,95	622.870	8,34
Otras industrias manufactureras	1.529.580	0,16	11.540	0,15
Total	5.306.560	100	7.465.900	100

**Fuente:** Elaboración en base a información del INE

<sup>28</sup> Las importaciones se muestran en montos CIF Frontera.

## ANEXO 3-8

### Bolivia: Descripción de Indicadores de Competitividad, 2014

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
Ventaja Comparativa Absoluta (VCA)	Mide la proporción de un grupo de productos que tiene alta o baja cobertura en comparación con el total del comercio exterior del producto.	Si el índice es alto (cerca de 100) se exporta en mayor proporción a lo que se importa. Si es reducido (cerca de -100) se importa en mayor proporción a lo que se exporta.
Ventaja Comparativa Relativa (VCR)	Mide la diferencia entre la VCA de un grupo de productos y la del total de productos de comercio exterior que realiza una economía.	Si el indicador es positivo, el grupo de productos tiene VCA mayor a la media del comercio exterior de todos los productos. Si el indicador es negativo, el grupo de productos no tiene VCA respecto a la media de todos los productos.
Cuota de Mercado (CM)	Es una medida en porcentaje que denota la parte de exportación de un grupo de productos respecto al total de mercado de exportación del país.	Mientras más alto es el porcentaje más representativas son las exportaciones de los productos respecto al total exportado por el país.
Especialización Internacional (EI)	Es una medida que permite examinar la vocación exportadora del país en cada grupo de productos y la capacidad del mismo para construir ventajas competitivas permanentes.	Si el indicador es positivo, significa que existe un cierto grado de especialización en la exportación del grupo de productos. Si el indicador es negativo significa que no hay ningún grado de especialización, que son productos altamente importables y tienen dificultades competitivas.
Tasa de Cobertura (TC)	Indica qué parte de las importaciones de un país pueden ser financiadas mediante sus exportaciones.	Si la tasa de cobertura es mayor a 100 entonces existe superávit comercial, en cambio, si es menor a 100 existe déficit comercial.
Tasa de Cobertura Relativa (TCR)	Se define como el cociente entre exportaciones e importaciones de un grupo de productos sobre el cociente entre exportaciones e importaciones totales.	Si es mayor que uno se trata de una actividad exportadora, si es menor que uno, es importadora.
Comercio Intraindustrial (ICI)	Mide en qué grado un país exporta e importa productos de determinado grupo. Se trata de medir si existe mucho o poco comercio y si existe superávit o déficit.	Un valor cercano a 0 implica que es o bien un importador o bien un exportador neto en ese grupo. Un valor cercano a 100 implica que las importaciones y las exportaciones que realiza el país de ese grupo de productos están muy igualadas, es decir, que el comercio intraindustrial es muy significativo.

**Fuente:** Elaboración en base a información del INE

La simbología utilizada en el siguiente cuadro corresponde a la siguiente información:

$X_i$  = Exportaciones de un mismo periodo

$M_i$  = Importaciones de un mismo periodo

### ANEXO 3-8a

**Bolivia:** Determinación de Indicadores de Competitividad, sector Bebidas y tabaco 2011

Indicador	Fórmula	Resultado
Ventaja Comparativa Absoluta (VCA)	$VCA = \frac{X_i - M_i}{X_i + M_i} \cdot 100$	61,72%
Ventaja Comparativa Relativa (VCR)	$VCR = \left( \frac{X_i - M_i}{X_i + M_i} - \frac{\sum X_i - \sum M_i}{\sum X_i + \sum M_i} \right) \cdot 100$	118,32%
Cuota de Mercado (CM)	$CM = \frac{X_i}{\sum X_i} \cdot 100$	1,55%
Especialización Internacional (EI)	$EI = \frac{X_i - M_i}{\sum X_i} \cdot 100$	1,18%
Tasa de Cobertura (TC)	$TC = \frac{X_i}{M_i} \cdot 100$	422,46%
Tasa de Cobertura Relativa (TCR)	$TCR = \frac{\frac{X_i}{M_i}}{\frac{\sum X_i}{\sum M_i}}$	15,24%
Comercio Intraindustrial (ICI)	$ICI = 1 - \left( \frac{ X_i - M_i }{X_i + M_i} \right) \cdot 100$	-38.28%

**Fuente:** Elaboración en base a Anexo 3-6 al 3-8

The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a cross with four stars at the bottom. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI IUDRE" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO IV**

## ANEXO 4-1

**EMBOL S.A.:** Evaluación de la función actual de mantenimiento, 2014

<b>EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL</b>				
1. ¿Qué función considera que cumple el área de mantenimiento en la empresa?				
R..... ..... ..... .....				
2. Considera UD., ¿las acciones del mantenimiento como prioritarias?				
	SI		NO	
3. La Empresa, ¿considera las actividades de mantenimiento como prioridad?				
	SI		NO	
¿Por qué?.....				
4. De las actividades que desarrolla el área de mantenimiento considera Ud. que son:				
				SI/NO
Acciones de mantenimiento llevadas a cabo después de que ocurre una falla.				
Acciones de mantenimiento realizadas de emergencia.				
Actividades de mantenimiento que se han planificado.				
Acciones de mantenimiento que previenen fallas.				
Acciones de mantenimiento que predicen fallas.				
Actividades de mantenimiento que garantizan que el sistema siempre funcione.				
5. De los conceptos que se indican señale el valor de cada uno:				
1 muy importante; 2 importante; 3 regular; 4 Sin importancia				
	1	2	3	4
La calidad de los trabajos de mantenimiento				
La disponibilidad de los equipos				
Los costos del mantenimiento				
La seguridad de las instalaciones				
Los operarios de producción deben realizar actividades de mantenimiento				
6. Con que frecuencia es requerida su presencia en el centro de trabajo por fallas que se presentan fuera de su jornada laboral. (Solo área de Mantenimiento)				
Nunca				
Rara vez				
frecuentemente				
Continuamente				

### ANEXO 4-1 (Continuación)

**EMBOL S.A.:** Evaluación de la función actual de mantenimiento, 2014

<b>EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL</b>					
7. Considera Ud. que los operarios de producción colaboran en trabajos de mantenimiento:					
No					
Tienen asignados trabajos rutinarios de mantenimiento					
Hacen pequeñas reparaciones					
Con criterio puede realizar reparaciones sin consultar a personal de mantenimiento					
Solo ayuda en el tareas de mantenimiento cuando su máquina o instalación está parada					
8. De las actividades que desarrolla el área de mantenimiento considera Ud. que:					
					SI/NO
Existe un sistema de asignación de tiempos a cada tarea efectuada en mantenimiento.					
9. En el área de infraestructura, considera Ud. que las actividades de mantenimiento deben desarrollar coordinación con el área de producción:					
Pasar a la pregunta 10	SI		saltar a la pregunta 10	NO	
10. Bajo que frecuencia.					
					X
Trimestral					
Semestral					
Anual					
11. El personal de mantenimiento, ¿es polivalente (multiespecialista) o actúa normalmente como tal?					
					SI/NO
No hay polivalencia efectiva					
Si la mayor parte del personal					
Solo algunos pocos					
12. Como califica las actividades de mantenimiento correctivo efectuadas en la planta					
R.....					
.....					
13. Como califica las actividades de mantenimiento preventivo efectuadas en la planta					
R.....					
.....					
14. Como califica las actividades de mantenimiento predictivo efectuadas en la planta					
R.....					
.....					



## ANEXO 4-2

### EMBOL S.A.: Presupuesto y Costo Real Mantenimiento, 2013

#### Presupuesto Mantenimiento 2013.

ITEM	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Repuestos y mantencion CPI	30.197	32.257	39.121	31.745	36.116	59.013	67.294	62.174	29.194	33.260	25.481	24.106	<b>469.958</b>
Servicios generales, mantencion edif.	4.000	6.000	8.000	8.000	9.000	12.000	12.000	12.000	8.000	6.000	6.000	6.000	<b>97.000</b>
Repuestos y mantencion COM	4.172	3.664	6.800	4.172	3.664	6.521	4.172	3.664	4.944	4.172	3.664	4.944	<b>54.556</b>
Servicios generales, mantencion edif.	4.000	3.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	<b>23.000</b>
Repuestos y mantencion ADM	286	528	1.765	588	528	2.695	286	830	880	561	830	1.870	<b>11.647</b>
Servicios generales, mantencion edif.	4.000	4.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.500	4.500	4.500	4.500	<b>56.000</b>
Repuestos y mantencion EXP	8.396	8.396	9.269	8.946	8.946	9.528	9.237	8.396	8.978	8.396	8.396	8.978	<b>105.857</b>
Servicios generales, mantencion edif.	8.000	8.000	8.000	10.000	10.000	10.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	<b>102.000</b>
<b>TOTAL MANTENIMIENTO COSTOS DE MANTENIEMIEN TO 2013</b>													<b>920.018</b>

#### Costo Real Mantenimiento 2013.

ITEM	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Repuestos y mantencion CPI	31.254	34.195	40.452	30.578	36.589	60.587	66.759	63.245	40.587	36.587	28.030	26.517	<b>495.379</b>
Servicios generales, mantencion edif.	1.785	5.600	7.404	9.417	9.207	18.468	15.706	16.242	9.402	6.600	6.000	6.000	<b>111.831</b>
Repuestos y mantencion COM	3.365	3.253	6.380	4.540	1.696	6.451	4.093	3.496	4.978	4.381	3.957	5.192	<b>51.783</b>
Servicios generales, mantencion edif.	4.600	2.354	1.970	1.238	1.600	1.776	1.830	1.906	931	1.050	1.050	1.050	<b>21.355</b>
Repuestos y mantencion ADM	259	147	2.341	326	347	6.346	164	876	834	673	996	2.244	<b>15.553</b>
Servicios generales, mantencion edif.	6.543	7.634	6.946	4.845	8.674	6.572	5.734	6.921	6.710	4.500	4.500	4.500	<b>74.081</b>
Repuestos y mantencion EXP	4.879	10.233	9.634	8.231	10.582	9.645	12.256	10.998	10.597	9.235	9.067	9.427	<b>114.784</b>
Servicios generales, mantencion edif.	10.153	6.568	12.991	15.100	14.647	15.463	11.388	8.758	20.685	8.400	8.400	8.400	<b>140.953</b>
<b>TOTAL MANTENIMIENTO COSTOS DE MANTENIEMIEN TO 2013</b>													<b>1.025.718</b>

**Fuente:** Elaborado Jefatura de Mantenimiento.

### ANEXO 4-3

#### EMBOL S.A.: Resumen presupuesto de mantenimiento, 2014

ITEM	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Repuestos y mantencion CPI	37.276	41.086	47.125	37.079	43.088	67.743	74.366	71.443	47.266	43.306	34.143	33.062	<b>576.983</b>
Servicios generales, mantencion edif.	7.000	7.000	8.000	9.000	12.000	13.000	12.000	12.000	9.000	8.000	7.000	7.000	<b>111.000</b>
Repuestos y mantencion COM	5.636	4.056	9.022	5.579	3.614	7.628	6.530	4.359	7.517	5.384	6.434	6.275	<b>72.033</b>
Servicios generales, mantencion edif.	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.000	2.000	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	<b>26.000</b>
Repuestos y mantencion ADM	259	147	2.341	326	347	6.346	164	876	834	589	872	1.963	<b>15.064</b>
Servicios generales, mantencion edif.	5.000	5.000	6.000	6.000	7.000	7.000	7.000	6.000	5.000	5.000	5.000	5.000	<b>69.000</b>
Repuestos y mantencion EXP	5.367	11.257	10.598	9.054	11.640	10.609	13.482	12.097	11.657	10.159	9.974	10.369	<b>126.263</b>
Servicios generales, mantencion edif.	9.000	9.000	10.000	11.000	12.000	12.000	11.000	10.000	10.000	9.000	9.000	9.000	<b>121.000</b>
<b>TOTAL MANTENIMIENTO COSTOS DE MANTENIEMIENTO 2014</b>													<b>1.117.342</b>

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

## ANEXO 4-4

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

I. GENERALIDADES DEL CARGO			
TITULO DE PUESTO:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	NIVEL/ Categoría (puntos):	586      4
ÁMBITO GEOGRÁFICO:	REGIONAL	DEPENDENCIA JERÁRQUICA:	JEFATURA DE PLANTA
ÁREA DE COMPETENCIA:	Técnica - Mantenimiento	DEPENDENCIA FUNCIONAL:	NINGUNA
RELACIONES CON OTRAS ÁREAS:	TODAS LAS AREAS		
II. PUESTOS QUE DEPENDEN JERÁRQUICAMENTE			
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			
III. OBJETIVO DEL CARGO			
Asegurar la operación óptima de los equipos e instalaciones.			
IV. RESULTADOS ESPERADOS			
	ACCIONES (qué hace?)	RESULTADO FINAL ESPERADO (para qué lo hace?)	
1	Desarrolla la gestión de mantenimiento de equipos e instalaciones.	Minimizar las paradas de equipos por falla mecánica.	
2			
V. RESPONSABILIDADES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO (CALIDAD, MEDIO AMBIENTE, SYSO, SEGURIDAD ALIMENTARIA)			
<p>Responsable de la efectiva implementación del Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Medio Ambiente, SYSO y Seguridad Alimentaria). Responsables de monitorear, cumplir y hacer cumplir a su personal dependiente lo establecido en Políticas y Procedimientos del Sistema de Gestión Integrado y toda norma o proceso que se implemente a través de instructivos, memorándums y/o capacitaciones.</p> <p>El cumplimiento de los objetivos, metas y programas del Sistema de Gestión Integrado.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y otros Identificados referidos Al Sistema de Gestión Integrado</p> <p>Asegurar que los requisitos del Sistema de Gestión Integrado se establezcan, Implementen y mantengan de acuerdo a los requisitos de las normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007, ISO 22000:2005, Sistema Coca-Cola KORE.</p> <p>Tomar las acciones para la mejora continua.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los procedimientos.</p> <p>Revisar el cumplimiento de la Política y los Objetivos del Sistema de Gestión Integrado.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los objetivos de reducción del consumo de agua, energía, generación de residuos, alcanzar el % de reciclado de residuos, reducción de carga contaminante en efluentes.</p> <p><b>RESPONSABILIDADES Y AUTORIDAD EN SEGURIDAD ALIMENTARIA COMO INTEGRANTE DEL EQUIPO S.A.</b></p> <p>Este equipo tendrá las reuniones de rutina que pide la norma y será responsable de las decisiones para garantizar la inocuidad de nuestros productos:</p> <p>Conducir un análisis de riesgo para determinar qué peligros se requiere controlar y en qué grado para asegurar la seguridad alimentaria y la combinación de las medidas de controles requeridas.</p> <p>Verificar la exactitud de los diagramas de flujo a través de una verificación en sitio.</p> <p>Definir los prerrequisitos necesarios para el sistema.</p> <p>Aprobar los prerrequisitos elaborados.</p> <p>Identificar y revisar de los requisitos legales aplicables, para asegurar su cumplimiento.</p> <p>Asegurar que la integridad del sistema de gestión de seguridad alimentaria se mantenga cuando se planifiquen e implementen cambios al SGSA.</p> <p>Asegurar que toda la información producto de comunicaciones internas y externas sea incluida en la actualización del SGSA.</p> <p>Seguimiento a las acciones de revisiones por la dirección y definiciones de importancia en el equipo de inocuidad.</p> <p>Evaluar sistemáticamente los resultados individuales de la verificación planificada de los prerrequisitos operacionales y plan HACCP.</p> <p>Analizar los resultados de las actividades de verificación, inspección o auditoría interna y externa al sistema.</p> <p>Planificar e implementar los procesos necesarios para validar las medidas de control y/o combinaciones de medidas de control, para verificar y mejorar el SGSA.</p> <p>Evaluar el sistema de gestión de seguridad alimentaria en los intervalos definidos y actualizar cuando sea necesario.</p> <p>Comunicar la información apropiada en toda la cadena alimentaria respecto a los aspectos relacionados a los productos.</p> <p>Comunicar la información concerniente al desarrollo, implementación y actualización del SGSA a toda la organización.</p> <p>Establecer los controles necesarios de los procesos contratados externamente y documentar dentro el sistema de gestión de seguridad alimentaria.</p> <p>El titular del equipo de seguridad alimentaria es responsable de mantener informado y actualizado el reemplazo para asegurar la continuidad de las actividades de Equipo.</p>			

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-4 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

VI. AUTORIDAD SOBRE		
<b>PODER DE DECISIÓN</b> Planes de mantenimiento de equipos e instalaciones. Contrataciones, despidos y movimientos de personal de su área con comunicación al área de DH	<b>PODER DE RECOMENDACIÓN</b> Inversiones en equipos e instalaciones. Proveedores. Formas de mejorar su trabajo.	
VII. CONTEXTO		
Breve descripción sobre aspectos relevantes del entorno. Problemas, participación en comité, contactos relevantes internos y externos, otra información. El ocupante del cargo es responsable de ejecutar los programas del Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Medio Ambiente, SYSO y Seguridad Alimentaria), en lo que respecta a equipos e instalaciones de planta.		
VIII. DIMENSIONES (Expresadas en términos anuales)		
Principales Magnitudes (Ventas, Costos Producción, Valor agregado, Compras, Inversiones, Administración de recursos, etc.) Costos de producción Costo de mermas Costos de mantención		
IX. FACTORES ERGONÓMICOS: CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO DE TRABAJO		
Ocho horas de trabajo en oficina y planta de producción. Expuesto a ruidos. Expuesto a humedad. Sujeto a Stress laboral Movimientos repetitivos por uso de computador. Fatiga visual por exposición a pantallas de computador.		
<b>Recomendaciones:</b> Uso de implementos de seguridad y protección personal (EPP): referirse a "Requerimiento de EPP's por puesto de trabajo LP-SG-F-01.07" Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Dolor de espalda, lumbalgias y alteraciones osteo musculares. Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Expuestos a Ruido Industrial Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Agudeza Visual.		
X. PERFIL DEL CARGO: PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES		
EDUCACIÓN y ENTRENAMIENTO	EXPERIENCIA	HABILIDADES
Titulado en Ingeniería Mecánica, Electromecánica o ramas afines. Automatización y mantenimiento. Inglés técnico. Requisitos de Sistemas de Gestión ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 22000.	Tres años de experiencia en cargos similares.	Excel, power point, word. Manejo de personal.
<b>Condiciones físicas:</b>	Persona con buen estado de salud, visión corregida 20/20, audición conversacional natural o corregida normal, ausencia de enfermedades neurológicas.	
<b>Notas Adicionales:</b>	El desempeño en el cargo de por lo menos 5 años y el entrenamiento interno, compensan los requisitos de instrucción formal.	

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-4 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

I. GENERALIDADES DEL CARGO			
TITULO DE PUESTO:	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	NIVEL/ Categoría (puntos):	470      5
ÁMBITO GEOGRÁFICO:	REGIONAL	DEPENDENCIA JERÁRQUICA:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO
ÁREA DE COMPETENCIA:	TECNICA – TALLER Y MANTENIMIENTO	DEPENDENCIA FUNCIONAL:	NINGUNA
RELACIONES CON OTRAS ÁREAS:	PRODUCCION, CONTROL DE CALIDAD, ALMACENES.		
II. PUESTOS QUE DEPENDEN JERÁRQUICAMENTE			
TECNICO DE MANTENIMIENTO			
III. OBJETIVO DEL CARGO			
Asegurar la ejecución de planes de mantenimiento de los equipos e instalaciones.			
IV. RESULTADOS ESPERADOS			
	ACCIONES (qué hace?)	RESULTADO FINAL ESPERADO (para qué lo hace?)	
1	Desarrolla la gestión de mantenimiento de equipos e instalaciones.	Minimizar las paradas de equipos por falla mecánica y/o eléctrica	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
V. RESPONSABILIDADES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO (CALIDAD, MEDIO AMBIENTE, SYSO, SEGURIDAD ALIMENTARIA)			
Responsables de monitorear, cumplir y hacer cumplir a su personal dependiente lo establecido en Políticas y Procedimientos del Sistema de Gestión Integrado y toda norma o proceso que se implemente a través de instructivos, memorándums y/o capacitaciones. Garantizar el cumplimiento de los objetivos de reducción del consumo de agua, energía, generación de residuos, alcanzar el % de reciclado de residuos, reducción de carga contaminante en efluentes.			
VI. AUTORIDAD SOBRE			
<b>PODER DE DECISIÓN</b> Planes de mantenimiento de equipos e instalaciones.		<b>PODER DE RECOMENDACIÓN</b> Inversiones en equipos e instalaciones. Proveedores. Movimientos, contrataciones y despidos de personal de su área. Formas de mejorar su trabajo.	
VII. CONTEXTO			
Breve descripción sobre aspectos relevantes del entorno. Problemas, participación en comité, contactos relevantes internos y externos, otra información.			
El ocupante del cargo es responsable de ejecutar los programas del Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Medio Ambiente, SYSO y Seguridad Alimentaria), responsable de políticas y ejecución de programas de seguridad industrial en lo que respecta a equipos e instalaciones de planta.			

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-4 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

<b>VIII. DIMENSIONES (Expresadas en términos anuales)</b>		
Principales Magnitudes (Ventas, Costos Producción, Valor agregado, Compras, Inversiones, Administración de recursos, etc.)		
Costo de producción		
Costo de mantenimiento		
<b>IX. FACTORES ERGONÓMICOS: CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO DE TRABAJO</b>		
<p>Ocho horas de trabajo en oficina y planta de producción.                      Expuesto a ruidos.                      Expuesto a humedad.                      Sujeto a Stress laboral                      Movimientos repetitivos por uso de computador.                      Fatiga visual por exposición a pantallas de computador.</p>		
<b>Recomendaciones:</b>		
Uso de implementos de seguridad y protección personal (EPP): referirse a "Requerimiento de EPP's por puesto de trabajo LP-SG-F-01.07" Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Dolor de espalda, lumbalgias y alteraciones osteo musculares. Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Expuestos a Ruido Industrial Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Agudeza Visual.		
<b>X. PERFIL DEL CARGO: PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES</b>		
<b>EDUCACIÓN y ENTRENAMIENTO</b>	<b>EXPERIENCIA</b>	<b>HABILIDADES</b>
Egresado Ingeniería Mecánica, Electromecánica o ramas afines. Automatización y mantenimiento. (deseable) Requisitos de Sistemas de Gestión ISO 9001, o ISO 14001, o OHSAS 18001 o ISO 22000 (deseable)	De uno a tres años de experiencia en cargos similares. (no excluyente) Prácticas profesionales o entrenamiento <u>(duración de 3 meses)</u> para supervisión de producción <u>(indispensable en caso de no cumplir con los años de experiencia requeridas por el cargo)</u>	Manejo de Microsoft Office
<b>Condiciones físicas:</b>	Persona con buen estado de salud, visión corregida 20/20, audición conversacional natural o corregida normal, ausencia de enfermedades neurológicas, ausencia de alteraciones de visión.	
<b>Notas Adicionales:</b>	El desempeño en el cargo de por lo menos de 3 años y el entrenamiento interno, compensan los requisitos de instrucción formal.	

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-4 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

I. GENERALIDADES DEL CARGO				
TITULO DE PUESTO:	TECNICO DE MANTENIMIENTO	NIVEL/ Categoría (puntos):	387	6
ÁMBITO GEOGRÁFICO:	REGIONAL	DEPENDENCIA JERÁRQUICA:	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	
ÁREA DE COMPETENCIA:	TECNICA – TALLER Y MANTENIMIENTO	DEPENDENCIA FUNCIONAL:	NINGUNA	
RELACIONES CON OTRAS ÁREAS:	PRODUCCION, CONTROL DE CALIDAD, EXPEDICION, ALMACENES, SOPLADO Y VENTAS.			
II. PUESTOS QUE DEPENDEN JERÁRQUICAMENTE				
Ninguno				
III. OBJETIVO DEL CARGO				
Apoyar las actividades de mantenimiento de equipos e instalaciones.				
IV. RESULTADOS ESPERADOS				
	ACCIONES (qué hace?)	RESULTADO FINAL ESPERADO (para qué lo hace?)		
1	Ejecutar acciones de mantenimiento requeridas.	Mantener los equipos e instalaciones en optimo funcionamiento.		
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
V. RESPONSABILIDADES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO (CALIDAD, MEDIO AMBIENTE, SYSO, SEGURIDAD ALIMENTARIA)				
Responsables de monitorear, cumplir y hacer cumplir lo establecido en políticas y procedimientos del sistema de gestión integrado. Garantizar el cumplimiento de los objetivos de reducción del consumo de agua, energía, generación de residuos, alcanzar el % de reciclado de residuos, reducción de carga contaminante en efluentes.				
VI. AUTORIDAD SOBRE				
PODER DE DECISIÓN		PODER DE RECOMENDACIÓN		
Ninguno		Mantenimiento de equipos e instalaciones. Formas de mejorar su trabajo.		
VII. CONTEXTO				
Breve descripción sobre aspectos relevantes del entorno. Problemas, participación en comité, contactos relevantes internos y externos, otra información.				
El ocupante del cargo es responsable de ejecutar el Programa del Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Medio Ambiente, SYSO y Seguridad Alimentaria)				

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-4 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Descripción de cargos Área de Mantenimiento, 2014

VIII. DIMENSIONES (Expresadas en términos anuales)		
Principales Magnitudes (Ventas, Costos Producción, Valor agregado, Compras, Inversiones, Administración de recursos, etc.)		
IX. FACTORES ERGONÓMICOS: CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO DE TRABAJO		
<p>Ocho horas de trabajo en planta de producción.                      Expuesto a ruidos.                      Expuesto a humedad.                      Trabajo en altura, en caliente y espacios confinados.                      Expuesto a sustancias químicas e inflamables.                      Sujeto a stress laboral.                      Movimientos repetitivos y sobre esfuerzos.                      Expuesto a descargas eléctricas.                      Exposición visual por exposición a radiación de soldadura.</p> <p>Recomendaciones:</p> <p>Uso de implementos de seguridad y protección personal (EPP): referirse a "Requerimiento de EPP's por puesto de trabajo LP-SG-F-01.07"                      Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Dolor de espalda, lumbalgias y alteraciones osteo musculares.                      Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Expuestos a Ruido Industrial                      Inclusión en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Agudeza Visual.</p>		
X. PERFIL DEL CARGO: PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES		
EDUCACIÓN y ENTRENAMIENTO	EXPERIENCIA	HABILIDADES
Técnico Superior/Operativo (Electricidad – Electrónica – Mecánica Industrial – Mantenimiento Industrial – Mecánica Automotriz) Mantenimiento de equipos industriales (desable). Conocimientos en: Buenos Hábitos de Manufactura, HACCP, Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional. (no excluyente)	Un año de experiencia en cargos similares. (no excluyente)	Destreza motriz y coordinación física
<b>Condiciones físicas:</b>	Persona con buen estado de salud, visión corregida 20/20, audición conversacional natural normal, ausencia de enfermedades neurológicas, ausencia de alteraciones de visión.	
<b>Notas Adicionales:</b>	El desempeño en el cargo de por lo menos de 2 años y el entrenamiento interno, compensan los requisitos de instrucción formal.	

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.





## ANEXO 4 - 5

### EMBOL S.A.: Programa de Mantenimiento líneas 1 y 2, 2014

EMBOL S.A.			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		
Código	Sistema	Equipo	Fecha propuesta	Responsables	Descripción del trabajo
L1-LVB	LINEA 1	LAVADORA DE BOTELLAS	2-24-14	FM	Inspección y Limpieza del Sistema de Bombas
L1-LVB	LINEA 1	LAVADORA DE BOTELLAS	9-1-14	AA	Limpieza Sistema de Control de Temperaturas
L1-LVB	LINEA 1	LAVADORA DE BOTELLAS	2-24-14	FM	Mantenimiento de Los Tanques
L1-OV	LINEA 1	OVNIVISION II	8-11-14	AA	Programa de Mantenimiento de Tarjetas Y Sistema electronico
L1-OV	LINEA 1	OVNIVISION II	2-4-14	FM	Mantenimiento al Sistema de Transferencia de Botellas
L1-OV	LINEA 1	OVNIVISION II	8-5-14	FM	Mantenimiento al Sistema de Transferencia de Botellas
L1-TRB	LINEA 1	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	2-17-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-TRB	LINEA 1	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	6-2-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-TRB	LINEA 1	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	9-1-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-TRB	LINEA 1	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	12-1-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-ALX	LINEA 1	ALEXUS Y SYNCROJET	1-27-14	AA	Cambio de Repuestos y Consumibles
L1-ALX	LINEA 1	ALEXUS Y SYNCROJET	4-11-14	AA	Cambio de Repuestos y Consumibles
L1-ALX	LINEA 1	ALEXUS Y SYNCROJET	8-18-14	AA	Cambio de Repuestos y Consumibles
L1-ALX	LINEA 1	ALEXUS Y SYNCROJET	12-1-14	AA	Cambio de Repuestos y Consumibles
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	3-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	6-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	9-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	12-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	Registro LP-AC-F-01.32	FM	Inspección Periodica y Registro del Torque en Cabezales
L1-LLN	LINEA 1	LLENADORA	3-3-14	FM	Mantenimiento a la Tasa de Llenado y el Carrusell
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	3-4-14	FM	Plan de Mantenimiento de Válvulas
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	9-9-14	FM	Plan de Mantenimiento de Válvulas
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	7-7-14	AA	Mantenimiento al Sistema Neumático
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	3-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	6-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	9-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L1-MIX	LINEA 1	MIXER	12-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L1-CHE	LINEA 1	CHECK MAT	2-10-14	AA	Limpieza y Ajustes del mecanismo
L1-REL	LINEA 1	RECHAZADOR LINEAL	3-11-14	FM	limpieza, ajuste, inspección y Lubricación
L1	LINEA 1	DESECAJONADOR	4-1-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	DESECAJONADOR	6-2-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	ENCAJONADOR	4-10-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4 – 5 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Programa de Mantenimiento líneas 1 y 2, 2014

EMBOL S.A.			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		
Codigo	Sistema	Equipo	Fecha propuesta	Respon-zables	Descripción del trabajo
L1	LINEA 1	ENCAJONADOR	6-9-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	DESCAPSULADOR	4-11-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	DESCAPSULADOR	6-9-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	RINSER	4-12-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	RINSER	4-28-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	LAVADORA DE CAJAS	4-8-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	LAVADORA DE CAJAS	5-19-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	TUNEL TERMOCONTRAIBLE	6-3-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	TUNEL TERMOCONTRAIBLE	9-15-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	CINTAS DE TRANSPORTES	Registro de Mantenimie	FM	Inspección Limpieza y Mantenimiento correctivo general a Cintas de transporte y
L1	LINEA 1	CINTAS DE TRANSPORTES	9-22-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1	LINEA 1	EQUIPO DE IZAJE DE TUNEL	6-3-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L1	LINEA 1	EQUIPO DE IZAJE DE TUNEL	11-3-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L1-LNT	LINEA 1	EQUIPO DE REFRIGERACIÓN (R134a)	6-30-14	AA	Mantenimiento General del equipo de frio
L1-ALX	LINEA 1	EQUIPO DE REFRIGERACIÓN (HFC 401).	6-30-14	AA	Mantenimiento General del equipo de frio
L1-UV L2-UV	LINEA 1	ALIMENTADORA DE TAPAS	3-3-14	AA	Mantenimiento preventivo y limpieza del equipo verificación UV
L1-UV L2-UV	LINEA 1	ALIMENTADORA DE TAPAS	9-5-14	AA	Mantenimiento preventivo y limpieza del equipo verificación UV
L1-COB L2-COB	LINEA 1	COBRIX	2-17-14	AA	limpieza, ajuste e inspección de partes
L1-COB L2-COB	LINEA 1	COBRIX	9-8-14	AA	limpieza, ajuste e inspección de partes
L1-COD L2-COD	LINEA 1	CODIFICADOR	3-17-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-COD L2-COD	LINEA 1	CODIFICADOR	6-16-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-COD L2-COD	LINEA 1	CODIFICADOR	9-29-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L1-COD L2-COD	LINEA 1	CODIFICADOR	12-22-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
PP-L1 PP-L2	LINEA 1	SISTEMA DE PRESION POSITIVA	Registro LP-ML-F-	RG	Inspección de la Presión Diferencial
L2-LVB	LINEA 2	LAVADORA DE BOTELLAS	2-17-14	FM	Inspección y Limpieza del Sistema de Bombas
L2-LVB	LINEA 2	LAVADORA DE BOTELLAS	3-31-14	AA	Limpieza Sistema de Control de Temperaturas
L2-LVB	LINEA 2	LAVADORA DE BOTELLAS	2-17-14	FM	Mantenimiento de Los Tanques
L2-LNT	LINEA 2	LINATRONIC	8-18-14	AA	Programa de Mantenimiento de Tarjetas Y Sistema eletrónico
L2-LNT	LINEA 2	LINATRONIC	2-3-14	FM	Mantenimiento al Sistema de Transferencia de Botellas
L2-LNT	LINEA 2	LINATRONIC	8-4-14	FM	Mantenimiento al Sistema de Transferencia de Botellas
L2-TRB	LINEA 2	PANTALLAS DE INSPECCIÓN	2-24-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L2-TRB	LINEA 2	PANTALLAS DE INSPECCIÓN	6-23-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4 – 5 (Continuación)

### EMBOL S.A.: Programa de Mantenimiento líneas 1 y 2, 2014

EMBOL S.A.			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		
Codigo	Sistema	Equipo	Fecha propuesta	Responsables	Descripción del trabajo
L2-TRB	LINEA 2	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	9-8-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L2-TRB	LINEA 2	PANT ALLAS DE INSPECCIÓN	12-8-14	AA	Mantenimiento y Limpieza Programadas
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	3-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	6-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	9-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	12-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido Motor Principal
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	Registro LP-AC-F-01.33	FM	Inspección Periódica y Registro del Torque en Cabezales
L2-LLN	LINEA 2	LLENADORA	3-10-14	FM	Mantenimiento a la Tasa de Llenado y el Carrusell
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	3-11-14	FM	Plan de Mantenimiento de Válvulas
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	9-16-14	FM	Plan de Mantenimiento de Válvulas
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	7-14-14	AA	Mantenimiento al Sistema Neumático
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	3-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	6-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	9-30-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L2-MIX	LINEA 2	MIXER	12-31-14	DP	Evaluaciones de Nivel de Ruido en Bombas
L2-CHE	LINEA 2	CHECK MAT	2-24-14	AA	Limpieza y Ajustes del mecanismo
L2-CHE	LINEA 2	PUSHER	3-25-14	FM	limpieza, ajuste, inspección y Lubricación
L2	LINEA 2	DESECAJONADOR	7-21-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L2	LINEA 2	DESECAJONADOR	4-21-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2	LINEA 2	ENCAJONADOR	7-21-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L2	LINEA 2	ENCAJONADOR	5-26-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2	LINEA 2	DESCAPSULADOR	3-4-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L2	LINEA 2	DESCAPSULADOR	4-21-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2	LINEA 2	LAVADORA DE CAJAS	3-11-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L2	LINEA 2	LAVADORA DE CAJAS	5-12-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2	LINEA 2	CINTAS DE TRANSPORTES	Registro de Mantenimie	FM	Inspección Limpieza y Mantenimiento correctivo general a Cintas de transporte y
L2	LINEA 2	CINTAS DE TRANSPORTES	9-22-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2	LINEA 2	VOLTEADOR DE CAJAS	3-11-14	FM	Inspección, Limpieza y Mantenimiento mecánico Correctivo General
L2	LINEA 2	VOLTEADOR DE CAJAS	8-11-14	AA	Inspección, Limpieza y Mantenimiento eléctrico Correctivo General
L2-LNT	LINEA 2	EQUIPO DE REFRIGERACIÓN (R134a).	6-30-14	AA	Mantenimiento General del equipo de frio
L2-MIX	LINEA 2	EQUIPO DE REFRIGERACION (R134a).	6-30-14	AA	Mantenimiento General del equipo de frio

**Fuente:** Elaborado por área de Desarrollo Humano Embol S.A.

## ANEXO 4-6

### DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

#### ANEXO 4-6a

EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

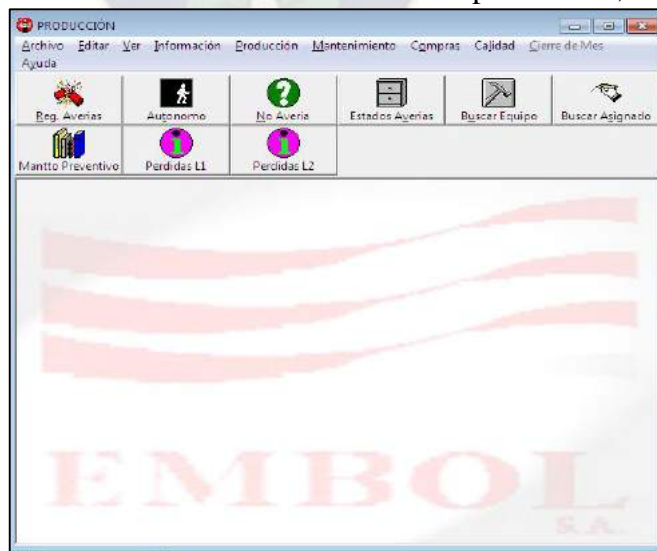


**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Las transacciones que permite realizar el programa de mantenimiento, “Mantenimiento planificado” se pueden observar en cada una de las pestañas, que el mismo programa de mantenimiento muestra.

#### ANEXO 4-6b

EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013



**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Las transacciones que permite elaborar el programa de mantenimiento son.

## ANEXO 4-6c

### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

PRODUCCIÓN

Archivo Editar Ver Información Producción Mantenimiento Compras Calidad Cierre de Mes Ayuda

Reg. Averías Autonomo No Avería Estados Averías Buscar Equipo Buscar Asignado

Manto Preventivo Perdidas L1 Perdidas L2

REGISTRO DE AVERÍAS

1.- CORRECTIVO   
2.- EMERGENCIA   
3.- PREVENTIVO

No de Registro: 580

Fecha: 08/12/2014  
Hora: 10:10:53

Sistema: LINEA 2

Equipo: ALIMENTADOR DE TAPAS

Conjunto: Parte Mecánica

Repuesto: Rodamiento del transmisor de movimiento principal

Reportado por: Celula, Alexis

Asignado: Douglas Lazo

Asignado: Franklin José Michel

Aprobado por:

Estado: 10 Avería Registrada

Código de Producción: Producción Interrumpida

Tiempo Parada [min]: 30

Tiempo Estimado (Horas/Hombre): 0.50

Código de Falla: Desgaste

Mantenimiento a Realizar: Mantenimiento Emergencia

Descripción de la Avería Circunstancias Avería Causas y Acciones correc...

MATERIAL UTILIZADO PEDIDOS SERVICIOS TERCEROS ACEPTAR SALIR

Fuente: Elaboración con base sistemas informáticos Embol S. A.

**Registro de averías.** Debe ser llenado con la clasificación del tipo de avería a registrar, que pueden ser correctiva, de emergencia, o preventiva. Por defecto el programa asigna el número de registro, la fecha y la hora (pueden ser modificadas), a continuación se debe especificar de la avería a registrar, el sistema al cual pertenecen, el equipo que presenta la falla, el conjunto (parte mecánica o parte electrónica), y de conocerse la falla también se puede incluir el repuesto. A continuación se debe registrar los datos de la persona que realiza el reporte, la primera persona (clasificada por equipos de trabajo) que observo la falla y la comunico, la persona que ingreso la falla al programa, la asignación del supervisor de mantenimiento encargado para su solución, y por último la persona que autoriza la realización de los trabajos a realizarse. Seguidamente se llena los campos de estado de la avería con el siguiente detalle específico (10 Avería registrada, 20 Avería atendida, 30 Requiere repuestos de almacenes, 40 Requiere compra de repuestos, 50 En ejecución, 60 Avería reparada, 70 Aceptada por producción, 80 suspendida temporalmente, 99 anulada), el código de producción (Producción interrumpida, Producción no interrumpida), tiempo de parada [min], tiempo estimado de horas hombre, código de falla, tipo de mantenimiento a realizar, por último en la sección inferior se deben llenar, descripción de la avería, circunstancias de avería causas y acciones de corrección.

El registro de mantenimiento autónomo. Consiste en el registro de las tareas realizadas por el personal de producción.

#### ANEXO 4-6d

#### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

The screenshot shows a software window titled 'PRODUCCIÓN - [MANTENIMIENTO AUTONOMO]'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Información', 'Producción', 'Mantenimiento', 'Compras', 'Calidad', 'Cierre de Mes', and 'Ayuda'. A toolbar contains icons for 'Reg. Averias', 'Autonomo', 'No Averia', 'Estados Averias', 'Buscar Equipo', and 'Buscar Asignado'. Below the toolbar are buttons for 'Mantto Preventivo', 'Perdidas L1', and 'Perdidas L2'. The main form area is titled 'REGISTRO MANTENIMIENTO AUTONOMO' and includes fields for 'Sistema', 'Equipo', and 'Conjunto'. To the right, there are fields for 'No de Registro' (value: 6 5334240) and 'Fecha' (value: 02/12/2014). Below these are dropdown menus for 'Lider.-' and 'Estado'. A large text area labeled 'DESCRIPCION DE LA TAREA' is present, with buttons for 'Limpieza', 'Lubricación', and 'Ajuste'. At the bottom, there are buttons for 'Pedidos', 'Aceptar', and 'Salir'.

**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Visualización de averías registradas. Permite la visualización de averías registradas, permitiendo al registrador realizar el seguimiento respectivo a la solución de la falla.

#### ANEXO 4-6e

#### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

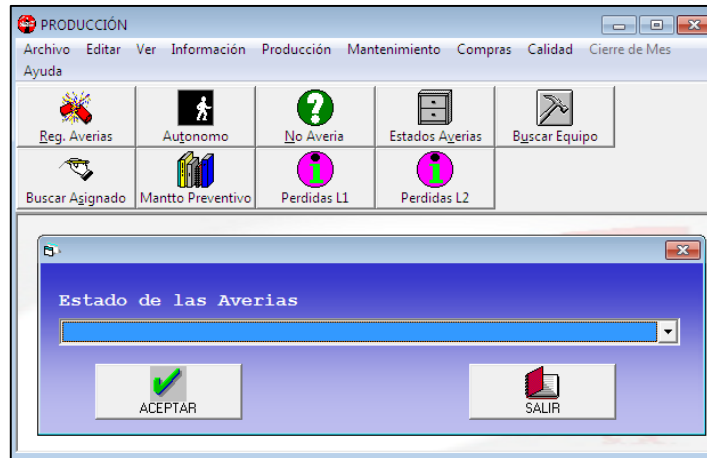
The screenshot shows a dialog box titled 'No Registro' with a blue background. It contains the text 'Escoja No de Registro' and a dropdown menu. To the right of the dropdown are two buttons: 'CANCELAR' and 'ACEPTAR'.

**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Visualización del estado de las avería. Permite la visualización de averías registradas, permitiendo al registrador realizar el seguimiento respectivo a la solución de la falla.

#### ANEXO 4-6f

#### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

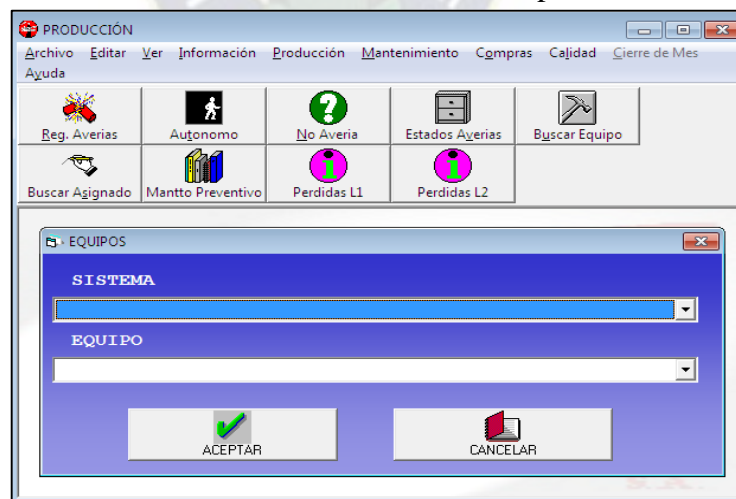


**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Búsqueda de equipos. Permite observar el registro histórico de las intervenciones y todos los registros efectuados en la máquina o instalación.

#### ANEXO 4-6g

#### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

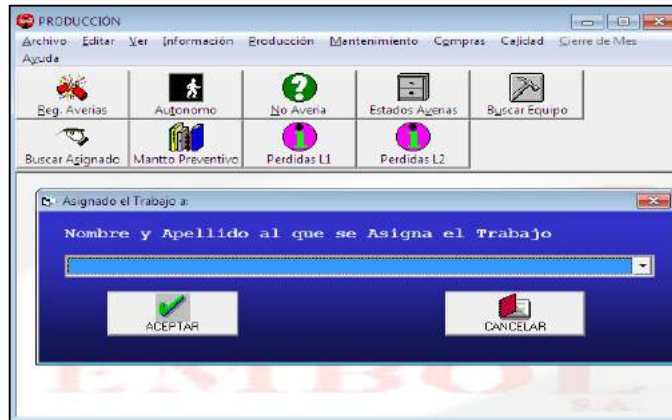


**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

Buscar asignado. En la transacción se permite observar las actividades asignadas a un determinado técnico o supervisor, para el control de la carga de trabajo.

## ANEXO 4-6h

### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013

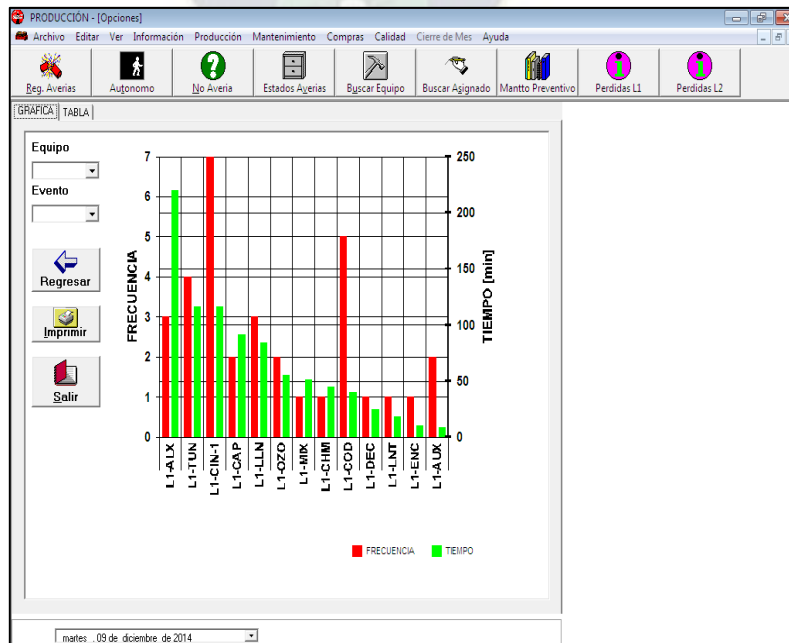


**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.

La pestaña de mantenimiento preventivo se encuentra deshabilitada debido a que en el registro de averías ya se clasifica el tipo de mantenimiento y por último los informes que se efectúan de los registros, estos brindan un gráfico que en la actualidad no brindan información apreciable, ya que únicamente se describe el nivel de frecuencia de una especificación textual exacta sobre el registro de dicha avería y las fallas con mayor frecuencia mostrado a continuación.

## ANEXO 4-6i

### EMBOL S. A.: Software Mantenimiento planificado, 2013



**Fuente:** Elaboración con base sistemas informáticos Embol S.A.



## ANEXO 4-7

**EMBOL S.A.:** Parque de máquinas de Sistemas de CPI, 2014

	<b>Código</b>	<b>Maquinaria / Equipo</b>
<b>SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUA CPI.</b>	AG-ACP	SISTEMA DE AGUA CRUDA PLANTA
	AG-ADM	SISTEMA DE AGUA DE ADMINISTRACIÓN
	AG-ASE	SISTEMA DE AGUA SEMITRATADA
	AG-EEE	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA
	AG-OSM	OSMOSIS INVERSA
	AG-POZ4	POZO 4 PLANTA
	AG-TRA	SISTEMA DE AGUA TRATADA
	AG-ZBR	SISTEMA AGUA ZONA BRASIL
	AG-UV	UNIDAD DE DESINFECCION UV
	AG-BLA	SISTEMA DE AGUA BLANDA
	AG-POZ1	POZO 1 ZONA BRASIL
	AG-POZ2	POZO 2 ZONA BRASIL
	AG-POZ3	POZO 3 ZONA BRASIL
	AG-POZ5	POZO 5 PLANTA
	<b>SISTEMA AIRE COMPRIMIDO CPI.</b>	AC-AUT
AC-CI1		COMPRESOR DE BAJA - 1
AC-CI2		COMPRESOR DE BAJA - 2
AC-CI3		COMPRESOR DE BAJA - 3
AC-CI4		COMPRESOR DE BAJA - 4
AC-DUC		PIPING
AC-EEE		PARTE ELECTRICA AIRE COMPRIMIDO
AC-FIL		SISTEMA DE FILTRACIÓN
AC-SEA		SECADOR DE AIRE INGER-SOLLRAND
AC-TAN		SISTEMA DE TANQUES PULMON
<b>SISTEMA DE VAPOR CPI.</b>		VA-CD1
	VA-CD2	CALDERO No. 2
	VA-CD3	CALDERO No. 3
	VA-CON	RETORNO DE CONDESADO
	VA-DUC	DUCTOS Y ACCESORIOS DE VAPOR
	VA-TAN	TANQUE DE AGUA
	VA-TBE	TABLERO ELECTRICO CALDEROS Y BOMBA
	VA-GAS	PUENTE DE GAS
<b>SISTEMA CO2 CPI.</b>	CO2-TAN	TANQUE DE CO2
	CO2-EVA	EVAPORADOR DE CO2
	CO2-FIL	FILTRO DE CO2
	CO2-PIP	PIPING
	CO2-EEE	SISTEMA ELECTRICO SISTEMA CO2
<b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE CINTAS CPI.</b>	LUB-DOS	SISTEMA DE DOSIFICACION
	LUB-BOM	SISTEMA DE BOMBEO
	LUB-PIOP	PIPING
	LUB-EEE	SISTEMA ELÉCTRICO

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

### ANEXO 4-7 (Continuación)

**EMBOL S.A.:** Parque de máquinas de Sistemas de CPI, 2014

	<b>Código</b>	<b>Maquinaria / Equipo</b>
<b>SISTEMA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CPI.</b>	EE-TRA	SALA DE TRANSFORMADORES
	EE-TAB	TABLERO DE DISTRIBUCION GRAL PRINCIPAL 380V
	EE-BAN	BANCO DE CAPACITORES
	EE-TAB1	TABLERO DE DISTRIBUCION GRAL PRINCIPAL 220V
	EE-TIER	SISTEMA DE CONEXIÓN A TIERRA
	EE-MON	SISTEAM DE MONITOREO
<b>SISTEMA DE JARABE CPI.</b>	JA-ALM	SALA DE TANQUES ALMACENAMIENTO
	JA-DIS	SALA DE DISOLUCION DE CONCENTRADO
	JA-EEE	PARTE ELECTRICA JARABES
	JA-SAZ	SALA DE TRIBLENDER
	JA-SFO	SALA DE LLENADO FOUNTAIN
	JA-SJS	SALA DE JARABE SIMPLE
	JA-SJT	SALA DE JARABE TERMINADO
	JA-FIL	SISTEMA DE FILTRADO DE JARABE SIMPLE
<b>SISTEMA CIP CPI.</b>	CIP1-EEE	SISTEMA ELECTRICO DE CIP
	CIP1 - BOM	SISTEMA DE BOMBEO
	CIP1-MON	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
	CIP1-TAN	TANQUES DE ACUMULACION
	CIP1-PIP	PIPING
	CIP2-EEE	SISTEMA ELECTRICO DE CIP
	CIP2 - BOM	SISTEMA DE BOMBEO
	CIP2-MON	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
	CIP2-TAN	TANQUES DE ACUMULACION
	CIP2-PIP	PIPING
<b>PRESIÓN POSITIVA CPI.</b>	PP-JA1	PRESION POSITIVA JARABES SIMPLE
	PP-JA2	PRESION POSITIVA JARABES TERMINADO
	PP-L1	PRESION POSITIVA LINEA 1
	PP-L2	PRESION POSITIVA LINEA 2
	PP-L3	PRESION POSITIVA LINEA 3
	PP-L4	PRESION POSITIVA LINEA 4
	PP-LA	PRESION POSITIVA LABORATORIO
	PP-SOLP1	PRESION POSITIVA COMPRESORES SOPLADO L4
	PP-SOPL2	PRESION POSITIVA COMPRESORES SOPLADO L1, 2, 3
<b>SISTEMA TRATAMIENTO DE EFLUENTE CPI.</b>	EF-CAM	CAMARAS SANITARIAS
	EF-CO2	SISTEMA DE INYECCION DE CO2
	EF-TAN	TANQUES DE DECANTACIÓN
	EF-BOM	SISTEMA DE BOMBEO
	EF-EEE	SISTEMA ELECTRICO Y DE MONITOREO
	EF-CAD	CAMARAS DESENGRASADORAS

**Fuente:** Elaboración con base en datos de la jefatura de mantenimiento.

## ANEXO 4-8

### EMBOL S.A.: Estructura de pérdidas en el sistema productivo, 2014

TIPO	PERDIDA	CARACTERÍSTICAS	
UTILIZACIÓN DEL EQUIPO	Por falta de demanda.	Es una pérdida importante al no poder utilizar o aprovechar la capacidad total de las instalaciones debido a la falta de mercado demandante.	Ocasionadas por la baja demanda del mercado.
	1 Por paradas programadas.	Pérdida que impide que el equipo sea utilizado todo el tiempo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para realizar el mantenimiento de los equipos.</li> <li>2. Realizar actividades programadas con los trabajadores u otro motivo previsto con anterioridad.</li> </ol>
DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO	2 Por Fallos y Averías.	Tiempos de paro del proceso por fallas, errores o averías, ocasionales o crónicas de los equipos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Averías esporádicas, que ocasionan una pérdida por fallo de la función.</li> <li>2. Averías crónicas, pérdidas por disminución de su función.</li> </ol>
	3 Por tiempos de preparación y ajustes de los equipos.	Tiempos de paro del proceso por preparación de los equipos para la producción de un nuevo producto o variante del mismo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparaciones para la elaboración de un determinado producto.</li> <li>2. Ajustes relativos al tipo de producto.</li> </ol>
EFECTIVIDAD DEL EQUIPO	4 Funcionamiento a velocidad reducida.	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El personal de producción puede no conocer los límites operativos reales de los equipos de producción, por no disponer, los mismos de especificaciones concretas o no estar al alcance del personal.</li> <li>2. El personal de producción puede estar en posesión de los citados límites de velocidad, pero no los aplica en creencia de que el equipo no será capaz de operar en ellos.</li> <li>3. Existen condiciones externas al equipo. Que condicionan los límites de velocidad por debajo de las especificaciones.</li> </ol>
	5 De tiempo en vacío y paradas cortas.	Intervalos de tiempo de funcionamiento de los equipos sin producción y paradas cortas en cualquier equipo, están en espera para poder continuar.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problemas relacionados con el transporte.                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Botellas y tapas con problemas dimensionales o deformaciones.</li> <li>b) Sistema de transporte con defectos de perfil, rugosidades y lubricación, etc.</li> <li>c) Problemas relacionados con el alimentador.</li> </ol> </li> <li>2. Problemas relacionados con las operaciones de producción.                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Errores en los ajustes en la preparación de los equipos antes de iniciar la operación.</li> </ol> </li> <li>3. Problemas relacionados con el control de las operaciones y los sistemas de detección:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Referidas a la bondad de los sistemas de detección y automatismo, sensibilidad de los sistemas de detección, ajustes incorrectos.</li> </ol> </li> </ol>
	6 Puesta en arranque y rendimiento.	Pérdida de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estas pérdidas se refieren al nivel de producción de un equipo en el arranque, situado por debajo de su capacidad, hasta alcanzar las condiciones plenas de producción con calidad estándar</li> <li>2. Falta de materiales, agua, jarabe, etc.</li> </ol>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 1. Utilización del equipo.

Es una medida que indica el porcentaje de utilización de los equipos es decir relaciona la utilización real respecto de la capacidad instalada o nominal de los mismos. La utilización de los equipos está relacionada con dos tipos de pérdidas, que son:

**A. Pérdidas por paradas programadas por falta de demanda.** Frecuentemente se consideran como pérdidas, las paradas programadas ocasionadas por baja demanda del mercado, y que llevan a la fábrica a reducir el número de turnos de trabajo generando una pérdida al no aprovechar la capacidad total de las instalaciones, es decir estas pérdidas no se deben a las condiciones técnicas del equipo.

**B. Pérdidas por paradas programadas de mantenimiento y otros.** Estas pérdidas están relacionadas con el tiempo perdido cuando se detienen los equipos para realizar el mantenimiento planificado o actividades programadas con los trabajadores (Almuerzos, reuniones) u otro motivo previsto con anterioridad.

## 2. Disponibilidad del equipo.

Es el porcentaje de tiempo en que el equipo no funciona, es decir no está disponible para producir, pero que sin embargo estaba programado para hacerlo. Existen dos tipos de pérdidas que afectan la disponibilidad de los equipos.

**A. Pérdidas por averías en los equipos.** Las pérdidas por averías o fallos en los equipos provocan tiempos muertos en el proceso por paro total o parcial del mismo debido a problemas que impiden su buen funcionamiento. Las averías pueden ser de tipo esporádico o crónico, las primeras son aquellas que ocasionan la pérdida súbita de alguna de las funciones fundamentales en el equipo y las crónicas dan lugar a la reducción de la función y son problemas que se repiten periódicamente. En el siguiente cuadro se presentan las características principales de los dos tipos de averías o fallas.

### ANEXO 4-8a

**Embol S. A.:** Características de las pérdidas.

Tipo de avería		Características principales		
Esporádicas	Averías con pérdidas de función	El equipo deja de funcionar	La causa es visible, clara y concreta	Causa única. Causa fácil de reconocer. Efectos obvios. Esporádicas en el tiempo
Crónicas	Averías con reducción de función	El equipo no deja de funcionar	Son causadas por defectos ocultos	Causas múltiples Causas complejas Efectos difíciles de relacionar Frecuentes en el tiempo

**Fuente.** Elaboración propia

**B. Pérdidas por preparaciones y ajustes.** Esta clase de pérdidas considera el tiempo empleado en preparación o cambio de formato y los ajustes necesarios en las máquinas para entender los requerimientos de la producción de un nuevo producto o un formato diferente del mismo.

Las operaciones de preparación de los equipos suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada, junto a otra que se realiza fuera de las mismas y que pueden llevarse a cabo en máquina en marcha: El tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción. Los tres tipos de acciones que se pueden realizar para minimizar el tiempo invertido en operaciones a máquina parada son:

Minimizar la cantidad de operaciones a máquina parada y convertir la mayor cantidad de éstas que se a posible en operaciones a máquina en marcha.

Reducir los tiempos de las operaciones de preparación, muy en especial las que se llevan a cabo a máquina parada.

Realizar operaciones simultaneas, no necesariamente secuenciales, es decir todas aquellas operaciones que se pueden efectuar a la vez.

### **3. Efectividad del equipo.**

Es una medida del rendimiento de los equipos respecto a los niveles de producción teóricos durante el tiempo que funciona.

**A. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida.** Engloba las pérdidas de rendimiento ocasionadas por la diferencia que existe entre velocidad prevista (de diseño) para el equipo en cuestión y la velocidad de operación real, que tiene como consecuencia una mejor capacidad de producción. Este tipo de perdidas hace referencia a la situación creada cuando al operar a la velocidad diseñada se producen problemas de calidad o mecánicos que fuerzan la reducción de la velocidad o porque simplemente el operador no conoce los límites operativos reales de los equipos de producción o no dispone de las especificaciones concretas de los mismos. Las mejoras que tratan las pérdidas de velocidad se establecen por medio de las siguientes etapas:

i) Conocer perfectamente cuál es la velocidad máxima del equipo en condiciones correctas de funcionamiento y en qué condiciones de trabajo es alcanzable.

ii) Determinar el nivel actual de velocidad, así como de los factores que la condicionan.

Actualmente la empresa mide su rendimiento en función a una velocidad menor a la nominal, la misma que es determinada por Casa Matriz y que se denomina velocidad reducida, Sin embargo, les ayuda a tener niveles de rendimiento más altos también se tiene una perdida por bajo rendimiento que no se considera.

iii) Determinar los cuellos de botella existentes en las líneas de producción con el propósito de analizar la posibilidad de incrementar la velocidad de los mismos.

Ojo se puede presentar un gráfico del balanceo de línea ya que esta mostrado en función de las velocidades de producción versus el equipo ordenado según línea de producción. Tanto de la línea 1 como de la línea 2

**B. Perdidas por tiempo de vacío y paradas cortas.** Este tipo de perdidas hace referencia a periodos de funcionamiento en vacío (sin producción) en los tiempos de vacío la maquina opera, pero lo hace sin efectuar la producción y paradas cortas; debido a un problema temporal que produce un pérdida. Este tipo de problemas puede impedir la operación

eficiente del equipo y son muy comunes en la planta de Embol S. A. región occidente, pues cuenta con un fuerte nivel de automatización. Su reducción a cero es imprescindible para mantener una producción automática en flujo continuo.

Las paradas cortas son pequeñas paradas que se caracterizan por una rápida recuperación de las condiciones operativas. Las consecuencias inmediatas de la existencia de paradas cortas son: Caídas en la capacidad y por tanto productividad de los equipos. Estas están relacionadas con las siguientes causas:

B.1. Problemas relacionados con el transporte de materiales. Producidos por atascamientos, enganches caídas de materiales, así como mezclado incorrecto de piezas. Las causas que pueden dar lugar a estos problemas son:

- Referidas a efectos dimensionales de los materiales (Deformaciones y falta de precisión en las medidas de los materiales)
- Relacionadas con el sistema de transporte.

B. 2. Problemas relacionados con las operaciones de producción. Las causas más frecuentes de este tipo de problemas son los errores en los ajustes de equipos antes de iniciar la operación.

C. Pérdidas por puesta en marcha por equipo.

Estas pérdidas se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones durante las fases iniciales de producción (arranque), desde la puesta en marcha de los equipos hasta su estabilización, situado por debajo de la capacidad que puede obtenerse con el mismo equipo, una vez superada esta fase. Estas pérdidas deben minimizarse mediante procedimientos de arranque vertical (arranque inmediato, libre de dificultades).

D. Pérdidas debido a recursos productivos.

Son aquellas pérdidas que están relacionadas con la deficiencia en la logística interna del sistema productivo, que incluye la falta de materiales de elaboración, como son tapas botellas, la falta de jarabe o agua, la alimentación también puede dar lugar a problemas cuando es inadecuada, lenta, insuficiente, o excesiva, además en este grupo se encuentran las pérdidas por falta de operadores.

### **Nivel de calidad.**

Esta medida se relaciona con las pérdidas de tiempo utilizado para fabricar productos que son defectuosos y el tiempo empleado para reprocesar el mismo. Las pérdidas que están relacionadas con esta categoría son:

The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a green banner at the bottom with a blue cross. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI IACOBUS" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO V**

## ANEXO 5-1

### DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

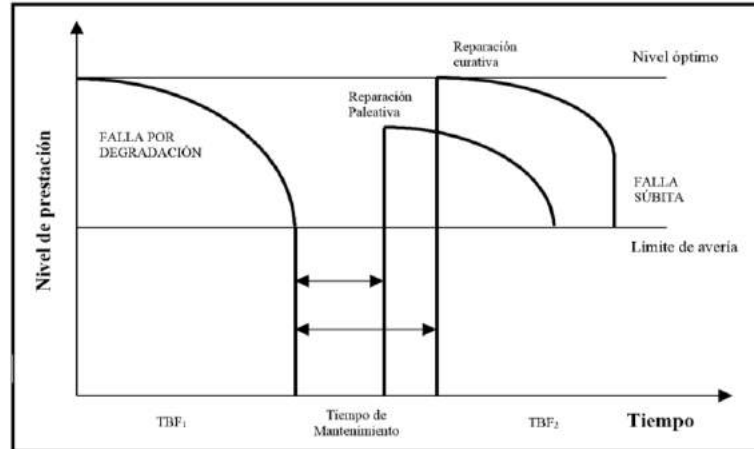
#### A. Mantenimiento Correctivo.

Con este tipo de mantenimiento se utiliza la maquinaria hasta que sobreviene la falla, Si bien el término falla es ambiguo. Falla o avería será el descenso en el nivel de prestaciones de un material por debajo de una cota que se establece como mínimo aceptable. Este umbral dependerá del tipo de aplicación, nivel de seguridad requerido, etc.

El mantenimiento queda reducido a la reparación y, por tanto, las inversiones que comporta son mínimas; por el contrario aparecen importantes desventajas: imprevisión de la avería, de los suministros, inseguridad, alto costo por paradas improductivas...

#### ANEXO 5-1a.

**MANTENIMIENTO.:** Posibles modos de actuación según el Método Correctivo, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 39

Al realizar un análisis de este tipo de procedimiento, se observa de dos posibilidades de actuación, es decir, reparaciones paliativas o provisionales, que en ocasiones pueden ser muy rentables (p. e., reparaciones en campo cuando la avería no es grande), y reparaciones curativas o definitivas, en las que se restablece el nivel óptimo de prestaciones.

Debe tenerse en cuenta que la carga de trabajo es muy irregular, por lo cual, es normal contar con equipo para reparaciones en campo (equipos móviles) y el grueso de la unidad en el taller, En ocasiones cuando la carga de trabajo es excesiva o la importancia de la avería es grave, se contratan los servicios externos de organizaciones especialistas.

**El proceso correctivo.** La forma de proceder al aplicar este mantenimiento consiste de:

1° Detección de la avería. Análisis del mal funcionamiento de la máquina.

Identificación de la zona responsable, Recopilación de síntomas.

2° Diagnóstico. Averiguar a través de síntomas, la localización y causa de la falla. Buscar la relación síntoma-avería y encontrar el origen último de ésta. Finalmente hay que decidir el mejor tratamiento.

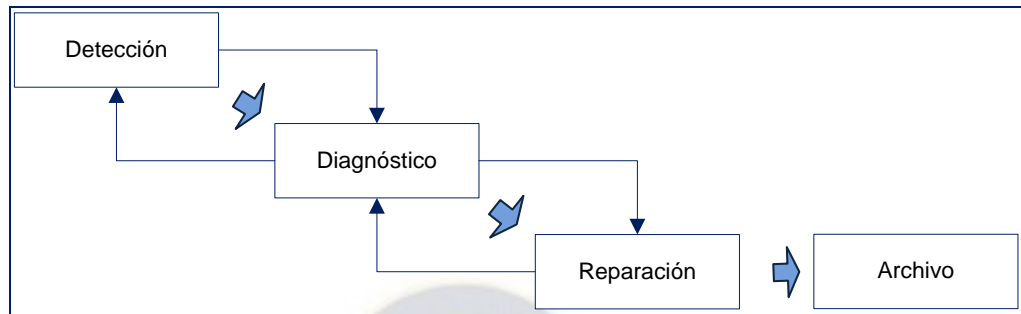
3° Reparación. Recuperar la propiedad del sistema.

4° Archivo en historia. Esto permitirá la búsqueda de averías repetitivas.



## ANEXO 5-1b.

### MANTENIMIENTO.: Proceso de Mantenimiento Correctivo, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 39

También es posible hablar de dos niveles de aplicación del mantenimiento correctivo:

**1º Como un método único:** La aplicación de este sistema se presenta cuando únicamente se efectúa mantenimiento correctivo, sin utilizarlo como complemento de cualquier otro tipo de mantenimiento, se presenta cuando la máquina funciona sin que se actúe sobre ella, hasta que sobreviene la falla.

La adopción de este sistema de mantenimiento en exclusiva resulta interesante o sólo se justifica en los siguientes casos:

- ⇒ Cuando los costos indirectos de la falla son mínimos y los requerimientos de seguridad sean pequeños o lo permitan.
- ⇒ Cuando la empresa está constituida por máquinas en las que los paros eventuales no son críticos para la producción.
- ⇒ Cuando la empresa adopta una política de renovación frecuente del material.

Por el contrario, se han comentado ya parte de sus desventajas:

- ⇒ Imprevisión de la avería, imprevisión de suministros y personal de reparación,
- ⇒ Reparación más extensa al poder dañarse otros elementos en un proceso de falla en cadena.
- ⇒ Inseguridad del operario,
- ⇒ Mayor duración de la reparación al tener que buscar los daños y el origen de la avería.
- ⇒ Costo alto por períodos de inproductividad largos.

**2º Como complemento del preventivo:** En efecto, cualquiera que sea el nivel de prevención adoptado subsistirá inexorablemente una parte de fallas residuales que entrañarán acciones correctivas. La complicitad de métodos correctivos con preventivos, en un punto óptimo de coexistencia, reduce los gastos inherentes al primero.

### **B. Mantenimiento Preventivo.**

Este método de mantenimiento consiste en efectuar las intervenciones en las máquinas y equipos antes de que se produzca la avería, y a intervalos fijos previamente determinados. Con ello se pretende prevenir la avería y reducir la probabilidad de falla antes de que ocurra. Es necesario crear una metodología a fin de poder definir las frecuencias de las

intervenciones en cada máquina o equipo, y con ello efectuar intervenciones previstas, preparadas y programados antes de la fecha probable de aparición de la falla, Hay que tener en cuenta que, sea cual sea la naturaleza y el nivel de mantenimiento preventivo puesto en práctica, subsistirá irremediamente un porcentaje de fallas residuales que requerirán de intervenciones correctivas.

En general persigue como objetivos:

- ⇒ Aumentar la fiabilidad de los equipos y por tanto reducir fallas en servicio, reducción de los costos de falla, mejora de la disponibilidad.
- ⇒ Aumento la vida eficaz del equipo, mejorando la planificación y el orden en el trabajo, y con ello la relación producción mantenimiento.
- ⇒ Garantizar la seguridad.

Así mismo, se pueden conseguir las siguientes ventajas durante su implantación:

- ⇒ Disminución de la frecuencia de las paradas aprovechando para realizar varias reparaciones al mismo tiempo.
- ⇒ Aprovechamiento del momento más oportuno, tanto para producción como para mantenimiento, para realizar las reparaciones.
- ⇒ Preparación y aprovisionamiento de los útiles y piezas de recambio necesarios.
- ⇒ Distribución del trabajo de mantenimiento de una manera más uniforme evitando puntas de trabajo y optimizando la plantilla,
- ⇒ Evitar averías mayores como consecuencia de pequeñas fallas, en particular en los sistemas de seguridad.

Se pueden distinguir dos tipos de actuaciones o acciones diferentes dentro del mantenimiento preventivo:

- A. Intervenciones:** Conjunto de actividades de mantenimiento encaminadas a la sustitución de componentes, piezas, etc., independientemente de su estado; para ello se utiliza un método sistemático y organizado de forma que no se produzcan interferencias o sean las menos posibles con los programas de producción, Este procedimiento se conoce también como mantenimiento programado o sistemático.
- B. Inspecciones:** Su objetivo es comprobar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos, normalmente mientras están funcionando, mediante una inspección visual de la misma y su entorno o anotando alguno de sus parámetros característicos (temperaturas, presiones, etc.,). Este procedimiento se conoce como mantenimiento predictivo.

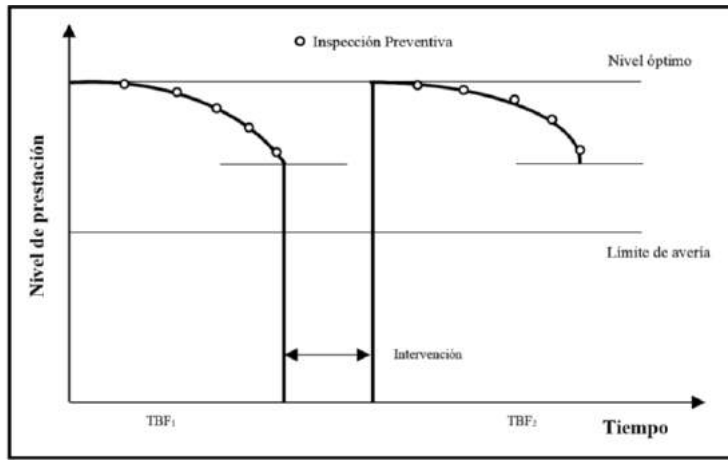
Inconvenientes que plantea este tipo de mantenimiento son principalmente, el provocar ciertos paros de producción para poder efectuar las intervenciones, y la pérdida económica que resulta de la sustitución de piezas o elementos antes del final de su vida útil.

**Fases de aplicación.** Dependiendo de las características de la maquinaria, para la aplicación del mantenimiento preventivo, se pueden distinguir dos fases en la aplicación, recurriéndose a por lo menos una de ellas, que son:

**1º fase:** En equipos nuevos, o tras mejoras y cambios, cuando la ley de degradación de los sistemas sea desconocida.

### ANEXO 5-1c.

MTTO.: Aplicación Mantenimiento Preventivo con inspecciones frecuentes, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 43

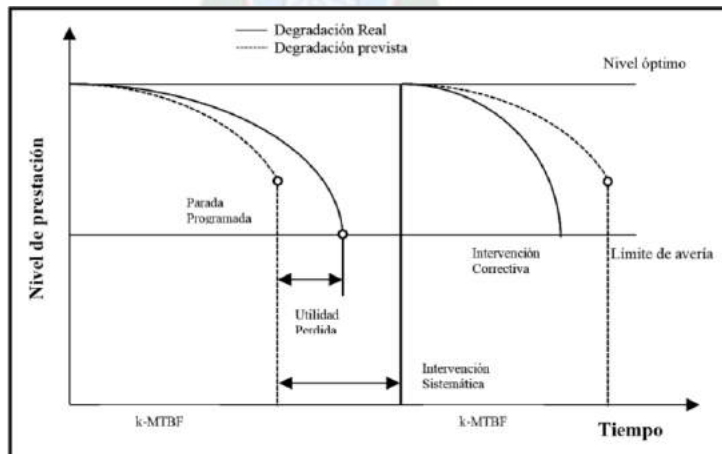
Las visitas preventivas permitirán conocer el estado del material y sobre todo obtener las leyes de degradación y los umbrales de admisibilidad, En esta primera fase las visitas son muy frecuentes y por ello resulta caro e improductivo.

**2º fase:** Equipos, sistemas o piezas con leyes de degradación conocidas.

Es posible establecer el momento óptimo de intervención sobre el elemento, El mantenimiento preventivo evoluciona así hacia el mantenimiento sistemático o programado, como se ve más fácil de gestionar, en el sentido de que tiene menor carga de trabajo, si bien tal como se aprecia en el gráfico pueden haber intervenciones antes de tiempo o producirse una intervención correctiva por ser más rápida la degradación real que la prevista.

### ANEXO 5-1d.

MTTO.: Aplicación Mantenimiento Preventivo con intervención sistemática, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pág. 44

Dos extremos del mantenimiento preventivo serían:

- ⇒ Mantenimiento de uso: inspecciones frecuentes con intervenciones preventivas ligeras por parte del operario.
- ⇒ Mantenimiento predictivo: una forma evolucionada del preventivo, con una frecuencia elevada de monitorizado, intentando alargar al máximo las intervenciones.

Analizando más a fondo estos tres tipos de mantenimiento preventivo, se tiene el desarrollo de los siguientes apartados.

### **MANTENIMIENTO DE USO O RUTINARIO.**

Es el realizado por el operario; asegura una vigilancia cotidiana de los equipos, evitando la aparición de fallas menores que podrían a lo largo traer consecuencias graves, Es la parte preventiva del "mantenimiento" tradicional.

Exige la formación adecuado del operario pero resulta muy interesante; es económico, descarga al departamento de mantenimiento, a la vez que estimula al operario haciéndolo participe en estas tareas. Consiste en rutinas como:

- Apriete de tornillos,
- Ajuste de niveles
- Llenado de líquidos
- Realización de pequeños pruebas,
- Detección visual de fugas
- Detección de ruidos anormales y olores,

El mantenimiento rutinario evoluciono hacia dos vertientes:

**Mantenimiento "a distancia"**: Las señales de los captadores in situ son llevadas a una central de vigilancia que registra todas las alarmas y medidas, Los tableros sinópticos visualizan la localización de las informaciones, Se encuentra en expansión en plantas de procesos y en unidades de transporté. Aun así, nunca pueden sustituir el buen hacer de un operario experimentado.

Cuando sobreviene la falla, el operario tiene la responsabilidad de:

- Poner fuera de servicio la parte dañada,
- Conectar los equipos suplementarios (si los hay)
- Avisar a los responsables de mantenimiento

**La integración mantenimiento - producción**: En el modelo Mantenimiento Total Productivo (TPM) se le da al operario la responsabilidad del mantenimiento, Ello comporta, además de la formación específica por parte del operario, la aceptación de éste de dicha responsabilidad.

La dinámica de los círculos de calidad, tan exitosa para la implantación de la calidad en la producción, se está llevando al mantenimiento. Se basa en la reunión de pequeños grupos de operarios que llevan a cabo el control del mantenimiento para obtener conclusiones. Se hace indispensable la responsabilidad individual y la jerarquización.

### **MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO O PROGRAMADO.**

Se ha comentado que se trata de un mantenimiento efectuado según un plazo establecido por unidades de tiempo o unidades de uso. En el que además de las ventajas ya vistas se puede afirmar que:

Disminuye los costos por tiempo de reparación (todo está programado, localizado, y el material necesario está listo)

- ⇒ Hay menor número de reparaciones
- ⇒ Disminuye los costos de reparaciones ya que los desperfectos no son de gran cuantía y requieren menor mano de obra
- ⇒ Mejor calidad en el producto
- ⇒ Identificación de partidas con alto costo de mantenimiento lo que nos llevará a investigar y corregir causas como:
  - Aplicación inadecuada
  - Abuso del operador
  - Obsolescencia de equipos

No debe olvidarse que el mantenimiento sistemático es, por otra parte, costoso debido a las paradas de inspección (esto puede ser importante en unidades de funcionamiento continuo), Además, se desaprovecha una vida residual difícil de prever por lo que implica una metodología para el conocimiento de las leyes de degradación.

### **CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES PREVIAS.**

Cualquier programa de mantenimiento preventivo bien confeccionado producirá beneficios que sobrepasen los costos, si bien hay que tener en cuenta que no es la solución incuestionable; ya que no todas las plantas y sectores industriales pueden esperar iguales beneficios, El producto, el proceso y el método de fabricación son factores que intervienen en el alcance de los resultados, Cuanto más altamente mecanizado esté una industria o servicio, más necesita de las ventajas del mantenimiento preventivo.

La implantación del mantenimiento preventivo en una empresa sin previa experiencia necesitará de un proceso de mentalización y adaptación de las estructuras existentes.

Hay que tener en cuenta que hay otras funciones dentro del departamento de mantenimiento que deben integrarse para lograr un resultado eficaz:

- |   |  |
|---|--|
| ⇒ Buen sistema administrativo             | ⇒ Adiestramiento de los involucrados   |
| ⇒ Trabajo de planificación y programación | ⇒ Medición y anotación de los trabajos |
|   | ⇒ Buenos talleres y herramientas       |

La implantación de un sistema de este tipo puede ser costosa. Siempre se deberá establecer un equilibrio con el mantenimiento correctivo que nos lleve a un óptimo económico.

Resulta entonces importante revisar algunas condiciones y aspectos básicos del mantenimiento preventivo:

**Condiciones para la puesta en práctica:** La puesta en práctica de acciones preventivas supone el conocimiento del comportamiento del material en el tiempo, En efecto, las acciones sistemáticas serán programadas según una periodicidad ( T ), obtenido a partir de las indicaciones del constructor (en la primera fase de aplicación, y después, de los resultados operacionales recogidos durante las visitas preventivas o ensayos (en la segunda fase), que permiten una optimización económica, Se puede actuar:

- ⇒ En tiempo absoluto; en este caso, el plazo se establece según calendario.
- ⇒ En tiempo relativo; se cuentan las unidades de uso que representen un funcionamiento efectivo, Ejemplo: cambio de aceite cada 7000 Km o afilado de una sierra cada 20 minutos de uso.

Cuando la utilización de la máquina sea suficientemente regular, el uso de calendario simplifica notablemente la programación.

**Diferentes formas de aplicación:**

- ⇒ Absoluto: no se efectúa ninguna inspección entre dos intervenciones programadas.
- ⇒ Vigilado: se realizan inspecciones periódicas teniendo por objetivo el control de la dispersión de los datos en torno el Tiempo Medio Entre Falla (MTBF).

**Ámbito de aplicación:** El mantenimiento preventivo concernirá sobre todo a:

- ⇒ Equipos de costo de falla elevado
- ⇒ Equipos, incluso menores, donde la falla puede tener un carácter grave (correa de transmisión, bujías, etc.)
- ⇒ Equipos donde la parada es de larga duración
- ⇒ Equipos donde la falla puede poner en peligro la seguridad de operario o usuarios
- ⇒ Equipos sometidos a control de la legislación (corderos, material de alto presión o alta temperatura).

Por último, señalarse que pueden presentarse fallas derivadas de un mal montaje al hacer el mantenimiento, lo cual es contraproducente.

**C. Mantenimiento Predictivo.**

Dado el interés que tiene el mantenimiento predictivo se considera en muchas empresas como un procedimiento aparte del mantenimiento preventivo aunque como se comento es una variante del mismo, También es conocido como mantenimiento preventivo según condición o según estado.

Este modelo de mantenimiento consiste en predecir el estado y grado de fiabilidad de una máquina o instalación sin necesidad de pararla, Por lo que se recurre a determinadas técnicas que permiten la realización de mediciones de parámetros críticos en las mismas. Las mediciones efectuadas se comparan con los patrones de funcionamiento correcto, bien definidos por el fabricante o por el Departamento de Mantenimiento, para de esta forma detectar y analizar las variaciones encontradas. Estas señales, debidamente tratadas y analizadas deben diagnosticar el tipo de falla que se está produciendo, dónde se produce y su severidad. Con esta información, se está en disposición de planificar adecuadamente y con antelación las paradas y reparaciones.

Su principal ventaja viene de ajustar con mayor precisión el ciclo de vida real de los componentes susceptibles de recambio o renovación. Sin embargo, los inconvenientes que presenta son, los elevados costos de los sofisticados equipos de medida y la cualificación técnica del personal que realiza dichas medidas y debe interpretarlas.

Las técnicas más difundidas aplicadas al mantenimiento preventivo por condición son:

- ⇒ Análisis de vibraciones.
- ⇒ Análisis de lubricantes.
- ⇒ Termografía.
- ⇒ Ensayos no destructivos.

Ventajas que presenta:

- ⇒ Seguimiento de la evolución de la falla hasta que sea peligroso. Elimina gran parte de la indeterminación.
- ⇒ Programación de paradas. Reducción de costos por baja producción.
- ⇒ Programación de repuestos y mano de obra.
- ⇒ Reducción de tiempo de reparación al tener identificada la avería.
- ⇒ Maximiza la seguridad.

Desventajas.

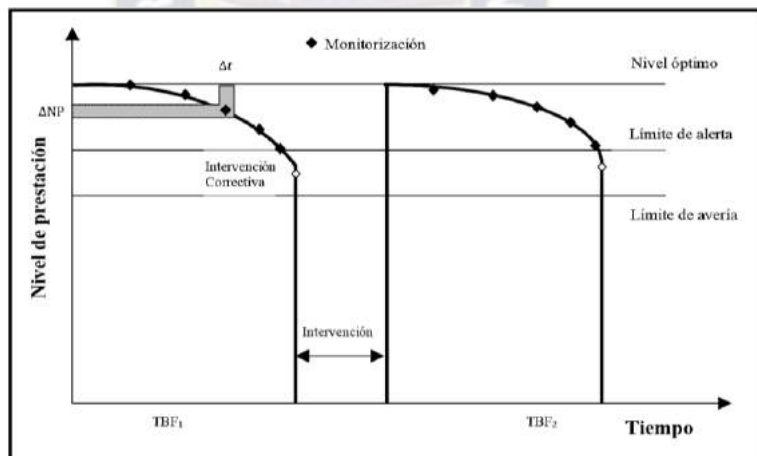
- ⇒ Inversiones costosas en equipamiento de adquisición y tratamiento de la información.
- ⇒ Generación de gran cantidad de información.
- ⇒ Limitación en el estado actual de estas técnicas a algunos tipos de fallas.

Para maquinaria crítica, en el tratamiento de los procesos de falla por degradación, tanto los aleatorios como los dependientes del tiempo, es una herramienta óptima siempre que exista el modelo predictivo de la falla.

El gráfico ilustra el modo de actuación, de monitorizado continuo  $\Delta t$  muy pequeño.

#### ANEXO 5-1e.

#### MANTENIMIENTO: Aplicación del Mantenimiento Predictivo, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) "Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento" pág. 49

Existe una serie de tipos de falla que son las fundamentales para el mantenimiento predictivo. La mayor parte de estos mecanismos de falla producen unos efectos inmediatos que casi siempre conducen a:

- ⇒ Grietas.
- ⇒ Fracturas.
- ⇒ Deterioro superficial.
- ⇒ Pérdida de material

A su vez, y durante el funcionamiento de la máquina, estos efectos se manifiestan mediante:

- ⇒ Vibraciones.
- ⇒ Ruido.
- ⇒ Variaciones de temperatura.
- ⇒ Aparición de residuos.
- ⇒ Cambios en prestaciones de las máquinas.
- ⇒ Cambio de características estructurales.

La relación existente entre las manifestaciones externas y los mecanismos de falla es la base del mantenimiento predictivo. Siempre que a través de una manifestación sensible se pueda encontrar el origen de una falla y su severidad, se dispondrá de una herramienta útil de diagnóstico y predicción del mismo.

Existen técnicos de detección de estos síntomas como:

- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| ⇒ Extensometría.         | ⇒ Análisis de ruido y vibraciones. |
| ⇒ Barnices frágiles.     | ⇒ Residuos de lubricantes.         |
| ⇒ Ultrasonidos.          | ⇒ Residuos de aguas.               |
| ⇒ Partículas magnéticas. | Termografía                        |
| ⇒ Líquidos penetrantes.  |                                    |

El mantenimiento predictivo utiliza estos técnicos que permiten monitorizar el síntoma durante el funcionamiento normal de la máquina.

En el caso de monitorización discontinua, los intervalos de inspección deben ser menores que el tiempo de progresión de la falla; de otra manera el monitorizado podría ser inútil.

#### **i. Mantenimiento Modificativo.**

El mantenimiento modificativo aglutina las acciones complementarias del mantenimiento tradicional, que optimizan los resultados de éste, como pueden ser trabajos de mejora y modificación, instalación de nuevos equipos, ampliaciones, estudio de viabilidad, etc. Todo ello encaminado a evitar posibles fallas de los elementos o equipos.

Se engloba en éste concepto actividades que no son propias del departamento de mantenimiento, pero que complementan su labor, actividades tanto para modificar las características de producción de los equipos, como para lograr una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos. Se refiere entonces a tareas que han servido también para clasificar este tipo de mantenimiento:

**De proyecto:** Durante la adquisición del equipo, el cual posee características estándares, en ocasiones, necesitan ser adoptadas a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones de producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento, Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista del mantenimiento, evitará problemas posteriores que puedan ser difíciles de solucionar.

**De prevención:** Durante la vida útil del equipo, es susceptible de modificaciones a fin de eliminar las causas más frecuentes que producen fallas, El análisis de causas de estas averías, origina este tipo de mantenimiento, buscando eliminar totalmente ciertas fallas. Obsérvese que, aunque el correctivo engloba la noción de mejora, estos trabajos son a menudo realizados durante las paradas o revisiones; a veces, incluso bajo pedido en talleres del constructor, o después de uno puesta a punto.

**De reacondicionamiento:** Este mantenimiento se utiliza cuando el equipo entra en la época de vejez, En esta ocasión se trata de reconstruir el equipo para asegurar la utilización durante un intervalo de tiempo posterior o su vida útil. En este momento se aprovecha para introducir todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.



## ANEXO 5-2

### ANÁLISIS DE VIBRACIONES

**A. Vibración simple.** La base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas sinusoidales. Estas son las más simples y son la representación de las oscilaciones puras. Una oscilación pura puede ser representada físicamente con el siguiente experimento: Imagínese una masa suspendida de un resorte como en el Anexo 5-2a. Si esta masa es soltada desde una distancia  $X_0$ , en condiciones ideales, se efectuará un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud  $X_0$ . Ahora a la masa vibrante le adicionamos un lápiz y una hoja de papel en su parte posterior, de manera que pueda marcar su posición. Si jalamos el papel con velocidad constante hacia el lado izquierdo se formará una gráfica parecida a la del Anexo 5-2a. El tiempo que tarda la masa para ir y regresar al punto  $X_0$  siempre es constante. Este tiempo recibe el nombre de **período de oscilación** (medido generalmente en s o ms) y significa que el resorte completó un ciclo.

#### ANEXO 5-2a.

**ANÁLISIS DE VIBRACIONES:** Oscilación pura sistema de Resorte-Masa, 2005

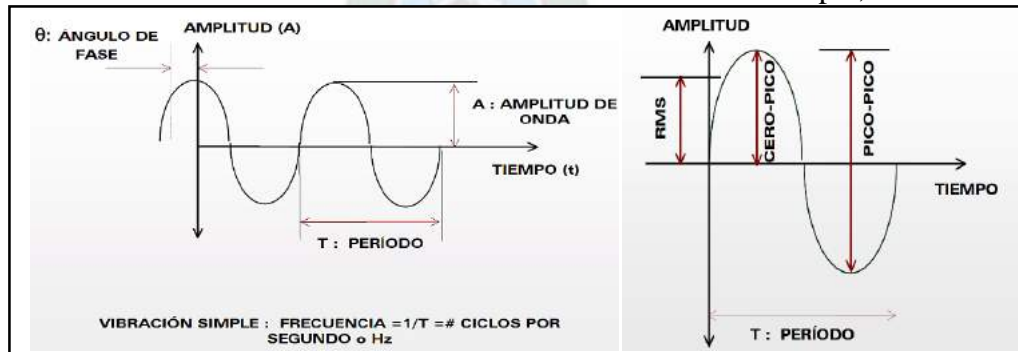


**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) "Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico" pág. 10

El recíproco del período es la **frecuencia** (es decir  $F = 1/P$ ) la cual generalmente es dada en Hz (Ciclos por segundo) o también Ciclos por minuto (CPM).

#### ANEXO 5-2b.

**ANÁLISIS DE VIBRACIONES:** Señal Vibración Simple, 2005



**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) "Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico" pág. 11<sup>29</sup>

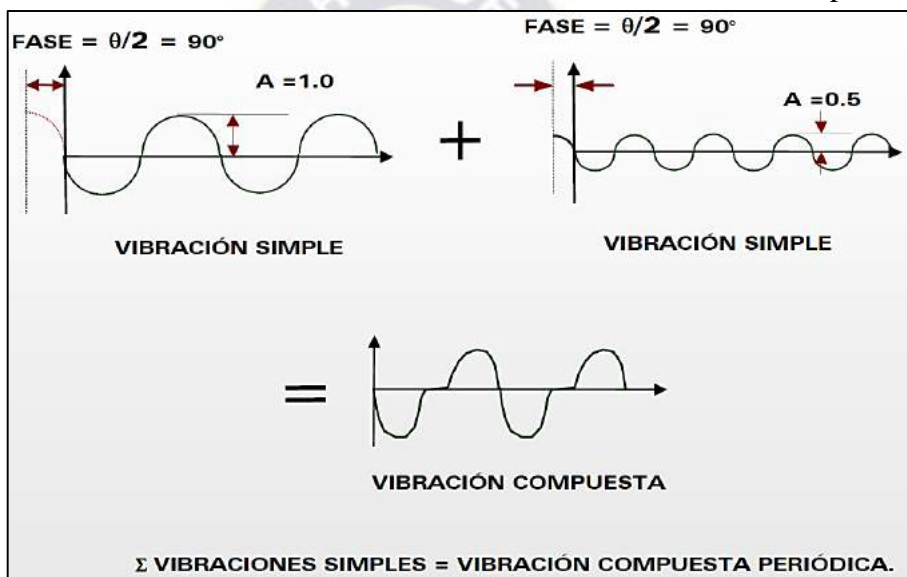
<sup>29</sup>Análisis de Maquinaria A-MAQ S.A. (2005), "Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico", [www.a-maq.com](http://www.a-maq.com), enero 2005, pág. 10

La amplitud en vibraciones es cuanta cantidad de movimiento puede tener una masa desde una posición neutral. La amplitud se mide generalmente en valores pico-pico para desplazamiento y valores cero-pico y RMS para velocidad y aceleración. La fase realmente es una medida de tiempo entre la separación de dos señales, la cual puede ser relativa o absoluta. Generalmente es medida en grados. (Véase el Anexo 5-2b)

**B. Vibración compuesta.** Una señal compuesta es una sumatoria de varias señales sinusoidales que comprenden cada uno de los componentes que se encuentran en la máquina, más todos los golpeteos y vibraciones aleatorias. El resultado es una señal como la ilustrada a continuación.

### ANEXO 5-2c.

#### ANÁLISIS DE VIBRACIONES: Formación de una Vibración Compuesta, 2005



**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico” pág. 12<sup>30</sup>

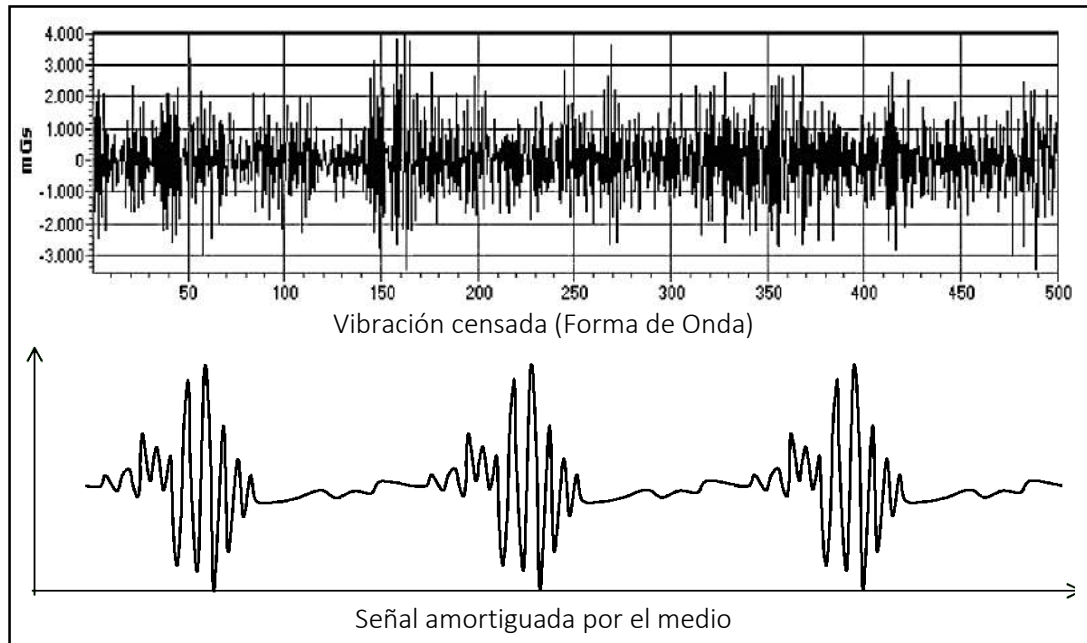
**C. Vibración aleatoria y golpeteos intermitentes.** Además de las vibraciones simples, también existen otros tipos de vibraciones como son la vibración aleatoria y los golpeteos intermitentes. La vibración aleatoria no cumple con patrones especiales que se repiten constantemente o es demasiado difícil detectar donde comienza un ciclo y donde termina.

Estas vibraciones están asociadas generalmente a turbulencia en sopladores y bombas, a problemas de lubricación y contacto metal-metal en elementos rodantes o a cavitación en bombas (Ver Anexo 5-2d). Este tipo de patrones es mejor interpretarlos en el espectro y no en la onda en el tiempo. Los golpeteos intermitentes están asociados a golpes continuos que crean una señal repetitiva. Estas se encuentran más comúnmente en los engranajes, en el paso de las aspas de un impulsor o ventilador, etc. Este tipo de señales tiende a morir debido a la amortiguación del medio. El Anexo 5-2d muestra claramente este fenómeno: un golpe intermitente que se amortigua con el medio.

<sup>30</sup> Análisis de Maquinaria A-MAQ S.A. (2005), “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico”, [www.a-maq.com](http://www.a-maq.com), enero 2005, pág. 10

## ANEXO 5-2d.

### ANÁLISIS DE VIBRACIONES: Espectro de una Vibración Aleatoria, 2005



**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico” pág. 13<sup>31</sup>

**D. Transformada de Fourier.** Hasta ahora se ha visto vibraciones en el dominio del tiempo, que son señales directas de la máquina. Como ya dijimos antes, en estas señales se encuentra plasmada toda la información acerca del comportamiento de cada componente de la máquina.

El problema es que a la hora de realizar un diagnóstico: estas señales están cargadas de mucha información en forma muy compleja, la cual comprende las señales características de cada componente de la máquina, por lo cual prácticamente queda indistinguible a simple vista sus comportamientos característicos.

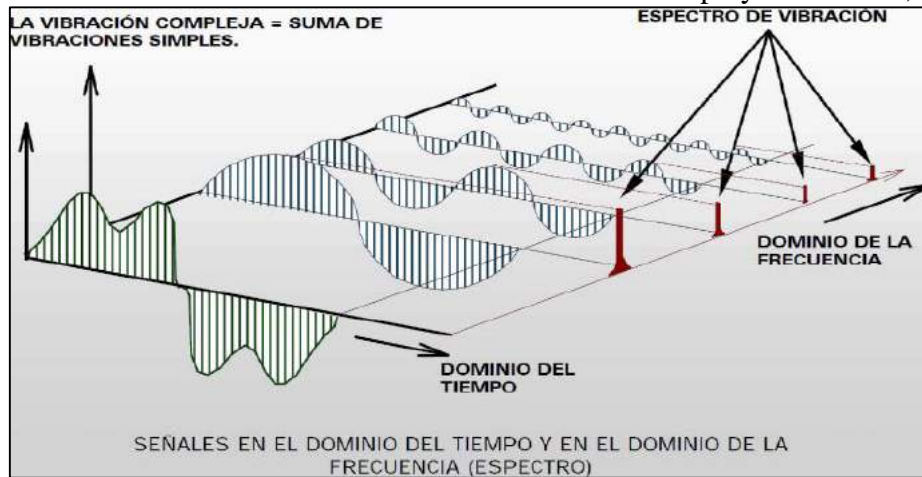
Otra forma de realizar un estudio de vibraciones, es mirar esta señal en el dominio de la frecuencia. La gráfica de Amplitud vs. Frecuencia es conocida con el nombre de *espectro*. Esta es la mejor herramienta que se tiene actualmente para el análisis de maquinaria. Fue precisamente el matemático francés *Jean Baptiste Fourier* (1768–1830) quien encontró la forma de representar una señal compleja en el dominio del tiempo por medio de series de curvas sinusoidales con valores de amplitud y frecuencia específicos.

Entonces un analizador de espectros que trabaja con la transformada rápida de Fourier, captura una señal desde una máquina, luego calcula todas las series de señales sinusoidales que contiene la señal compleja y las muestra en forma individual en el eje X de la frecuencia.

<sup>31</sup> Análisis de Maquinaria A-MAQ S.A. (2005), “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico”, [www.a-maq.com](http://www.a-maq.com), enero 2005, pág. 10

## ANEXO 5-2e.

### ANÁLISIS DE VIBRACIONES: Señales dominio Tiempo y Frecuencia, 2005



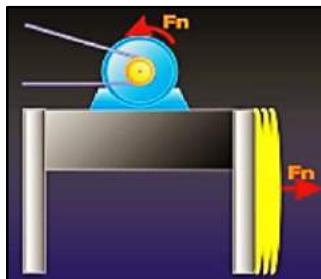
**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico” pág. 14

En la anterior ilustración de tres dimensiones puede notarse claramente la señal compleja (en color verde), capturada desde una máquina. A dicha señal se le calculan todas las series de señales sinusoidales en el dominio del tiempo (vistas en azul) y por último se muestra cada una en el dominio de la frecuencia (vistas en rojo).

**E. Frecuencia natural y resonancias.** La frecuencia natural presenta un carácter muy diferente a las anteriormente nombradas, debido a que depende de las características estructurales de la máquina, tales como su masa, su rigidez y su amortiguación, incluyendo los soportes y tuberías adjuntas a ella. No depende de la operación de la máquina, a no ser que la rigidez sea función de la velocidad. Si la frecuencia natural es excitada por un agente externo, la amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios que a corto o mediano plazo pueden llegar a ser catastróficos. Esto es lo que se conoce con el nombre de *resonancia*. Cuando una resonancia es detectada, es necesario identificar el agente externo que la está produciendo e inmediatamente debe aislarse estructuralmente o cambiar su velocidad de operación. A continuación se muestra un motor que gira a una velocidad similar a la frecuencia natural de su estructura de soporte. Lo que incrementa abruptamente los niveles de vibración de la máquina.

## ANEXO 5-2f.

**VIBRACIONES:** Sistema excitado con frecuencia natural que entra en resonancia, 2005



**Fuente:** A-MAQ S.A. (2005) “Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico” pág. 15

## ANEXO 5-3

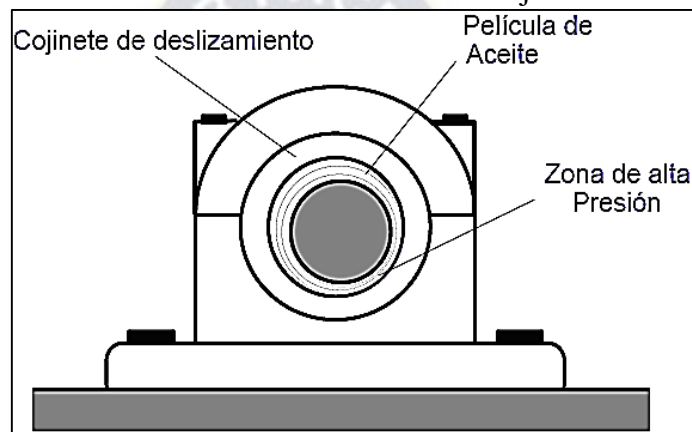
### ANÁLISIS DE LUBRICANTES (TRIBOLOGÍA)

**A. Conceptualizaciones.** Este apartado explica la importancia que tiene los lubricantes en las partes mecánicas de equipos o máquinas al ser capaz de reducir el rozamiento, calor y desgaste, cuando se introduce como una película entre superficies sólidas en contacto.

- **Tipos de lubricación.** Pueden distinguirse tres formas distintas de lubricación: lubricación hidrodinámica, lubricación límite o de contorno, y lubricación hidrostática.

#### ANEXO 5-3a.

**LUBRICACIÓN:** Lubricación hidrodinámica en un cojinete de deslizamiento, 2014



**Fuente:** RENOVETEC (2014), “Lubricación en motores alternativos de gas”<sup>32</sup>

La lubricación hidrostática consiste en la introducción de lubricante a presión entre dos superficies, creando una película suficientemente espesa como para que puedan deslizarse entre ellas, evitando el posible rozamiento y los daños que provocarían el calentamiento y el desgaste resultantes. El movimiento relativo entre las superficies puede ser muy lento y soportar grandes cargas. También puede emplearse agua o aire como lubricante.

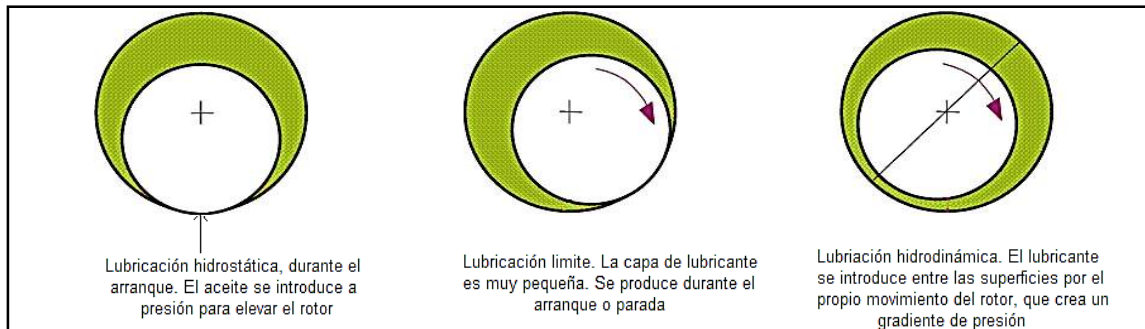
En la lubricación límite la película de lubricante es tan fina que existe contacto parcial metal-metal. Puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por caída de la velocidad, aumento de la carga o disminución del caudal de aceite. En este tipo de lubricación (de película delgada, imperfecta o parcial) la composición química es mucho más importante que la viscosidad del lubricante.

En la lubricación hidrodinámica, también llamada lubricación de película gruesa, fluida, completa o perfecta; las superficies están separadas por una película de lubricante que proporciona estabilidad. La presión de lubricante necesaria, la proporciona el movimiento relativo de cada una de las superficies. Cuando una superficie se desplaza respecto a otra y los planos no son paralelos y además entre ellas se interpone una pequeña película de lubricante, se genera un gradiente de presión capaz de soportar cargas que actúen sobre las superficies y evitando que se toquen entre ellas.

<sup>32</sup> RENOVETEC (2014), “Lubricación en motores alternativos de gas”, <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com>

## ANEXO 5-3b.

### LUBRICACIÓN: Tipos de lubricación, 2014



**Fuente:** RENOVETEC (2014), “Lubricación en motores alternativos de gas”.

- ⇒ Lubricación hidrostática cuando está parado y se quiere arrancar. En ese momento se inyecta lubricante a presión que ‘eleva’ ligerísimamente el rotor para introducir una capa que facilite el arranque y minimice la fricción
- ⇒ Lubricación límite. Durante el arranque o la parada la capa de lubricante se hace muy fina.
- ⇒ Lubricación hidrodinámica. Es la que se produce durante el funcionamiento a régimen normal.

Se ha establecido que la lubricación Elastohidrodinámica, cuyo concepto de lubricación es poco conocido. En términos simples, es cuando las superficies de contacto se deforman en forma elástica ósea que vuelven a su posición inicial y la película de lubricación atrapada entre las superficies provee una lubricación hidrodinámica microscópica. Aquí el espesor de la película lubricación puede ser  $< 1 \mu\text{m}$ .

**- Sistema de lubricación.** Además de proporcionar una capa entre piezas móviles que evite los efectos de rozamiento, el sistema debe asegurar que el aceite llegue a las partes más críticas y susceptibles de las máquinas para que se cumplan las funciones secundarias:

- ⇒ Facilitar el arranque en frío, bien lubricado y con el aceite a la temperatura adecuada, debe arrancar en cualquier condición de clima o temperatura externa, debiendo mantenerse lo suficientemente fluido para llegar a todos los puntos que deben ser lubricados.
- ⇒ Refrigerar, el lubricante es el principal refrigerante de las piezas en contacto.
- ⇒ Limpiar el mecanismo internamente, un lubricante tiene un efecto de escoba, arrastra al cárter partículas extrañas al sistema. Esta suciedad se mezcla con el aceite y es eliminada en cada cambio de aceite.
- ⇒ Prevenir la oxidación, una formulación adecuada deposita una película química sobre las piezas del motor, aislándola del agua como un escudo protector de los metales, quedando protegido de la corrosión producida por humedad.

## ANEXO 5-4

### ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA.

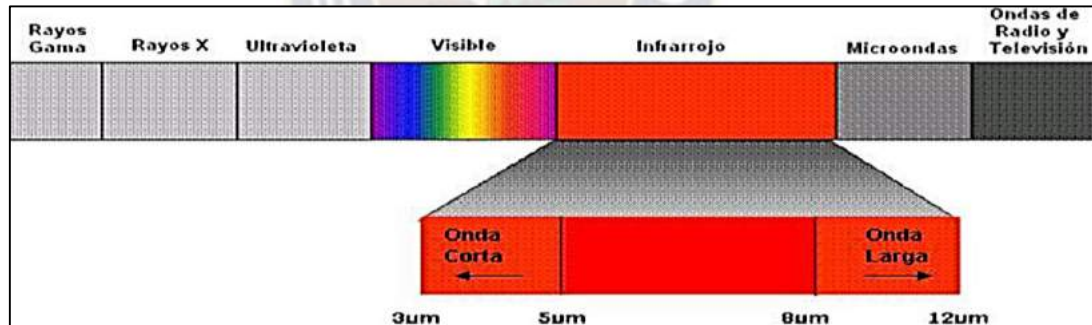
**A. Fundamento de Transmisión de Calor- Termografía Infrarroja.** La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a la diferencia de temperaturas. El calor es una cosa intangible. La transferencia de calor puede ser por conducción, convección o radiación o por sus combinaciones. La velocidad de calentamiento o enfriamiento depende de las propiedades térmicas, estado físico, tamaño y naturaleza del producto, así como el mecanismo de transferencia. La Termografía Infrarroja o la utilización de cámaras térmicas obligan al profesional a evaluar las tres formas de transferencia de calor.

**B. Teoría de la Física del Infrarrojo.** El inicio del Infrarrojo comienza con astrónomo inglés sir Guillermo Herschel quien descubrió la radiación de “calor oscuro” en 1800. En 1880 el término “infrarrojo” fue acuñado. Samuel Langley inventó el bolómetro el cual mide las variaciones de la resistencia durante el calentamiento. En 1901 un bolómetro podía detectar una vaca a 400 metros. Tras la Segunda Guerra Mundial, muchos países invirtieron cantidades enormes de dinero en investigación de infrarrojo con fines militares.

**- Radiación Infrarroja.** Es exactamente igual que cualquier rayo de luz, es una radiación electromagnética de baja frecuencia y una longitud de onda larga.

#### ANEXO 5-4a.

#### INFRARROJO: Espectro electromagnético de radiación, 2014



**Fuente:** Land Instruments International (2004) “Guía básica a la Termografía” pág. 3<sup>33</sup>

Cada cuerpo que habita el universo tiene una temperatura. Personas, rocas, estrellas y materiales, todos emiten una radiación gracias al calor que generan. Esa luz calorífica es la radiación infrarroja, se ubica en un sitio del espectro electromagnético que el ser humano no puede ver a simple vista. Todos los cuerpos a una temperatura superior del cero absoluto, (-273° C.) emiten Energía Infrarroja.

**- Emisividad ( $\epsilon$ ).** La emisividad es la relación de radiación infrarroja emitida por un objeto, su capacidad para emitir dicha energía puede ser medida y de esta manera ajustar el valor en los termómetros infrarrojos. La comprensión de la emisividad de un objeto, o su característico “resplandor” o “brillo” es un componente crítico en el manejo apropiado

<sup>33</sup> Land Instruments International (2004) “Guía básica a la Termografía”, Madrid-España, www.landinst.com, pág. 3

de medición infrarroja. Hay muchas variables que afectan la emisividad de un objeto específico, tal como la longitud de onda, el campo de visión, la forma geométrica y la temperatura. Las superficies donde se tienen que hacer ajuste de emisividad para medir correctamente la temperatura son las que tengan mucha reflexión, acabado espejo o brillen considerablemente. Se puede consultar las tablas de valores de emisividad de materiales metálicos y no metálicos para tomar como base en las mediciones de rutina.

Emisividad máxima:  $\varepsilon = 1$  (100%) (Radiación de cuerpo negro), en realidad, nunca se da. Cuerpos reales:  $\varepsilon < 1$ , los cuerpos reales reflejan y algunos incluso transmiten radiación. Materiales no metálicos (PVC, sustancias orgánicas, hormigón) tienen elevada emisividad en el rango infrarrojo de onda larga que no depende de la temperatura ( $0,8 \leq \varepsilon \leq 0,95$ ). Los metales, sobre todo aquellos con una superficie brillante, tienen una baja emisividad que fluctúa con la temperatura. La  $\varepsilon$  se puede configurar manualmente en la cámara.

- **Reflexión ( $\rho$ )** Es la medida de la capacidad de un objeto de reflejar la radiación infrarroja. La  $\rho$  depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo de material. Por lo general, las superficies lisas y pulidas reflejan mucho más que las irregulares y sin pulir del mismo material. La temperatura de la radiación reflejada se puede configurar manualmente en la cámara termográfica (RTC). El ángulo de reflexión de la radiación infrarroja reflejada es siempre el mismo que el ángulo de incidencia.

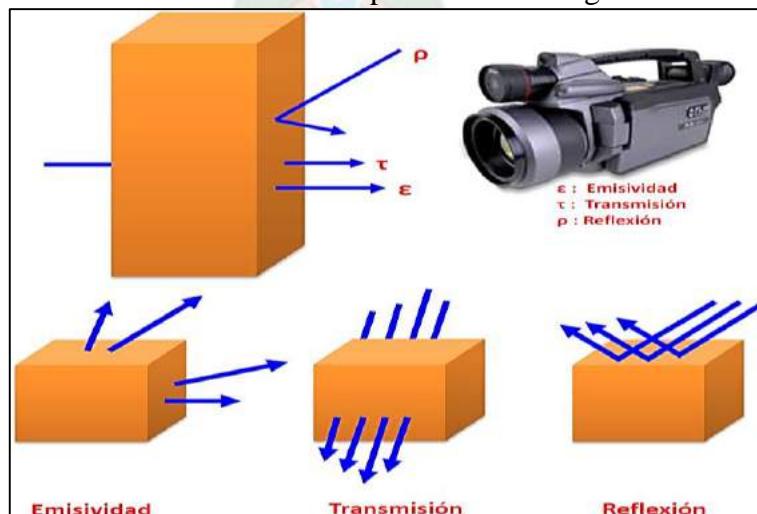
- **Transmisión ( $\tau$ )**. Medida de la capacidad de un material de transmitir (permitir el paso) de la radiación infrarroja. La  $\tau$  depende del tipo y grosor del material. Muchos materiales son no transmisivos, es decir, impermeables a la radiación infrarroja de onda larga.

La radiación infrarroja registrada por la cámara termográfica consiste en:

- La radiación emitida por el objeto medido.
- La reflexión de la radiación ambiente.
- La transmisión de radiación del objeto medido.

#### ANEXO 5-4b.

**TERMOGRAFÍA INFRARROJA:** Espectro electromagnético de radiación, 2014



**Fuente:** Land Instruments International (2004) “Guía básica a la Termografía” pág. 3



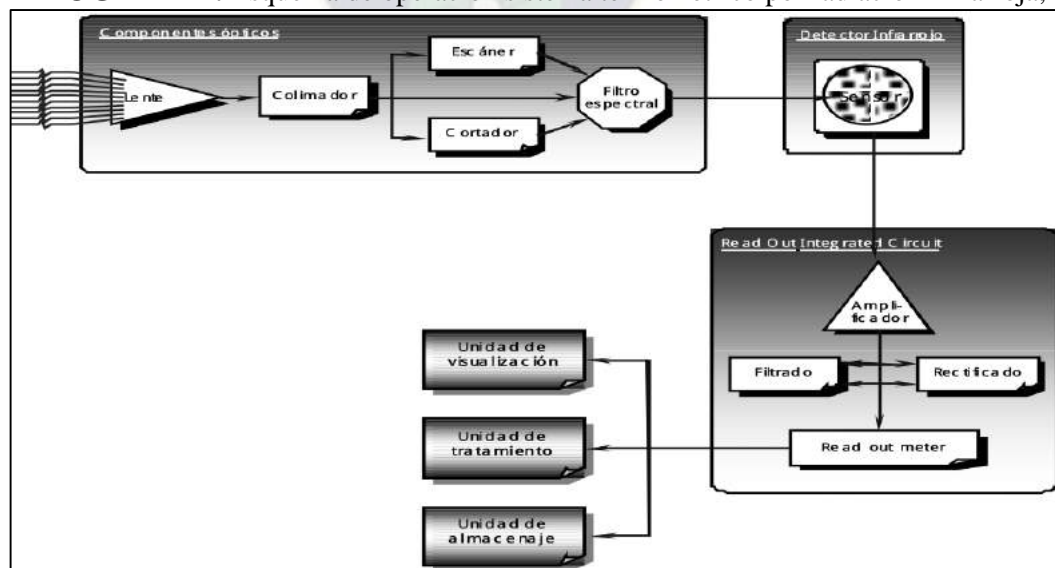
**- Funcionamiento de equipo de termografía infrarroja.** En general existen varios tipos de detectores de radiación pero todos básicamente consisten en una serie de lentes que cumplen el objetivo de enfocar, delinear y filtrar la luz en un *detector de radiación*. El cual a su vez transforma el flujo de fotones incidentes de una señal eléctrica, la que es conducida a algún tipo de indicador graduado de acuerdo con la temperatura. Entonces, un sistema termométrico por radiación, básicamente consiste de:

- ⇒ Una óptica que enfoca, filtra y selecciona la energía emitida por el objeto.
- ⇒ Un detector que convierte esta energía en una señal eléctrica.
- ⇒ Un circuito que acondiciona, y corrige la señal de acuerdo con las condiciones de operación.
- ⇒ Unidades periféricas para el almacenaje, compensación y visualización de la emisión térmica.

Los equipos actuales están todavía basados en estos conceptos, aunque la moderna tecnología ha desarrollado sofisticados sistemas, donde su selección y empleo depende del campo específico de utilización. Por ejemplo el número de detectores ha sido incrementado enormemente, y gracias a la capacidad de filtrado selectivo, estos detectores pueden proveer medidas suficientes. Microprocesadores electrónicos que usan complejos algoritmos, permitiendo linealizaciones en tiempo real, y compensación a la salida del detector otorgando alta precisión en la medida. Esta situación obliga a un estudio formal de aplicación, selección de tecnología apropiada, método de instalación y compensación necesaria en la señal medida, para conseguir la precisión deseada. Las partes más importantes de una cámara termográfica son: Óptica de precisión, procesado inteligente de la señal electrónica y sobre todo los detectores de infrarrojo de estructura matricial.

#### ANEXO 5-4c.

**TERMOGRAFÍA.** Esquema de operación sistema termométrico por radiación infrarroja, 2011



**Fuente:** R Peralta (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” pp. 190<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Ramiro W. Peralta Uría (2011) “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento”, 2 da edición, Industria Gráfica Píncel, La Paz – Bolivia, pág. 147

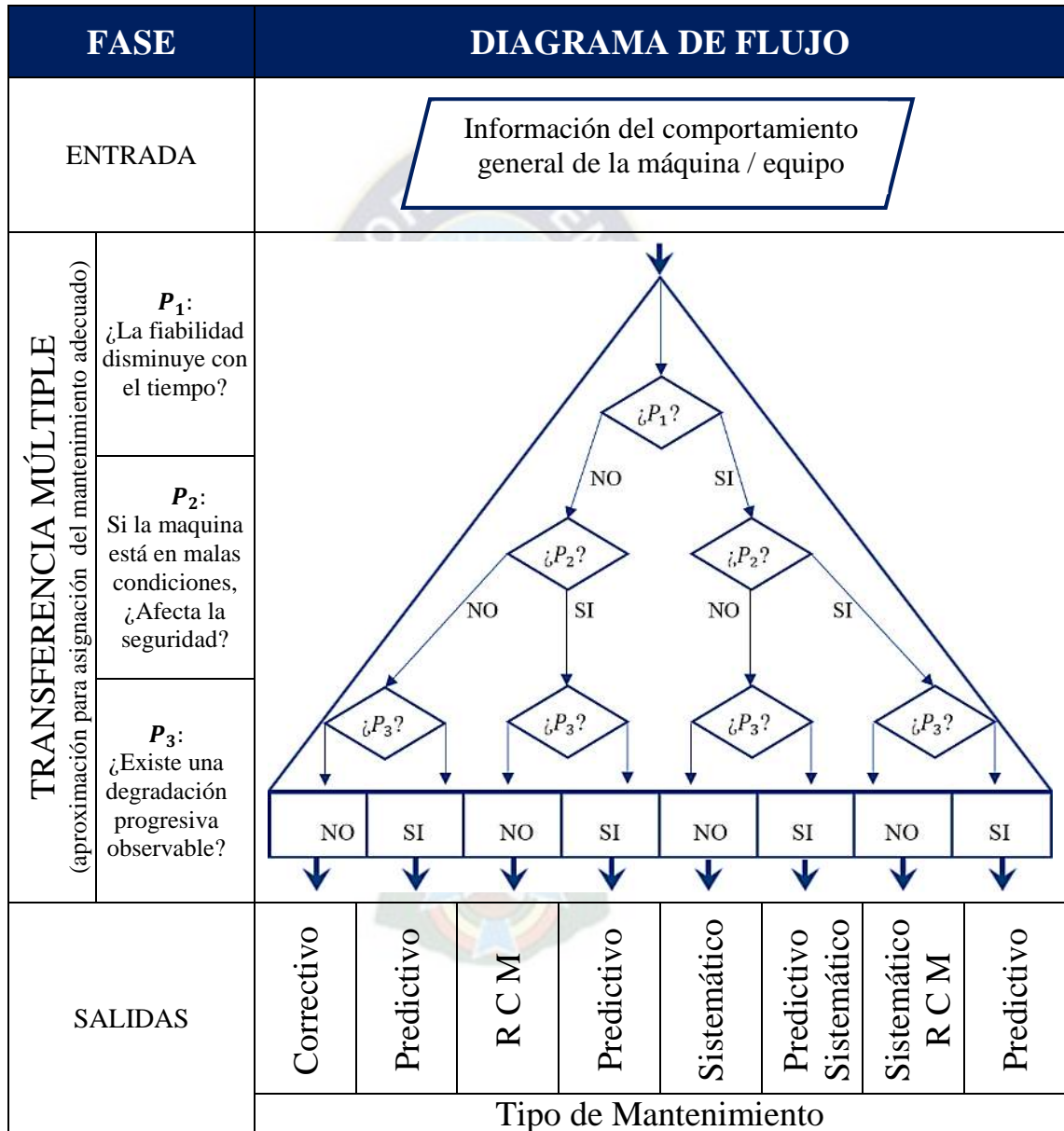
The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a green banner at the bottom with a blue cross and a rainbow. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI JOSEPH" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO VI**

## ANEXO 6-1

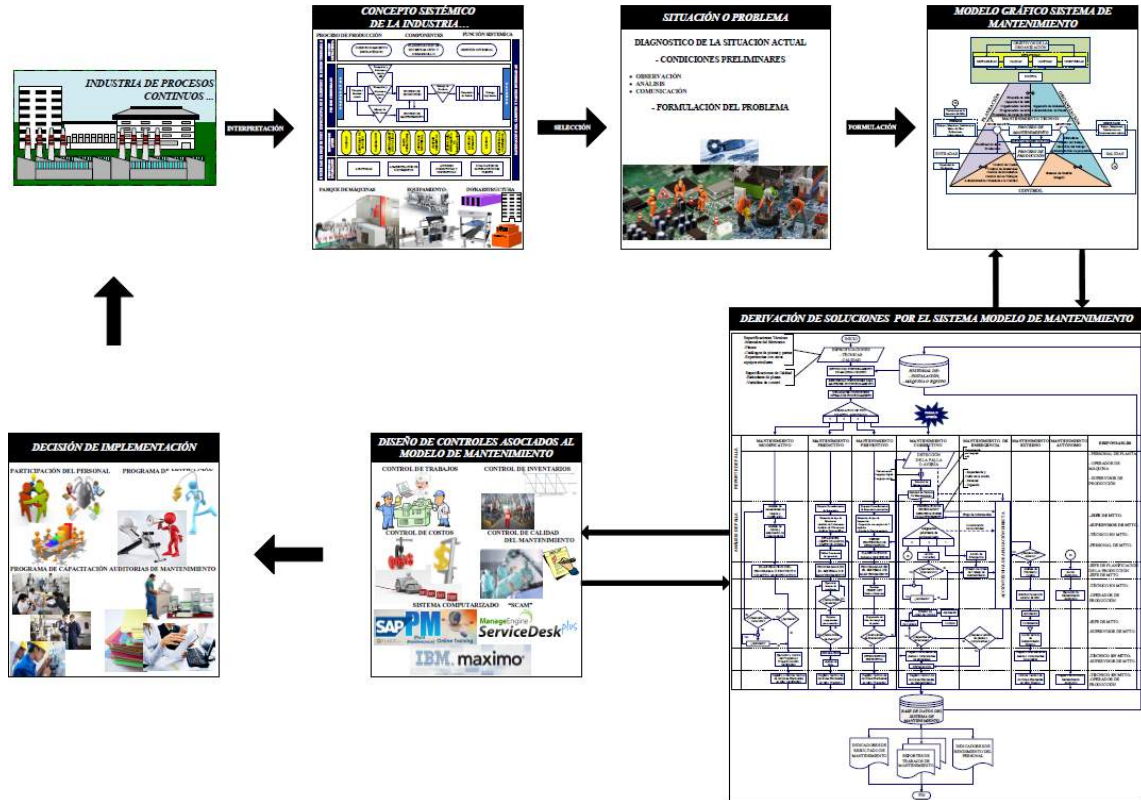
**SMML.** Selección del tipo de mantenimiento por análisis de comportamiento, 2014



**Fuente:** Elaboración propia

## ANEXO 6-2

### SMMI.: Flujo de interacción y relaciones SMMI, 2014



**Fuente:** Elaboración propia

## ANEXO 6-3

### ANÁLISIS DE DECISIÓN PARA PAQUETES INFORMÁTICOS DEDICADOS A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR

La oferta de software de mantenimiento es muy amplia, y las prestaciones varían de unos a otros, así como las plataformas informáticas tanto de software como las del hardware donde se instalan, que general son elegidos por estar familiarizados con su uso.

Para la elaboración del presente análisis se parte de la información técnica y comercial que distribuye cada proveedor; manuales, manuales reducidos, así como “demos”. Cabe recalcar que muchos datos no se pueden obtener fácilmente ya que las empresas trabajan directamente con la empresa solicitante y requieren información detallada.

El análisis consiste en la comparación de determinadas funciones del paquete informático. Estas se han agrupado en funciones genéricas, a la vista de las prestaciones de distintos paquetes. Sin embargo, el detalle de la forma en que las mismas son cubiertas, varía de unos a otros. Por ello, para el conocimiento profundo de su alcance, facilidad de manejo y coordinación con el sistema organizativo de una determinada empresa, será ineludible hacer pruebas con los paquetes que se hayan seleccionado.

#### A. REQUISITOS GENERALES

**EL SERVIDOR.** Las plataforma hardware (CPU y tabletas y celulares) trabajan la mayoría en red (wifi – LAN), el Servidor comúnmente recomendado por las empresas de GMAO piden mínimo Pentium III a 300 MHz, 1 GB de RAM.

**EI SISTEMA OPERATIVO.** En la mayoría de los casos, como puede observarse, existen versiones para distintos sistemas operativos.

- Windows XP / 7/ 8.
- Novell, LAN Manager, LAN Server, Banyan Vines.
- LANtastic, UNIX.
- Sistemas Android E IOS.

**GESTOR DE BASE DE DATOS.** Para el almacenamiento y gestión de los datos, cada paquete emplea un determinado, gestor de datos, entre ellos:








- Dbase.
- MDB.
- ORACLE.
- Informix.
- SyBase.
- SQL Server.
- Paradox.
- Access.

- FoxPro y otros.



## ANEXO 6-3a








### SMML.: DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS GMAO

LOGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COSTO
	Mantenimiento de Maquinaria y procesos industriales. www.acimut.es/	Programa GMAO completo, económico, intuitivo y versátil, apto para la gestión de cualquier tipo de proceso, incluye todos los elementos de control necesarios, sin módulos adicionales.	3.500 (+350 x licencia) € <b>Bs 28.950,50</b>
	Rosmiman rosmiman.com/	Rosmiman Services mejora la organización operativa de los departamentos de Mantenimiento y Servicios Garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de todos los equipos y sistemas que integran la base instalada a mantener Orientar la actividad al mínimo coste de mantenimiento.	4.500 (aprox.) € <b>Bs 33.885,00</b>
	PRISMA (SISTEPLANT) www.sisteplant.com/	Prisma3 es la solución GMAO más sencilla y avanzada, con soluciones verticales para industria, empresas de servicios de mantenimiento, infraestructuras, edificios: reducción de indisponibilidades, optimización del preventivo, gestión del conductivo, optimización de políticas de mantenimiento.	5.426 \$us <b>Bs 37.710,70</b>
	PGMWin www.pgmwin.com/	El sistema para la Planificación del Mantenimiento, desarrollado por gente de mantenimiento para la gente de mantenimiento. Software GMAO para el Mantenimiento de Planta.	Solicitud directa con proveedor y empresa.
	Maintec con Microsoft Dynamics NAV. www.bitec.es/	Esta solución permite gestionar el mantenimiento de los equipos y/o instalaciones, componentes de máquinas y de personal de mantenimiento propio y de terceros, por medio de tres dimensiones fundamentales: técnica, económica y organizativa.	4500 € <b>Bs 33.885,00</b>
	BalGest www.balterrainformatica.es/	Plataforma para la gestión completa del departamento de mantenimiento. Implantación adaptada a sus necesidades. Fácil y completo, solicite contraseñas para DEMO	Costo mensualidad desde 19 \$ ( <b>Bs 132,05</b> ) Incrementándose según el requerimiento y el uso % del software y hardware.
	Software, Maquinaria y Mantenimiento S.L. www.smmsl.com/	Empresa de desarrollo de software, dedicada la programación de Herramientas para el Mantenimiento.	Para 5 áreas de trabajo 3.000.- € <b>Bs 22.590,00</b>

**Fuente.** Elaboración propia

### ANEXO 6-3a (Continuación)

#### SMMI.: DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS GMAO

LOGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COSTO
	PRIMAVERA Mantenimiento para la gestión eficaz del equipamiento es.primaverabss.com/es/	Solución integral para planificar, programar y gestionar el mantenimiento de acuerdo con los recursos humanos y medios técnicos disponibles, de forma sencilla y teniendo en cuenta el plan productivo y la condición operacional del equipamiento. Módulos: Equipamientos, Materiales, Medios, Organización, Gestión, Histórico y Análisis.	Solicitud directa con proveedor y empresa.
	TCman tcman.com/	Programa GIM (Gestión Integral del Mantenimiento), para el Mantenimiento Planificado, No planificado y gestión de otros recursos.	3.948 (+385 x licencia) € <b>Bs 32.627,49</b>
	Lantek Optima www.lantekbs.com/producto.asp	Software para la administración, conservación y explotación de activos. Indicado para empresas de mantenimiento y proveedores de servicios públicos o privados.	Solicitud directa con proveedor y empresa.
	Sistema Integrado de Mto. Industrial www.simimantenimiento.com/	Software de Planificación y Control para la gestión eficaz del Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de equipos.	1.900 (+ 429 licencia) € <b>Bs 17.537,37</b>
	Mantenimiento Fácil www.mantenimientofacil.com.ar/demo.htm	Software de administración de Mantenimiento, acorde a ISO 9001:2000 (argentina)	Solicitud directa con proveedor y empresa.
	CARL Source Factory www.carl-software.es/	CARL Source Factory está dedicado a los industriales para gestionar sus equipamientos y los procesos vinculados: técnicos, reglamentarios, financieros, calidad, seguridad... CARL Source Factory es un producto de la empresa CARL Software, líder europeo y experto GMAO desde 1985.	Solicitud directa con proveedor y empresa.
	MP SOFTWARE www.mpsoftware.com.mx/	Realiza planes de mantenimiento rutinario para equipos y localizaciones, indicando las actividades rutinarias que deben realizarse, así como la frecuencia con que debe realizarse cada actividad. El MP permite establecer planes de mantenimiento en base a tiempo o lecturas como por ejemplo kilómetros recorridos, horas de uso, etc. Incluso es posible establecer planes combinados con fechas y lecturas, lo que suceda primero.	PROMEDIO \$ 10,000 <b>Bs 695.000,00</b>

Fuente. Elaboración propia



## **B. INTERPRETACIÓN DEL CUADRO RESUMEN**

El cuadro presenta las características más relevantes de sistemas informáticos para la gestión de la GMAO. Las columnas están encabezadas por el nombre comercial de cada uno de los paquetes en estudio. Las características que se evalúan aparecen a la izquierda del cuadro y se presentan de la siguiente manera:

- Nombre de la empresa fabricante de cada uno de los paquetes, contenido en la primera fila, denominada “EMPRESA”.

- Funciones evaluadas, relativas a la gestión del mantenimiento, agrupadas a su vez bajo los siguientes diez grandes epígrafes:

- Equipo e instalaciones.
- Orden de trabajo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Inventario.
- Compras.
- Mano de Obra.
- Análisis de datos.
- Otras funciones

- Funciones para la administración del propio paquete informático, tales como copias de seguridad, seguridad para el acceso al sistema, etc.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS TÉRMINOS DEL CUADRO COMPARATIVO.**

Empresa. Nombre de la empresa fabricante de cada uno de los paquetes.

#### **EQUIPOS / INSTALACIONES**

Estructurada jerarquizada ( $EI_1$ ): Organización de las instalaciones, los equipos y sus componentes de forma jerárquica, (en forma de árbol, por ejemplo). Esto puede ser de gran utilidad a la hora de la codificación.

Información de carácter económico( $EI_2$ ): Datos económicos asociados a cada equipo o instalación (costes asociados, amortización, etc.).

Control de garantías ( $EI_3$ ): El programa, tiene en cuenta las garantías de los equipos, bien simplemente proporcionándonos información acerca de las mismas o haciendo un tratamiento especial para aquellos equipos con fecha anterior a la de fin de la garantía.

Control de útiles para el mantenimiento ( $EI_4$ ): Puede obtenerse información acerca de los útiles (herramientas, vehículos, etc.) necesarios para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento.

Control de repuestos ( $EI_5$ ): Asociación de repuestos a cada equipo.

#### **ÓRDENES DE TRABAJO**

Planificación ( $OT_1$ ): Posibilidad de planificar tareas a realizar en un período de tiempo dado.

Presupuestos ( $OT_2$ ): Previsión de gastos a soportar a partir de la planificación realizada.

Medidas de seguridad ( $OT_3$ ): Tratamiento de las medidas de seguridad que hay que adoptar en la realización de tareas para la prevención de accidentes laborales.

#### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Generación de OT's correctivas ( $MC_1$ ): Generación de órdenes correspondientes a trabajos no programados, para solucionar las incidencias que puedan ocurrir.

Diagnóstico de averías ( $MC_2$ ): Definición del tipo de avería a partir del análisis de la misma.

Codificación de Síntoma / Causa / Solución ( $MC_3$ ): Codificación del Síntoma, la Causa y la Solución asociados a cada avería. De esta forma, a partir del Síntoma pueden obtenerse la Causa y la Solución para la misma.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Programación de tareas ( $MP_1$ ): Programación de las tareas preventivas a realizar (por periodicidad de calendario, lecturas de contador, a fecha fija...).

Gamas de Preventivo asociadas a una Principal ( $MP_2$ ): Posibilidad de asociar a una gama u *OT* otras de menor rango.

Estudio de la rentabilidad de la acción preventiva ( $MP_3$ ): Comprobación de si es realmente rentable o no llevar a cabo acciones preventivas sobre un determinado elemento.

Tratamiento de riesgos de fallo. Criticidad ( $MP_4$ ): Posibilidad de contemplar el riesgo de fallo en los equipos, teniendo en cuenta su criticidad en lo que se refiere a ese aspecto.

Lanzamiento de *OT*'s en función del % de MTBF transcurrido ( $MP_5$ ): El lanzamiento de inspecciones a un % del MTBF transcurrido tiene como finalidad la localización de un posible "fallo oculto".

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Introducción manual de valores de variables ( $MPd_1$ ): Registro de forma manual de valores de variables asociadas al Mantenimiento Predictivo de las máquinas, como pueden ser las vibraciones o la temperatura.

Monitorización ( $MPd_2$ ): Posibilidad de efectuar monitorizaciones para capturar y registrar datos de forma automática.

Análisis de las lecturas ( $MPd_3$ ): Emisión automática de *OT*'s cuando las variables han sobrepasado un límite prefijado, predicción de la fecha de la avería, generación de informes, etc. a partir de los datos registrados.

### **INVENTARIO**

Información sobre cada artículo ( $Inv_1$ ): Posibilidad de obtener información asociada a cada repuesto del almacén, como puede ser la máquina a la que está asociado, proveedores, ubicación, repuestos equivalentes, entradas y salidas efectuadas, stock de seguridad, etc.

Funciones de control de inventario especializadas ( $Inv_2$ ): Se trata de funciones como LIFO, FIFO, precio medio ponderado, último precio de compra, etc.

Asistencia en el ajuste del inventario ( $Inv_3$ ): Se facilita el ajuste entre las cantidades reales en stock y las almacenadas en el sistema.

Impresión de etiquetas para cada artículo ( $Inv_4$ ): Impresión de etiquetas correspondientes a cada artículo del inventario, con información asociada, códigos de barras, etc.

Reserva de existencias para *OT*'s ( $Inv_5$ ): Reserva automática de los artículos en stock a partir de las tareas programadas.

### **COMPRAS**

Información sobre proveedores ( $Com_1$ ): Posibilidad de acceder a información asociada a cada proveedor, como puede ser su dirección, población, teléfono, forma de pago, artículos suministrados, precio de los mismos, plazo de suministro, etc.

Control de artículos con stock por debajo del requerido ( $Com_2$ ): Posibilidad de registrar el stock mínimo deseado para cada artículo del inventario, y emisión de

informes por parte del sistema para aquellos que se encuentran por debajo del mismo o generación automática de solicitudes de compra.

Gestión de almacenes ( $Com_3$ ): Gestionar almacenes de las compras que se efectúen.

Peticiones de precios a los proveedores ( $Com_4$ ): Generación de solicitudes de ofertas a los proveedores sobre pedidos determinados.

Envío de órdenes de compra ( $Com_5$ ): Envío de órdenes de compra vía mail u otro, directamente desde el sistema.

Gestión a través de Internet ( $Com_6$ ): Uso de Internet para el intercambio de información con los proveedores o de forma interna dentro de la empresa.

Tipos de cambio ( $Com_7$ ): Acceso a información relativa a monedas de distintos países, así como al euro, dólar.

### **MANO DE OBRA**

Control de personal, trabajos, tiempos y costes ( $MO_1$ ): Seguimiento del personal propio y subcontratado, de los trabajos realizados o por realizar, del tiempo estimado o invertido y de los costes asociados.

Tratamiento de contratos ( $MO_2$ ): Acceso a la información relativa a los contratos de mantenimiento o inclusión del contrato completo mediante escáner.

### **ANÁLISIS DE DATOS**

Informes ( $AD_1$ ): Uso de informes para la valoración de la gestión del mantenimiento.

Gráficos ( $AD_1$ ): Acceso a gráficos como herramientas para el análisis de la gestión del mantenimiento.

Indicadores ( $AD_1$ ): Uso de índices relativos a la gestión del mantenimiento.

Funciones de Auditoría ( $AD_1$ ): Posibilidad de registrar las operaciones de consulta efectuadas, cambios en el histórico, etc., con la fecha de los mismos, personas que las llevaron a cabo, etc.

### **OTRAS FUNCIONES**

Aplicación del T.P.M. ( $OF_1$ ): Posibilidad de gestionar el T.P.M. mediante índices, instrucciones, etc.

Gestión gráfica y documental ( $OF_2$ ): Asociación de gráficos y documentos a equipos, OT's, etc.

Códigos de barras ( $OF_3$ ): Utilización de códigos de barras.

Correo electrónico ( $OF_4$ ): Utilización de correo electrónico.

Terminales móviles ( $OF_5$ ): Utilización de terminales móviles.

Escáner ( $OF_6$ ): Utilización de escáner.

### **FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA**

Seguridad respecto al acceso al sistema ( $FAd_1$ ): Uso de palabras de paso para limitar la posibilidad de acceder al sistema a sólo un grupo determinado de usuarios.












Seguridad respecto a la utilización del sistema ( $FAd_2$ ): Uso de palabras de paso para restringir el acceso de cada usuario a información o funciones determinadas del sistema.

Borrado de información del disco duro o memoria ( $FAd_3$ ): Eliminación de información innecesaria, para liberar espacio del disco duro o memoria

Copias de seguridad ( $FAd_4$ ): Creación de copias de seguridad.

### ANEXO 6-3b












Cuadro Comparativo de características de sistemas de información para la GMAO

	 Acimut	 Rosmiman	 Sisteplant	 pgmwin	 Maintec bitec	 Simimanteni miento	 Balterrainfor matica	 Mpsoftware	 Smmsl	 Tcman	 Carl-software
<b>EQUIPOS/ INSTALACIONES</b>											
<i>EL<sub>1</sub></i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>EL<sub>2</sub></i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>EL<sub>3</sub></i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>EL<sub>4</sub></i>	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
<i>EL<sub>5</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>ÓRDENES DE TRABAJO</b>											
<i>OT<sub>1</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>OT<sub>2</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>OT<sub>3</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>											
<i>MC<sub>1</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>MC<sub>2</sub></i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>MC<sub>3</sub></i>	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>											
<i>MP<sub>1</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>MP<sub>2</sub></i>	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>MP<sub>3</sub></i>	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>MP<sub>4</sub></i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>MP<sub>5</sub></i>	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
<b>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>											
<i>MPd</i>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>MPd<sub>2</sub></i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1
<i>MPd<sub>3</sub></i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<b>INVENTARIO</b>											
<i>Inv<sub>1</sub></i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Inv<sub>2</sub></i>	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Inv<sub>3</sub></i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Inv<sub>4</sub></i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Inv<sub>5</sub></i>	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1

Fuente. Elaboración propia

### ANEXO 6-3b (Continuación)












Cuadro Comparativo de características de sistemas de información para la GMAO

	 Acimut	 Rosmiman	 Sisteplant	 pgmwin	 Maintec bitec	 Simimanteni miento	 Balterrainfor matica	 Mpsoftware	 Smmsl	 Tcman	 Carl-software
<b>COMPRAS</b>											
Com <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Com <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Com <sub>3</sub>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Com <sub>4</sub>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Com <sub>5</sub>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Com <sub>6</sub>	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Com <sub>7</sub>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<b>MANO DE OBRA</b>											
MO <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MO <sub>2</sub>	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
<b>ANÁLISIS DE DATOS</b>											
AD <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AD <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
AD <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
AD <sub>4</sub>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<b>OTRAS FUNCIONES</b>											
OF <sub>1</sub>	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
OF <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OF <sub>3</sub>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
OF <sub>4</sub>	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
OF <sub>5</sub>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
OF <sub>6</sub>	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<b>FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA</b>											
FAd <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FAd <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FAd <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FAd <sub>4</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>29</b>	<b>43</b>	<b>18</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>46</b>

Fuente. Elaboración propia

## ANEXO 6-3b

### Resultados análisis de decisión para paquetes informáticos dedicados al GMAO

											
<b>Empresa</b>	Acimut	Rosmiman	Sisteplant	pgmwin	Maintebitec	Simimantenimiento	Balterrainformatica	Mpssoftware	Smmsl	Tcman	Carl-software

Para la toma de decisiones

- ✔ En una empresa se recomienda (PRISMA, PGM, MP SOFTWARE, SOFTWARE, TCMAN, CARL)
- ⚠ Le falta desarrollo y adaptabilidad a (ROSMIMAN, MAGMA, MICROSOFT DYNAMICS) y esto se debe algunos datos que no se pudo obtener ya que son empresas serias con su documentación.
- ✘ Por falta de desarrollo en algunos puntos (BALGEST) pero hay que recalcar que su crecimiento es paulatinamente veloz ya que desarrolladores la están adaptando a GMAO a bajo costo.

**Fuente.** Elaboración Propia.

NOTA. Las funciones de gestión del mantenimiento, citadas, se han marcado las casillas con un valor de “1” correspondiente a las funciones, que de alguna manera, están cubiertas o son tratadas por cada paquete. Cuando en la casilla aparece el valor de “0”, indica que no se tiene constancia de que sea tratada por el paquete correspondiente, tomando como base el material a que se ha tenido acceso, y la comunicación directa del propio suministrador

## ANEXO 6-4

### DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE ÓRDENES Y PLANIFICACIÓN DE DEL MANTENIMIENTO SISTEMA SAP PM

**Gestión de órdenes de mantenimiento.** Una orden de mantenimiento sirve para la ejecución de medidas de mantenimiento. La misma contiene información de fechas, recursos y reglas para liquidar los costos originados por la orden. En una orden se puede definir varias operaciones (para nosotros: trabajos o tareas).

Básicamente, el proceso de las órdenes de mantenimiento consiste en:

- Creación o generación: Una orden puede ser generada por el sistema de acuerdo a los planes y a la programación de los mismos, o ser creadas por el supervisor, o un especialista o una punta de estrella de mantenimiento u operario de planta.
- Planificación: una orden puede ser planificada por: el supervisor, o un especialista o una punta de estrella de mantenimiento u operario de planta.
- Liberación e impresión: una orden puede ser liberada e impresa por el supervisor o punta de estrella de mantenimiento u operario de planta.
- Notificación y cierre técnico: cuando se termina las operaciones, la persona que las ejecuto es el responsable de notificar las horas insumidas y los materiales consumidos. También es responsable de dar cierre técnico a la orden.
- Liquidación y cierre comercial: El supervisor es el responsable de liquidar la orden y darle el respectivo cierre comercial.

Las órdenes, habitualmente, pueden tener los siguientes estados.

ABIE: Abierto	NOTP: Notificado parcialmente
LIB: Liberado	CAPV: Capacidad verificada
FCAP: Falta de capacidad	NLIQ: Norma de liquidación
FMAT: Falta disponibilidad material	CTEC: Cierre técnico
NOTI: Notificado	CERR: Cierre

**Notificación.** Utilizada para brindar información del mantenimiento de la planta.

- Notificación individual de tiempos. Son notificaciones de operaciones de las órdenes de mantenimiento y de servicio, así como consumo de materiales, se introducen para documentar el estado de tratamiento de las mismas. Este tipo de notificación se utiliza cuando se desea informar tiempos y materiales de una orden.
- Notificación global. Este tipo de notificación se utiliza para informar “solamente tiempos” en órdenes con varias operaciones.
- Tratamiento posterior salida de mercancías. Esta opción se utiliza para saber si ocurrieron errores en movimientos de mercancías y darles un tratamiento posterior o cuando se detectan este tipo de errores en las notificaciones que se han realizado.
- Notificación colectiva de tiempos. Este tipo de notificación se utiliza para declarar en forma masiva los tiempos insumidos en las operaciones de diversas órdenes que se corresponden con determinados criterios de selección.
- Visualización y anulación de notificaciones colectivas. Este tipo de reporte se utiliza para listar las notificaciones efectuadas para un criterio de selección determinado.

## II. Mantenimiento Planificado.

**Hojas de ruta para ubicaciones técnicas.** Las hojas de ruta describen una secuencia de operaciones de mantenimiento individuales que se realizan repetidamente dentro de una empresa. Se usan para estandarizar estas secuencias de trabajo de repetición y planificarlas con mayor eficacia. Dichas hojas de ruta se clasifican en grupos. Un grupo de hojas de ruta incluye todas las hojas de ruta para una ubicación técnica o equipo dado. Las transacciones que se realizan son:

- Creación de hojas de ruta para ubicaciones técnicas.
- Modificación de hojas de ruta para ubicaciones técnicas.
- Visualización de hojas de ruta para ubicaciones técnicas.
- Creación de hojas de rutas para equipos.
- Modificación de hojas de rutas para equipos.
- Visualización de hojas de rutas para equipos.

**Plan de mantenimiento.** Un plan de mantenimiento es una descripción de las tareas de mantenimiento planificado y de inspección (Por ejemplo: Preventivo, predictivo, lubricación inspección estándar, calibración de equipos, inspección de seguridad e higiene, etc.) que se debe realizar a los equipo, maquinaria e instalaciones de la planta. Las transacciones que se realizan son:

- Creación de un plan de mantenimiento.
- Modificar un plan de mantenimiento.
- Visualizar un plan de mantenimiento.
- Visualizar un conjunto de planes en forma de lista.

**Planificación de capacidades.** La planificación de capacidad se utiliza para determinar que puestos de trabajo y que personas individuales están disponibles así como para asignarlos a órdenes y a operaciones de orden indicando para que fecha se debe concluir con una actividad. En síntesis, la planificación de capacidades comprende los siguientes componentes parciales:

- Evaluación de capacidad. En la evaluación de capacidad se especifican y comparan la capacidad disponible y las necesidades de capacidad en las listas o gráficos.
- Ajuste de capacidades. Tomando como objetivos del ajuste de capacidad a la Ocupación de carga óptima y Selección de los recursos apropiados.

**Relación entre PM y MM.** La relación entre mantenimiento y gestión de Stocks se da en lo que es la compra de servicios externos de mantenimiento así como en la toma de materiales. Esto puede suceder en el plan de mantenimiento o en las hojas de ruta, planificando desde aquí los costos para los trabajos de mantenimiento, si se cumple ciertos requisitos como son la carga de materiales y servicios con sus costos. Si no se cargó esta información en los planes u hojas de rutas, la misma se puede agregar en las órdenes de mantenimiento. Los casos comprenden las siguientes situaciones:

- Mano de obra propia con materiales de Stock.
- Mano de obra propia con materiales no de Stock.



- Mano de obra propia con materiales que no se declaran en la orden de mantenimiento.
- Mano de obra propia con materiales en consignación.
- Mano de obra externa con contrato en marco.
- Mano de obra externa sin contrato en marco.

**Programar plan de mantenimiento preventivo.** Al programar un plan de mantenimiento, el sistema crea órdenes para los ciclos definidos de acuerdo a los parámetros de programación y a las hojas de rutas asociadas. Cuando se programa un plan de mantenimiento por primera vez, la fecha de inicio o el valor de contador inicial introducido desencadenan el ciclo de mantenimiento en el eje de tiempos.

La programación se puede realizar en forma masiva, con algún criterio de agrupación, o en forma individual para un plan de mantenimiento dado. Permitiendo además realizar la supervisión de los plazos.

**Puestos de trabajo.** Se define como puesto de trabajo a las unidades funcionales encargadas de desempeñar las labores de mantenimiento en las plantas. Estas unidades funcionales se agrupan en grupos de planificación del mantenimiento, los que a su vez, dependen de un centro planificador del mantenimiento.

El puesto de trabajo se codifica de la siguiente manera.

A-LL-2-2

- El primer carácter representa la especialidad.
- El segundo carácter representa la máquina / sector.
- El cuarto carácter representa el nivel de conocimiento.
- El quinto carácter representa el turno o equipo.

Entre las transacciones que se desarrollan también están:

- Creación de puestos de trabajo
- Modificación de puestos de trabajo.
- Visualización de puestos de trabajo.

**Costos de mantenimiento.** La visualización integral de los costos de mantenimiento se mantendrá en las órdenes de CO, de acuerdo al siguiente esquema:

**Plan:** Se cargan por clases de costo y orden. Se cargan los repuestos y servicios de terceros en cuentas primarias. Para obtener el monto con la mano de obra propia, esta se puede cargar por orden de CO y cuenta secundaria (M.O. Mecánico, M.O. Eléctrico, M.O. Instrumentista, M.O. Operador) las cuentas secundarias no afectan la contabilidad.

**Real:** Se imputaran a través de las órdenes de mantenimiento tanto los repuestos, servicios contratados a terceros y las horas de mano de obra propias por puesto de trabajo. Al liberarse las órdenes de PM, automáticamente tomarán como norma de liquidación el centro de costos y las ordenes CO del dato maestro del equipo al que se refiere la orden de mantenimiento. El proceso de liquidación de las órdenes de PM permitirá alimentar el real de las órdenes de CO.



**ANEXOS**  
**CAPÍTULO VII**

## ANEXO 7-1

### CAPACITACIÓN PLAN GENERAL DE LIMPIEZA MANTENIMIENTO AUTONOMO

#### **Limpieza Inicial**

**Paso 1:** Los operarios desarrollan el interés y compromiso con sus máquinas a través de una limpieza profunda de las mismas. La limpieza es un proceso educacional del que surgen varias cuestiones (“¿Por qué esta parte acumula suciedad tan rápidamente?”) y se contestan otras (“no hay vibraciones cuando este perno está adecuadamente apretado”), en si los operarios aprenden que por medio de la limpieza se llega a la inspección. También aprenden tareas de lubricación básica y las técnicas de anclaje y se capacitan en detectar fallos tempranos en sus equipos, es de entender que los operadores pasan la mayor cantidad de tiempo con la maquinaria.

#### **Contra medidas por las Causas y Efectos de la Suciedad y el Polvo o Eliminación de Focos de Suciedad y Limpieza de Zonas Inaccesibles.**

**Paso 2:** Cuanto más difícil sea para una persona realizar la limpieza inicial, más fuerte es el deseo de mantener limpio el equipo y, por tanto, de reducir el tiempo de limpieza. Deben adoptarse medidas para eliminar las causas de suciedad, polvo, esquilas, etc., o de limitar la dispersión y adherencia de partículas (usando cubiertas y blindajes). Este paso o etapa llega de forma natural después de realizar la limpieza inicial y comprobar que el equipo se vuelve a ensuciar rápidamente o existen zonas cuyo acceso es imposible o peligroso, de tal forma que el tiempo y el esfuerzo invertido es enorme. Esto lleva a activar la motivación de los operarios para descubrir y eliminar cualquier fuente de suciedad que contrarreste aquello que tanto trabajo le ha costado limpiar. Además, esta motivación acaba derivando en entusiasmo por investigar métodos que faciliten las tareas de limpieza.

#### **Establecimiento de Estándares de Limpieza, Inspección Y Otras Tareas Sencillas de Mantenimiento Autónomo**

**Paso 3:** Una vez efectuadas las operaciones de limpieza, podemos ya establecer las condiciones básicas (limpieza, lubricación, apretado de tornillos y tareas sencillas de Mantenimiento Autónomo) que aseguran la situación óptima del equipo. Para ello, los grupos de operarios fijaran estándares de los procedimientos de limpieza, lubricación, sujeción de tornillos y asumirán la responsabilidad de mantener su propio equipo. Es importante para su cumplimiento que los estándares de operaciones no vengán impuestos, es decir, que cuando se establecen los estándares se reflejen las opiniones formuladas por los propios operarios. Se trata de estándares elaborados por los mismos operarios y fundamentados en su propia experiencia directa con el equipo.

Las siguientes cuestiones deben contemplarse a la hora de formular y aplicar los Estándares:

Elementos a inspeccionar a incluir en la estandarización

Aspectos clave a estandarizar

Metodología a estandarizar

Tiempos Estándar

Frecuencia Estándar

Los estándares responden a las cuestiones tipo básicas: conocidas como las “5W”y “1H” que facilitan a los operarios realizar fácilmente y sin olvidos los chequeos diarios.

¿Where? = ¿Dónde?

¿Why? = ¿Por qué?

¿What? = ¿Qué?

¿Who? = ¿Quien?

¿When? = ¿Cuándo?

¿How? = ¿Cómo?

### **Inspección General del Equipo**

**Paso 4:** La inspección general pretende introducir controles sobre los elementos vitales del equipo que mantengan el mismo en perfecto orden de funcionamiento.

Para que los operarios puedan ser capaces de extraer conclusiones de lo que ven, oyen o notan en el equipo mediante las inspecciones y chequeos, será necesario instruirlos sobre la estructura, características, tecnología y funciones del equipo que manejan. Solo así podrán realizar inspecciones válidas sobre el deterioro del equipo, no se trata de hacer un estándar de operación para cada tornillo del equipo, si no de dotar al operario una completa autonomía para enjuiciar de la maquina los fenómenos que van surgiendo durante las actividades rutinarias diarias.

### **Inspección Autónoma del Equipo**

**Paso 5:** La formación y entrenamiento de operarios competentes en equipos revoluciona no solo la gestión del equipo sino todos los demás aspectos de la gestión de los lugares de trabajo. Esto implica invertir esfuerzos, tanto en dinero como en tiempo, en la formación del personal.

El objetivo de esta etapa es que con los esfuerzos a los que hemos aludido se incorporen progresivamente las tareas de inspección al mantenimiento realizado por un grupo autónomo, al tiempo que constituyen una depuración sistemática del deterioro del equipo, tal como ya se apuntaba, debe optimizarse todo cuanto afecta al funcionamiento correcto del equipo y, además, la calidad, fiabilidad y seguridad. Consideremos las siguientes fases en esta etapa.

### **Organizar y Ordenar el Área de Trabajo**

**Paso 6:** La gestión de área de trabajo está perfectamente contemplada en el mantenimiento autónomo. Se trata de aplicar dos de las 5s: Seiri (Organización) y Seiton (Orden).

Con la **organización** se pretende minimizar el número de elementos del área de trabajo, de forma que en ella no haya ningún elemento que no sea necesario.

El **orden** se refiere a la disposición de los elementos necesarios para el área de trabajo, es decir aquellos que han sobrevivido a la organización, de forma que su utilización sea lo más rápida y sencilla posible. La organización y orden abarcan todos estos elementos, de forma que cada cosa esté donde debe estar, en el momento en que se necesita, en la cantidad exacta y con la calidad precisa.

### **Implantación Plena del Mantenimiento Autónomo**

**Paso 7:** La planta que haya asumido los niveles anteriores del mantenimiento autónomo habrá alcanzado condiciones óptimas en el equipo apoyadas en un sistema de estándares adecuados. Los operarios expertos en los equipos que manejan son capaces de detectar y corregir las anomalías ocurridas en su trabajo diario, a través de chequeos y otras actividades. Poco a poco se van refinando las acciones y se acumulan las mejoras.

Con los anteriores puntos ya establecidos se logró establecer las especificaciones generales

Especificación, Plan General Limpieza Línea K-90

Especificación, Plan General Limpieza Línea K-108

Especificación, Plan General Limpieza Línea C-32

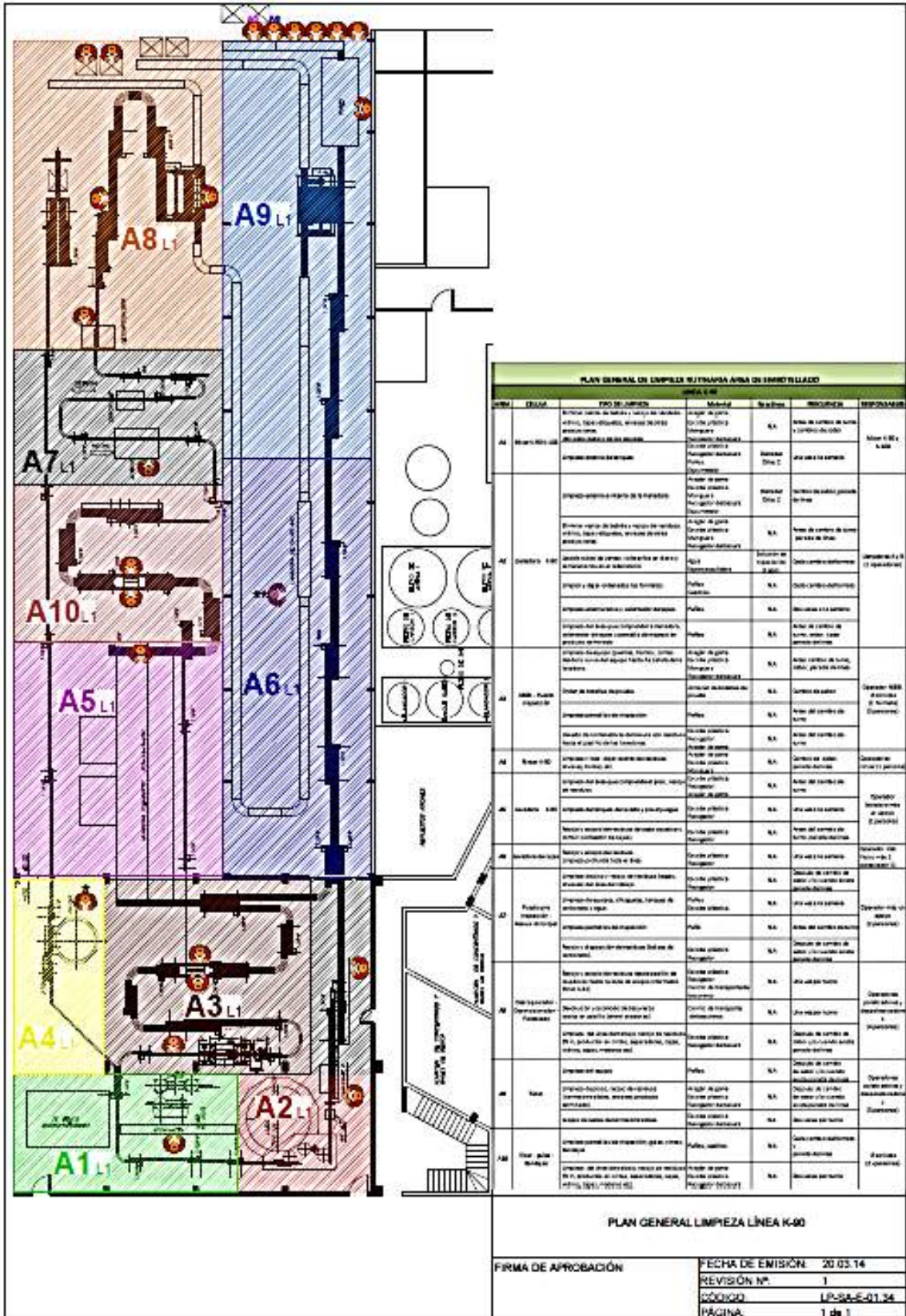
Especificación, Plan General Limpieza Línea K-140

Especificación, Plan General Área Procesos

Especificación, Plan General Área Soplado

Especificación, Plan General Área Almacenes

Cuyas especificaciones y detalles se subieron al sistema de gestión integral informática de Embol S. A. región occidente.



PLAN GENERAL DE LIMPIEZA ULTIMA AVILA DE SANTIAGO						
LINEA K-90						
CUBICULO	DESCRIPCIÓN	PROYECTO	MATERIAL	SECCIONES	REVISIÓN	RESPONSABILIDAD
A1	Almacén de materiales	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A2	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A3	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A4	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A5	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A6	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A7	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A8	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A9	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros
A10	Almacén de tuberías	Eliminar restos de tubería y restos de acabados eléctricos, tuberías, tuberías, tuberías de acero inoxidable.	Aserrar de goma, corte de tubo, corte de tubería, corte de tubería.	N.A.	Área de trabajo de tubería y tuberías de acero.	Moisés C. B. y otros

PLAN GENERAL LIMPIEZA LINEA K-90

FIRMA DE APROBACIÓN: \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: 20.03.14

REVISIÓN Nº: 1

CÓDIGO: LP-SAE-01.24

PÁGINA: 1 de 1



## ANEXO 7-2

### CAPACITACIÓN SOFTWARE SERVICEDESK PLUS 9.0

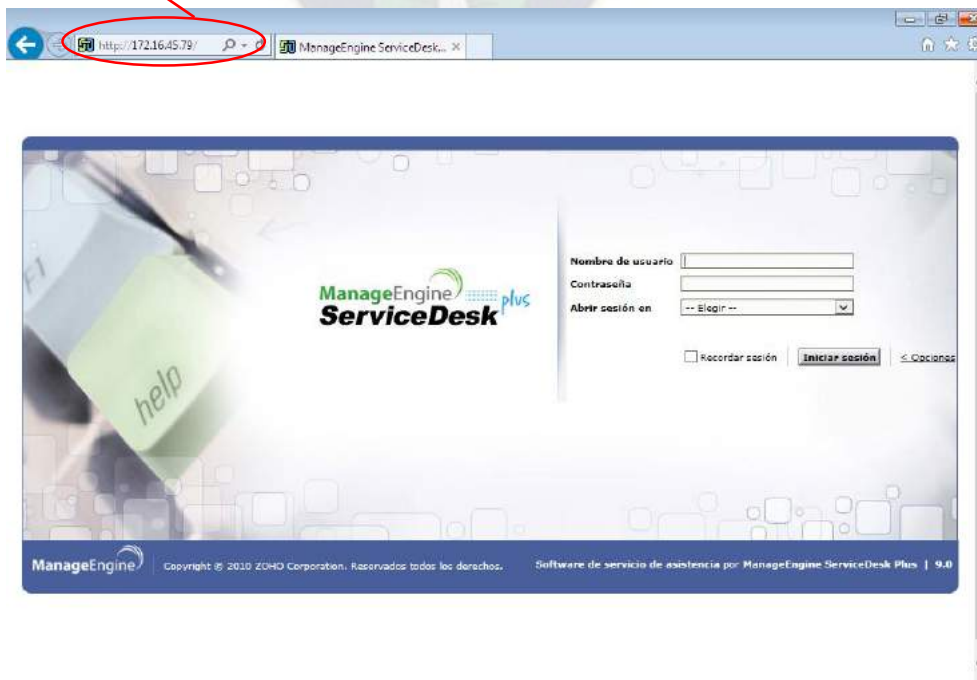
#### INGRESO AL PROGRAMA SERVICEDESK PLUS 9.0

- 1) En el escritorio, hacer doble clic en el acceso Internet Explorer



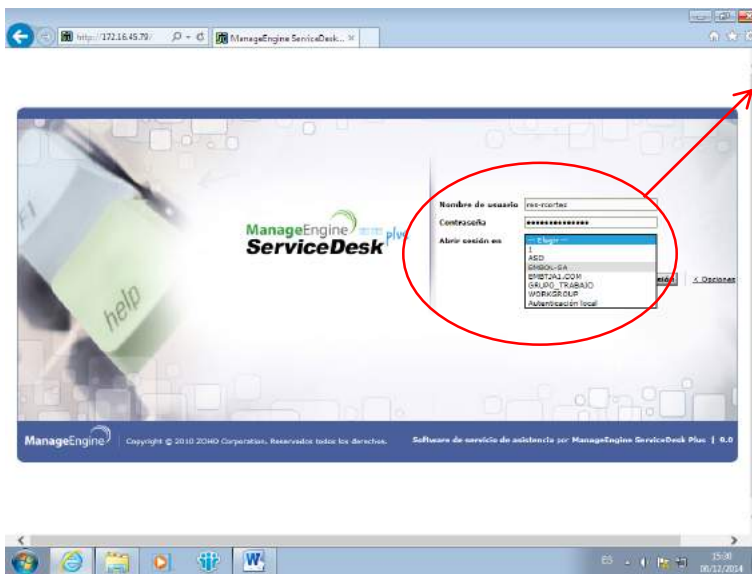
- 2) Se abrirá la siguiente ventana, en la dirección URL, introducir:

<http://172.16.45.79/>





## 1) Introducción de la contraseña y usuario:



Se abrirá la siguiente ventana, completar los campos de la siguiente manera:

Usuarios: rse-cortez

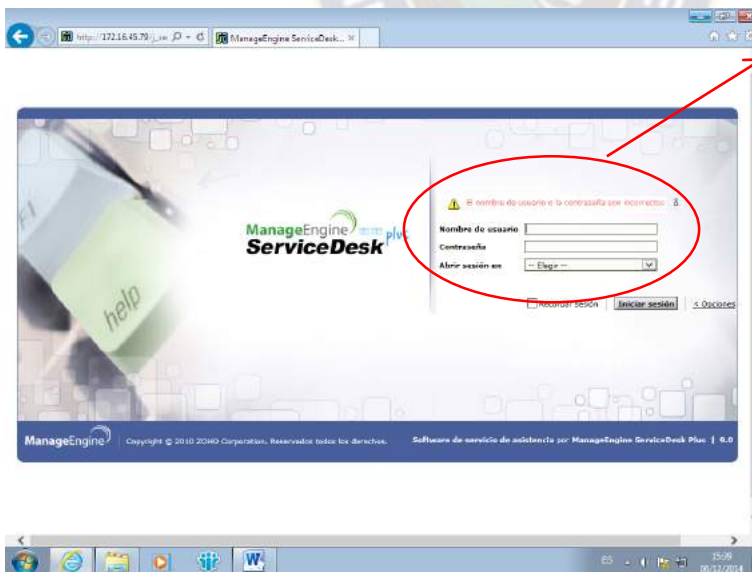
Contraseña: Contraseña1

Abrir sesión: EMBOLSA.  
(Seleccionada de la lista desplegable).

Presionar:

**Iniciar sesión**

En caso de un ingreso de datos erróneos



**Nota 1:** Si se ingresa una clave de acceso errónea saldrá el siguiente mensaje en la parte inferior de la pantalla y los caracteres se pintarán de color rojo (se distinguen mayúsculas de minúsculas)

## 1) REVISIÓN DE SOLICITUDES PENDIENTES

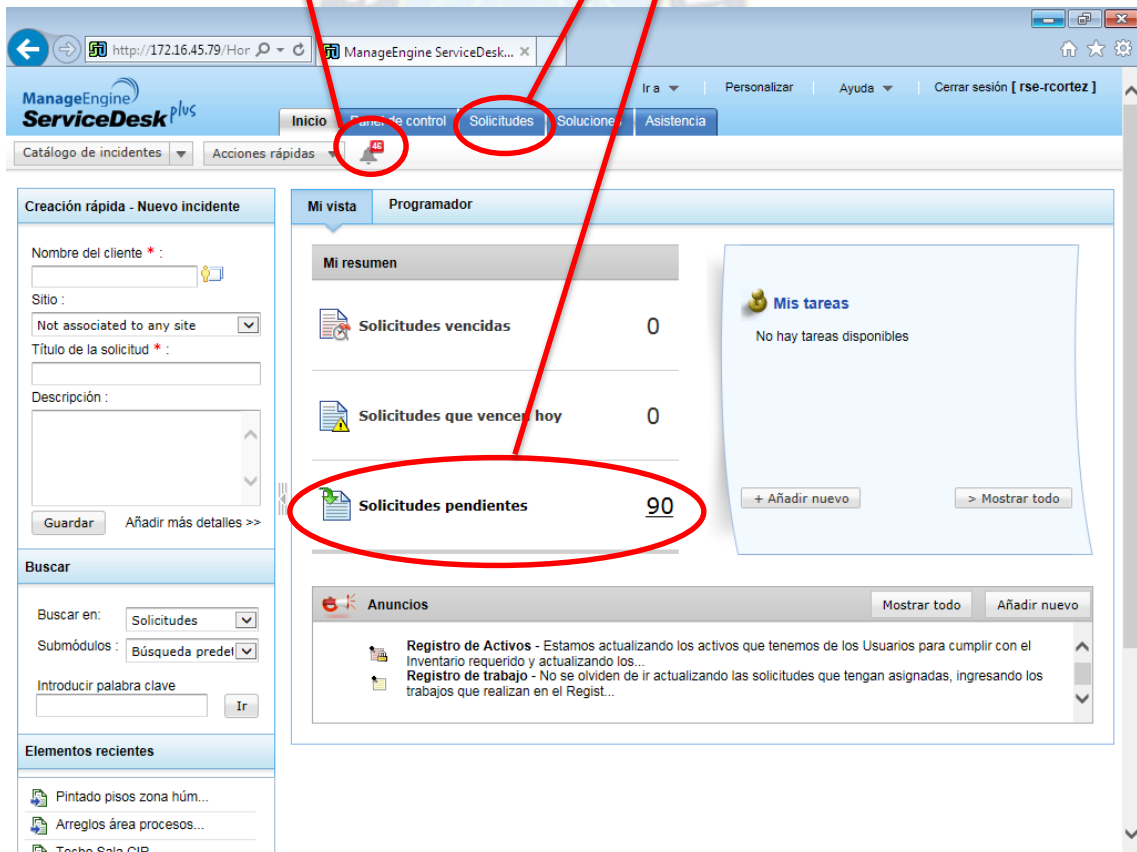
El icono



Indica la cantidad de notificaciones recibidas

Ingresar al sistema según el procedimiento “Ingreso al sistema servicedesk plus 9.0”.  
Acceder a la transacción de solicitudes: (Dos opciones)

- Clic en la pestaña Solicitudes
- Realizar doble clic en el link Solicitudes pendientes



The screenshot shows the ManageEngine ServiceDesk Plus 9.0 interface. The browser address bar displays 'http://172.16.45.79/Hor... ManageEngine ServiceDesk...'. The navigation menu includes 'Inicio', 'Control', 'Solicitudes', 'Soluciones', and 'Asistencia'. The 'Solicitudes' tab is active, and the 'Solicitudes pendientes' link is circled in red. The main content area shows a summary of tickets: 'Solicitudes vencidas' (0), 'Solicitudes que vencen hoy' (0), and 'Solicitudes pendientes' (90). The 'Solicitudes pendientes' value is also circled in red. The interface includes a search bar, a 'Mis tareas' section with 'No hay tareas disponibles', and an 'Anuncios' section with two announcements: 'Registro de Activos' and 'Registro de trabajo'.

2) Se mostrara la siguiente ventana:

The screenshot shows the ManageEngine ServiceDesk Plus interface. The main area displays a table of pending tickets. The ticket with ID 2209, titled 'Arreglo techo CIP y drenaje jarabe simple', is highlighted with a red oval. The table columns include: ID, Asunto, Nombre del cliente, Asignado a, Vencimiento antes de, Estado, Fecha de creación, and Prioridad.

ID	Asunto	Nombre del cliente	Asignado a	Vencimiento antes de	Estado	Fecha de creación	Prioridad
2227	Pintado pisos zona homeda K-108 y K-90	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Dec 3, 2014 01:05 PM	-
2226	Arreglos área procesos:	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Dec 3, 2014 12:59 PM	-
2211	Techo Sala CIP	Johnny Candia	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 19, 2014 05:15 PM	-
2209	Arreglo techo CIP y drenaje jarabe simple	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 03:35 PM	-
2208	Baño mujeres producción	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 03:33 PM	-
2207	Arreglo electrooutor	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 03:31 PM	-
2206	Almacenes: vestuario sala de azucar	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 03:18 PM	-
2204	Baños recepion	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 02:43 PM	-
2203	Baños lado cocina	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 02:40 PM	-
2202	Arreglo ventilación cocina	Raquel Flores	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 02:37 PM	-
2201	Mantenimiento Ovmi	Paula Eva Rosales M.	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 13, 2014 10:32 AM	-
2200	Cambio de llave de paso K-90	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 12, 2014 03:38 PM	-
2199	Mantenimiento Tienda Jamito	Paula Eva Rosales M.	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 12, 2014 02:38 PM	-
2197	Sellado de camara de efuentes	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 04:41 PM	-
2196	Cambio de vidrio catedral	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:49 PM	-
2195	Cambio de Grifo sector PNC	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:46 PM	-
2194	Cambio de Calamina - reparacion	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:42 PM	-
2193	Pintado de Tapas de las camaras - Efuentes	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:39 PM	-
2192	Pintado de piso de tratamiento de efuentes	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:37 PM	-
2191	Cambio de candado - Lab Efuentes	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 03:34 PM	-
2190	Cambio de 2 Camdados	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 12:02 PM	-
2189	Cambio Modulo Chapa	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 11:55 AM	-
2188	Cambio de vidrio	Sistema Gestion Integr...	Ruben Gonzales	-	Abierto	Nov 11, 2014 11:54 AM	-
2137	CAMBIO DE CANASTILLO PARA RECICLAJE DE TAPONES DE ...	Ladislao Rodriguez	Ruben Gonzales	-	Abierto	Sep 17, 2014 03:43 PM	-

Con el criterio del encargado de ejecutar el trabajo de infraestructura, y la prioridad que le haya asignado, se procede a programar ejecución y el envío de la solicitud de aprobación por el jefe de planta.

3) Evaluación de la solicitud.

- a) Hacer doble clic en la solicitud seleccionada.
- b) Se debe analizar la descripción (el detalle sobre la falla reportada, con la opción de poder subir una foto descriptiva de 10 MB como máximo permitido ) la pestaña muestra:

ID de la solicitud, Descripción y Detalle de la situación actual de la solicitud, Conversaciones con el cliente, Detalles del solicitante.

ManageEngine ServiceDesk plus

Inicio | Panel de control | **Solicitudes** | Soluciones | Asistencia

Catálogo de incidentes | Acciones rápidas

Ir a | Personalizar | Ayuda | Cerrar sesión [ rse-rcortez ]

---

**Creación rápida - Nuevo incidente**

Nombre del cliente \* :

Sitio :   
 Not associated to any site

Título de la solicitud \* :

Descripción :

---

**Buscar**

Buscar en:

Submódulos:

Introducir palabra clave

---

**Elementos recientes**

- Barandas y topes de se...
- Cambio de 2 Camdados
- Habilitacion de desagu...
- Arreglo malla de la te...
- Arreglo baños y vestid...
- Arreglo lavamanos zona...
- Sellado con goma puert...
- Cambio de llave de pas...
- Pintado pisos zona húm...
- Arreglos área procesos...

ID de la solicitud : 2129

**Barandas y topes de seguridad**

Por **Edwin Rojas** en Sep 10, 2014 05:38 PM Fecha de vencimiento : N/A

Estado : **Abierto**  
 Prioridad : **No asignado**  
 Estado de la aprobación : **Pending Approval**

Solicitud **Tareas ( 0 )** Resolución Aprobaciones Historial

**Descripción**

Estimado: Requerimos la reparación de barandas y topes de seguridad. Los puntos a intervenir son: - Topes lado cinta de transporte de paquetes línea K140 - Topes de racks de almacenamiento de producto terminado - Barandas de puertas de salidas de emergencia. Adjunto imagenes de apoyo Saludos, Edwin

**Documentos adjuntos :** Adjunto.docx (801.97 KB)

---

**Conversaciones del cliente** |

**System** en Sep 10, 2014 05:38 PM

**System** en Oct 19, 2014 08:08 PM

---

**Detalles de la solicitud**

<b>Estado</b>	Abierto	<b>Modo</b>	Solicitud Web
<b>Nivel</b>	No asignado	<b>Prioridad</b>	No asignado
<b>Sitio</b>	No está asociado a ningún sitio	<b>Categoría</b>	Mantenimiento Producción LPZ
<b>Grupo</b>	No asignado	<b>Subcategoría</b>	No asignado
<b>Técnico</b>	Ruben Gonzales	<b>Id(s) de correo electrónico a notificar</b>	msandi@embol-sa.com
<b>Categoría de servicio</b>	No asignado	<b>Activo</b>	-
<b>Creado por</b>	Edwin Rojas	<b>Departamento</b>	Área Técnica
<b>Acuerdo de nivel de servicio</b>	No asignado	<b>Plantilla</b>	Default Request
<b>Fecha de creación</b>	Sep 10, 2014 05:38 PM	<b>Fecha de vencimiento</b>	-
<b>Hora de vencimiento de la respuesta</b>	-	<b>Hora de la última actualización</b>	No asignado

---

**Detalles del solicitante**

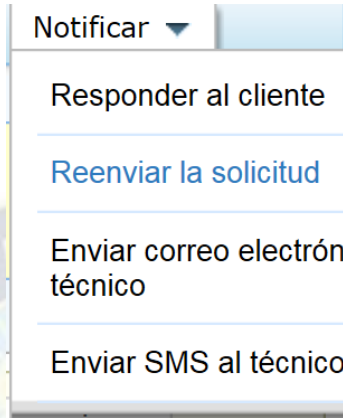
<b>Nombre del cliente</b>	Edwin Rojas	<b>Dirección de correo electrónico</b>	erojas@embol-sa.com
<b>Número de contacto</b>	-	<b>Número de móvil</b>	72565025
<b>Departamento</b>	Área Técnica	<b>Impacto comercial</b>	-

De corresponder la solicitud al área, se procede a relizar el envio para su aprobación, de nor ser así, se pueden remitir para su ejecucion al área correspondiente.

Remisión de la solicitud. Ubicar el cursor a la lista desplegable Notificar



Clic en reenviar la solicitud



Se abra la ventana siguiente:

ManageEngine ServiceDesk Plus - Enviar notificación - Internet Explorer  
http://172.16.45.79/SDNotify.do?notifyModule=Request&mode=E-Mail&id=2129&notifyTo=REQFORWARD&groupId=0

### Reenviar solicitud

\* Campo obligatorio

\* A

cc


\* Asunto [Fwd: ##2129## : Barandas y topes de seguridad]

Usar Plantilla de Respuesta: -- Seleccionar Plantilla de Resp

Descripción

Requester : Edwin Rojas  
Due by time : N/A  
Category : Mantenimiento Producción LPZ  
Description : Estimado: Requerimos la reparación de barandas y topes de seguridad. Los puntos a intervenir son: - Topes lado cinta de transporte de paquetes linea K140 - Topes de racks de almacenamiento de producto terminado - Barandas de puertas de salidas de emergencia. Adjunto imagenes de apoyo Saludos, Edwin  
Click for details : <http://ayuda.embol-sa.com/WorkOrder.do?woMode=viewWO&woID=2129>

Documentos adjuntos:

Archivo	Tamaño
 Adjunto.docx	801 KB

Introducir la dirección del envío y presionar enviar.

4) Envío de la solicitud para su aprobación:

Posicionar el cursor en la lista desplegable Acciones

Acciones ▾

Clic en Enviar para su aprobación

Acciones ▾	Notificar ▾	
Detener temporizador	Introducir resolución	Enviar para su aprobación
Combinar solicitud	Añadir notas	
Vincular solicitudes	Añadir adjunto	Buscar soluciones
Copiar esta solicitud	Añadir entrada de tiempo	Ver detalles del solicitante
Vista preliminar de impresión	Añadir tarea	Ver solicitudes por cliente
	Añadir tarea(s) desde una plantilla	Ver activos pertenecientes al usuario
	Ver tarea(s)	
	Añadir recordatorio	
	Ver recordatorio(s)	

Se abrirá una nueva ventana en la que se debe ingresar la dirección del correo, de la persona que aprobará la ejecución, en la descripción se pueden llenar detalles de criterio técnico para la solución al problema, así como la solicitud de aprobación una orden de compra necesaria para la ejecución de solución la falla.

http://172.16.45.79/SubmitForApproval.do?ITEMID=2129&MODULE=Request - Internet Explorer

http://172.16.45.79/SubmitForApproval.do?ITEMID=2129&MODULE=Request

**Remitir para aprobación** [ Cerrar ]

\* A dpaniagua@embol-sa.com x

\* Asunto Aprobación requerida para una Solicitud

Descripción

Para efectuar los trabajos son requeridos.  
6 Tuberías de acero 2 1/2 in de 4m de longitud  
15 Electrodo 15XR  
según:  
OC solped\_1400015687  
Su aprobación es requerida en una solicitud para continuar con su ejecución.  
El detalle de la Solicitud se encuentra en \$ApprovalLink

**Enviar** Cancelar

Presionar enviar.

A continuación se mostrara la siguiente ventana:

The screenshot shows the ManageEngine ServiceDesk Plus web interface. The main content area displays a request titled "Barandas y topes de seguridad" (ID: 2129) submitted by Edwin Rojas on Sep 10, 2014. The status is "Abierto" (Open), priority is "No asignado" (Not assigned), and the approval status is "Pending Approval", which is circled in red. Below this, a table shows the approval history:

Aprobador	Enviado el	Estado	Actuo El	Descripción
<input type="checkbox"/> dpaniagua@embol-sa.com	Oct 19, 2014 08:08 PM	Pending Approval		
<input type="checkbox"/> dpaniagua@embol-sa.com	Dec 6, 2014 05:36 PM	Pending Approval		

- El estado de la aprobación cambiara a: Pending Approval
- En su correo electrónico le llegara una notificación del envío de la solicitud para su aprobación.

Con la aprobación de la acción solución.

- En su correo electrónico le llegara una notificación de la acción de aprobación de la solicitud cambiando el estado de aprobación a aprobado.

Estado	: Resuelto
Prioridad	: No asignado
Estado de la aprobación	: <b>Approved</b>

5) Solución de la falla o inconveniente.

Con la solicitud aprobada se efectúa las intervenciones y correcciones pertinentes del caso, una vez culminada la solución se procede al registro.

En la pestaña Solicitudes  
posicionar el cursor en la lista  
desplegable Resolución

Describir la solución efectuada

Cambiar el estado ha Resuelto

The screenshot displays the ManageEngine ServiceDesk Plus web interface. The browser address bar shows the URL <http://172.16.45.79/Work>. The interface includes a navigation menu with options like 'Inicio', 'Panel de control', 'Solicitudes', 'Soluciones', and 'Asistencia'. The main content area shows a ticket for 'READECUACION ALMACEN DE COMBUSTIBLES, GRASAS Y SAL' with the following details:

- ID de la solicitud: 2067
- Por: **Ladislao Rodriguez** en Sep 1, 2014 05:02 PM
- Fecha de vencimiento: N/A
- Estado: **Resuelto**
- Prioridad: **No asignado**
- Estado de la aprobación: **Approved**

The 'Resolución' tab is selected, showing a description: 'Se realizo el trabajo Construcción de muro de división, revoque cal y cemento, pintura interior'. A dropdown menu for 'Cambiar estado a' is open, with 'Resuelto' selected. The interface also features a 'Crear rápida - Nuevo incidente' sidebar and a 'Buscar' section.



## ANEXO 7-3

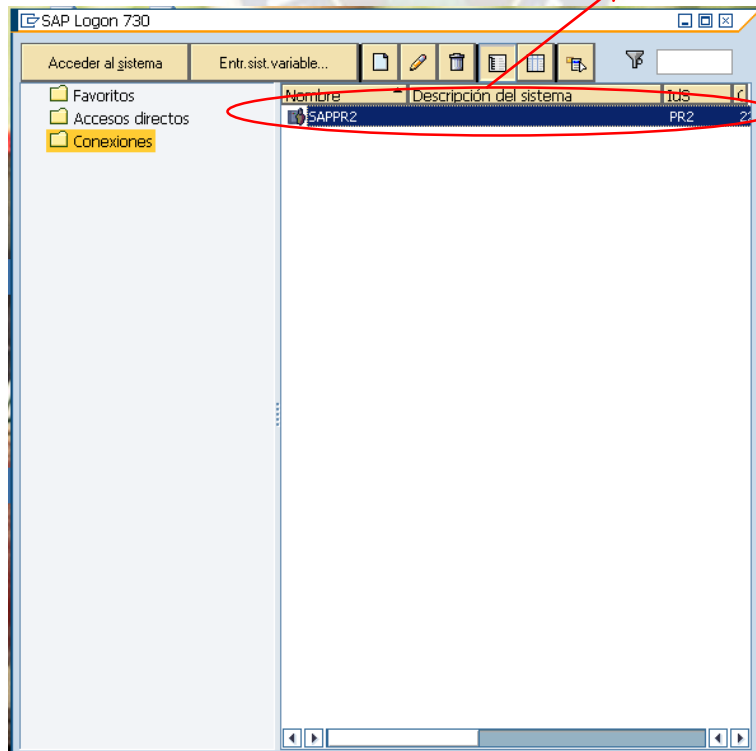
### CAPACITACIÓN SOFTWARE SAP PM

#### INGRESO AL SISTEMA SAP-PM

- 1) En el escritorio, hacer doble clic en el acceso directo SAP Logon



- 2) Se abrirá la siguiente ventana, hacer doble clic en SAPRR2:



The image shows two screenshots of the SAP 'Clave acceso nueva' (New Access Key) screen. The top screenshot shows the form with 'Mandante' set to 400, 'Usuarios' set to 'bo\_msalas', and 'Clv.acc.' set to '\*\*\*\*\*'. A red circle highlights the 'Usuarios' field. A red arrow points from this circle to a text box on the right. The bottom screenshot shows the same form, but the 'Usuarios' field now contains 'BO MSALAS' in red, indicating an error. A red circle highlights this field, and a red arrow points from it to a text box on the right. At the bottom of the screen, a red circle highlights an error message: 'Nombre o clave de acceso incorrectos (repita la entrada al sistema)'. A red arrow points from this message to the 'Nota 1' text box on the right.

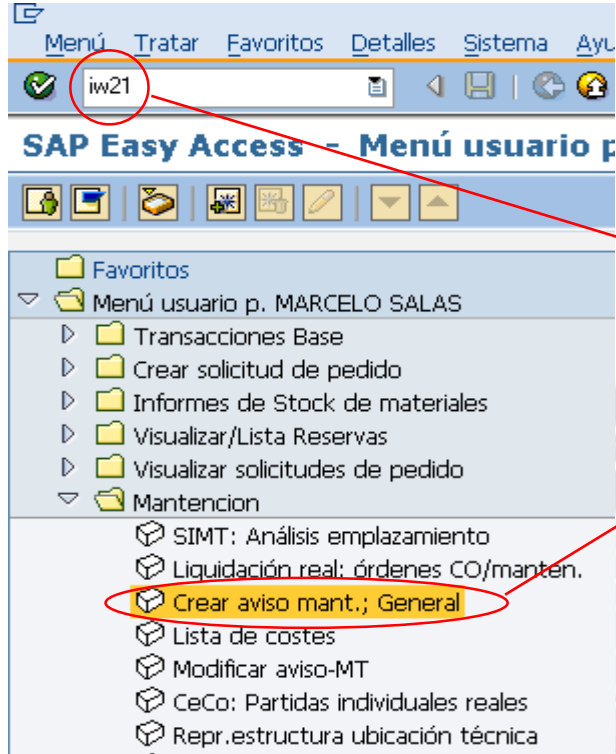
3) Se abrirá la siguiente ventana, completar los campos de la siguiente manera:  
Usuarios: bo\_msalas  
Clv.acc.: inicio03

**Nota 1:** Si se ingresa una clave de acceso errónea saldrá el siguiente mensaje en la parte inferior de la pantalla y los caracteres se pintarán de color rojo (se distinguen mayúsculas de minúsculas). Es posible errar dos veces sin problemas. En caso de errar por segunda vez, cerrar la ventana actual y volver al paso 2, ya que si se ingresa una clave incorrecta por tercera vez el usuario se bloqueará

Nombre o clave de acceso incorrectos (repita la entrada al sistema)

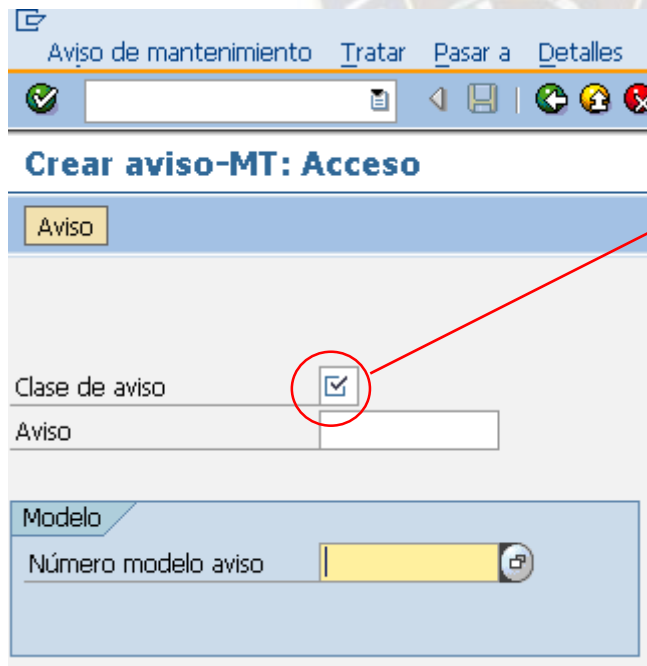
**Nota 2:** Pasado un determinado tiempo el sistema automáticamente pide cambiar de clave de acceso, la persona que al ingresar al sistema encuentre esta solicitud deberá cambiar la clave de manera correlativa (Ej: de "inicio03" a "inicio04") y comunicar a sus compañeros y supervisores que se efectuó dicho cambio.

## CREACIÓN DE AVISOS DE MANTENIMIENTO



1) Ingresar al sistema según el procedimiento “Ingreso al sistema SAP”. Acceder a la transacción de creación de avisos escribiendo IW21 en el campo superior o desplegando la carpeta Mantenición y seleccionando:

Crear aviso mant.; General



2) Los campos marcados con el símbolo  deben llenarse primero y de manera obligatoria. En este caso debe llenarse con una de las siguientes opciones:

M2: Aviso de avería


Z1: Sol. Mntto Correctivo


Aviso de mantenimiento Tratar Pasar a Detalles

Crear aviso-MT: Acceso

Aviso

Clase de aviso

3) En caso de no recordar lo que se debe llenar, posicionar el cursor en el campo Clase de aviso y apretar  (matchcode), se generará una lista con las opciones mencionadas incluidas.

Hacer clic en continuar 

Clase de aviso (1) 5 Entradas encontradas

Restricciones

Cl. Clase de aviso
I1 Aviso bienes inmueb.
M1 Solicitud PM
M2 Aviso de avería
M3 Aviso de actividad
Z1 Sol.Mntto.Correctivo

4) Llenar primeramente los campos obligatorios (Título y descripción de la falla). Ambos tienen que ser redactados como reporte de fallas y no como solución.

Aviso PM Tratar Pasar a Detalles Entorno Sistema Ayuda

Crear aviso-MT: Aviso de avería

Aviso: %00000000001 M2

Status: MEAB

Orden:

Objeto de referencia

Ubic. técn.

Equipo

Conjunto

Circunstancias


Codificación

Descripción:

Circunst.txt.explic.

5) Llenar los campos de “Objeto de referencia” de la siguiente manera:  
Ubic. técn. B2-EB22 Centro La Paz

Objeto de referencia	
Ubic. técn.	B2-EB22 Centro La Paz
Equipo	
Conjunto	

Para llenar el campo equipo, hacer clic en el botón , se desplegará el árbol de equipos de Planta La Paz, buscar el equipo que corresponda desplegando las ubicaciones técnicas haciendo clic sobre las mismas y doble clic en el equipo cuando se haya encontrado. El campo conjunto se debe dejar en blanco.

### Crear aviso mant.; General: Lista de estructura

Crear aviso mant.; General: Lista de estructura			
Ubic. técn.	B2-EB22	Válido de	10.06.2014
Denominación	Centro La Paz		
B2-EB22		Centro La Paz	
B2-EB22-10	Area Mantenión Edificios - Depósitos		
B2-EB22-15	Area Mantenión Máquinas Equipos Planta		
B2-EB22-15-01	Línea 1 (Krones-90)		
L1-MIX	Mixer 1		
L1-DNC	Desencajonador		
L1-DEC	Decapsulador		
L1-SYM	Syncrojet		
L1-ALX	Alexus		
L1-LVB	Lavadora de botellas		
L1-RIN	Rinser		
L1-OV2	Omnivision 2		
L1-COB	Analizador de bebida en línea		
L1-LLN	Llenadora		
L1-TAP	Alimentador de tapas		
L1-UV	Sistema de UV		
L1-CAP	Capsuladora		
L1-CHE	Inspector de nivel		
L1-REL	Rechazador Lineal		
L1-COI	Codificador en línea		
L1-ENC	Encajonador		
L1-TUN	Túnel termocontraible		
L1-LVC	Lavadora de cajas		

6) En los campos Circunstancias, llenar la ventana objeto de referencia con una descripción de la falla o problema:

Circunstancias	
Codificación	
Descripción	Falla bomba de vacío omnivision
La bomba de vacío presenta fallas de baja presión.....	

7) En los campos Responsabilidades, llenar de la siguiente manera:

Grupo planif. 000/EB22

Autor del aviso

Nombre de la persona que reporta la falla (Ej.: H. Mamani)

Mamani)

Responsabilidades



Grupo planif. 000 / EB22 Grupo EB22 000

Pto.tbjo.resp. EB22 Técnico Mecánico "A"

Dpto.responsabl

Responsable

Autor del aviso H. MAMANI Fecha de aviso 30.09.2014 09:24:35

Para el campo puesto de trabajo responsable, hacer clic en matchcode , se abrirá la siguiente ventana que debe ser llenada según la imagen, y hacer clic en .

Puesto de trabajo responsable en medidas de mantenimiento (1)

Clase de puesto de trabajo Buscar por clases Nombre de puesto de trabajo

Clase puesto trabajo

Centro EB22

Puesto de trabajo

Denomin.

Clave de idioma ES

Ctd.máxima aciertos 500

Seleccionar el puesto de trabajo haciendo doble clic sobre la persona que se estima que solucionará la falla o problema.

PstoT...	Denom.breve	Idio...
ELE-A	Técnico Electrónico "A"	ES
ELE-B	Técnico Electrónico "B"	ES
MEC-A	Técnico Mecánico "A"	ES
MEC-AU-A	Mecánico Automotriz "A"	ES
MEC-AU-B	Mecánico Automotriz "B"	ES
MEC-B	Técnico Mecánico "B"	ES
MEC-SO-A	Mecánico de soplado "A"	ES
MEC-SO-B	Mecánico de soplado "B"	ES
OPE-L1	Operador Línea 1	ES
OPE-L2	Operador Línea 2	ES
OPE-L3	Operador Línea 3	ES
OPE-L4	Operador Línea 4	ES
TER-CIV	Terceros Obras Civiles	ES
TER-ELE	Terceros Eléctricos	ES
TER-MEC	Terceros Mecánicos	ES

Datos avería			
Inicio avería	12.06.2014	11:20:37	<input checked="" type="checkbox"/> Parada
Fin de avería	12.06.2014	13:21:00	Duración parada 2,00 HRA

8) En los campos Datos avería, marcar el cuadro si la falla produjo una parada de producción

Llenar las fechas y horas de inicio y fin de la avería, y el tiempo de parada (puede llenarse en minutos MIN o en horas HRA)

9) Hacer clic en el botón guardar



[Aviso PM](#) [Tratar](#) [Pasar a](#) [Detalles](#) [Entorno](#) [Sistema](#) [Ayuda](#)

### Crear aviso-MT: Aviso de avería

Aviso: %00000000001 M2 **ab22**

Status: MEAB

Orden:

[Aviso](#) [Objeto ref.](#) [Avería, parada](#) [Datos emplazamiento](#) [Posiciones](#) [Medidas](#) [Actividades](#)

**Inicio**

Inicio de avería: 10.06.2014

Hora in. avería: 10:29:55

**Final**

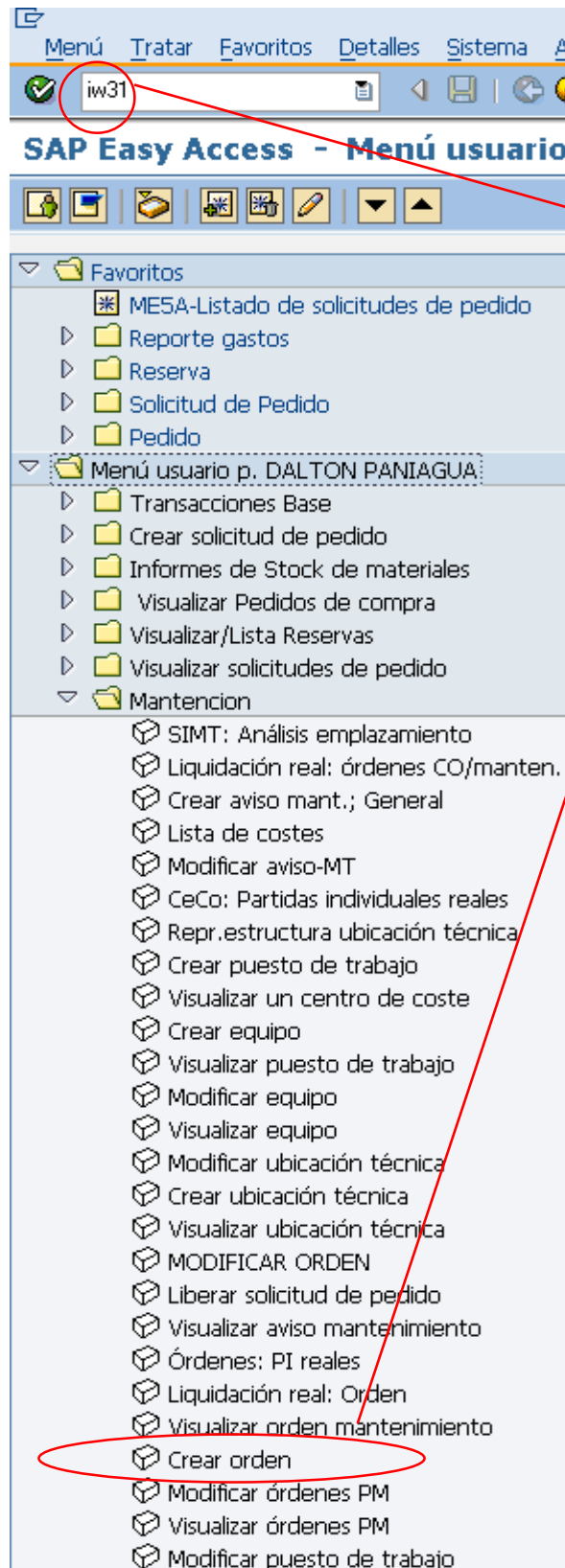
Fin de avería:

Hora fin avería: 00:00:00

**Parada**

Parada      Duración de parada:  H

## CREACIÓN DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO



1) Ingresar al sistema según el procedimiento “Ingreso al sistema SAP”. Acceder a la transacción de creación de órdenes de mantenimiento escribiendo IW31 en el campo superior o desplegando la carpeta **Mantenion** y seleccionando:

Crear orden



2) Llenar los campos de la siguiente manera:

Cl. orden ZM01 Orden de mantenimiento correctivo

Ubic. técn. B2-EB22 Centro La Paz

Ce. planif. EB22 B2-La Paz

El resto de los campos dejar en blanco

Orden Tratar Pasara Detalles Entorno Sistema Ayuda

### Crear Orden de mantenimiento Correctivo: Acceso

Datos cab.

Cl.orden ZM01

Prioridad

Ubic. técn. B2-eb22

Equipo



Conjunto

Ce. planif. eb22

División

Modelo

Orden

Para llenar el campo equipo, hacer clic en el botón , se desplegará el árbol de equipos de Planta La Paz, buscar el equipo que corresponda desplegando las ubicaciones técnicas haciendo clic sobre las mismas y doble clic en el equipo cuando se haya encontrado. Luego hacer clic en continuar 

### Crear aviso mant.; General: Lista de estructura

Ubic. técn. B2-EB22 Válido de 10.06.2014

Denominación Centro La Paz

B2-EB22 Centro La Paz

- B2-EB22-10 Area Mantenición Edificios - Depósitos
- B2-EB22-15 Area Mantenición Máquinas Equipos Planta
  - B2-EB22-15-01 Línea 1 (Krones-90)
    - L1-MIX Mixer 1
    - L1-DNC Desencajonador
    - L1-DEC Decapsulador
    - L1-SYN Syncrojet
    - L1-ALX Alexus
    - L1-LVB Lavadora de botellas
    - L1-RIM Rinser
    - L1-OV2 Omnivision 2

Orden Tratar Pasar a Detalles Entorno Sistema Ayuda

**Crear Orden de mantenimiento Correctivo : Cabecera central**

Orden: ZM01 %00000000001 Revisión sist.lubricación bomba de vacío

Estad. sist.: ABIE DMNV FENA

**Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz.**

**Responsable**

Gpo.plan. 000 / EB22 Grupo EB22-000 Aviso %00000000001

Rs.pto.tr. MEC-A / EB22 Técnico Mecánico... Costes BOB

Cl.actv.PM 202 MC Mant Maqui... EstdInstal

**Fechas**

Inic.extr. 10.06.2014 Prioridad 3-medio

Fin extr. 12.06.2014 Revisión

Inic.prog. 00:00 Inic.real 00:00  Desplazar orden

Fin progr. 00:00 Fin real 00:00  Ind. datos REO

Cl.progr. Sólo necesidad... Fecha ref. 10.06.2014  Fecha autem.

Vista REO Predecesor  Con descansos

Versión  Adaptar fechas  NecCapac.

3) Llenar los campos de la pestaña Datos cab. de la siguiente manera:

Rs.pto.tr.: Puesto de trabajo de la persona que ejecutará la orden (se puede seleccionar de lista como en los avisos)

Gpo.plan.: 000/EB22

Encabezado:  
Descripción breve del trabajo a realizar

Inic.extr.: Fecha de inicio de ejecución

Fin extr.: Fecha de fin de ejecución

Prioridad: Prioridad de la orden (se puede seleccionar de lista como en los avisos)

Cl.progr.: Seleccionar "Sólo necesidades de capacidad"

El resto de los campos dejar lo que el sistema da por defecto

Orden: ZM01 4018061 Revisión sist.lubricación bomba de vacío

Stat.sist. LIB. IMPR DMVY EDET FENA KROM WLIQ PR...

Datos cab. **Oper.** Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control

Op	SOp	PstoTbjo	Cen	Clav	Clv	E	Txt.br.v.operación	FE	Trabajo real	Trabajo Un	Cantidad	Dur.	Un	ClvCá
0010		MEC-A	EB22	PM01			HUGO MAMANI-JOSE NINA	<input checked="" type="checkbox"/>	0	240MIN	2	120MIN		Calcular trabajo
0010	0010	MEC-A	EB22	PM01			Desmontar equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	0,000					
0010	0020	MEC-A	EB22	PM01			Realizar limpieza general y ajustes	<input checked="" type="checkbox"/>	0,000					
0010	0030	MEC-A	EB22	PM01			Montar el equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	0,000					
0020		OPE-L1	EB22	PM01			pruebas de funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	0	30MIN	1	30MIN		Calcular trabajo

4) Pasar a la pestaña operaciones

En esta pestaña es importante no olvidar desplazarse de celda a celda utilizando el ratón (no apretar "Enter")

4.1) Llenar la primera fila en la columna Txt.br.v.operación con el (los) nombre(s) de los ejecutantes.

4.2) En la columna Dur. llenar el tiempo-hombre que se requiere para efectuar la tarea seguido de sus unidades en Un.

4.3) En la columna Cantidad llenar la cantidad de personas requeridas para efectuar la tarea

4.4) En la columna ClvCá seleccionar Calcular trabajo desplegando la lista,

4.5) Llenar las unidades del trabajo Un, luego presionar tres veces enter.

En las siguientes filas se debe especificar si son operaciones o suboperaciones.

4.6) Si son suboperaciones, cambiar el número en la columna Op. Al mismo número de la fila anterior y numerar la columna SOp de diez en diez

4.6) Si son operaciones, volver al punto 4.2

5) Hacer clic en el botón guardar

## ANEXO 7-4

### CLASIFICACIÓN ABC DE LAS MAQUINAS.

Para clasificar las máquinas de acuerdo a este procedimiento se utiliza el diagrama de decisión de la Anexo 6-1, donde se realiza una ponderación de seis aspectos principales como son Seguridad, Calidad, Horas de operación, impacto de productividad, frecuencia de falla y mantenibilidad.

La clasificación de cada uno de estos aspectos se resume en la cuadro 7-4, a continuación.

#### ANEXO 7-4a

**SMML.: Cuadro criterios de clasificación equipos, 2015**

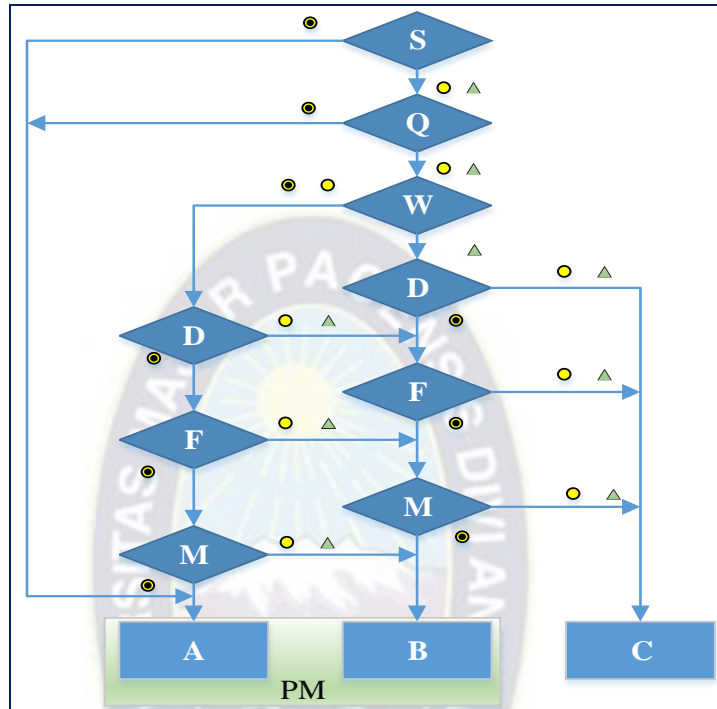
		Clasificación		
		●	●	▲
<b>S</b>	Riesgo potencial de accidentes debido a fallas en equipo	Alto riesgo de accidente.	Bajo riesgo de accidente.	Riesgo despreciable de accidente.
<b>Q</b>	Perdidas de potencial. Reclamos y reprocesos (fuente: calidad)	Alto potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos.	Bajo potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos.	Despreciable potencial en causar pérdidas, reclamos o reprocesos.
<b>W</b>	Tiempo en que el equipo está disponible para la producción.	24 h / día	8 - 24 h / día	8 h / día
<b>D</b>	Impacto causado en la línea de producción (tiempo de proceso) debido a fallas en el equipo.	La falla de la máquina interrumpe el siguiente proceso productivo.	La falla de la máquina no interrumpe el siguiente proceso productivo. Pero causa perdidas	La falla de la máquina no interrumpe el siguiente proceso productivo.
<b>F</b>	Frecuencias de fallas en el equipo.	$F > 1$ fallas por mes	De 1 falla por mes a 1 falla por 2 meses	$F < 1$ fallas por 2 meses
<b>M</b>	Tiempo medio de reparación.	$MTTR \geq 2$ h	$2 h > MTTR > 0,5$ h	$MTTR < 0,5$ h

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

El procedimiento consiste en determinar la clasificación de cada uno de los aspectos en cada máquina y equipos mediante el diagrama de decisión se determinar el tipo al cual pertenece la maquina o equipo, sea A, B o C.

### ANEXO 7-4b

SMML: Clasificación equipos y maquinaria, 2015



**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Con la clasificación de cada equipo se determina el tipo de actividades de mantenimiento recomendadas o necesarias de acuerdo al siguiente resumen:

### ANEXO 7-4c

SMML: Tipos de mantenimiento aplicados por clasificación, 2015

Máquinas y equipos TIPO A	Mantenimiento predictivo. Mantenimiento preventivo. Análisis de cada falla y soporte en mantenimiento autónomo. Enfoque a la reducción de fallas (equipo de trabajo). Análisis de RCM.
Máquinas y equipos TIPO B	Mantenimiento predictivo. Mantenimiento preventivo. Enfoque a la reducción de fallas (equipo de trabajo). Análisis de fallas por el equipo de mantenimiento.
Máquinas y equipos TIPO C	Mantenimiento correctivo. Mantenimiento preventivo y predictivo. Monitoreo de fallas por parte del área de mantenimiento para evitar que se vuelvan repetitivas.

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Con el procedimiento claro se realiza la recolección de la información necesaria para poder determinar la clasificación de los diferentes aspectos.

Se inicia con un análisis de las fallas presentadas, en el año 2014, en los diferentes equipos de la línea de embotellado de bebidas, para el caso de estudio se selecciona la líneas 2, y esta información se resume en el siguiente cuadro:

#### ANEXO 7-4d

##### SMMI.: Resumen de tiempo perdidos de la Línea Kronos K-108, 2014

CÓDIGO	MÁQUINA	TIEMPO PERDIDO TOTAL [h]	NÚMERO DE PARADAS [ ]
L2-DNC	Desencajonador	47,0	36
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	3,1	4
L2-DEC	Descapsulador	38,0	27
L2-SYN	Syncrojet	10,0	8
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	17,0	12
L2-LVB	Lavadora de botellas	164,3	85
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	22,0	17
L2-LVC	Lavadora de cajas	14,0	10
L2-VOL	Volteador de cajas	10,6	7
L2-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	52,8	29
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	58,7	22
L2-LLN	Llenadora	176,0	88
L2-CAP	Capsulador	29,3	12
L2-COI	Codificador	12,1	8
L2-ENC	Encajonador	64,8	43
L2-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	39,2	26
L2-TRC	Sistema de transporte de cajas	11,7	22
L2-COB	Analizador LAN II	10,6	7
L2-CHE	Checkmat	11,7	8
L2-TAP	Alimentador de tapas	16,1	11
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>808,9</b>	<b>545</b>

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

1. En el cuadro 4 se resume los tiempos programados y los tiempos de operación de máquina de forma global para la línea 2 de envasado durante el año 2014. Adicionalmente se calcula la disponibilidad de la línea de mes a mes durante el año.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas de operación maquinas (linea)}}{\text{Horas programadas (linea)}}$$

2. Con los datos totales de tiempos de máquinas se calcula el tiempo medio entre fallas (MTBF) y la frecuencia de falla, para cada equipo, y finalmente se calcula los tiempos de mantenibilidad o MTTR tiempo medio de reparación. Tomando en cuenta solamente fallas significativas o superiores a 10 min.

$$MTBF = \frac{\sum(TBF)}{\text{Número de fallas} + 1} \quad ; \quad MTTR = \frac{\text{Horas de tiempo perdido}}{\text{Número de fallas}}$$

$$\text{Frecuencia de fallas} = \frac{1}{MTBF} \cdot 24 \text{ [h]} \cdot 30 \text{ [día]}$$

#### ANEXO 7-4e

**SMML:** Resumen de tiempo perdidos de la Línea Krones K-108, 2014

MESES	HORAS DE OPERACIÓN MÁQUINAS (LÍNEA) [h]	HORAS PROGRAMADAS LINEA [h]	DISPONIBILIDAD DE LINEA [%]
1	346,7	469,0	73,9%
2	320,4	434,0	73,8%
3	373,5	513,1	72,8%
4	355,7	484,0	73,5%
5	369,5	506,0	73,0%
6	318,8	431,2	73,9%
7	353,8	481,3	73,5%
8	420,4	715,1	58,8%
9	443,3	696,1	63,7%
10	481,7	735,2	65,5%
11	383,2	589,9	65,0%
12	391,1	586,5	66,7%
<b>TOTAL</b>	<b>4558,3</b>	<b>6641,3</b>	<b>69,5%</b>

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

#### ANEXO 7-4f

**SMML:** Cálculo de MTBF, frecuencia de falla y MTTR, Línea Krones K-108, 2014

CÓDIGO	MÁQUINA	CANTIDAD DE FALLAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS > 10 [min] [h]	MTBF [h]	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTTR [h]
L2-DNC	Desencajador	29	45,83	151,94	4,74	1,58
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	3	2,94	1139,57	0,63	0,98
L2-DEC	Descapsulador	21	37,00	207,19	3,47	1,76
L2-SYN	Syncrojet	7	9,83	569,79	1,26	1,40
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	12	17,00	350,64	2,05	1,42
L2-LVB	Lavadora de botellas	74	108,93	60,78	11,85	1,47
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	17	22,00	253,24	2,84	1,29
L2-LVC	Lavadora de cajas	10	14,00	414,39	1,74	1,40
L2-VOL	Volteador de cajas	7	10,55	569,79	1,26	1,51
L2-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	23	51,80	189,93	3,79	2,25
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	22	58,67	198,19	3,63	2,67
L2-LLN	Llenadora	78	124,33	57,70	12,48	1,59
L2-CAP	Capsulador	12	29,33	350,64	2,05	2,44
L2-COI	Codificador	8	12,07	506,48	1,42	1,51
L2-ENC	Encajonador	39	64,10	113,96	6,32	1,64
L2-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	22	38,51	198,19	3,63	1,75
L2-TRC	Sistema de transporte de cajas	19	9,20	227,91	3,16	0,48
L2-COB	Analizador LAN II	7	10,55	569,79	1,26	1,51
L2-CHE	Checkmat	8	11,74	506,48	1,42	1,47
L2-TAP	Alimentador de tapas	11	16,10	379,86	1,90	1,46

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

## ANEXO 7-4g

### SMMI.: Clasificación ABC de equipos Línea Kronos K-108, 2014

CÓDIGO	MÁQUINA	SEGURIDAD	CALIDAD	ENTREGA	FRECUENCIA DE FALLA	MTTR	CLASIFICACIÓN
L2-DNC	Desencajonador	●	●	●	●	●	B
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	●	●	●	▲	●	A
L2-DEC	Descapsulador	●	●	●	●	●	C
L2-SYN	Syncrojet	●	●	●	●	●	A
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	●	●	●	●	●	A
L2-LVB	Lavadora de botellas	●	●	●	●	●	A
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	●	●	●	●	●	B
L2-LVC	Lavadora de cajas	●	▲	●	●	●	C
L2-VOL	Volteador de cajas	●	▲	●	●	●	C
L2-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	●	●	●	●	●	A
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	●	●	●	●	●	A
L2-LLN	Llenadora	●	●	●	●	●	A
L2-CAP	Capsulador	●	●	●	●	●	A
L2-COI	Codificador	●	●	●	●	●	A
L2-ENC	Encajonador	●	▲	●	●	●	C
L2-TRB	Sistema de transporte de botellas por cadenas	●	▲	●	●	●	C
L2-TRC	Sistema de transporte de cajas	▲	▲	▲	●	▲	C
L2-COB	Analizador LAN II	●	●	●	●	●	A
L2-CHE	Checkmat	●	●	●	●	●	A
L2-TAP	Alimentador de tapas	●	●	●	●	●	C

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Un análisis simple de la tabla de criticidad nos muestra que los equipos más importantes o de clasificación A y B, son 13 máquinas que a continuación para determinar cuál debe ser tomada con mayor prioridad, se analiza su impacto en el proceso tomando como referencia aspectos como, entrega, frecuencia de fallas y el tiempo medio de reparación.

## ANEXO 7-4h

### SMMI.: Comparación de aspectos de equipos críticos Línea Kronos K-108, 2014

CÓDIGO	MÁQUINA	ENTREGA	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTBF [h]	MTTR [h]
L2-DNC	Desencajonador	●	4,74	151,94	1,58
L2-VIS	Pantallas de inspección visual humana	●	0,63	1139,57	0,98
L2-SYN	Syncrojet	●	1,26	569,79	1,40
L2-ALX	Inspector de botellas vacías "ALEXUS"	●	2,05	350,64	1,42
L2-LVB	Lavadora de botellas	●	11,85	60,78	1,47
L2-RIN	Enjuagador de botellas "RINSER"	●	2,84	253,24	1,29
L2-LNT	Inspector de botellas vacías "LINATRONIC"	●	3,79	189,93	2,25
L2-MIX	Mezcladora "MIXER"	●	3,63	198,19	2,67
L2-LLN	Llenadora	●	12,48	57,70	1,59
L2-CAP	Capsulador	●	2,05	350,64	2,44
L2-COI	Codificador	●	1,42	506,48	1,51
L2-COB	Analizador LAN II	●	1,26	569,79	1,51
L2-CHE	Checkmat	●	1,42	506,48	1,47

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.



## ANEXO 7-5

### DESCRIPCIÓN LAVADORA DE BOTELLAS KRONES LAVATEC

La lavadora es la encargada de realizar dos operaciones principales: limpieza mecánica de las botellas y remoción aseptia de microorganismos dañinos a la bebida refrescante para ejecutar estas operaciones se debe tener en cuenta los siguientes procesos.

1. Efecto de inmersión: la remoción de la suciedad requiere un tiempo de empape y disolución este proceso de lavado se realiza en botellas RefPet y en las botellas de vidrio sumergiéndolas en tres tanque con una mezcla de agua blanda, Soda caustica y aditivos para el lavado. Para las botellas RefPet el tiempo de inmersión se encuentra aproximadamente entre 7 y 20 minutos, la concentración de aditivos de lavado están entre 0,4-0,7 % y la velocidad de lavado es de 276 bpm, y para las botellas de vidrio el tiempo de inmersión es de 5 y 120 minutos, cuya concentración de aditivos es de 0,4-0,5 % y la velocidad de lavado es de 520 bpm.
2. Efecto mecánico de chorros de solución de soda.
3. Temperatura de lavado y agente limpiador: Las temperaturas altas siempre aceleran la remoción de la mugre y la soda mata los microorganismos, además también ablanda y disuelve la mugre.

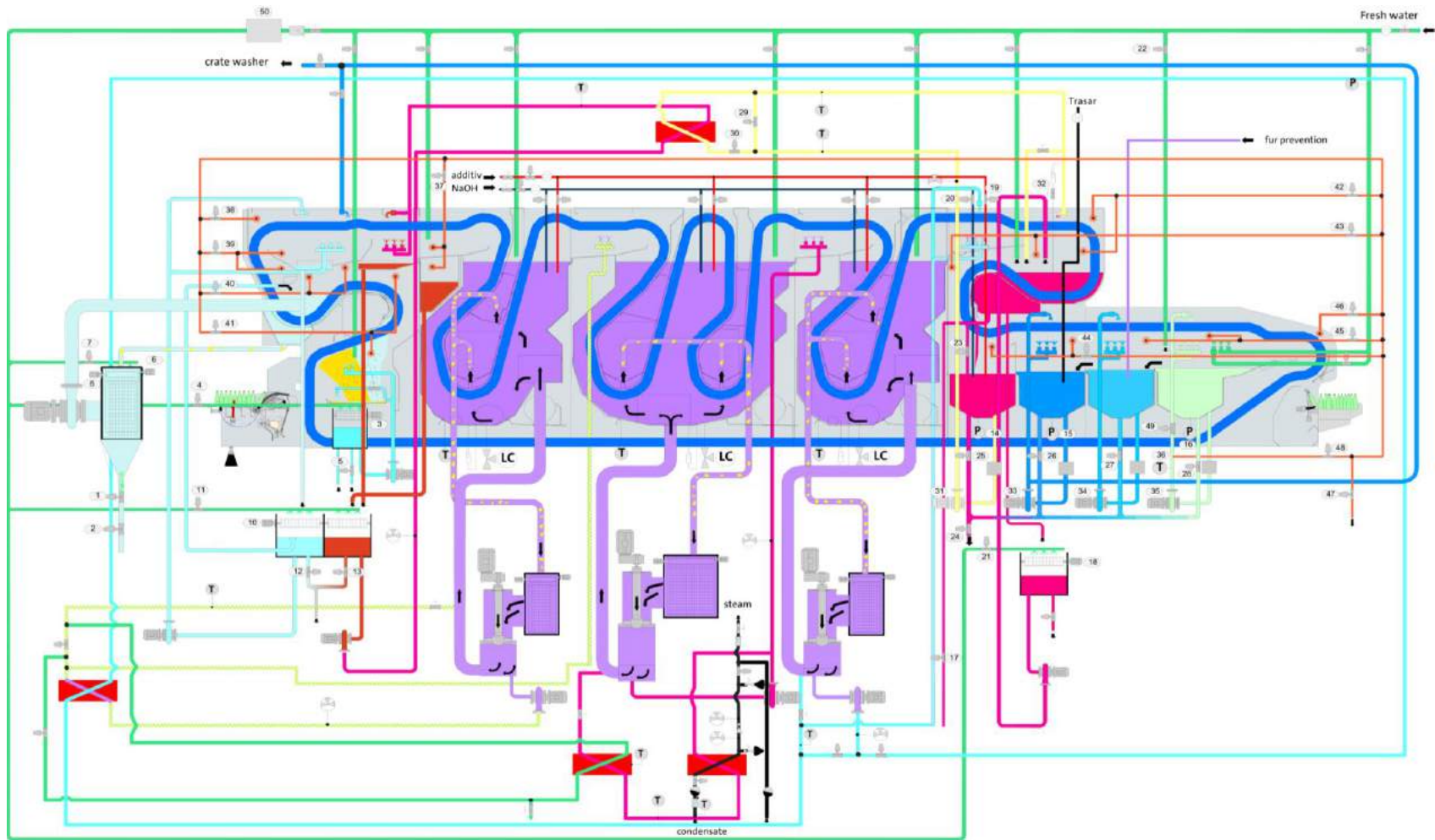
El primer tanque es de pre-enjuague donde para el caso de las botellas RefPet la temperatura aproximada es de 40 °C con una concentración de 1% de soda caustica y para las botellas de vidrio de 55 °C con una concentración de 3,5% de esta manera se inactiva cualquiera vida bacteriana.

En el segundo tanque se sumergen las botellas RefPet a temperatura superior a 18 °C al tanque de pre-enjuague con una concentración de 2,5% de Soda caustica y para las botellas de vidrio la temperatura debe ser superior en 15 °C con una concentración de 4%.

Finalmente las botellas son introducidas en un tercer tanque a la misma concentración y temperatura del segundo tanque para las botellas RefPet, pero en el caso de botellas de vidrio la concentración de soda caustica es igual a la del tanque de pre-enjuague y la temperatura es inferior en 5 °C al segundo tanque.

Después del paso por los tanques de soda caustica las botellas son enjuagadas con agua fresca que es agua blanda con una concentración de cloro en el agua entre 1-3 mg/l. este enjuague final tiene el propósito de remover toda traza de soda caustica que haya podido quedar impregnada dentro de la botella. Todo este ciclo de diferencia de temperaturas entre los citados tanques se hace con el fin de evitar que las botellas tengan un choque térmico.

A continuation se describe los componentes subconjuntos y sistemas de la lavadora de botellas

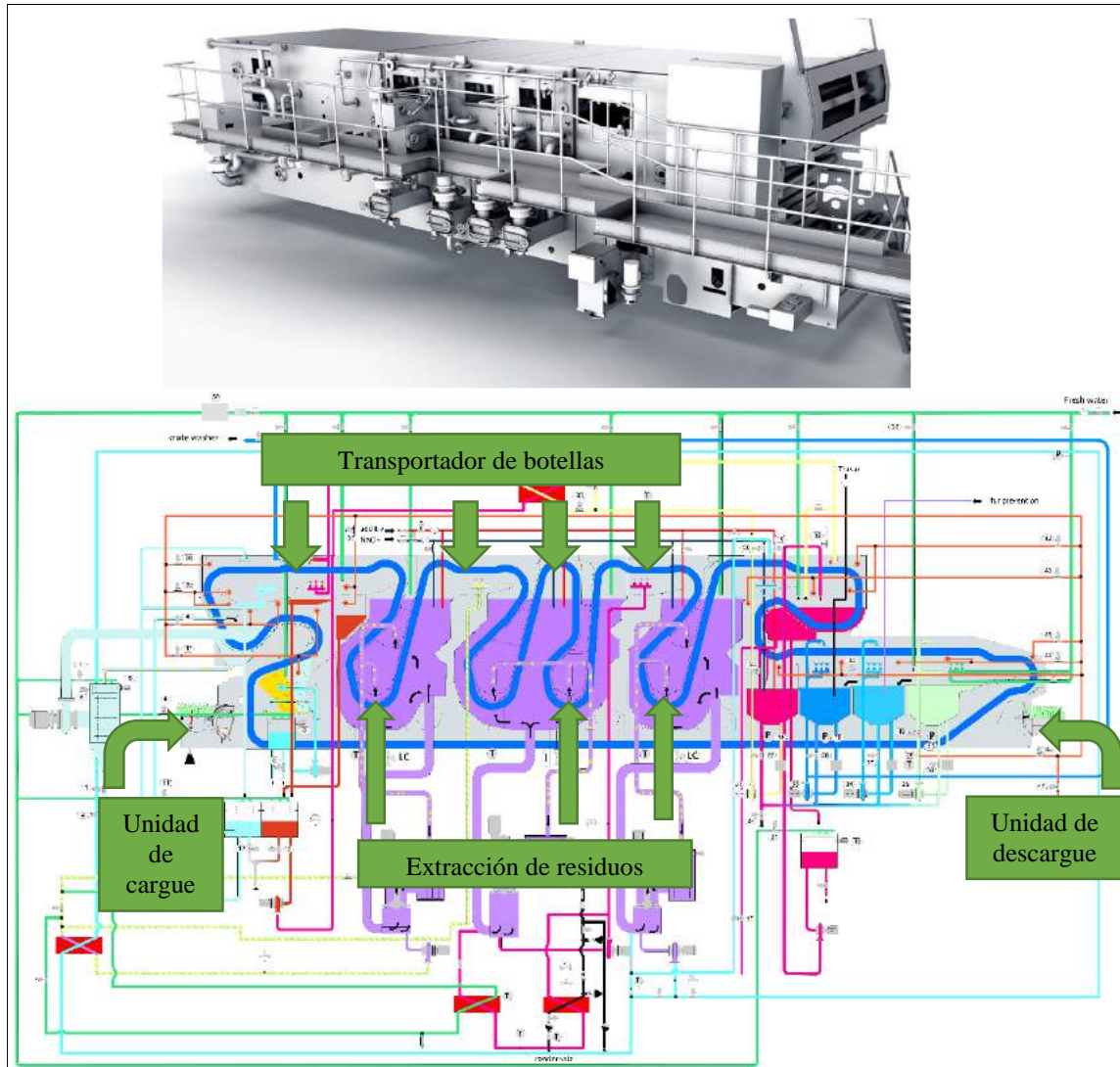


- 1 Salida remojo vidrio roto arriba.
- 2 Salida remojo vidrio roto abajo.
- 3 Cinta tamizadora pre rociado de alta presión.
- 4 Rociado cinta tamizadora pre rociado de alta presión.
- 5 Salida pre rociado de alta presión.
- 6 Cinta tamizadora remojo cepillo.
- 7 Rociado cinta tamizadora remojo extractor de objetos.
- 8 Transportador colector de residuos 1.
- 9 Transportador colector de residuos 2.
- 10 Cinta tamizadora pre rociado / recuperación.
- 11 Rociado cinta tamizadora pre rociado / recuperación.
- 12 Salida pre rociado.
- 13 Salida recuperación.
- 14 Nivel sosa de fosfato (transmisor de presión).
- 15 Nivel agua caliente 1 (transmisor de presión).
- 16 Nivel agua fría (transmisor de presión).
- 17 Salida baño de sosa de fosfato (bypass).
- 18 Cinta tamizadora sosa de fosfato arriba.
- 19 Dosificación aditivos.
- 20 Dosificación NaOH.
- 21 Rociado cinta tamizadora sosa de fosfato arriba.
- 22 Llenado zona de agua (con agua fresca).
- 23 Llenado zona de agua del baño de inmersión de sosa de fosfato.
- 24 Salida tuvo colector zona de agua.
- 25 Salida sosa de fosfato.
- 26 Salida agua caliente 1.
- 27 Salida agua caliente 2.
- 28 Salida agua fría.
- 29 Válvula bypass recuperación.
- 30 Válvula recuperación.
- 31 Bomba sosa de fosfato (abajo).
- 32 Conductancia sosa de fosfato.
- 33 Bomba agua caliente 1.
- 34 Bomba agua caliente 2.
- 35 Bomba agua fría.
- 36 Temperatura agua fría.
- 37 Limpieza recuperación.
- 38 Limpieza pre rociado.
- 39 Limpieza pre rociado/remojo.
- 40 Limpieza remojo.
- 41 Limpieza pre rociado de alta presión.
- 42 Limpieza baño de inmersión de sosa de fosfato arriba.
- 43 Limpieza baño de inmersión de sosa de fosfato.
- 44 Limpieza sosa de fosfato y agua caliente 1
- 45 Limpieza agua caliente 2 y agua fría.
- 46 Limpieza parte superior descarga.
- 47 Vaciado limpieza interior.
- 48 Limpieza interior válvula principal.
- 49 Bloqueo rociado de agua fría.
- 50 Limpiador de alta presión.

Los principales subconjuntos de la máquina son:

### ANEXO 7-5a

EMBOL S. A.: Diagrama real y de subconjuntos de lavadora de botellas, 2014

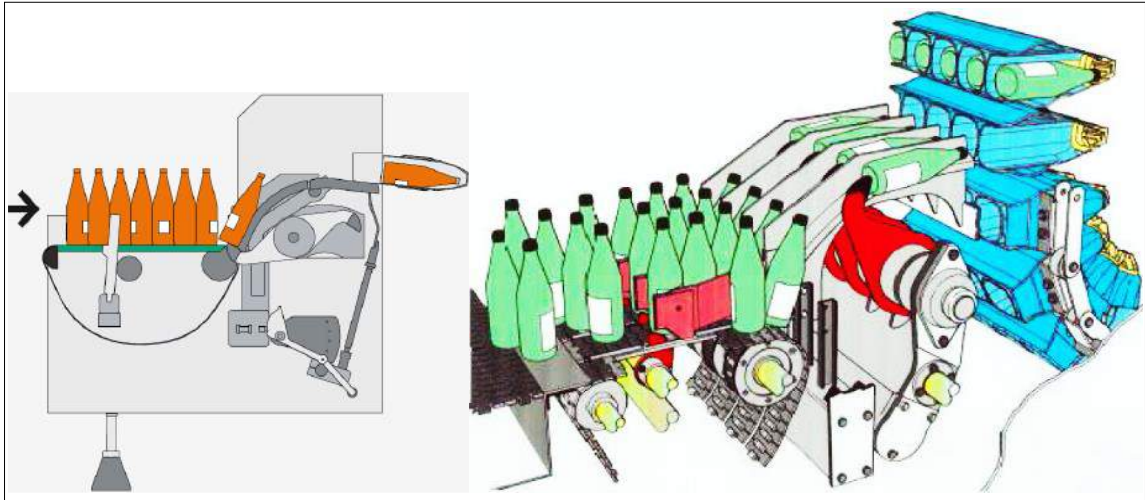


**Fuente:** Elaboración con base en datos de supervisión de mantenimiento.

1. Sistema de carga de botellas: El conjunto se encarga de colocar las botellas en las canastas o transportador de botellas.
2. Sistema de accionamiento principal: Es el conjunto de reductores y motor principal que mueven el transportador de botellas, porta canastas, el sistema de carga y descarga.

### GRÁFICO 7-5b

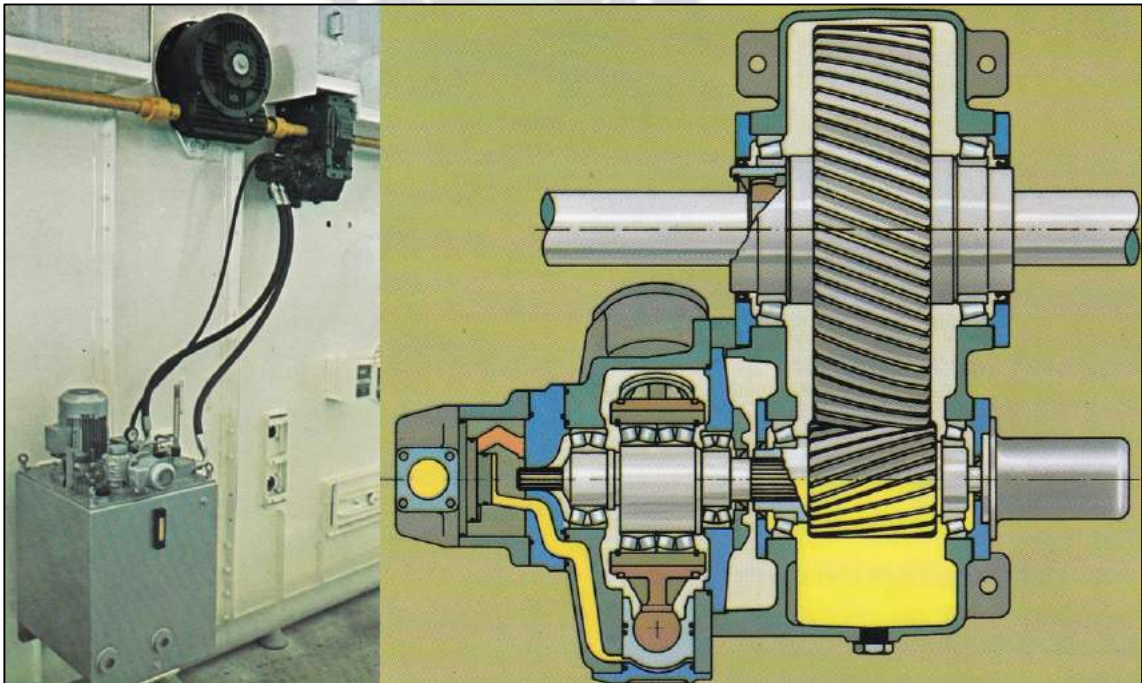
EMBOL S. A.: Sistema de cargue de botellas, 2014



Fuente: Catalogo lavadora de botellas Kronen.

### ANEXO 7-5c

EMBOL S. A.: Sistema de cargue de botellas, 2014

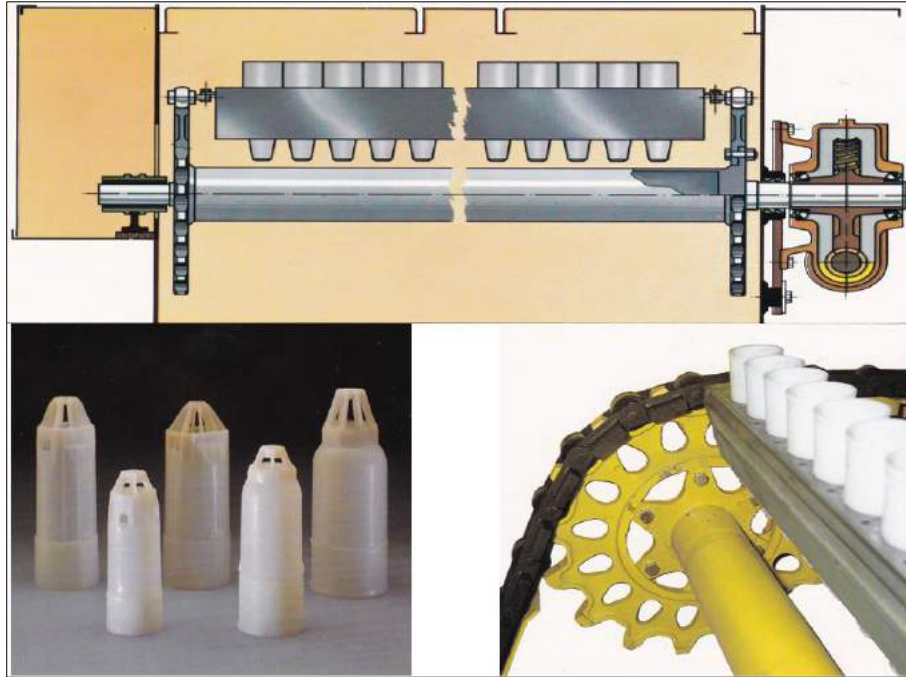


Fuente: Catalogo lavadora de botellas Kronen.

3. Sistema de manejo de botellas: Hace referencia a las canastas porta botellas.

**ANEXO 7-5d**

**EMBOL S. A.:** Sistema de cargue de botellas, 2014

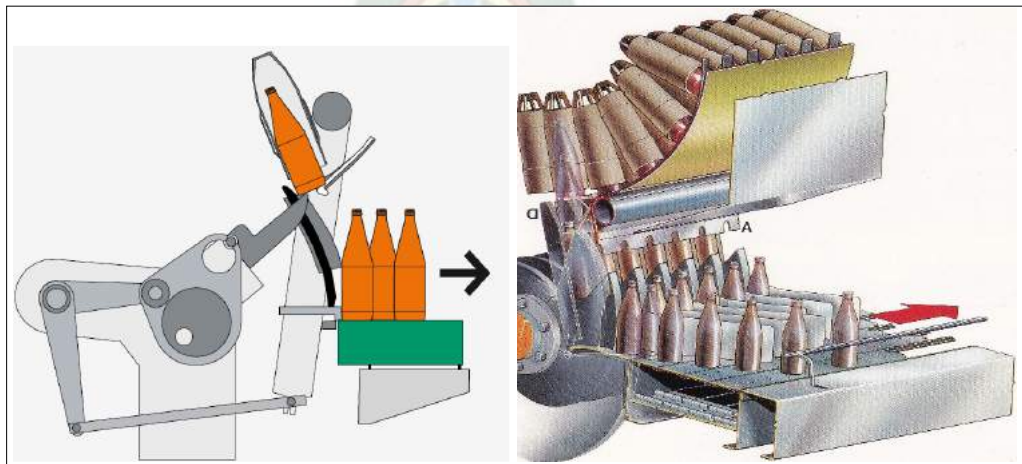


**Fuente:** Catalogo lavadora de botellas Krones.

4. Sistema de descarga de botellas: Se encarga de retirar la botella de la máquina.

**ANEXO 7-5e**

**EMBOL S. A.:** Sistema de cargue de botellas, 2014

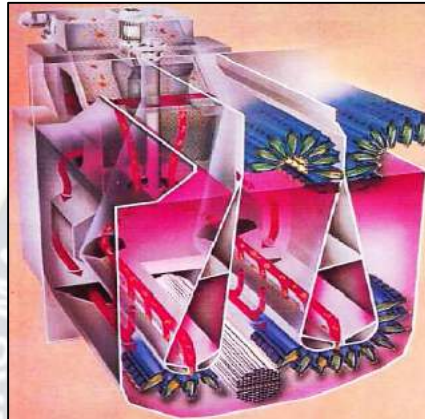


**Fuente:** Catalogo lavadora de botellas Krones.

5. Sistema eléctrico: Comprenden los sistemas eléctricos y de control de la máquina.
6. Sistema de extracción residuos: Se encarga de extraer los residuos de los tanques de soda.

#### ANEXO 7-5f

EMBOL S. A.: Sistema de cargue de botellas, 2014

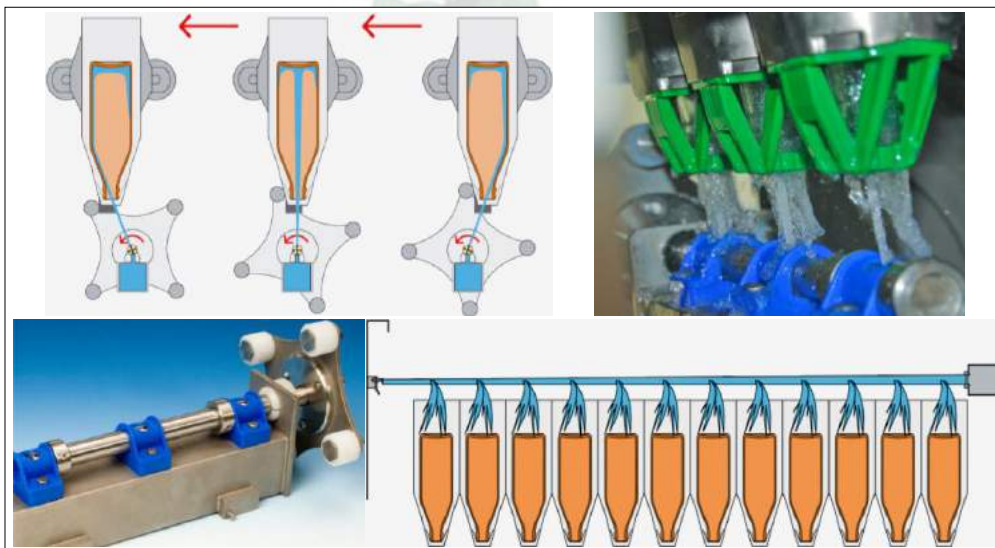


**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento

7. Sistema de bombeo y enjuague: Corresponde a los sistemas de bombeo y flautas de enjuague externo e interno de las botellas.

#### ANEXO 7-5g

EMBOL S. A.: Sistema de enjuague a presión de botellas, 2014



**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

## ANEXO 7-6

### ANÁLISIS DE FALLAS LAVADORA DE BOTELLAS L2 –LVB KRONES K 108.

Conociendo ya los subconjuntos (véase anexo 7-5) podemos realizar un seguimiento del último año en cuanto al comportamiento de los tiempos perdidos atribuibles a cada uno de ellos. A continuación se resume los resultados obtenidos.

#### ANEXO 7-6a

**SMMI.:** Resumen de fallas subconjuntos lavadora Kronos K-108, 2014

SUBCONJUNTO	NUMERO DE PARADAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO DE PARADA [h]
Sistema de descarga lavadora	31	36,62
Sistema de cargue lavadora	18	29,18
Sistema de accionamiento principal	11	35,87
Sistema Eléctrico	6	25,79
Sistema de manejo de botellas	4	15,43
Sistema de bombeo y enjuague	3	10,77
Sistema de extracción de residuos	1	8,27
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>	<b>161,93</b>

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

Al analizar la cantidad de fallas y el total de tiempos perdidos de cada uno de los subconjuntos encontramos en cada uno los siguientes modos de falla:

#### ANEXO 7-6b

**SMMI.:** Resumen de modos de falla para subconjuntos de lavadora Kronos K-108, 2014

SUBCONJUNTO	MODOS DE FALLA	TIEMPO PERDIDO TOTAL [h]
Sistema de descarga lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	7,84
	Falla de láminas de deslizamiento guías de entrega de botella.	9,55
	Fallas por botella caída o atascada.	19,23
Sistema de cargue lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	22,51
	Botella caída mesa de cargue.	6,67
Sistema de accionamiento principal	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras.	35,87
Sistema Eléctrico	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores	25,79
Sistema de manejo de botellas	Fallas en canastas porta botella y puntales defectuosos.	15,43
Sistema de bombeo y enjuague	Fallas en flautas de enjuague por fugas	10,77
Sistema de extracción de residuos	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción	5,21
	Atascamiento de mallas extractoras	3,06

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.



Al conocer los diferentes modos de falla de los subconjuntos los podemos clasificar de acuerdo a su consecuencia y aplicar sobre los más críticos la metodología de análisis de falla y poder así determinar la causa raíz. A continuación se explica la metodología de análisis de falla utilizada para el caso de estudio.

- Identificación de las probables causas que ocasionan los modos de falla.
- Generar acciones correctivas y preventivas.

A continuación en el cuadro 7-13 se resumen las posibles causas atribuibles a los diferentes modos de falla y las acciones correctivas y preventivas cercanas a prevenirlos:

Acciones preventivas y correctivas para los diferentes modos de falla

### ANEXO 7-6c

**SMML:** Acciones preventivas y correctivas para diferentes modos de falla, 2014

SUBCONJUNTO	MODOS DE FALLA	CAUSA	ACIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS
Sistema de descarga lavadora.	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	Botella rota dentro de la máquina.	1. Garantizar funcionamiento de sistema de control de temperatura para evitar choque térmico. 2. Realignar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas.
		Desgaste y desajuste de los elementos del embrague.	1. Realizar limpieza y calibración de los sistemas para evitar oxidación y desajuste.
		Botella invertida.	1. Mantenimiento de la mesa de alimentación de cargue para evitar botella caída.
	Falla de laminas de deslizamiento o guías de entrega de botella.	Desgaste de láminas	1. Realizar revisiones internas de la periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas.
		Deformación de láminas por botella atascadas.	1. Mantenimiento de la mesa de alimentación cargue para evitar botella caída. 2. Realizar revisiones internas de periódicamente para verificar desgaste de guía y láminas
	Fallas por botella caída o atascada.	Vidrio en los bolsillos de la canasta porta botella	1. Garantizar funcionamiento de sistema de control de temperatura para evitar choque térmico. 2. Realignar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas.
Sistema de cargue lavadora.	Perturbación de sistema de embrague.	Desgaste y desajuste del embrague.	1. Realizar limpieza y calibración del sistema para evitar oxidación y desajuste.
	Pérdida de tiempo de entrega.	Desgaste desajuste de los elementos del embrague.	1. Realizar limpieza y calibración del sistemas para evitar oxidación y desajuste.
	Botella caída mesa de cargue.	Desgaste de cadenas y cintas transportadoras.	1. Mantenimiento de mesa de alimentación cargue para evitar botella caída.

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

## ANEXO 7-6c (Continuación)

**SMML:** Acciones preventivas y correctivas para diferentes modos de falla, 2014

SUBCONJUNTO	MODOS DE FALLA	CAUSA	ACIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS
Sistema de accionamiento principal.	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras.	Elongación de la cadena porta canastas.	1. Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas, además realizar verificación de la elongación de la cadena.
		Daño de guías de rodadura internas.	1. Realizar revisiones internas de la máquina periódicamente para verificar desgaste de guías y láminas, además realizar verificación de la elongación de la cadena.
		Freno electromecánico atascado.	1. Realizar limpieza y calibración periódicamente.
		Daño en acoples y sistemas de transmisión de potencia.	1. Realizar inspección visual del estado de los sistemas de transmisión.
		Fallas en rodamientos de cajas reductoras.	1. Garantizar frecuencia de lubricación. 2. Realizar análisis de vibraciones.
Sistema Eléctrico.	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores.	Exceso de humedad.	1. Identificar referencias instaladas y grado de protección. 2. Diseñar sistemas de protección contaminación.
		Cables abiertos.	1. Realizar rutina de verificación de motores y cableado.
Sistema de manejo de botellas.	Fallas en canastas porta botella y puntales defectuosos.	Rotura de canasta.	1. Realizar inspección general de canastas y puntales periódicamente.
		Rotura de botellas por puntales defectuosos.	1. Realizar inspección general de canastas y puntales periódicamente.
Sistema de bombeo y enjuague.	Fallas en flautas de enjuague por fugas.	Daño de empaques.	1. Realizar mantenimiento general de flautas.
Sistema de extracción de residuos.	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción.	Elongación de cadena de accionamiento.	1. Realizar verificación de funcionamiento periódicamente.
		Elongación de cadena de malla.	1. Realizar verificación de funcionamiento periódicamente.
	Atascamiento de mallas extractoras.	Exceso de suciedad.	1. Realizar saneamiento general de maquina periódicamente.

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

## ANEXO 7-7

### CALCULO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO CRÍTICO.

Como parte final del análisis de las condiciones actuales de la lavadora de botellas se realizará un cálculo de los indicadores de mantenimiento de cada uno de los sub conjuntos, esto para tener una base para poder corroborar el mejor mantenimiento del equipo en el momento en que se inicie la ejecución de las tareas planteada en el análisis.

A continuación se resumen los resultados de los indicadores.

### ANEXO 7-7a

#### SMML: Calculo de indicadores para subconjuntos, 2014

SUBCONJUNTO	MODOS DE FALLA	CANTIDAD DE FALLAS > 10 [min] [ ]	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS > 10 [min] [h]	MTBF [h]	FRECUENCIA FALLAS AL MES [ fallas/mes]	MTTR [h]
Sistema de descarga lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	31	36,62	142,45	5,05	1,18
Sistema de cargue lavadora	Perturbación de sistema de embrague. Pérdida de tiempo de entrega.	18	29,18	239,91	3,00	1,62
Sistema de accionamiento principal	Sobrecargas en motor principal y cajas reductoras.	11	35,87	379,86	1,90	3,26
Sistema Eléctrico	Fallas en sensores y perturbaciones por sobrecargas en motores	6	25,79	651,18	1,11	4,30
Sistema de manejo de botellas	Fallas en canastas porta botella y puntales defectuosos.	4	15,43	911,66	0,79	3,86
Sistema de bombeo y enjuague	Fallas en flautas de enjuague por fugas	3	10,77	1139,57	0,63	3,59
Sistema de extracción de residuos	Perturbaciones en accionamiento de sistemas de extracción	1	8,27	2279,14	0,32	8,27

**Fuente:** Elaboración en coordinación con supervisión de mantenimiento.

### Programa óptimo de inspección que minimice el costo esperado para la lavadora de botellas de la línea Kronos 108.

El comportamiento de los equipos en ciertos casos se caracteriza por modelarse bajo leyes de probabilidad según una función de densidad de probabilidad, citándolas a continuación:

- Distribución Exponencial utilizada cuando la tasa de fallos es igual a una constante.
- Distribución de Weibull, es la distribución más ampliamente utilizada en los análisis para describir la tasa de falla de los equipos, por su versatilidad y buen ajuste.
- Distribución Normal, en mantenimiento esta distribución describe el periodo de desgaste de los equipos pero no tiene un buen grado de ajuste al desarrollo de la realidad, por lo que es muy poco utilizada, aunque también puede modelar los tiempos de reparación de los equipos.

Para el objeto de estudio se utiliza el f.d.p. de Weibull debido a que el fabricante recomienda su utilización por ser la de mejor ajuste al comportamiento de las piezas que Kronos fabrica. Por lo cual a continuación se describe el procedimiento a seguir para utilizar de manera adecuada el modelo.

### Descripción de parámetros.

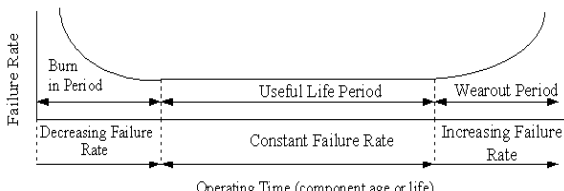
## ANEXO 7-7b

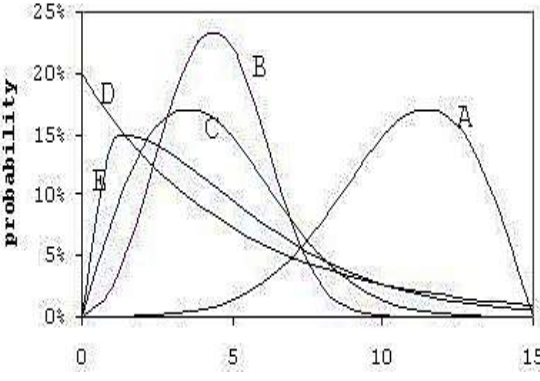
**SMML:** Descripción de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull, 2014

<b>Función de distribución de probabilidad de Weibull</b>		
<b>f (t)</b> : Función de densidad del tiempo hasta la falla del equipo	<b>f (t) =</b>	$\alpha \beta (\beta t)^{\alpha-1} e^{-(\beta t)^\alpha}$
<b>F (t)</b> : Función de densidad acumulada de tiempo hasta que falle el equipo	<b>F (t) = <math>\int_0^T f(t) dt</math></b>	$\int_0^T \alpha \beta (\beta t)^{\alpha-1} e^{-(\beta t)^\alpha} dt$
<b><math>\lambda</math> (t)</b> : Función de tasa de fallos	<b><math>\lambda</math> (t) =</b>	$\alpha \beta (\beta t)^{\alpha-1}$
<b>p</b> : Beneficio por unidad de tiempo cuando la maquina esta en	<b>p =</b>	p
<b>Cr</b> : Costo de reparación	<b>Cr =</b>	Cr
<b>Ci</b> : Coste de inspección	<b>Ci =</b>	Ci
<b>T</b> : Longitud del intervalo de inspección	<b>T =</b>	$(1/\beta) \cdot (p/(\alpha\beta Cr))^{1/(c-1)}$
<b>g (T)</b> : Beneficio esperado por el ciclo de inspección	<b>g (T) =</b>	$p \int_0^T e^{-(\beta t)^\alpha} dt + Cr e^{-(\beta T)^\alpha} - Ci - Cr$
<b>Z (T)</b> : Beneficio esperado por unidad de tiempo	<b>Z (T) =</b>	g (T) / T
<b>R (t)</b> : Confiabilidad de función de sobrevivencia	<b>R (t) = 1 - F (t) =</b>	$e^{-(\beta t)^\alpha}$
<b><math>\mu</math></b> : Tiempo medio entre fallas	<b><math>\mu</math> = MTBF =</b>	$(1/\beta) \Gamma(1 + 1/\alpha)$

**Características:**  
 $\alpha < 1$  Con tasa de falla decreciente (Mortalidad infantil)  
 $\alpha = 1$  Con tasa de falla constante (vida útil)  
 $\alpha > 1$  Con tasa de falla creciente (desgaste)  
 Con los casos particulares.  
 $\beta = 1$  MTBF =  $\alpha$   
 $\beta = 0,5$  MTBF =  $2\alpha$





**Fuente:** Elaboración propia.

1° Se realiza un cuadro con los tiempos TBF [h] y F(t) regido según el caso por:

$$- F(t) = \frac{i}{N+1} \text{ para } 20 \leq N \leq 50; \quad F(t) = \frac{i-0.3}{N+0.4} \text{ para } N \leq 20 \text{ o } F(t) = \frac{i}{N} \text{ para } N \geq 50$$

2° Se debe construir una tabla de modo de poder obtener un gráfico lineal para ello se utiliza las siguientes ecuaciones:

Sea  $R(t) = e^{-(t/\beta)^\alpha}$ , y también  $R(t) = 1 - F(t)$ , aplicando logaritmos en dos ocasiones se obtiene:  $\text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) = \alpha \cdot \text{Ln}t + \alpha \cdot \text{Ln}\beta$  donde por comparación con el modelo lineal  $y = b \cdot x + a$  se calculan:

$$\alpha = \frac{n \cdot \sum \text{Ln}t_i \cdot \text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) - \sum \text{Ln}t_i \cdot \sum \text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right)}{n \cdot \sum \text{Ln}t_i^2 - (\sum \text{Ln}t_i)^2} = b$$

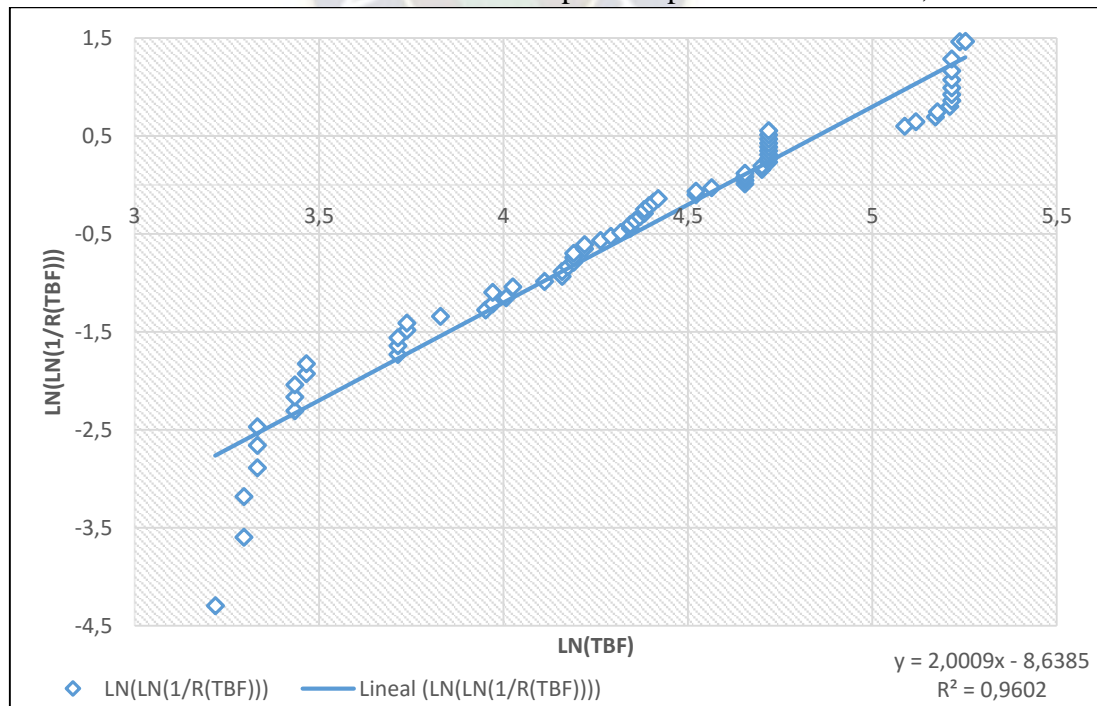
$$\alpha \text{Ln}\beta = \frac{\sum \text{Ln}t_i^2 \cdot \sum \text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) - \sum \text{Ln}t_i \cdot \text{Ln}\left(\text{Ln}\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right)}{n \cdot \sum \text{Ln}t_i^2 - (\sum \text{Ln}t_i)^2} = a$$

Por lo tanto:  $\text{Ln}\beta = \frac{a}{\alpha}$  Obteniéndose al final:  $\beta = e^{\left(\frac{a}{\alpha}\right)}$

3° Así pues se obtiene los parámetros de forma y de escala para luego hacer uso de las ecuaciones presentadas en el cuadro 7-11, obteniéndose como resultado.

### ANEXO 7-7c

**SMML:** Grafica lineal de los TBF para f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014



**Fuente:** Elaboración en base a datos de supervisión de mantenimiento.

### ANEXO 7-7d

**SMMI.:** Resultados de parámetros y ecuaciones de f.d.p. Weibull L2-LVB, 2014

<b>f (t) :</b> Función de densidad del tiempo hasta la falla del equipo	<b>f (t) =</b>	$0,0266 (0,0133 t)^{1,0009} e^{-(0,0133 t)^{2,0009}}$
<b>F (t) :</b> Función de densidad acumulada de tiempo hasta que falle el equipo	<b>F (t) =</b> $\int_0^T f (t) dt =$	$\int_0^T 0,0266 (0,0133 t)^{1,0009} e^{-(0,0133 t)^{2,0009}} dt$
<b>λ (t) :</b> Función de tasa de fallos	<b>λ (t) =</b>	$0,0266 (0,0133 t)^{1,0009}$
<b>p :</b> Beneficio por unidad de tiempo cuando la maquina esta en	<b>p =</b>	1257 [\$US/h]
<b>Cr :</b> Costo de reparación	<b>Cr =</b>	3500 [\$US]
<b>Ci :</b> Coste de inspección	<b>Ci =</b>	50 [\$US]
<b>T :</b> Longitud del intervalo de inspección	<b>T* =</b>	57 [h]
<b>g (T) :</b> Beneficio esperado por el ciclo de inspección	<b>g (T) =</b>	59955 [\$US/ciclo]
<b>Z (T) :</b> Beneficio esperado por unidad de tiempo	<b>Z (T) =</b>	1051 [\$US/h]
<b>R (t) :</b> Confiabilidad de función de sobrevivencia	<b>R (t) = 1 - F (t) =</b>	$e^{-(0,0133 t)^{2,009}}$
<b>μ :</b> Tiempo medio entre fallas	<b>μ = MTBF =</b>	$(1/0,0133) \Gamma \left( 1 + \frac{1}{2,0009} \right) = 66,4545$

**Fuente:** Elaboración en base a datos de supervisión de mantenimiento.

## ANEXO 7-8

### AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO

#### A) AUDITORIA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

##### **Forma de llevar a cabo una auditoría técnica**

Para llevar a cabo este trabajo, normalmente se divide la instalación en áreas, para evaluar cada una de ellas, se diferencia entre lo que tiene que hacer (punto de vista funcional), y como consigue hacerlo (punto de vista técnico).

Para analizar la instalación desde el punto de vista funcional, el primer paso es definir lo que tiene que hacer esa área, esto es, cuál es su función o funciones e incluso es posible cuantificarlo fijando las especificaciones que debe cumplir. Determinadas estas funciones, y fijados los rangos normales de funcionamiento o especificaciones, se estará en disposición de comprobar si esa área es capaz de cumplir la función para que esta destinada. Si se consigue hacer esto correctamente, en los diferentes modos de operaciones posibles, puede decirse que el sistema ‘funciona’ correctamente. De esta forma se comprueba si desde un punto de vista funcional la planta cumple sus especificaciones.

Es necesario conocer si un sistema determinado alcanza sus especificaciones, sino también cómo las alcanza. Por ello, la evaluación técnica de una instalación debe realizarse en dos partes: una primera, en la que para cada área se realiza una serie de pruebas funcionales, que tratan de determinar si el área cumple con su función perfectamente, y una serie de inspecciones técnicas que trata de determinar si el estado técnico de cada uno de los equipos significativos que componen esa área es el correcto.

¿Hasta que limite hay que detallar el estudio? ¿Es necesario determinar el estado de cada tornillo? Evidentemente, no. Un análisis exhaustivo de cada elemento que compone de la planta haría que estudio fuera caro y largo, en cada caso hay que determinar límites.

La realización de una auditoría técnica no está exenta de dificultades para su realización. Las dos fundamentales son el coste y la indiferencia con la normal explotación de la planta. La planificación de la auditoria se convierte así en una cuestión fundamental, no solo para poder realizar esta al mínimo costo posible, sino incluso para hacerla viable. Para facilitar su planificación es necesario dividir el conjunto de pruebas en categorías:

- Pruebas y/o inspecciones que pueden realizarse sin interferir con la operación normal de la planta y que tiene un costo bajo o nulo. Se trata fundamentalmente de inspecciones visuales y lecturas de parámetros, bien con la instrumentación normal instalada en la planta y con otra montada expresamente para la realización de estas pruebas. Se tratan también de chequeos redundantes o que no tienen un funcionamiento continuo.

- Pruebas que interfieren con la operación normal, pero con un coste bajo, supone situar la planta en unas condiciones especiales, realizando incluso determinadas maniobras que condicionan el programa de carga de la planta. El inconveniente que presenta su realización que no es tanto el coste en sí de la prueba, sino el coste que conlleva situar la planta a una carga diferente a la óptica desde el punto de vista económico.
- Pruebas de alto coste que no afectan al programa de carga. Son pruebas para las que se necesitan medios de los que no se dispone la planta, o personal con conocimientos especiales en el manejo de determinados equipos o especialidades concretas (metalurgia, química, alta tensión). Pueden ser pruebas como la termografía (que necesita de medios especiales, cámara termografía). Y conocimientos en esa materia.
- Pruebas de alto coste con influencia en el programa de carga. Ese es el caso más desfavorable.

Clasificando las pruebas en las categorías que se indican y se facilita enormemente el proceso de programación de cada una de las inspecciones. Por un lado, hay un primer grupo de pruebas que no es necesario programar, pues pueden realizarse en cualquier momento con personal o medios de la planta, en segundo lugar, hay un grupo de pruebas que deben realizarse cuando se prevea que la planta estará en una situación determinada durante el tiempo suficiente (parada, a plena carga, a carga base, subiendo o bajando carga). Tampoco presentara este grupo de pruebas mayor complicación que el de buscar el momento mas adecuado, el momento en que no tiene interferencia con la explotación comercial, el tercer grupo, el de aquellos que no afectan al programa de carga pero tiene un alto coste la una complicación es buscar presupuestos para realizarlas.

Y por último, el grupo de prueba más complicado de encajar es aquel compuesto por lo que tiene un alto coste y además interfieren con el programa de carga.

Curiosamente, más del 60% de las pruebas que se proponen para determinar el estado técnico de la planta corresponden al tipo a realizar sin afectar el programa de carga y de bajo coste. Por tanto, la mayor parte de las verificaciones que se proponen no tiene ningún obstáculo para ser realizadas.

### **Errores habituales al realizar auditorías técnicas**

Es fácil entender que si una auditoría técnica está mal realizada los resultados sean incompleto e incluso inválidos. Eso hará que las decisiones que se tomen basadas en ese informe pueden ser errores. Entre los errores que pueden cometerse al realizar auditorías técnicas están los siguientes:

- ⇒ No contar con una empresa suficientemente experimentada.- una auditoría técnica no puede ser realizada por cualquier empresa, incluso cuando tenga experiencia en la realización de determinados trabajos de mantenimiento, debe disponer de la tecnología



adecuada, de determinadas herramientas de diagnóstico y sobre todo, de personal experimentado.

- ⇒ Que la empresa que lo realice no sea imparcial.- cuando la empresa que realiza la auditoría tiene intereses en la instalación, en el contratista o el propietario, las conclusiones de su informe siempre estarán bajo sospecha, menos que estén muy bien fundamentadas.
- ⇒ Que las pruebas e inspecciones con las que se va a determinar el estado de la instalación no sean las correctas.- el error habitual consiste en definir tareas de inspección sencilla de realizar, siendo ese el criterio más importante para definir las. Las pruebas que determinan el estado de una instalación son las que son, sean fáciles o difíciles de realizar. Intentar simplificar las pruebas puede hacer que sus resultados no sean fiables.
- ⇒ Que las pruebas e inspecciones planificadas no se lleven a cabo.- una vez determinadas y acordadas las pruebas que se van a realizar, hay que llevarlas efectivamente a cabo. Si por razones de producción, de complejidad o de colaboración del personal habitual una parte de las pruebas e inspecciones no se realizan, el informe no será completo y por tanto, puede ser que las conclusiones no lo sean tampoco.
- ⇒ Que el informe no sea el adecuado.- realizadas todas las pruebas necesarias, es imprescindible que los resultados y las conclusiones se reflejen en un informe suficientemente detallado y clarificador. Es conveniente además que tenga dos partes diferenciadas y fácilmente localizables: un resumen ejecutivo, que contendrá las conclusiones más importantes y que será lo que leerá la alta dirección, y un detalle de las pruebas y resultados obtenidos, que será lo que lean los técnicos y mandos intermedios de la planta.
- ⇒ Que las conclusiones del informe no se lleven a cabo.- una auditoría técnica se realiza con el objetivo de determinar el estado de una instalación. Si las conclusiones no se llevan a la práctica y los puntos que se determinan como incorrectos no se solucionan, puede considerarse que la auditoría habría sido un periodo de tiempos y de dinero.

## **B) AUDITORIAS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.**

### **Empresas y sectores interesados en la realización de auditorías de gestión**

En primer lugar las empresas que tienen externalizado el servicio de mantenimiento, y sobre todo, las empresas que tienen contratos de mantenimiento de gran alcance están interesadas en saber si la gestión que se realiza es la adecuada.

En segundo lugar las plantas industriales degradadas también están interesadas en conocer si los problemas se deben a las deficiencias en el diseño o a una gestión inadecuada de la producción o de mantenimiento. Hay que tener muy en cuenta que aunque se cambian los equipos o se reparan todas las averías que existan en una planta en un determinado momento (parada, puesto o punto, etc.) si la gestión que se hace del mantenimiento es inadecuada la planta volverá a estar degradada en un corto espacio de tiempo.

Por últimos las empresas en las que la seguridad es importante por la peligrosidad potencial de las instalaciones (refinería, industria química y petroquímica, centrales nucleares, etc.) también necesitan saber que el mantenimiento y las prácticas que se siguen en ese departamento son las carretas.

### **Problemas habituales que suelen detectarse en una auditoria de gestión**

Entre los problemas que más se repiten al realizarse auditorias de gestión en diferentes empresas están las siguientes:

- ⇒ estructura de personal poco adecuado:
  - falta o exceso de personal
  - mala estructuración (no hay personal presente en momentos clave)
  
- ⇒ falta de formación del personal
- ⇒ fallos en el almacén de repuestos
  - desorden y falta de inventarios
  - almacén mal dimensionado
- ⇒ falta de herramientas clave
- ⇒ fallos en el mantenimiento y en el plan de mantenimiento
  - no se realiza mantenimiento preventivo
  - el plan de mantenimiento no es adecuado
- ⇒ problemas diversos de seguridad
  - fallos en el permiso de trabajo
  - fallo en las descargas de equipos
  - falta de mentalización en el uso de equipos de protección individual (EPI)

### **El informe y el plan de acción tras una auditoria de acción**

El objetivo principal de una auditoria de gestión de mantenimiento es identificar todos aquellos puntos susceptibles de optimización y proponer cambios organizativos y de gestión una mejora de sistema de mantenimiento, por tanto, el informe de la auditoria debe describirse la situación en que se encuentra cada uno de los aspectos analizados, haciendo especial mención a aquellos puntos en los que se detectan divergencias sobre el modelo de excelencia previamente definida. Además, el informe debe proponer los cambios necesarios para acercarse a ese modelo, indicando incluso plazos y responsables para llevar a cabo estos cambios.

La parte más importante del informe corresponde al resumen de los problemas y se proponen soluciones. Es la parte del informe que leerá con mayor atención la dirección de la empresa, y será la base del trabajo de los responsables de mantenimiento durante el periodo posterior a la auditoria. Es importante que el plan de acción contemple, además

de las recomendaciones o propuestas, un responsable para su realización y una fecha máxima en la que debería llevarse cada una de las acciones propuestas. La ausencia de este apartado destinado a definir plazos y responsabilidades hará que las acciones se diluyan y que no haya un compromiso para implantar esas mejoras.

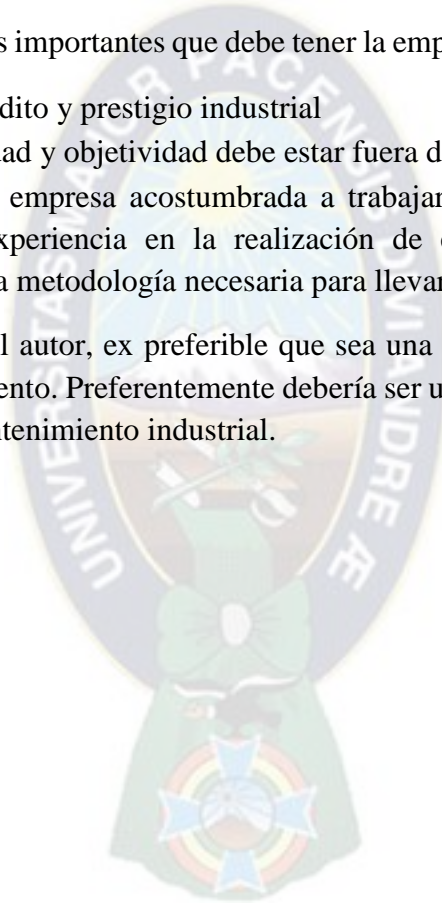
### **La contratación de auditoria de gestión**

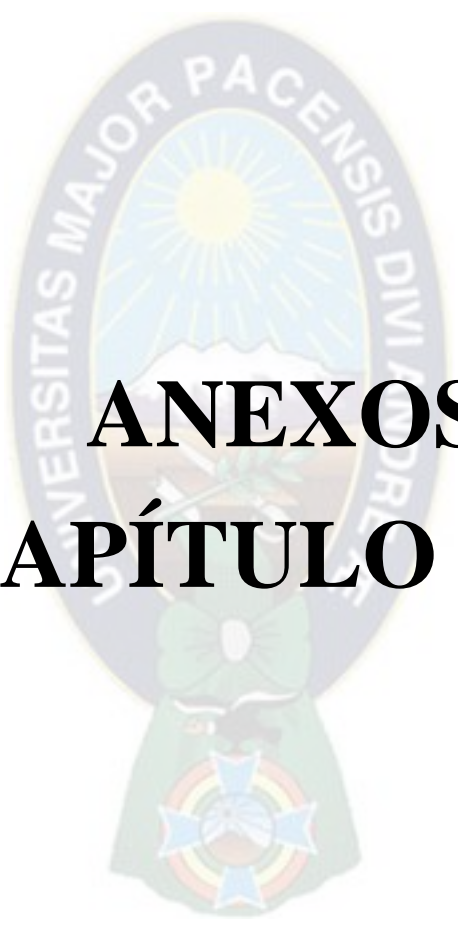
Aunque la auditoria de gestión pueda realizarse de forma interna, es decir, con personal propio y habitual del departamento, es conveniente que lo realice una empresa externa no vinculada al trabajo habitual de mantenimiento en la planta.

Las características más importantes que debe tener la empresa auditoria son las siguientes:

- debe tener crédito y prestigio industrial
- su imparcialidad y objetividad debe estar fuera de duda.
- Debe ser una empresa acostumbrada a trabajar en entorno de mantenimiento. debe tener experiencia en la realización de este tipo de trabajos, y haber desarrollado la metodología necesaria para llevarlos a cabo.

En cuanto al perfil del autor, es preferible que sea una persona que no conozca bien el entorno de mantenimiento. Preferentemente debería ser un ingeniero con al menos un año de experiencia en mantenimiento industrial.



The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sunburst at the top, a mountain range in the middle, and a green banner at the bottom with a blue cross. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI JORDANI" is written around the perimeter of the oval.

# **ANEXOS**

## **CAPÍTULO VIII**

## ANEXO 8-1



### MATERIALES DE REPOSICIÓN AUTOMÁTICA - REPUESTOS RECURRENTES



REPUESTOS DE PRODUCCIÓN						
ITEM	COD. ALM	DESCRIPCIÓN	PUNTO DE PEDID	UNIDAD	CANTIDAD DE COMPR	PROVISION ESTIMAD
<b>Ferretería</b>						
1	11000000331	Alambre de Amarre	5	rollo / de 1 Kilo	25	Trimestral
2	13000008507	Batería de 9 V	6	Unidades	15	Semestral
3	11000000291	Cepillo de Acero Manual	13	Unidades	38	Trimestral
4	11000000246	Cinta Aislante	20	Unidades	80	Trimestral
5	11000000245	Cinta Maskin 3/4"	15	Unidades	45	Trimestral
6	11000001873	Cinta Teflon de 3/4"	15	Unidades	125	Trimestral
7	11000000192	Clavos de 1 1/2"	5	Kilos	25	Trimestral
8	11000000193	Clavos de 2"	5	Kilos	25	Trimestral
9	11000000981	Electodo Hierro Fundido	7	Unidades	30	Trimestral
10	11000000253	Electodo Inox 680	15	Unidades	63	Trimestral
11	11000000255	Electodo de Aluminio	7	Unidades	30	Trimestral
12	11000000252	Electodo Inox	38	Unidades	750	Trimestral
13	11000000263	Electrodos Corriente 6013	188	Unidades	3375	Trimestral
14	11000000204	Hoja de Sierra Mecanica 18xPulg	8	Unidades	38	Trimestral
15	11000000272	La Gotita	8	Unidades	63	Trimestral
16		Manómetros conexión inferior 1 1/2" 0-10 Bar.	3	Unidades	5	Trimestral
17		Manómetros conexión inferior 1 1/2" 0-2 Bar.	2	Unidades	3	Trimestral
18		Manómetros conexión inferior 1 1/2" 0-6 Bar.	2	Unidades	3	Trimestral
19		Manómetros conexión inferior 2 " 0-10 Bar con Glicerina	2	Unidades	3	Trimestral
20		Manómetros conexión inferior 3" 0-10 Bar con Glicerina	2	Unidades	3	Trimestral
21		Manómetros conexión Posterior 1 1/2" 0-10 Bar.	3	Unidades	5	Trimestral
22		Manómetros conexión Posterior 1 1/2" 0-2 Bar.	2	Unidades	3	Trimestral
23		Manómetros conexión Posterior 1 1/2" 0-6 Bar.	2	Unidades	3	Trimestral
24		Manómetros conexión Posterior 2 " 0-10 Bar con Glicerina	2	Unidades	3	Trimestral
25		Manómetros conexión Posterior 3" 0-10 Bar con Glicerina	2	Unidades	3	Trimestral
26	11000000276	Pegamento 3M	8	Unidades	63	Trimestral
27		Pernos + tuerca inox M10x100mm.	25	Unidades	63	Trimestral
28	11000000593	Pernos + tuerca inox M10x20mm.	25	Unidades	63	Trimestral
29	11000000527	Pernos + tuerca inox M10x30mm.	25	Unidades	63	Trimestral
30		Pernos + tuerca inox M10x80	25	Unidades	63	Trimestral
46		Pernos inox M6x15mm.	25	Unidades	63	Trimestral
47		Pernos inox M6x5mm. (prisioneros)	13	Unidades	38	Trimestral
48	11000002746	Pilas Grandes de 1,5	4	Pares	15	Mensual
49	11000001238	Pilas Pequeñas de 1,5	15	Unidades	120	Trimestral
50	11000001241	Pilas tamaño AAA	20	Unidades	60	Mensual
51	11000000275	Poxilina	3	Unidades	15	Trimestral
52	11000000273	Poxipol (soldadura plastica)	8	Unidades	30	Trimestral
53	11000000925	Ramplus N° 10	250	Unidades	1250	Trimestral
54	11000004569	Ramplus N° 6	250	Unidades	1250	Trimestral
55	11000000924	Ramplus N° 8	250	Unidades	1250	Trimestral
56	11000000212	Remaches Pop 1/8x1/2"	250	Unidades	1250	Trimestral
57	11000002260	Remaches Pop 3/16x1/2"	250	Unidades	1250	Trimestral
58	11000000819	Rodamiento 6004	8	Unidades	30	Trimestral
59	13000006365	Rodamiento 6010	4	Unidades	10	Trimestral
60	11000000845	Rodamiento 608	5	Unidades	15	Trimestral
61	11000000828	Rodamiento 6202	8	Unidades	30	Trimestral
62	11000000832	Rodamiento 6208	13	Unidades	38	Trimestral
63	11000000838	Rodamiento 6306	13	Unidades	38	Trimestral
64	11000000839	Rodamiento 6307	8	Unidades	30	Trimestral
65	11000000840	Rodamiento 6308	8	Unidades	30	Trimestral
66		Rodamientos auto-alineables US206G2 FJ7 SNR,	5	Unidades	25	Trimestral
67		Rodamiento 6311 2RSC3	2	Unidades	4	Trimestral
71		Rodamiento 6206	13	Unidades	38	Trimestral
72		Rodamiento 6207	8	Unidades	30	Trimestral
73	11000000877	Retenes doble labio No. AS 30 x 62 x 7	13	Unidades	25	Trimestral
74		retenes doble labio No. A50 x 80 x 8	10	Unidades	20	Trimestral
75	11000000278	Silicona Sika en Tubo	5	Unidades	45	Trimestral
76	11000000619	Tirafondo N° 10	25	Unidades	125	Trimestral
77	11000000709	Travasil p/pernos	2	Unidades	4	Trimestral
78	13000009146	Travasil p/Rodamiento	2	Unidades	4	Trimestral
79	11000000673	Volandas planas inox M10	25	Unidades	63	Trimestral
80		Volandas planas inox M6	25	Unidades	63	Trimestral
81	11000000965	Volandas planas inox M8	25	Unidades	63	Trimestral



## MATERIALES DE REPOSICIÓN AUTOMÁTICA - REPUESTOS RECURRENTES



## REPUESTOS DE PRODUCCIÓN

ITEM	COD. ALM	DESCRIPCIÓN	PUNTO DE PEDID	UNIDAD	CANTIDAD DE COMPR	PROVISION ESTIMAD
<b>Grasas, Aceites y Combustibles</b>						
82	1200000115	Paraliq GTE 703 de 750 grs. O Lubfix L7001	11	Tarros	30	Anual
83	1200000079	Grasa Darina 2	25	kilos	100	Trimestral
84	1200000078	Alvania EP2	50	kilos	100	Trimestral
85	13000010965	Black Pearl	2	kilos	7	Anual
86	1200000170	Staburags Nbuiz	4	kilos	15	Anual
87		Grasa UF3 Spray	4	Pza.	12	Anual
88	11000002721	Lubricante de cadenas	4	Pza.	15	Trimestral
89	12000000055	Tellus 68	50	Litros	250	Trimestral
90	12000000027	Tellus 37	50	Litros	125	Trimestral
91	12000000019	Omala 220	50	Litros	250	Trimestral
92	12000000020	Omala 320	25	Litros	63	Anual
93	12000000037	Oven Chain	19	Litros	44	Anual
94	12000000011	Hyperia 680	25	Litros	50	Anual
95	12000000108	Ultra Coolant	13	Litros	50	Anual
96		FL10	4	Litros	15	Anual
97	12000000007	ISO VG32	3	Litros	15	Trimestral
98		Liquido Hidraulico Donax TM	63	Litros	250	Trimestral
99	12000000068	Aceite 10W40	63	Litros	750	Trimestral
100	12000000002	Gas licuado garrafa	200	Unidades	1800	Trimestral
<b>Material Electrico</b>						
101	11000001204	Arrancadores 40W	30	Unidades	120	Trimestral
102	11000001203	Arrancadores 20W	30	Unidades	60	Trimestral
103	11000001208	Reactancias 40W	10	Unidades	30	Trimestral
104	11000001207	Reactancias 20W	10	Unidades	30	Trimestral
105	11000001470	Tubos Fluorescentes de 40W	20	Unidades	113	Trimestral
106	11000001200	Tubos Fluorescentes de 20W	20	Unidades	38	Trimestral
107	11000001511	Focos luz Clara 100 W / 220V	8	Unidades	30	Trimestral
108	11000001199	Focos tipo Reflector de 60W / 220V	8	Unidades	30	Trimestral
109	11000001086	Focos Dicroicos de 50W/220V	8	Unidades	30	Trimestral
110	11000001020	Lamparas de Haluro Metalico de 400W Rosca E40	10	Unidades	8	Trimestral
111	11000001021	Lamparas de Haluro Metalico de 250W Rosca E40	10	Unidades	13	Trimestral
112		Lamparas de Vapor de Mercurio de 400W Rosca E40	10	Unidades	13	Trimestral
113		Lamparas de Vapor de Mercurio de 250W Rosca E40	3	Unidades	15	Trimestral
114	11000001222	Lamparas de Vapor de Sodio de 400W Rosca E40	3	Unidades	8	Trimestral
115	11000001221	Lamparas de Vapor de Sodio de 250W Rosca E40	3	Unidades	13	Trimestral
116	11000001219	Lamparas de Luz Mixta de 250 W/220V Rosca E40	8	Unidades	30	Trimestral
117		Ignitores 1000 Watts	3	Unidades	13	Trimestral
118	11000001223	Lámparas de 1000 Watts	3	Unidades	13	Trimestral
119	11000003848	Balastro p/Haluro Metalico 400W Marca Laytron	10	Unidades	15	Trimestral
120	11000001431	Balastro p/Haluro Metalico 250W Marca Laytron	10	Unidades	15	Trimestral
121	11000001205	Ignitor para balastro de 50 hasta 1000 W Marca Laytron	5	Unidades	15	Trimestral
122		Capacitor para Balastro de 40 microFaradios	10	Unidades	25	Trimestral
123	11000001212	Socket de Porcelana Rosca E40	3	Unidades	15	Trimestral
124		Filamento para reflector de 1000	2	Unidades	8	Trimestral
125		Filamento para reflector de 500	2	Unidades	8	Trimestral
126	11000001058	Resistencia de Ducha 5000W / 220V	8	Unidades	30	Trimestral
127	11000001044	Placa doble Tomacorriente de pared 220V / 10A	3	Unidades	13	Trimestral
128	11000001365	Placa Simple Interruptor de pared 220V	3	Unidades	15	Trimestral
129	11000004177	Enchufe tipo shuco 220V / 10A	3	Unidades	15	Trimestral
130	11000001213	Socalo aereo para Conexión del arrancador	8	Unidades	30	Trimestral
131	11000001214	Socalo Fijo para Conexión del arrancador y Tubo	8	Unidades	30	Trimestral
132	11000001215	Socalo aereo para conexión del Tubo Fluorecente	8	Unidades	30	Trimestral
133	11000001216	Socalo Fijo para conexión del Tubo Fluorecente	8	Unidades	30	Trimestral
<b>Material Mecanico</b>						
134	13000008105	Sello Mecanico 1"	3	Unidades	8	Trimestral
135	13000001392	Sello Mecanico 1 1/2"	3	Unidades	8	Trimestral
136		Sello Mecanico M-61/45mm Burgman	3	Unidades	8	Trimestral
137	11000000937	Sello Mecanico Grundfos CRN S-22	2	Unidades	3	Semestra
138		Filtro de aire (89266761) (54689773) Compresor ML55 s/n 2322010	2	Unidades	3	Trimestral
139		Filter de Aceite (54672654) (739907175) Compresor ML55 s/n 2322010	2	Unidades	3	Trimestral
140	13000003146	Elemento separador (39894597) (54601513) Compresor ML55 s/n 2322010	2	Unidades	3	Trimestral
141	13000008334	Filtro de Aire (39708466) Compresor XF 60	2	Unidades	3	Trimestral
142	13000008335	Filtro de Aceite (39911631) Compresor XF 60	2	Unidades	3	Trimestral
143		Elemento Separador (39863840) Compresor XF 60	2	Unidades	3	Trimestral
144	13000008391	Filtro de Aire (54689773) (39708466) Compresor MM45 s/n 32675	2	Unidades	3	Trimestral
145		Filtro de Aceite () Compresor MM45 s/n 32675	2	Unidades	3	Trimestral
146		Elemento Separador (22089551) (50601513) Compresor MM45 s/n 32675	2	Unidades	3	Trimestral
147		Correa Balflex V Belt 3V600	5	Unidades	10	Trimestral




## MATERIALES DE REPOSICIÓN AUTOMÁTICA - REPUESTOS RECURRENTE



## REPUESTOS DE PRODUCCIÓN

ITEM	COD. ALM	DESCRIPCIÓN	PUNTO DE PEDIDC	UNIDAD	CANTIDAD DE COMPR	PROVISION ESTIMAD
<b>Material de Limpieza</b>						
148	11000000050	Escobas de Plastico	5	Unidades	63	Trimestral
149	11000000099	Secapisos de Goma	5	Unidades	63	Trimestral
150	11000000052	Escobillas de Plastico de Mano	8	Unidades	30	Trimestral
151	11000000035	Jabon lodado	13	Litros	250	Trimestral
152	11000000100	Jabon para Mecanicos	7	Litros	32	Trimestral
<b>Automotriz</b>						
153	11000001643	Bocina de retro	3	Unidades	7	Trimestral
154	11000001815	Bocina eléctric	3	Pzas.	7	Trimestral
155	11000001818	Boton de Arranque	4	Unidades	15	Trimestral
156	11000001823	Bujias RV 17YC	25	Unidades	60	Trimestral
157	11000001858	Cable de Acelerador	8	Unidades	15	Trimestral
158	13000004906	Carbon de Alternador c/terminal	3	Unidades	13	Trimestral
159		Carbon de Arranque de Hyster	3	Unidades	13	Trimestral
160	13000005102	Chapa de Contacto	3	Unidades	13	Trimestral
161	13000005012	Correa 6PK1080 - Alternador Agua Ventilado	7	Unidades	19	Trimestral
162	11000002829	Correa dentada 10AV1025	7	Unidades	19	Trimestral
163	11000002828	Correa dentada 9,5 x 940 / FM-37	7	Unidades	19	Trimestral
164	11000002900	Cubeta de Cilindro de Freno de 11/8" (Reforzadas)	13	Unidades	30	Trimestral
165	13000005298	Diafragma de Vaporizador Lovato 1º Fase	3	Unidades	13	Trimestral
166		Diafragma de Vaporizador Lovato 2º Fase	3	Unidades	13	Trimestral
167		Filtro de Aceite de Motor PH-2865(Reempl.FL12 o PER49)	15	Unidades	60	Trimestral
168	11000002640	Filtro de Aceite FH 2825	13	Unidades	30	Trimestral
169		Filtro de Aceite W 920 p/ caja automatica	5	Unidades	15	Semestral
170	11000001851	Filtro de Gasolina Recto	8	Unidades	30	Trimestral
171	11000001804	Filtro FH-25B	13	Pzas.	32	Trimestral
172	11000004222	Foco de 2 contactos	5	Pzas.	19	Trimestral
173	11000004220	Foco de un contacto	5	Pzas.	19	Trimestral
174	13000005173	Foco Halogeno H3 12v	5	Unidades	30	Trimestral
175		Fusibles tipo Cuña 10 Amp	15	Unidades	63	Trimestral
176		Fusibles tipo Cuña 15 Amp	15	Unidades	63	Trimestral
177	11000001820	Fusibles tipo Cuña 20 Amp	15	Unidades	30	Trimestral
178		Fusibles tipo Cuña 30 Amp	15	Unidades	63	Trimestral
179		Goma para manguera GLP	13	Mtrs.	38	Trimestral
180	12000000109	Liquido Anticongelante Shell zone	25	litros	250	Trimestral
181	11000004306	Liquido de Freno de 1 litro	5	litros	30	Trimestral
182	13000005593	Llantas 28x9x15	6	Unidades	8	Trimestral
183	13000005582	Llantas 6,5x10	6	Unidades	8	Trimestral
184	13000005585	Llantas 600x9	10	Unidades	18	Trimestral
185	13000005586	Llantas 700x12	10	Unidades	18	Trimestral
186	13000006130	Perno M10x25	13	Unidades	38	Trimestral
187	13000008905	Perno M12x50	13	Unidades	38	Trimestral
188		Perno M6x25	13	Unidades	38	Trimestral
189		Perno M8x25	13	Unidades	38	Trimestral
190	11000001824	Rectificador de Corriente (Porta diodos)	3	Unidades	8	Trimestral
191	11000001797	Relay de Alternador	3	Unidades	13	Trimestral
192	13000005315	Reten Macero 90x115x13	3	Pzas.	15	Trimestral
193	11000000853	Rodamiento de Bomba de Agua 885802	5	Unidades	15	Trimestral
194	11000001710	Rotor 1334403	3	Unidades	8	Trimestral
		Rotula SBB10-IKO	5	Unidades	10	Trimestral
195	13000009075	Seguro Cable Acelerador	4	Unidades	15	Trimestral
196	11000005200	Silicona Ploma	3	Unidades	25	Trimestral
197	13000009107	Tapa de Distribuidor p/Hyster	3	Unidades	8	Trimestral
198	13000005370	Tapa de Radiador Mediano (p/montacarga)	5	Unidades	15	Trimestral
<b>Laboratorio de Control de Calidad</b>						
199	11000003352	Membranas Filtrantes 0,45 con pad absorbente	63	Unidades	625	Trimestral
200		Membranas Filtrantes 0,80 con pad absorbente	63	Unidades	625	Trimestral
201	11000003350	Membranas Filtrantes 0,80 sin pad	63	Unidades	625	Trimestral
202	11000003551	Reactivos DPD 1	8	Unidades	60	Trimestral
203	11000003552	Reactivos DPD 2	8	Unidades	60	Trimestral
204	11000003553	Reactivos DPD 3	8	Unidades	60	Trimestral

**REPUESTOS DE IMPORTACION KRONES  
(SUCURSAL CHILE)**

		<b>LAVADORA DE BOTELLAS KRONES K-681-084</b>							
Item	No. de lista de partes	DIBUJO - DISEÑO		REPUESTOS					
		Número	Denominación	Posición	Código Krones		Descripción	Cantidad	Unidad
					Anterior	Actual			
1	2-681-28-70B-0	2-681-28-70B-0	Dedo de entrada CPL	1	1-681-28-003-0		Dedo de entrada	26	Pzs.
2				3	1-681-28-00D-0		Dedo de entrada	26	Pzs.
	2-681-28-71V-0	2-681-28-71V-0	Acoplamiento para Eixo	3	0-389-90-002-0		Embreagem EAS 3400,405,1 D40 H7N	1	Pzs.
3	2-681-28-71T-0	2-681-28-71T-0	Dedo de entrada conjunto COM 1 ROLO	1	1-800-80-25N-2		Dedo CPL	26	Pzs.
	2-681-28-72X-0	2-681-72S-0	Accionamiento para maquina Direita tipo 356	3	0-389-90-000-0		Acoplamiento sincronizador EAS Tipo	1	Pzs.
4	2-681-28-95x-0	2-681-28-94S-0	Entradade garrafas CPL DIREITA TIPO 356-120	12	1-670-28-358-0		Tampao grande con guarnición	52	Pzs.
5	2-681-30-76R-0	2-681-30-70C-0	Descarregador Tipo 565-95 maquina dirieta	68	0-261-22-96L-0		Areticulación TIE-25 EA M24X2	2	Pzs.
6	2-681-30-78T-0	2-670-30-726-0	Travesa dos dedos descarga tipo 356/120 B=3270 E=135 T=120	1	1-670-30-00L-0		Pinca de descarga das garrafas T=110/120	25	Pzs.
7	2-681-30-78V-0	2-670-30-727-0	Guia de descarga tipo 356-120 COM Trelica Inox	5	1-670-30-407-0		Perfil de deslize izquierdo	27	Pzs.
8				5	1-670-30-406-0		Perfil de deslize derecho	27	Pzs.
9	2-681-32-91X-0	8-675-32-90A3	Transportador de descargar tipo 356/120 5 pistas H=3496 D=434 N=3	32	1-800-80-25N-7		Perfil de deslize P120/26	5	Pzs.

		<b>LAVADORA DE BOTELLAS KRONES K-681-003</b>							
Item	No. de lista de partes	DIBUJO - DISEÑO		REPUESTOS					
		Número	Denominación	Posición	Código Krones		Descripción	Cantidad	Unidad
					Anterior	Actual			
1	2-681-11-701-0	2-681-11-701-0	ventana de inspección	3	1-681-11-013-0		Anillo de empaquetadura	10	Pzs.
2				1	0-266-60-08L-0		Transmisión NRA-700-1:1 11KW 52 RPM DE	1	Pzs.
3	2-681-28-704-0	2-681-28-700-0	Accionamiento para maquina izquierda	2	0-266-60-091-0		Transmisión NR-700-1:2-B 11KW 52 RPM DE	1	Pzs.
4				3	0-389-90-008-7		Acoplamiento sincronizador - EAS Tip	1	Pzs.
5				10	1-500-34-010-0		Rodillo	100	Pzs.
6	2-681-36-00N-0	2-681-36-703-0	Tubo de esguinco soda - agua 312/120 D1=2,5	11	1-670-36-01B-0		Buje	20	Pzs.
7				14	1-500-34-014-0		Pino	100	Pzs.





Llenedora Kronos k - 129-596



Item	No. de lista de partes	DIBUJO - DISEÑO		REPUESTOS					
		Número	Denominación	Posición	Código Kronos		Descripción	Cantidad	Unidad
					Anterior	Actual			
1	2-071-25-83B-0	2-071-25-830-0	ACCIONAMIENTO DE ROSCA SIN FIN H=97 M.D. TIPO 71/72	1	1-091-25-041-0	1-091-25-037-0	Carcasa CPL	1	Pzs.
2	2-123-26-917-0	2-123-26-916-0	CILINDRO ELEVADOR VK CURSO MAX: 103 MM AFAST.DOS CILINDROS 140MM	4	1-123-26-057-0		Pza deslizante	90	Pzs.
3				12	1-120-26-065-0		Rdillo	95	Pzs.
4				17	1-123-26-132-0		Anillo de apoyo	95	Pzs.
5				19	1-123-26-130-0		Anillo de seguridad	95	Pzs.
6				20	0-169-60-270-0		Sello QHLP 35 X 45 NBR-80119	95	Pzs.
7				21	0-129-90-566-0		Buje 39 x30 BM 115 35	190	Pzs.
8				22	0-165-00-130-2		Anillo ranurado 48x60x7,5 11572	190	Pzs.
9				23	0-162-14-415-2		Anillo O 28 * 2,5 NBR SH 80	95	Pzs.
10				24	1-099-51-090-0		Disco	95	Pzs.
11				25	0-162-20-227-2		Anillo O51*2,5 NBR SH 80	95	Pzs.
12				26	1-099-50-006-0		Arandela 25*6,4*3 mm	95	Pzs.
13				27	0-168-39-991-0		Anillo guia	95	Pzs.
14				28	0-681-74-207-1		Anillo 35*1,5 AC FSEAT D471	95	Pzs.
15				29	0-162-20-121-2		Anillo O 25*2,5 NBR SH80	95	Pzs.
16				40	1-123-26-034-0		Pieza de presión	185	Pzs.
17				41	1-099-04-028-0		Resorte	185	Pzs.
18				2-129-33-926-0	2-126-33-910-1	AJUSTE DE ALTURA VKS D=3600	8	1-129-33-055-0	
19	28	1-131-33-070-0					Rueda dentada	1	Pzs.
20	39	0-264-40-065-1					Eje cardan 45G D20N 930-100 CONFORME	6	Pzs.
21	2-129-40-926-0	2-129-40925-0	DISTRIBUIDOR DE PRODUCTO VKS.	17	0-169-90-029-8		Tira guia	1	Pza.
22				18	0-169-90-080-7		Vedacao	1	Pza.
23				19	0-169-90-080-8		Vedacao	1	Pza.
24				20	0-162-17-039-2		anel	1	Pza.
25				21	0-162-20-197-6	900060047	anel O 40x 2,5 EPDM	16	Pza.
26				22	0-162-20-198-2		anel O 40x 3 EPDM	16	Pza.
27				23	0-023-11-922-7	23119226	Anel de vedacao G100 PERB D 11851	1	Pza.
28	2-129-41-907-0	2-129-41-906-0	DISTRIBUIDOR DE GASES VKS 2 CONECCIONES SUPERIORES - 2 CONECCIONES INFERIORES	35	0-162-20-205-2		Anel O 42x2 SH80	2	Pza.
29				37	0-162-20-213-2		Anel O 47x1,5	2	Pza.
30				39	0-400-30-557-1		RoI 80x140x26 6216 D 625	1	Pza.
31				41	0-400-30-819-1		RoI 130x165x18 61826 D625	1	Pza.
32				43	0-161-70-142-5		Ret A 100x130x12 EPM	1	Pza.
33				45	0-161-80-185-5		Ret A 140x165x12 EPDM	1	Pza.
34				47	0-169-90-034-1		Ret BC 120x150x12,30	16	Pza.
35	2-126-50-750-0	2-126-50-749-0	COMANDO DE VLVULA	5	1-126-50-228-0		Eixo de comando	90	Pza.
36				14	0-162-20-184-6	900060241	O - ring 35x3,2 EPDM	100	Pza.
37				15	0-162-12-611-9		O - ring FPM 10 x 2	200	Pza.
38				16	0-624-74-622-2		Parafuso M6x10 A2 DIN 921	150	Pza.
39				19	0-623-74-634-2		Parafuso M6x 20 A2 DIN 921	100	Pza.
40	2-126-50-786-0	2-126-50-766-0	FUNDO DE VLVULA CPL VKS	4	1-126-50-324-0		Embolo	40	Pza.
41				5	1-126-50-025-0		Volanda de sello	90	Pza.
42				7	1-126-50-331-0		Buge roscado	90	Pza.
43				8	1-126-50-332-0		Pino	50	Pza.
44				10	1-800-09-812-7		Placa dosadora D=1,19	20	Pza.
45				12	1-099-04-365-0		Mola de precao	50	Pza.
46				14	0-162-20-219-6	900037644	O-ring 48x3 EPDM	50	Pza.
47	15	0-162-20-093-6	900060278	Anel O 17,5x1,5 EPDM	50	Pza.			
48	K-129-596-010	2-126-51-908-0	TUBO DE RETORNO DE AR CPL		1-800-10-477-2		Tubo de retorno de aire 119 x 70 mm	270	Pza.
49	2-126-51-908-0			3	0-162-20-005-2		Anel "O" 5 x 1 EPDM	200	Pza.
50	2-126-52-717-0	2-126-52-707-0	TULIPA DE CENTRAGEM	1	1-126-52-007-0		Borracha de tulipa	280	Pza.
51	2-126-52-944-0	2-126-52-943-0	PORTADOR DAS TULIPAS DE CENTRAGEM VKS	3	1-124-52-002-0		Abracadera	40	Pza.
52				8	1-131-52-050-0		Anel	100	Pza.
53				10	1-099-52-076-0		Arruela	300	Pza.
54	2-126-56-99B-0	2-126-56-983-0	COMANDO DE ABRIR - AR PREVIO MD.	6	2-126-56-712-0		Cilindro CPL	1	Pza.



EMBOL

LAPAZ

L1-MIX MIXER KRONES K-536-132  
L2-MIX MIXER KRONES K-536-243



Item	No. de lista de partes	DIBUJO - DISEÑO		REPUESTOS							
		Número	Denominación	Posición	Código Kronos		Descripción	Cantidad	Unidad		
					Anterior	Actual					
1	0-489-00-012-4	2-520-01-904-0	Bomba	1	C-A65-29-003-6	0-900-56-455-0	Empaquetadura	1	Pza		
2				0-489-00-055-5	0-901-90-000-1	Empaquetadura	4	Pza			
3	0-023-38-392-2	2-520-01-907-0	Valvula de disco	1	0-023-38-357-9		Empaquetadura	5	Pza		
4	0-023-38-394-2			4	0-023-38-394-7		Juego de piezas para reposición	20	Jgo		
5	0-023-38-359-2			1	0-023-359-9	0-023-38-359-9	Empaquetadura	4	Pza		
6	0-023-38-356-2			1	0-023-38-356-9		Empaquetadura	4	Pza		
7				2	0-023-11-908-6		Anillo de empaquetadura	2	Pza		
8				4	0-023-38-391-7	0-900-52-412-0	Juego de piezas para reposición	8	Jgo		
9	0-023-38-392-2			5	0-023-38-357-6		Chapaleta	4	Pza		
10	0-023-30-012-5			2-520-01-907-0	Valvula de disco	1	0-023-38-359-9		Empaquetadura	5	Pza
11						5	5-000-20-000-0		Chapaleta	5	Pza
12	0-023-38-359-2			2	0-023-11-916-6		Anillo de empaquetadura	23	Pza		
13	0-023-38-393-2			2-520-01-907-0	Valvula de disco	1	0-023-38-358-9		Empaquetadura	5	Pza
14						5	0-023-38-358-6		Chapaleta	5	Pza
15	0-023-38-358-2			2	0-023-11-914-6		Anillo de empaquetadura	10	Pza		
16	0-023-38-392-2			2	0-023-11-912-6		Anillo de empaquetadura	15	Pza		
17	0-023-38-396-2			2-520-01-907-0	Valvula de disco	1	0-023-38-361-9		Empaquetadura	1	Pza
18						2	0-023-11-922-6		Anillo de empaquetadura	2	Pza
20	0-029-72-043-0			2-520-01-914-0	Valvula	3	7-474-50-030-0	0-901-62-056-1	micro - interruptor	6	Pza
21	0-029-72-043-0			2-520-01-914-0		1	0-029-72-043-8		Empaquetadura	6	Pza
22	0-029-72-043-0	2-520-01-914-0	2	0-029-70-016-8			Juego de piezas para reposición	3	Jgo.		
23	0-029-71-085-2	2-520-01-909-0	Valvula	1	0-029-71-080-3	0-955-90-167-9	Juego de piezas para reposición	6	Jgo.		
24				2	0-029-70-025-1		Pza. de repuesto.	2	Pza		