

190  
21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"ANALISIS DE CONFIABILIDAD Y DIAGNOSTICO  
PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNA  
ENVASADORA INDUSTRIAL."**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P r e s e n t a n :  
**ALFREDO PICHARDO JIMENEZ**  
**JOSE LUIS GUEVARA CORONA**  
**JOSE MARCOS FRAGOSO LUNA**  
**GERARDO JAIME REYES CASTAÑEDA**  
**ROGELIO GARDUÑO CALVO**

San Juan de Aragón, Edo. de México, 1996.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**" ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y DIAGNÓSTICO PARA  
OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNA ENVASADORA  
INDUSTRIAL "**

*Con incalculable gratitud a mis padres por toda su  
motivación, paciencia y comprensión dadas.  
Este es el resultado de su incondicional apoyo.*

*A mis hermanos como muestra de lo que significan para mí.*

*A mis amigos siempre presentes.  
Y a todas las personas que hicieron  
posible ver culminado el presente trabajo.*

*Gracias.*

# ÍNDICE.

Introducción .....	IV
<b>Capítulo 1: ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes históricos .....	1
1.2 Distribución de planta Liconsa Valle de Toluca .....	5
1.3 La leche y sus características .....	7
1.3.1 Composición .....	7
1.3.2 Análisis Bromatológico .....	7
1.3.3 Aporte nutricional .....	8
1.4 Proceso de rehidratación de la leche .....	9
1.4.1 Servicios .....	13
1.4.2 Materias primas .....	13
1.4.3 Material de envase .....	14
1.4.4 Material de embalaje .....	14
1.4.5 Envasado .....	14
1.5 Envasadora Automática .....	23
<b>Capítulo 2: MANTENIMIENTO A EQUIPO E INSTALACIONES</b>	
<b>DE LA PLANTA .....</b>	<b>26</b>
2.1 Mantenimiento a servicios .....	30
2.1.1 Área de calderas .....	31
2.1.2 Cuarto de refrigeración .....	32
2.1.3 Zona de filtros de agua .....	33
2.1.4 Tanques de combustóleo .....	33
2.1.5 Zona de aire comprimido .....	33
2.1.6 Planta de emergencia .....	33

---

2.2	Mantenimiento a equipos .....	34
2.2.1	Rehidratación .....	34
2.2.2	Proceso .....	35
2.2.3	Envasado .....	36
2.2.4	Lavado de canastillas .....	38
2.2.5	Tanques de lavado CIP .....	39
2.2.6	Recepción de leche bronca o fresca .....	39
2.2.7	Área de silos de almacenamiento de leche y grasa .....	39
2.3	Mantenimiento a instalaciones .....	40
2.4	Mantenimiento a instrumentación y equipos de control de calidad .....	40
2.5	Mantenimiento preventivo a la envasadora .....	41
2.5.1	Mantenimiento eléctrico .....	41
2.5.2	Mantenimiento mecánico .....	43
2.5.3	Mantenimiento neumático .....	44
2.5.4	Limpieza .....	45
2.6	Mantenimiento correctivo a la envasadora .....	47
2.6.1	Fallas por fatiga .....	47
2.6.2	Fallas por medio ambiente .....	48
<b>Capítulo 3: SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA ENVASADORA .....</b>		<b>50</b>
3.1	Pirómetro .....	54
3.2	Termopar .....	57
3.3	Microswitch .....	58
3.4	Relevador (relé) .....	59
3.5	Relevadores termomagnéticos o disyuntores de sobrecarga .....	60
3.6	Contactador electromagnético .....	62
3.7	Autotransformador variable .....	63
3.8	Lámpara de luz ultravioleta .....	65
3.9	Nicromel.....	66

3.10 Resistencias tipo cartucho .....	67
3.11 Válvula electromagnética (solenoide) .....	68
3.12 Unidades de servicio .....	70
3.13 Manómetro de tubo Bourdon .....	71
3.14 Actuador neumático de doble efecto .....	72
3.15 Sistema de control de película .....	73
3.16 Sistema de hombro formador .....	75
<b>Capítulo 4: CONFIABILIDAD .....</b>	<b>77</b>
4.1 Estadística para los estudios de confiabilidad .....	81
4.2 La distribución Weibull .....	86
4.2.1 Vida característica.....	88
4.2.2 Papel de probabilidad Weibull .....	88
4.2.3 Construcción de un papel de probabilidad Weibull utilizando una hoja de cálculo .....	92
4.3 Tiempo medio entre fallas (TMEF) .....	92
4.4 Teoría de la tasa de falla constante .....	93
4.5 Confiabilidad del sistema .....	94
4.6 Disponibilidad .....	96
4.7 Análisis de Pareto .....	97
4.8 Aspectos económicos de la calidad y la confiabilidad .....	99
4.9 Análisis de los datos.....	100
<b>Capítulo 5: CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA .....</b>	<b>126</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>135</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>136</b>

---

# INTRODUCCIÓN.

Dada la importancia que representa la eficiencia de una empresa, es necesario implementar dentro de la planeación estratégica, factores como: comercialización, crecimiento, desarrollo de nuevos productos, capacidad instalada y dentro de estos los equipos o activos con que cuenta la empresa; siendo importante determinar la etapa de vida en que se encuentra cada uno de ellos, para ayudar a tomar decisiones a mediano y largo plazo.

Nuestro caso se enfoca a determinar el período de vida en que se encuentra una máquina envasadora de leche de la planta Liconsa Valle de Toluca y además la Confiabilidad y Disponibilidad de la misma.

Antes de entrar en materia propiamente dicha, se hace un recuento de los antecedentes de la empresa Liconsa, su ubicación y niveles de producción, además de la descripción del proceso de rehidratación y pasteurización de leche, esto a fin de destacar el papel decisivo que juega la envasadora dado que la planta envasa únicamente leche en su presentación de bolsa de 2 litros.

Puesto que la planta no solo es envasado, se realiza una descripción del conjunto y que mejor manera de conocerla sino por el mantenimiento efectuado a sus equipos e instalaciones, una vez ubicada la envasadora dentro de su contexto se procede al análisis de sus sistemas de medición y control, tratando cada elemento por separado en cuanto a su funcionamiento teórico y su función dentro de la misma máquina, así se pretende conocer en lo más posible la envasadora de leche y la relación que guarda con todo el sistema productivo.



El análisis de confiabilidad, se basa principalmente en el empleo de una función matemática de distribución Weibull, mediante un programa de computadora. Los datos alimentados fueron recopilados de los registros del departamento de mantenimiento de la planta Liconsa en cuestión, en el periodo comprendido del 01 de enero de 1994 al 31 de marzo de 1995, con un total de 136 fallas, estas fueron ordenadas de acuerdo a su tipo en tres sistemas; eléctrico, neumático y mecánico.

Por medio de una representación gráfica (pareto), se introduce al lector al problema, destacando que fallas son las más representativas. Previamente se realiza una introducción teórica al análisis de Weibull y las funciones matemáticas de sus parámetros, así como del programa de computadora empleado. Se analizan los resultados obtenidos, se calculan algunos parámetros, para concluir con algunas recomendaciones; sin dejar de lado las características administrativas de la empresa.

Cabe hacer mención que la técnica utilizada, así como las bases teóricas proporcionadas, son aplicables desde el sistema más simple constituido por un solo elemento, hasta sistemas complejos, como es el caso de la máquina en estudio.

Esperamos que con este análisis y las conclusiones respectivos, los ejecutivos de la empresa, tengan elementos de juicio fehacientes que le ayuden a tomar las decisiones más acertadas.

---

# ANTECEDENTES

## 1.1 Antecedentes históricos.

En el año de 1945, se constituyó la empresa denominada "LECHERÍA NACIONAL, S.A." cuyo objeto era la rehidratación de leche en polvo, su pasteurización, embotellamiento y distribución, con el fin de proveer al mercado mexicano.

En el año de 1950, la Secretaría de Economía y el Departamento Central entablaron pláticas con los representantes de la empresa y de las Asociaciones de Ganaderos, con objeto de discutir la propuesta de estos últimos, a fin de que fuera CEIMSA la que se encargara de la elaboración, distribución y venta de leche.

1953

"Lechería Nacional, S.A.", dejó de operar por sí misma el programa de rehidratación de leche, para elaborar a CEIMSA los volúmenes que ésta le indicaba, al mismo tiempo que le arrendó 300 lecherías de su propiedad.

CEIMSA inició la construcción de una nueva planta de rehidratación en el municipio de Tlalnepantla, Edo. de México.

1954

Se inicia la operación de la Planta Tlalnepantla con un volumen diario de 30,000 litros. CEIMSA suscribe un contrato de maquila con la planta "Cremex".

---

**1955**

Para este año el volumen total elaborado de las dos plantas y distribuido directamente por CEIMSA, alcanza la cifra de 65,000 litros diarios. Se inicia el suministro de 20,000 raciones diarias de un cuarto de litro a la Asociación Nacional de Protección a la Infancia para el programa de desayunos escolares.

**1960**

CEIMSA suscribe un contrato con la "Cía. Distribuidora Central Lechera, S.A." para la elaboración de hasta 160,000 litros diarios. Al mismo tiempo suscribe un contrato de distribución con la "Cía. Distribuidora Mexicana de Leche y sus Derivados, S.A.", para el transporte de la leche de las dos plantas a los expendios de venta.

**1961**

Se constituye la compañía "Rehidratadora de Leche CEIMSA, S.A.", con el propósito de que el programa de leche reconstituida se maneje en una entidad jurídica independiente y coordinada por CEIMSA.

**1962**

"Rehidratadora de Leche CEIMSA, S.A.", substituye en el contrato suscrito por CEIMSA y la "Cía. Distribuidora Central Lechera, S.A." a la primera y se incrementa el volumen de leche reconstituida hasta 190,000 litros diarios, de los cuales 100,000 litros podrán ser envasados en Tetra Pak.

**1963**

Cambia su razón social por la de "Compañía Rehidratadora de Leche CONASUPO, S.A."

**1965**

Se transforma en una sociedad anónima de capital variable.

**1968**

Realiza una inversión para vender leche reconstituida a través de un sistema de tanques refrigerados y máquinas automáticas.

**1971**

Absorbe CONASUPO las lecherías que venía operando esa empresa e inicia la distribución de leche a granel.

1972

Cambia su razón social a "Leche Industrializada CONASUPO, S.A. de C.V." (LICONSA). Amplía la capacidad de la planta Tlalnepantla a 1'000,000 de litros diarios e introduce la leche envasada en bolsas de polietileno.

1973

Recibe para su operación la planta pasteurizadora y rehidratadora de Jiquilpan, Michoacán. Suscribe un contrato con "Carnation de México S.A." para la producción de 600,000 cajas de leche evaporada enlatada con la marca CONASUPO.

1974

Se implanta el sistema de venta de leche reconstituida mediante la "Tarjeta de Dotación Unifamiliar".

1977

En la planta de Tlalnepantla se inicia la elaboración y envasado de los complementos y saborizantes para bebidas de leche.

1978

LICONSA incrementa con 150,000 litros diarios de leche reconstituida el abasto al Sistema de Lecherías y se desarrolla el proyecto de la planta Aguascalientes.

1980

El programa de leche reconstituida se extiende a las ciudades de Monterrey y Oaxaca. Se adquieren las plantas de Colima, Tlaxcala y Acayucan.

1981

LICONSA adquiere una planta en Guadalajara e inicia la producción de leche reconstituida. Se adquieren los terrenos y se inician los proyectos para la construcción de las plantas de Cd. Delicias, Chih., Guadalajara, Jal., y Monterrey, N.L. La Planta de Aguascalientes entra en operación para producir leche ultrapasteurizada concentrada y evaporada, leche entera en polvo, leche para la alimentación infantil. Se pone en marcha la construcción de la segunda etapa de la planta de Acayucan para ampliar su capacidad y producir leches en polvo en diversas formulaciones.

**1985**

**Se inicia la operación de la planta LICONSA Tláhuac, con una capacidad programada de 2'000,000 de litros diarios.**

**1988**

**Se inicia la operación de la planta rehidratadora de leche Valle de Toluca, con una capacidad instalada de 100,000 litros diarios. Ubicada en el centro Agroindustrial CENACOPIO en el municipio de San Antonio de la Isla Toluca Estado de México; para atender la demanda de leche en un radio aproximado de 100 km.**

---

## **1.2 Distribución de planta LICONSA Valle de Toluca (Fig. 1.1).**

### **ZONA A:**

- 1.- Recepción de materia prima.
- 2.- Almacén de refacciones y materia prima.
- 3.- Rehidratación.
- 4.- Control de proceso.
- 5.- Proceso.
- 6.- Silos de almacenamiento de leche.
- 7.- Envasado.
- 8.- Suministro de canastillas.
- 9.- Cuarto frío.
- 10.- CIP'S ( Cleaning In Place ) Circuito cerrado de lavado.
- 11.- Tanques de grasa.
- 12.- Báscula.
- 13.- Andén de carga.

### **ZONA B:**

- 1.- Calderas y aire comprimido.
- 2.- Refrigeración.
- 3.- Subestación eléctrica.
- 4.- Filtros de agua.
- 5.- Tanques de combustóleo.
- 6.- Cisterna.

### **ZONA C:**

- 1.- Taller de mantenimiento.
- 2.- Oficinas de mantenimiento.
- 3.- Almacén de productos químicos.

### **ZONA D:**

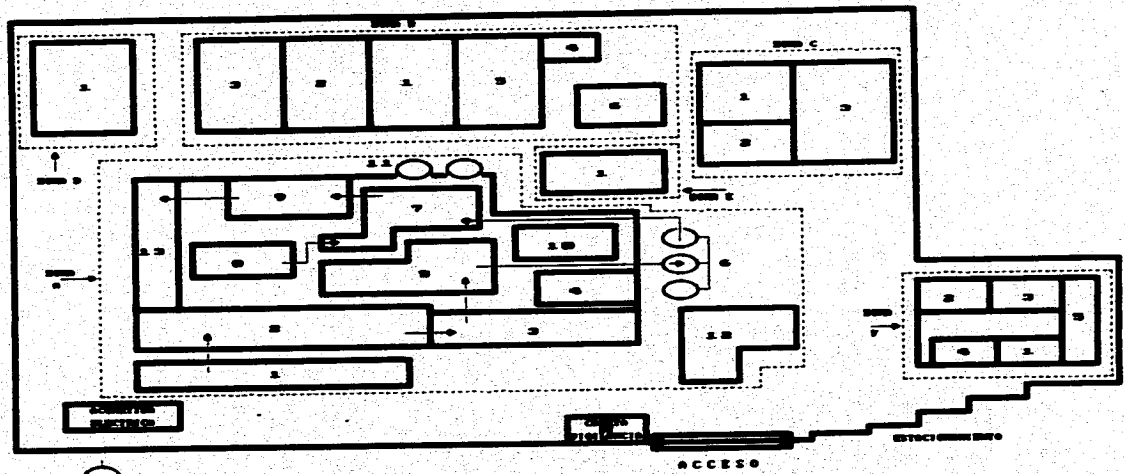
- 1.- Planta tratadora de afluentes.

### **ZONA E:**

- 1.- Oficinas administrativas.

### **ZONA F:**

- 1.- Almacén de herramientas.
- 2.- Sala de juntas.
- 3.- Comedor.
- 4.- Oficinas.
- 5.- Baños.



**FIG. 1.1 Distribución de planta LICONSA Valle de Toluca.**

### 1.3 La leche y sus características.

La leche rehidratada es una leche líquida cuya composición cuantitativa es similar a la de la leche fresca pasteurizada y homogeneizada. El producto se acondiciona rehidratando leche descremada en polvo, adicionándole grasa vegetal, generalmente de coco o aceite de girasol, cártamo, maíz o soya parcialmente hidrogenada, además de vitaminas A y D3. La mezcla se pasteuriza, homogeneiza y enfría para envasarla o transferirla a carros tanque para su distribución.

La leche rehidratada puede presentarse en envases de polietileno termosellado, de capacidad de 1 o 2 litros o expenderse a granel en máquinas de surtido automático.

#### 1.3.1 Composición.

La leche rehidratada tiene la siguiente composición:

ELEMENTOS	UNIDAD PORCENTUAL PESO/VOLUMEN
sólidos totales	11.42%
sólidos no grasos	8.30%
grasa	3.12%
densidad .....	1.0292 g/ml
vitamina A .....	3000 UI/lit
vitamina D3 .....	300 UI/lit

#### 1.3.2 Análisis Bromatológico:

De acuerdo con la formulación y con las especificaciones de materias primas, la composición bromatológica aproximada de la leche rehidratada es:

proteínas .....	30.15
grasa .....	31.17
carbohidratos .....	45.72
cenizas .....	6.98
total	114.02



### 1.3.3 Aporte nutricional.

..... Aportación calórica.

Si se utilizan los valores del Instituto Nacional de la Nutrición, la leche rehidratada cuenta con :

	Kcal	%
calorías totales	584.01	100
calorías aportadas por la grasa	280.53	48.03
calorías aportadas por la proteína	120.6	20.65
calorías aportadas por los carbohidratos	182.88	31.32

..... Aportación de vitaminas.

vitamina A ..... 3000 UI/lit  
vitamina D3 ..... 300 UI/lit

..... Cobertura de requerimientos nutricionales.

La leche rehidratada cuando se consume una ración de 250 ml cubre los requerimientos nutricionales que aparecen en la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICA	EDAD DE LOS INFANTES			
	12/23 MESES	2/3 AÑOS	4/6 AÑOS	7/10 AÑOS
<b>ENERGÍA (KCAL)</b>				
Requerido/día	1000	1250	1500	2000
Aportado	141.34	141.34	141.34	141.34
% Cubierto	14.13	11.30	9.42	7.07
<b>PROTEÍNAS (GR.)</b>				
Requerido/día	27	32	40	52
Aportado	7.09	7.09	7.09	7.09
% Cubierto	26.25	22.15	17.72	13.63
<b>VITAMINAS A (UI)</b>				
Requerido/día	1666.7	1666.7	1666.7	1666.7
Aportado	750	750	750	750
% Cubierto	45	45	45	45

## 1.4 Proceso de rehidratación de la leche ( fig. 1.2).

**a) Rehidratación:** se efectúa mediante un cono, una bomba y dos tanques de rehidratación.

Se llena con agua tratada uno de los tanques de rehidratación al 45% de su capacidad. El agua es succionada por la bomba centrífuga sanitaria del cono, arrastrando la leche en polvo que se vacía en este último, enviando la mezcla leche-agua de retorno al tanque de rehidratación.

Al mismo tiempo que continúa la adición de agua al tanque de rehidratación, la mezcla leche-agua se mantiene en recirculación entre el tanque y el cono.

Una vez llevada a cabo la rehidratación del primer tanque, la mezcla es enviada hacia el tanque de balance por medio de una bomba centrífuga, pasando por los filtros dúplex sanitarios.

Mientras se pasteuriza la leche del primer tanque, se rehidrata la del segundo. El uso de dos tanques de rehidratación tiene como finalidad combinar la rehidratación por lotes con la pasteurización continua.

**b) Pasteurización:** la pasteurización es un proceso de choque térmico mediante la aplicación de calentamiento y enfriamiento rápidos, con el cual se logra la eliminación de los microorganismos patógenos que pudieran estar presentes en la leche y la mayoría de los no patógenos, sin afectar las propiedades químicas, físicas y organolépticas del producto.

El proceso se lleva a cabo en el pasteurizador, el cual está constituido por cuatro zonas: zona de calentamiento, zona de regeneración, zona de agua filtrada y zona de agua helada.

El agua tratada entra a 17 °C en la zona de agua filtrada del pasteurizador, donde intercambia calor con la leche pasteurizada. El agua sale de esta zona hacia los tanques de rehidratación a 35 °C.

De los tanques de rehidratación la mezcla es enviada al tanque de balance, donde se realiza la adición de grasa vegetal enriquecida con vitamina A+D3.

Del tanque de balance, la mezcla se envía por medio de una bomba centrífuga a la zona de regeneración del pasteurizador, donde entra a 30 °C y después

de intercambiar calor con la leche pasteurizada sale de esta zona hacia el homogeneizador a 65 °C.

En el homogeneizador la leche es bombeada a alta presión para lograr la emulsión y evitar la separación de la grasa.

Del homogeneizador la leche pasa a la zona de calentamiento del pasteurizador. En esta zona la leche entra a 63 °C e intercambia calor con agua caliente, el agua caliente entra a la zona a 87.8 °C y sale a 73.3 °C. La leche sale entre 76 y 77 °C hacia el tubo de sostenimiento.

En el tubo de sostenimiento la leche permanece 15 segundos. A la salida del tubo se tiene una válvula con sensor de temperatura, si la leche se encuentra a 75 °C o más, pasa a la zona de regeneración, en caso contrario es retornada al tanque de balance y se repite el ciclo.

La leche entra a la zona de regeneración entre 76 y 77 °C. En esta zona intercambia calor con la leche proveniente del tanque de balance y sale hacia la zona de agua filtrada a 41.9 °C.

En la zona de agua filtrada la leche intercambia calor con el agua tratada. De esta zona la leche sale a 24 °C hacia la zona de agua helada.

En la zona de agua helada se produce el intercambio térmico entre la leche y el agua fría proveniente del banco de hielo. La leche sale de esta sección entre 5 y 6 °C y es enviada hacia uno de los tanques silo de producto terminado.

El agua fría entra a esta zona a 1 °C y retorna a 8 °C.

c) **Almacenamiento en silos:** la leche se almacena en cualquiera de los silos de producto terminado, donde se mantiene hasta su envasado. Los silos tienen una capacidad nominal de 75,000 lts.

d) **Envasado:** El área de envasado es una de las principales de la planta Liconsa Valle de Toluca, dado que la presentación final del producto es en bolsas de polietileno de dos litros cada una; es decir, la planta es eminentemente envasadora después de rehidratadora, de ahí la importancia y la característica vital de esta área, razón por la cual el mantenimiento está enfocado en gran medida hacia la conservación de estas máquinas. La planta actualmente cuenta con dos envasadoras marca Enva-Flex.

La leche es enviada de los silos hacia el tanque elevado por medio de una bomba centrífuga y de ahí pasa a las máquinas, donde es envasada en bolsas de polietileno de dos litros.

Las bolsas de leche son recibidas en canastillas de polietileno de alto impacto y enviadas hacia la estibadora por medio de un sistema de transportadores.

En la estibadora las canastillas son sobrepuestas en estibas de seis y salen hacia el cuarto frío transportadas por cadenas.

Para la limpieza de las canastillas se cuenta con una máquina lavadora. Las canastillas son enviadas hacia el área de envasado por medio de un sistema de transportadores.

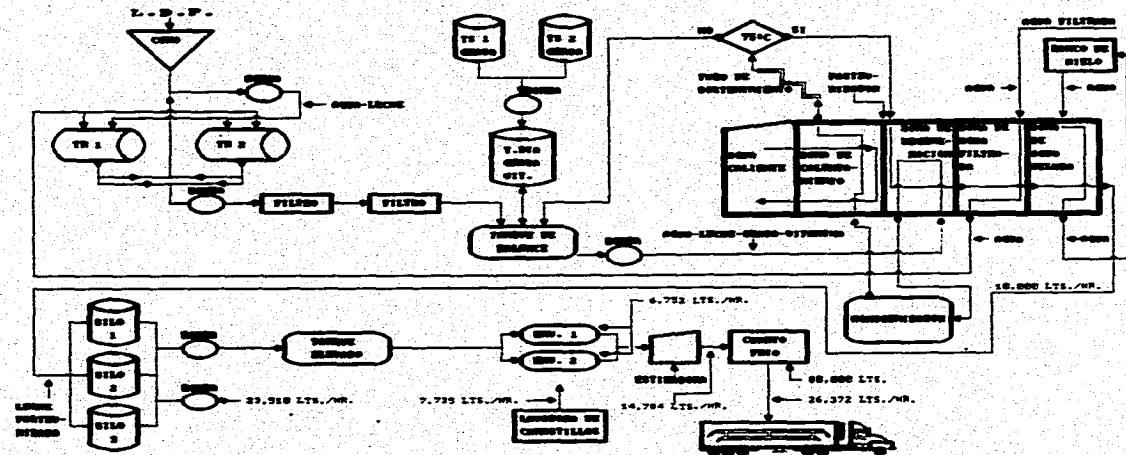
e) **Almacenamiento en cuarto frío:** en la cámara de refrigeración la leche permanece hasta que es retirada por el Programa de Abasto Social, Estado de México.

f) **Distribución de leche envasada:** La leche envasada es distribuida a las lecherías mediante camiones con caja seca.

**NOTA:** Aunque en la actualidad el total de la producción es envasada, se cuenta con un sistema para cargar leche a granel.

La capacidad real de la bomba de carga a pipas es de 23,510 lts/hr.

**PLANTA VALLE DE TOLUCA.**



BILLO: BILLO = BARRILLO.  
 L.-D.-P. = LINEA DE PRODUCCION DE POLVO.  
 TS = TANQUE DE ALMACENAMIENTO.  
 VF = VALVE DE VENTILACION.

**FIG. 1.2 Diagrama de flujo de proceso.**

#### **1.4.1 Servicios:**

**a) Agua:** Se extrae de un pozo profundo, propiedad del Municipio de San Antonio de la Isla, ubicado en el Parque Agroindustrial del mismo nombre.

**b) Refrigeración:** se dispone de un sistema de refrigeración para proceso y cuarto frío a base de amoníaco comprimido.

El sistema consta de cuatro compresores, dos condensadores evaporativos, dos difusores para cuarto frío y dos bancos de hielo.

El equipo se utiliza en forma alternada de acuerdo a las necesidades de operación.

**c) Vapor:** se tienen dos generadores de vapor, normalmente se trabaja con uno y el otro queda de repuesto.

**d) Aire comprimido:** se dispone de tres compresores de aire.

Por lo general se utilizan los dos primeros y el tercero solo de manera ocasional.

**e) Energía eléctrica:** se cuenta con alimentación externa de la Cía. de Luz y Fuerza además de contar con una Planta de Emergencia (600kva y 90 HP).

#### **1.4.2 Materias primas:**

**a) Leche en polvo:** llega a la Planta en camiones cerrados o cubiertos, en bolsas de 25 y 22.68 Kgs.

La descarga y almacenamiento de los sacos se realiza mediante tarimas y montacargas.

**b) Grasa Vegetal:** Se transporta a la Planta en pipas y se descarga en los tanques silos que se tienen destinados para este fin.

**c) Agua:** el agua es extraída de un pozo profundo y almacenada en la cisterna, donde se le adiciona una solución de cloro para asegurar su calidad higiénica.

Una parte del agua de la cisterna se destina para uso general y la otra para rehidratar la leche.

Antes de incorporar el agua al proceso, ésta pasa por una batería de filtros en la que se potabiliza por medio del filtrado y deodorizado.

Después de recibir este tratamiento, el agua se envía al proceso de rehidratación.

d) **Vitamina A+D3:** Se recibe en contenedores de aluminio envasados a presión, de 5 Kgs y se resguarda en el Almacén de materia prima hasta su uso.

**1.4.3 Material de envase (polietileno):** Se recibe en bobinas de aproximadamente 23 Kg. y se resguarda en el Almacén de materia prima hasta su uso.

**1.4.4 Material de embalaje (canastillas):** Se dispone de cajas de polietileno de alto impacto, de fondo plano y cerradas en la base y los lados. Estas cajas están bajo el resguardo del Programa de Abasto Social, Estado de México.

#### **1.4.5 Envasado.**

Se consideran las dos máquinas Enva-Flex. La velocidad de envasado de la máquina número uno es de 3,354 lbs./hr. y la de la máquina dos de 3,398 lbs./hr.

Para la realización de los Diagramas Tiempo Máquina se consideró la velocidad promedio de las dos envasadoras (3,376 lbs./hr.).

El tiempo disponible, los tiempos muertos inevitables y el tiempo efectivo, se determinaron en Horas/Máquina.

#### **Programa de turnos en envasado:**

**PRIMER TURNO:** Trabaja de Domingo a Viernes, su horario de entrada es a las 06:00 hrs. y su horario de salida a las 14:00 hrs.

**SEGUNDO TURNO:** Trabaja de Domingo a Viernes, su horario de entrada es a las 13:30 hrs. y su horario de salida es a las 21:00 hrs.

**TERCER TURNO:** Trabaja de Sábado a Jueves, su horario de entrada es a las 23:00 hrs. y su horario de salida es a las 06:00 hrs. del día siguiente.

La razón por la que el segundo turno entra a las 13:30 hrs., es para enlazarse con el primer turno que sale a las 14:00 hrs. Así se evita parar el proceso de envasado o pagar tiempo extra.

**a) Estándar de Máquina y Mano de Obra a un turno en Envasado (fig. 1.3):**

Se considera el tercer turno, ya que normalmente en este se hace el arranque de operaciones en el área.

El horario de trabajo es de las 23:00 horas a las 06:00 horas del día siguiente.

Por lo regular el personal se presenta a su lugar de trabajo 20 minutos después del horario de entrada. Estos se consideran en el cálculo de los Estándares de Máquina.

Se tienen asignadas seis personas sindicalizadas en el área y en este turno (un Operador de Envasado, un Lavador de Canastillas y cuatro Ayudantes Generales).

El tiempo disponible es de 14.0 hrs. máquina (7.0 hrs. x 2 máquinas).

Al entrar el turno se hace la preparación del equipo y enseguida inicia la operación. Los cambios de bobina se llevan a cabo en promedio a los 5,800 lts. envasados (bobinas de 23 Kgs.).

El lavado final del área inicia a las 04:00 horas y tiene una duración de 2.0 horas.

El horario de comida para este turno es a las 02:00 horas con un tiempo asignado de 30 minutos. En realidad el personal se lleva en promedio 40 minutos para tomar sus alimentos.



**El tiempo Muerto Inevitable se compone de:**

- Entrada de turno (0.33 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Preparación (0.50 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Comida (0.67 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Lavado final (2.00 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Cambios de bobina (0.083 hrs.) (2 cambios)
- Lavado de la línea de envasado 0.75 hrs.
- Total = 7.17 hrs. máquina

**b).- Estándar de Máquina y Mano de Obra a dos turnos en Envasado (fig. 1.4).**

Se consideran los turnos tercero y primero.

El horario de labores para el tercer turno es de las 23:00 horas a las 06:00 horas del día siguiente y para el primer turno de las 06:00 horas a las 14:00 horas.

Se tienen asignadas seis personas sindicalizadas por turno en esta área (los puestos que ocupan son los mismos en ambos turnos).

El tiempo disponible es de 30.0 hrs. máquina (15.0 hrs. x 2 máquinas).

Al entrar el tercer turno se hace la preparación del equipo e inicia el envasado.

El lavado final del equipo se realiza a las 12:00 horas y tiene una duración de 2.0 horas.

El horario de comida para el tercer turno es a las 02:00 horas y para el primer turno a las 11:00 horas.

**El tiempo Muerto Inevitable se compone de:**

- Entrada de turno (0.33 hrs.) (2) (2 máquinas)
- Preparación (0.50 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Comida (0.67 hrs.) (2) (2 máquinas)
- Lavado final (2.00 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Cambio de Bobina (0.083 hrs.) (10 cambios)
- Lavado de la línea de envasado 0.75 hrs.
- Total = 9.83 hrs. máquina

**LICONSA S. A.**  
**PLANTA VALLE DE TOLUCA**  
**DIAGRAMA TIEMPO MAQUINA**  
**PARA UN TURNO EN ENVASADO**  
**PRODUCCION MAXIMA 23 069 LTS.**  
**TIEMPO DISPONIBLE = 14.00 HRS/MAQ.**  
**TIEMPO EFECTIVO = 6.83 HRS/MAQ.**

- PREPARACION
- OPERACION
- COMIDA
- LAVADO
- E. TURNO
- C. BOBINA

CADA COLUMNA EQUIVALE A 5 MINUTOS

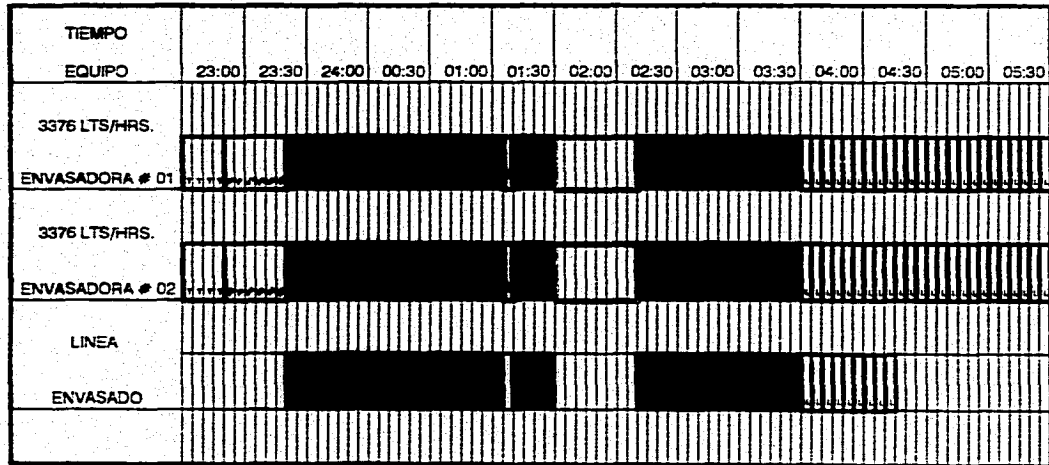


fig. 1.3 Estándar de Máquina y Mano de Obra a un turno en Envasado

<p>LICORSA S.A. DE C.V.</p> <p>PUNTA VALLE DE TOLUCA</p> <p>DISEÑA TIEMPO MÁQUINA</p> <hr/> <p>PRODUCCIÓN MENSUAL = 80 000 LTS</p> <p>TIEMPO DISPONIBLE = 2614 HORAS/AÑO</p> <p>TIEMPO EFECTIVO = 2517 HORAS/AÑO</p>	<p>■ OPERACIÓN</p> <p>■ OPERACIÓN</p> <p>■ OPERACIÓN</p>	<p>■ LÍNEA</p> <p>■ C. LANC</p> <p>■ C. BOMB</p>
--	--	--

CADA COLUMNA EQUIVALE A 5 MINUTOS

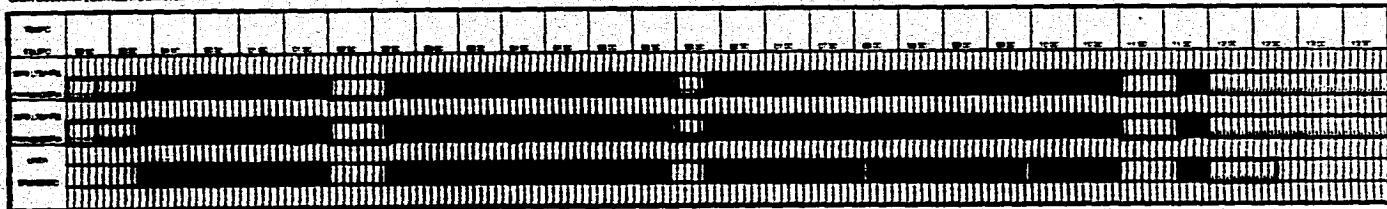


fig. 1.4 Estándar de Máquina y Mano de Obra a dos turnos en Envasado

**c).- Estándar de Máquina y Mano de Obra a tres turnos en Envasado (fig. 1.5) :**

Para la determinación se tomó en consideración el tercer turno, el primero y el segundo.

Los horarios de Trabajo son: de las 23:00 horas a las 06:00 horas del día siguiente para el tercer turno, de las 06:00 horas a las 14:00 horas para el primer turno y de las 15.30 horas a las 23:00 horas para el segundo turno.

De las 14:00 horas a las 15:30 horas se interrumpe el proceso de envasado.

Se tienen 6 personas sindicalizadas en el tercer turno, 6 en el primero y 5 en el segundo. En el segundo turno no se cuenta con el Ayudante de Operador de Envasado.

Como el tiempo por cambio de bobina es de 5 minutos y las columnas en el Diagrama Tiempo Máquina a tres turnos y a veinticuatro horas corresponden a 10 minutos, se decidió graficar dos cambios juntos en una columna. Esta representación no afecta al cálculo del Estándar de Máquina.

El tiempo por lavado de la línea de envasado es de 45 minutos, por las mismas razones expuestas para los cambios de bobina, en el Diagrama Tiempo Máquina se grafican 50 minutos para esta operación.

El tiempo disponible es de 45.0 hrs. máquina (22.5 hrs. x 2 máquinas)

Al inicio del tercer turno se prepara el equipo y después empieza el envasado.

El lavado final con duración de 2.0 horas se hace a las 21.00 hrs.

El horario de comida para los turnos es el siguiente:

- Para el tercer turno a las 02:00 hrs.
- Para el primer turno a las 11:00 hrs.
- Para el segundo turno a las 18:00 hrs.

Aunque en el Diagrama Tiempo Máquina sólo se grafican 16 cambios de bobina, para el cálculo del Estándar de Máquina se consideraron 18, que son los que realmente se efectúan.

El tiempo Muerto Inevitable se compone de:

- Entrada de turno (0.33 hrs.) (3) (2 máquinas)
- Preparación (0.50 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Comida (0.67 hrs.) (3) (2 máquinas)
- Lavado final (2.0 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Cambios de bobina (0.083 hrs.) (18 cambios)
- Lavado de la línea de envasado 0.75 hrs.
- Total = 12.50 hrs. máquina

**LICONSA S.A.**  
**PLANTA VALLE DE TOLUCA**  
**DIAGRAMA TIEMPO MAQUINA**  
**PRODUCCION MAQUINA 109 720 LTS.**  
**TIEMPO DISPONIBLE = 45.00 HRS./MAQ.**  
**TIEMPO EFECTIVO = 32.50 HRS./MAQ.**

- PREPARACION
- OPERACION
- COMIDA
- LAVADO
- E. TURNO
- C. BOBINA

CADA COLUMNA EQUIVALE A 10 MINUTOS.

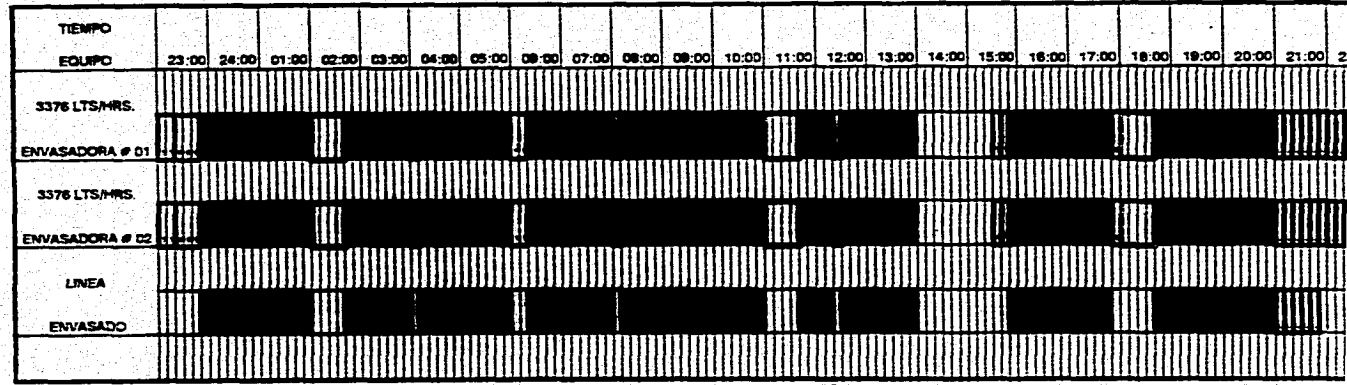


fig 1.5 Estándar de Máquina y Mano de Obra a tres turnos en Envasado

**d) Estándar de máquina y Mano de Obra a veinticuatro horas en Envasado (fig. 1.6) :**

El proceso de envasado es continuo e inicia a las 23:00 horas del Sábado y termina a las 23:00 horas del siguiente viernes.

En el diagrama Tiempo Máquina únicamente se grafica la operación de un día.

Se cuenta con el mismo personal sindicalizado por turno que en el caso anterior.

Para enlazar el primer turno con el segundo, es necesario pagarle tiempo extra cautivo al personal del primer turno (1.5 hrs. a las seis personas).

El tiempo disponible es de 48.0 hrs. máquina (24.0 hrs. x 2 máquinas).

Al iniciar sus labores el tercer turno se prepara el equipo, posteriormente da inicio el proceso de envasado.

El lavado final se realiza a las 21:00 horas y tiene una duración de 2.0 horas.

El horario de comida es igual al ya descrito.

El tiempo Muerto inevitable se compone de :

- Entrada de turno (0.33 hrs.) (3) (2 máquinas)
- Preparación (0.50 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Comida (0.67 hrs.) (3) (2 máquinas)
- Lavado final (2.0 hrs.) (1) (2 máquinas)
- Cambios de bobina (0.083 hrs.) (20 cambios)
- Total = 12.66 hrs. máquina

**LICONSA S.A.**  
**PLANTA VALLE DE TOLUCA**  
**DIAGRAMA TIEMPO MAQUINA**  


---

**PRODUCCION MAQUINA 119 258 LTS.**  
**TIEMPO DISPONIBLE = 48.00 HRS/MAQ.**  
**TIEMPO EFECTIVO = 35.33 HRS/MAQ.**

- PREPARACION
- OPERACION
- COMIDA
- LAVADO
- E. TURNO
- C. BOBINA

CADA COLUMNA EQUIVALE A 10 MINUTOS

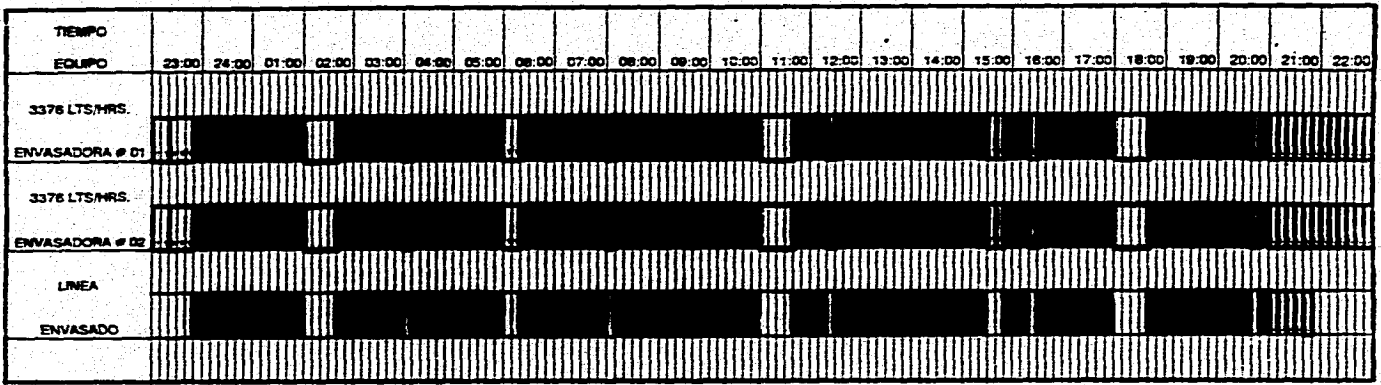


fig 1.6 Estándar de máquina y Mano de Obra a veinticuatro horas en Envasado

### **1.5 Envasadora Automática (fig. 1.7).**

**Ensamblada por Sociedad Industrial Mexicana S.A.:**

**Suministro eléctrico:** 220 Vca 60 ciclos, con sentido de rotación establecido y conectada a tierra física.

**Suministro neumático:** El suministro neumático deberá de ser de 7 Kg/cm<sup>2</sup> con un gasto efectivo de 30m<sup>3</sup> /hr. El aire deberá estar libre de impurezas y de humedad.

#### **Comandos eléctricos:**

Los controles eléctricos para la operación de la máquina, se encuentran ubicados en el interior del gabinete de control, colocado en el costado derecho de la envasadora, los botones de mando están en el frente del mismo.

#### **Controles internos:**

- a) Pirómetro electrónico del sello vertical.
- b) Autotransformador variable para el control del calor del sello horizontal.
- c) Interruptores termomagnéticos de protección de líneas de entrada.
- d) Relevador del sello vertical.
- e) Relevador de potencia para el impulso eléctrico del calor para el sello horizontal.
- f) Transformador para el calor del sello horizontal y corte de bolsa.
- g) Contactor electromagnético para la mordaza del sello horizontal.
- h) Contactor electromagnético para la dosificación del producto.
- i) Protección térmica del motor principal.

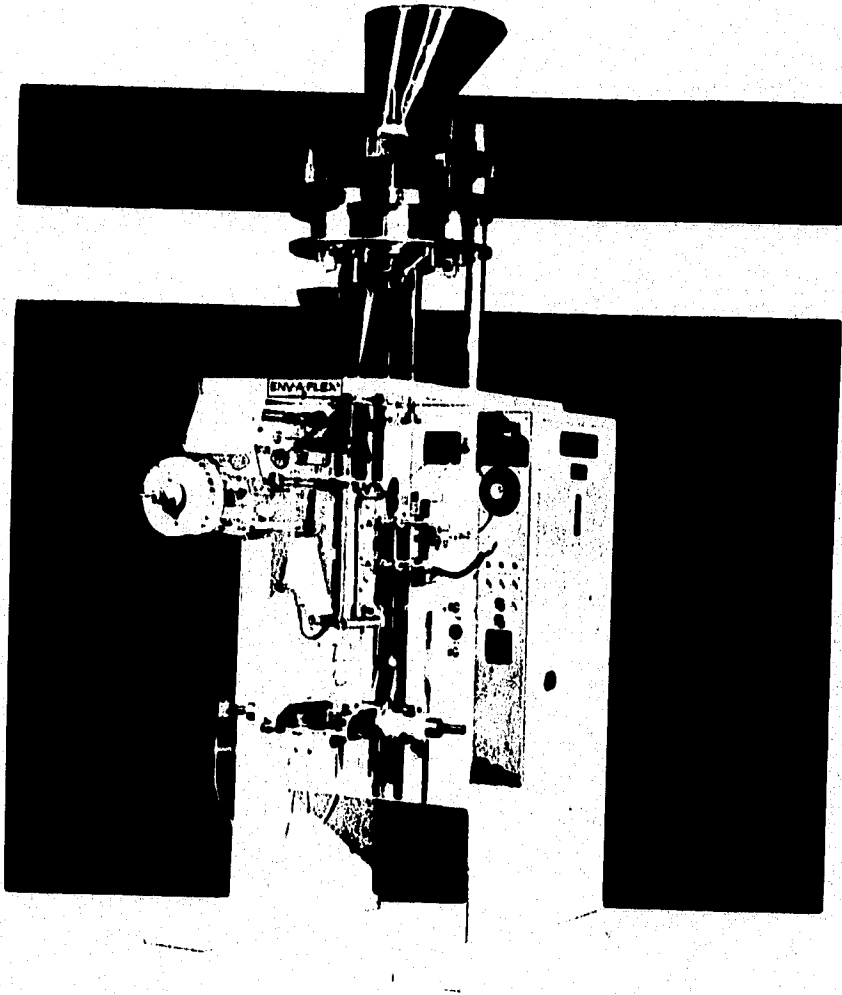


### **Controles externos.**

- 1) Tornillo de ajuste de la carátula indicadora del pirómetro electrónico del sello vertical.
- 2) Perilla de ajuste del autotransformador variable para el control del calor del sello horizontal.
- 3) Interruptor para el control pirométrico de temperatura, para el sello vertical.
- 4) Interruptor del impulso eléctrico para el calor del sello horizontal.
- 5) Interruptor deslizable de motor principal.
- 6) Interruptor general del mando.
- 7) Interruptor de lámpara germicida ( se localiza en la puerta de acceso del polietileno ).

### **Comandos neumáticos:**

- 1.- Una válvula electromagnética de cuatro vías, un solenoide para operar la mordaza de sello horizontal.
- 2.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para la dosificación del producto.
- 3.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para operar el sello vertical.
- 4.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para operar el enfriamiento del sello vertical.
- 5.- Un regulador de presión con manómetro para el sello vertical.
- 6.- Un regulador de presión con manómetro para el sello horizontal.
- 7.- Un regulador de presión con manómetro para el enfriamiento del sello vertical.
- 8.- Un regulador de presión con manómetro para la dosificación del producto.
- 9.- Una unidad de servicio.
- 10.- Cuatro cilindros neumáticos de doble efecto.



**Fig. 1.7 Envasadora Envaflex.**

---

# MANTENIMIENTO A EQUIPO E INSTALACIONES DE LA PLANTA.

La función del mantenimiento parece partir de la era de la industrialización de nuestros instrumentos de producción. Con el desarrollo de las máquinas y procesos, que incorporan una creciente automatización.

Desde el momento en que las máquinas producen piezas, generan también averías lo que ha conducido al actual desarrollo del mantenimiento.

## **Organización del mantenimiento.**

Las empresas destacan tres organizaciones jerárquicas.

- Un mantenimiento integrado, dirigido por un responsable que depende directamente de la dirección técnica o de la dirección general correspondiente en una organización por funciones.

- Un mantenimiento que depende de un responsable de producción con agentes intermedios mixtos, que corresponde a una organización por unidad.

- Una combinación de ambos, donde el mantenimiento de los equipos de producción está bajo la responsabilidad de los fabricantes, en tanto que el mantenimiento de los servicios y los trabajos nuevos lo están bajo la de un responsable de mantenimiento.

La responsabilidad integrada tiene la ventaja de conservar los fundamentos de función y de los principios del mantenimiento en una estructura homogénea, donde se trata igualmente lo correctivo, lo condicional, lo preventivo, los controles de seguridad, etc. Esta conducta permite cierta eficacia en todos los ciclos de vida de un equipo y evita algunas sorpresas desagradables en caso de que se descuide el aspecto preventivo y que no se tome en cuenta la obsolescencia del mismo.

El segundo tipo de responsabilidad tiene la ventaja de facilitar la constitución de grupos de progreso que garanticen la eficacia de la producción.

El mantenimiento subcontratado o co-contratado, puede permitir la puesta en marcha de una verdadera estrategia económica del mismo. Esta situación permite así mismo juzgar mejor la eficacia de la acción del mantenimiento, aislando sus costos propios, situar la actividad en los campos preventivo, correctivo y de mejora, además de medir permanentemente los beneficios obtenidos.

En cuanto al mantenimiento de la planta de Liconsa Valle de Toluca podemos decir que la organización es una área de mantenimiento que depende de un responsable de producción con mandos intermedios mixtos, es decir un Gerente de producción, un Jefe de Departamento, Jefes de Turno, Supervisores, Mecánicos, Electricistas, Ayudantes.

Así mismo Liconsa realiza contratos de mantenimiento principalmente para equipos mayores como son: la Subestación Eléctrica, Planta de Emergencia (generador y motor de combustión interna), Control Digital (Consola Taylor), Variadores de Frecuencia, Equipos de Medición del área de Control de Calidad. Dependiendo del equipo que se trate los contratos se realizan para un tiempo determinado y en su caso por garantía.

### **El mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo subcontratado puede presentarse desde varias formas:

- Se define por un periodo determinado.
- Los equipos están claramente identificados.
- Se especifican las horas de intervención.
- Se definen claramente las relaciones entre los responsables del mantenimiento correctivo; trabajos que hay que ejecutar como consecuencia de incidentes anteriores, condiciones de asistencia en la reparación, etc.
- La sustitución de piezas y productos de consumo efectuada por fuera del programa debe de estar justificada, ya que no se incluye en el contrato.

Estas intervenciones suelen hacerse con obligación de resultados en las reparaciones y se acompañan de informes que señalan los trabajos ejecutados y las anomalías observadas, que posteriormente podrían necesitar operaciones de reparación complementarias.

El mantenimiento preventivo se realiza en la planta de acuerdo a un programa de acciones y actividades tendientes a reducir al mínimo el tiempo muerto por fallas en los equipos, periódicamente, por ejemplo, la envasadora es revisada y se le cambian piezas sujetas a desgaste como son: teflones, silicones, nicromel, microswitch, se engrasan y limpian actuadores neumáticos, se revisan empaques, válvulas, solenoides, etc.

Todas estas actividades tienen una fecha señalada y un horario en el cual se encuentra disponible la máquina para su revisión y mantenimiento. Normalmente no se contrata servicio de mantenimiento externo para la envasadora.

#### **El mantenimiento correctivo.**

El mantenimiento correctivo se realiza con una referencia a la obligación de resultados en la disponibilidad de los equipos que se encuentran bajo la responsabilidad del departamento de mantenimiento. Este tipo de actividad requiere la presencia permanente del personal para poder intervenir sin demora.

Durante la operación diaria de la planta el personal de mantenimiento establece turnos de trabajo que permiten la atención inmediata de cualquier desperfecto o falla.

#### **La reparación y la revisión.**

Esta función de subcontratación, dentro o fuera de la empresa, puede llevarse a cabo en forma de contrato en función de la urgencia o de la gravedad de la reparación. Concerne a la reparación de mecanismos o de conjuntos completos, con cambio de piezas defectuosas, reparación de elementos desgastados o de un reajuste del contrato del servicio inicial.

#### **Los trabajos nuevos.**

Las modificaciones de equipos por modernización o cambio de serie pueden subcontratarse a empresas especializadas que eventualmente pueden hacerse cargo de estudios necesarios.

Ha sido responsabilidad del área de mantenimiento llevar a cabo dos trabajos nuevos: la instalación de una clarificadora y la red nueva de leche bronca.

Ambos proyectos incluyen; cálculo de tuberías, líneas eléctricas, instalación de bombas, soportes de tuberías, instalación de tanques, y cimentación. Se hace notoria la necesidad de la intervención de todo un equipo interdisciplinario para poder llevar a efecto este tipo de proyectos y hacer así autosuficiente a la planta con la consiguiente ventaja económica.

### **El factor humano en el mantenimiento.**

La evolución industrial implica modificaciones en la organización empresarial y en la transferencia de responsabilidades. Por tanto, la actuación del responsable de mantenimiento debe consistir en encontrar, en colaboración con su dirección industrial, la mejor organización para contribuir a la eficacia industrial. Debe buscar siempre la disponibilidad operativa de los medios de producción al menor costo.

Se admite generalmente que los responsables de mantenimiento deben tener competencias profesionales técnicas polivalentes y prácticas.

En el conjunto de características humanas del jefe de mantenimiento deben entrar el espíritu de análisis y el sentido de la interrogación y de la consideración de un gran número de factores que faciliten la toma de decisiones.

El crecimiento del parque de máquinas-herramientas de control numérico, de talleres flexibles, de robots y de procesos que implican sofisticadas atenciones requiere un perfil de hombres con un potencial de adquisición de conocimientos, previamente formados y disponibles. La experiencia más diversificada posible en este campo es una garantía innegable de éxito.

Cada incidente específico en la producción implica la intervención de un hombre de mantenimiento, cuya cualificación debe ser la adecuada para solucionar el problema de la forma más eficaz posible. De hecho, la dificultad consiste en definir el perfil más adecuado. En efecto, un incidente en una máquina automática puede provenir del desgaste mecánico, de un contacto o de un detector de posición, de la conexión entre ambos o de un ajuste mecánico. Este incidente puede competir tanto a un mecánico como a un electricista industrial, según sea su origen real.

Para el hombre de mantenimiento próximo tendrá más valor y será necesario un conocimiento general interdisciplinario que una formación profundamente especializada. Sólo una amplia base teórica podrá proporcionarle los medios necesarios para poder comprender los problemas bajo todas sus formas y determinar sus complejas relaciones.

**La cualificación de los hombres de mantenimiento, su potencialidad para adquirir conocimientos y su formación son tres criterios fundamentales para la eficacia global.**

**La formación comienza por un buen conocimiento de las técnicas básicas en electricidad, mecánica, neumática, hidráulica, y un perfecto dominio de las tecnologías que constituyen los diferentes equipos industriales.**

**El análisis de la actividad pone de manifiesto que los hombres de mantenimiento se enfrentan esencialmente a la resolución de problemas. Ahora bien, se puede comprobar que se les enseña como funcionan las máquinas, pero raramente por qué dejan de funcionar. El medio del mantenimiento permite que el personal ejercite su creatividad e ingenio.**

**La función del mantenimiento preventivo y correctivo a nivel planta, obedece a la necesidad de mantener en óptimas condiciones de trabajo todos los equipos que intervienen en la elaboración de bienes o servicios para la comunidad.**

**Específicamente, en el caso de la planta LICONSA Valle de Toluca, se trata el proceso de rehidratación de la leche, sin omitir que aparte de los equipos necesarios que intervienen directamente en dicha rehidratación, existen otros elementos que de manera indirecta se ven involucrados en el proceso.**

**Por esta razón, es necesario dividir el programa de mantenimiento en cuatro grandes grupos para analizar cada uno de ellos:**

**A) MANTENIMIENTO A SERVICIOS.**

**B) MANTENIMIENTO A EQUIPOS.**

**C) MANTENIMIENTO A INSTALACIONES.**

**D) MANTENIMIENTO A INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DE CONTROL DE CALIDAD.**

## **2.1 Mantenimiento a servicios.**

**Se entiende por servicios, a los equipos que intervienen en el proceso de rehidratación de la leche y que por sus condiciones, se encuentran fuera del área de proceso y estos son: el área de calderas, cuarto de refrigeración, zona de filtros de agua, tanques de combustóleo, zona de aire comprimido y planta de emergencia.**

### 2.1.1 Área de calderas:

En ésta zona se genera el vapor necesario para el proceso de pasteurización de la leche, para calentar el agua en la rehidratación y mantener venas de vapor en la tubería que transporta grasa vegetal, así como para tener vapor siempre listo para lavar equipos, tuberías, válvulas, tanques, silos, pisos, muros, bombas sanitarias y accesorios propios de los equipos.

Se cuenta con dos calderas de 150 caballos caldera (c.c.) cada una; las cuales se alternan en su operación cada semana y su tiempo de operación es de 24 horas al día, durante 6 días a la semana, aprovechando el séptimo para darle mantenimiento preventivo. El cual consiste, en limpiar el disco difusor, alinear paletas difusoras de flama, ajustar fotocelda, destapar boquilla de inyección de combustóleo, limpiar bujía de ignición, revisar operación del turbosoplador (tanto del motor eléctrico como del rodete), revisar la operación de válvulas reguladoras de presión de combustóleo, limpieza con diesel de líneas de suministro y retorno de combustóleo, revisar válvula de carburación, manómetros y presostato de presión de vapor, revisar el funcionamiento correcto del control de nivel de agua y por último se revisa la correcta operación de las válvulas de seguridad (funcionamiento manual y automático).

Eléctricamente, se revisa la correcta operación de: relevadores de control, programador de tiempos, interruptores termomagnéticos, relevadores de tiempo, conexiones eléctricas; lámparas indicadoras de funcionamiento y falla del turbosoplador, suministro de combustible, operación manual o automática, piloto de encendido y falla de flama, operación de alarma sonora; operación de válvulas solenoides y termostatos de precalentamiento de combustóleo.

A nivel de accesorios propios de la caldera, se revisan todas las válvulas existentes en las tuberías de combustóleo, diesel, gas y de suministro de agua tratada, se destapan y limpian los filtros de combustible, se comprueba que no existan fugas de combustible en válvulas de esfera y conexiones en la tubería.

En cuanto a los diferentes tipos de bombas con los que cuenta la planta para los diferentes tipos de fluidos y condiciones de trabajo, en forma generalizada podemos decir que para hacerle mantenimiento preventivo a una bomba, se inicia por destapar el motor eléctrico, revisando los baleros, que no se encuentren resecos, muy frenados o demasiado libres en su rodamiento, se revisa el estator o devanados que no se encuentren muy sucios o contaminados de partículas y que su barniz esté en condiciones de trabajo, para evitar posible sobrecalentamiento en su operación, se verifica continuidad para saber de un posible corto a nivel interno. Posteriormente se lava junto con el estator. En ésta parte del motor, se revisa que la flecha no tenga un desgaste excesivo y que su cuñero se encuentre en perfectas condiciones de trabajo. Se revisa ventilador de enfriamiento y se le da una limpieza y sopleado con aire seco a nivel general. Posteriormente se arma dicho motor y se prueba en vacío y dependiendo de los datos de placa, se comparan contra los datos que se leen en su funcionamiento.



Con respecto a la bomba propiamente, se revisa el sello mecánico o sanitario; según sea el caso, o en su sustitución se revisa el estopero, posteriormente se desarma la bomba y se revisa el impulsor y carcaza para notar posible erosión en éstos, también se presta especial atención en el empaque de la carcaza y tornillos de la misma. Una vez realizado todo este trabajo se procede a acoplar la bomba al motor eléctrico y se prueba su funcionamiento para detectar fallas como lo son una vibración excesiva, posible fuga por el sello mecánico o estopero, una mala alineación, o sobrecalentamiento en el motor eléctrico.

También en la zona de calderas, contamos con tanques de diferentes tipos y para diferentes servicios, como sería el tanque acumulador, deareador, de salmuera, de diesel, almacenadores de grasa vegetal; en general, se les revisa la operación adecuada de sus respectivas válvulas, mirillas, elementos de control y temperatura, así como sus respectivos manómetros y revisión minuciosa de posible erosión en sus paredes (cuando esto sucede, se les aplica una capa de pintura resistente a la intemperie), y en caso de contar con medidor de nivel o termostato para flujo de vapor, como es el caso de los tanques almacenadores de grasa vegetal, se revisan eléctricamente que estén arrancando y parando en los rangos de temperatura programados y que las trampas de vapor funcionen de la misma manera para el desalojo de condensados.

## **2.1.2 Cuarto de refrigeración.**

En esta zona, se encuentra almacenada la leche en bolsas y en estibas de seis cajas cada una, como su nombre lo indica; se mantiene el producto a una temperatura de 1 a 2 °C, para ello se cuenta con dos difusores de aire enfriados por amoníaco a alta presión y cada uno de estos cuenta con tres ventiladores de 1 hp. de potencia cada uno.

El mantenimiento en esta zona consiste en revisar las buenas condiciones mecánicas de los serpentines de los difusores, revisar la correcta operación de los termostatos y termómetros, así como de las válvulas de estrangulación del amoníaco. Por otra parte se revisa el alumbrado y la manija de la puerta principal que opera por fuera y por dentro para evitar accidentes.

### **2.1.3 Zona de filtros de agua.**

En esta zona, se cuenta con dos bancos de filtrado de agua, los que a su vez, cada uno consta de tres tanques conectados en serie y en paralelo con el otro banco de filtros. Su mantenimiento consiste en aplicar un retrolavado de 30 minutos a cada tanque para eliminar las impurezas que se encuentren incrustadas en su interior; se revisan los sistemas de válvulas, tuberías, conexiones y sistemas de control de retrolavado. Por último se prueba la presión de agua que arrojan los filtros, ya que en caso de encontrarse baja ésta, repercutirá en el tiempo de rehidratación de la leche.

### **2.1.4 Tanques de combustible.**

Se cuenta con tanques de combustóleo y de diesel, este último sirve tanto para alimentar la planta de emergencia como para arrancar las calderas y levantar poco a poco la presión de vapor, posteriormente se cambia a combustóleo para mantener la presión de vapor. Su mantenimiento consiste exactamente en lo mismo que se les hace a los tanques ubicados en la zona de calderas.

### **2.1.5 Zona de aire comprimido.**

Se cuenta con tres compresores de aire y un equipo de filtrado y secado de aire. En cada mantenimiento, se les cambia el aceite; se soplea y limpia el filtro de éste; se revisan interruptores de presión; se les hace una purga a los tanques tres veces al día; se limpia y soplea el serpentín o radiador del aceite y se comprueba su estación de botones, para que pare, trabaje manual y automáticamente. Se revisa todo lo que es la tubería de descarga de aire comprimido hacia el filtro.

Con lo que respecta al filtro de aire, se revisan las válvulas tanto de paso como de seguridad; las electroválvulas; se limpian y secan los filtros, así como los manómetros.

### **2.1.6 Planta de emergencia.**

Se cuenta con un motor diesel acoplado a un generador, el cual tiene la función de suministrar energía eléctrica a la planta cuando por causas de fuerza

mayor, CFE no lo hace, por lo tanto es de importancia tenerla en perfectas condiciones para los casos de emergencia, para ello, se revisa siempre que las baterías estén con carga y que los motores de arranque se encuentren en perfecto estado.

Normalmente, por trabajar con diesel, es necesario mantener la temperatura del motor a 60 o 70 °C, para obtener un arranque rápido, para ello se revisa siempre que las resistencias de calentamiento tanto del motor como del agua del radiador estén siempre cerradas; se revisa nivel de aceite y agua y el grado de pureza de éstos; se limpia el generador y se arranca por lo menos 5 minutos para revisar su número de revoluciones por minuto, su frecuencia, su voltaje de salida; su temperatura tanto del agua como del aceite. En caso de ser necesario, se asigna a mantenimiento externo la reparación de alguna falla mayor, como podría ser que el generador no esté operando satisfactoriamente; algún problema mayor en el motor diesel o alguna falla en su control eléctrico.

## **2.2 Mantenimiento a equipos.**

Se entiende por equipos, a todos aquellos que intervienen directamente en la elaboración de la leche, de alguna manera, algunos son repetitivos al igual que en la zona de calderas, pero la diferencia radica en que se manejan equipos a nivel sanitario, o de equipos que se encuentran en su mayoría contruidos en acero inoxidable, por ello se les da un trato un poco diferente. Esta zona la podemos dividir en las siguientes áreas: Rehidratación, proceso, envasado, lavado de canastillas, tanques de lavado (CIP), recepción de leche bronca y área de silos de almacenamiento de leche y grasa.

### **2.2.1 Rehidratación.**

Se cuenta con un cono de acero inoxidable conectado a una bomba sanitaria y a un sistema de suministro de agua filtrada. En este caso el mantenimiento es similar al que se describió con anterioridad para las bombas; con respecto al cono, por ser un elemento muy sencillo, sólo se revisa su cimentación y conexión a la tubería. Se revisa su construcción civil y alumbrado.

## 2.2.2 Proceso.

Es una de las zonas más importantes e interesantes de la planta, ya que en este lugar, se lleva a cabo toda la preparación de la leche.

Se cuenta con varios tipos de bombas sanitarias, las cuales por su función reciben diferentes nombres y su mantenimiento, es el mismo. Estas bombas reciben el nombre de agua caliente, de tanque elevado, de grasa, de trasiego, de cip, de llenado de silo, etc.

Se cuenta con dos tanques de rehidratación los cuales tienen un agitador de aspas, un aspersor para su lavado interno, sensor de temperatura, mirilla, sistema de tubería para su lavado y llenado de producto controlado por válvulas neumáticas.

Los agitadores son actuados por motores eléctricos a los que se les revisa los empaques; el reductor de velocidades, al cual se le revisa el aceite (su pureza y su nivel); baleros; engranes; flecha y su operación. Al tanque propiamente se le revisan todas sus conexiones sanitarias; empaques de puerta y mirilla y la posibilidad de fugas del producto, en caso de tenerlas se corrigen con soldadura sanitaria.

Al homogeneizador, se le revisa o se le hace el cambio de aceite; operación adecuada del motor eléctrico; bandas de transmisión; sistema de inyectores de agua de enfriamiento de los pistones; instrumentos de presión y el buen estado de los empaques sanitarios de los pistones.

En esta zona está instalado el pasteurizador, al cual se le corrigen las fugas que por fatiga se presentan; se desarma para limpiar las placas separadoras, se revisan todas las tuercas unión con las que cuenta y sus instrumentos medidores de presión y temperatura.

La clarificadora de leche bronca, se desarma para limpieza constante, así como constantemente se está comprobando el amperaje por línea que consume, tanto en su arranque como a plena carga. Se revisa el aceite y en caso necesario, de alguna reparación mayor, se asigna a mantenimiento externo.

Se cuenta con un sistema un tanto complejo de tubería para producto; de vapor; de agua helada; de aire y de agua filtrada. Para todo este sistema de tubería, normalmente se revisa toda la soportería; tuercas unión; indicadores de presión y temperatura; la correcta operación de todas las válvulas y en algunas ocasiones, se hace la purga de líneas, para conocer el grado de incrustación o contaminación que éstas tengan.

Las válvulas neumáticas, juegan un papel importante en ésta área, ya que son las que controlan la dirección de los diferentes fluidos hacia cada uno de los equipos y áreas, por lo tanto, se revisa que actúen de inmediato a la señal neumática que reciben desde los diferentes tableros controlados por electroválvulas.

### 2.2.3 Envasado.

Aquí, se efectúa el envasado de la leche por medio de máquinas envasadoras, se cuenta con un sistema de transporte de producto por medio de cadenas o por bandas. También se haya instalada una estibadora, para hacer pilas de seis cajas cada una ( cada caja contiene diez bolsas de dos litros).

El mantenimiento a las envasadoras consiste en desarmar los actuadores neumáticos del sello horizontal; se revisan, se lubrican y en su caso se cambian las líneas de suministro de aire y de agua. Por otra parte, se desarma el sistema de sello vertical (fig. 2.1), revisando: resistencia, tablilla de conexiones, termopar y sistema de sujeción de éste sello.

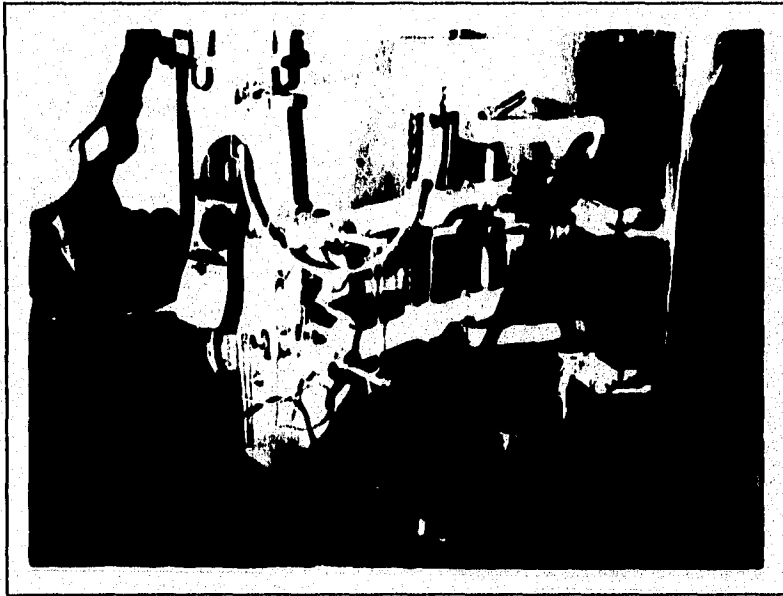


Fig. 2.1 Revisión del sello vertical.

Se revisan las unidades de filtrado de aire así como la dosificación de aceite. Se revisa la operación del microswitch, controlado por levas, para verificar la sincronización entre el sello vertical, el horizontal y el desplazamiento del carro portamordazas del sello vertical. Se revisa la correcta operación de las válvulas neumáticas, sus filtros se soplean. Se aceita la cadena del carro de sello horizontal y se revisa el reductor de velocidades, tanto en su nivel de aceite como de sus elementos mecánicos. También en ésta zona, se soplean con aire seco para eliminar el exceso de agua y aceite, que en su momento puede ocasionar averías o falsos contactos.

A nivel eléctrico, se revisa el pirómetro potenciómetro de sello horizontal (fig. 2.2), relevadores, lámpara germicida, portafusibles, arrancadores y tablillas de conexiones eléctricas.



**Fig. 2.2** Revisión del pirómetro.

En la zona de portabobina de polietileno, se ajusta el freno de bobina; se lubrican y revisan rodamientos de los diferentes tubos que forman el sistema de freno. Se revisan los empaques de las puertas, con el fin de evitar al máximo la introducción de humedad en el interior de la envasadora y la correcta operación de la válvula micrométrica y el pistón neumático de la válvula dosificadora de producto.

Una vez realizada toda esta rutina, se procede al armado y prueba de la máquina, para detectar posibles fugas de aire, ruidos extraños o mala sincronización en sus movimientos.

#### **2.2.4 Lavado de canastillas.**

En ésta zona, se reciben todas las canastillas vacías que se recogieron de las tiendas distribuidoras de leche. Para lavarlas se cuenta con una lavadora de canastillas, la cual funciona con una solución de agua, sosa, detergente y vapor a presión.

Su mantenimiento consiste en destapar las boquillas de inyección de agua; revisar las bombas de entrada y salida de inyección; destapar los filtros de agua, esto con el fin de remover basura, bolsas, madera, nata de leche, etc., y así garantizar un correcto flujo de agua por la tubería galvanizada que termina en las boquillas mencionadas anteriormente. Posteriormente se revisa el funcionamiento de la válvula de vapor así como su termostato. Se comprueba que todas las válvulas abran y cierren normalmente y que cuenten con sus manuales correspondientes.

Como dicha lavadora cuenta con sistema de transportación de canastillas tipo rodillo, se verifica que éstos giren sobre su eje longitudinal sin ningún problema, ya que si alguno o algunos de dichos rodillos se encuentran trabados, se producirá un desgaste excesivo en su superficie y por consecuencia será más difícil el deslizamiento de las canastillas.

Posteriormente, se revisa el reductor del transportador interno de la lavadora, lubricando la cadena y sus respectivas chumaceras, también se le revisa su nivel de aceite. Por último se revisa y limpia el tablero eléctrico, para evitar problemas de paro de suministro de canastillas en horas de trabajo.

## **2.2.5 Tanques de lavado o CIP.**

Se les llama tanques de lavado o CIP (cleaning in place) o sea limpieza en circuito cerrado, ya que en ésta zona se preparan y distribuyen a todos los equipos de proceso y envasado, las soluciones de limpieza.

Normalmente se revisan las bombas como se ha venido mencionando, al igual que las válvulas. Con lo que respecta al sistema de tubería, se revisa que las válvulas de mariposa actúen apropiadamente; que las conexiones clamp, se encuentren en buen estado así como sus respectivos empaques para evitar posibles fugas.

Con respecto a los tanques, se hace una inspección visual para detectar posibles fallas en su estructura así como en su cimentación.

## **2.2.6 Recepción de leche bronca o fresca.**

En esta zona, relativamente nueva en la planta, se cuenta tan sólo con una bomba sanitaria de 3 hp, con un banco de filtros dúplex y un sistema de tubería en acero inoxidable.

De nuevo, a la bomba se le hace el mantenimiento de rutina y a los filtros dúplex, se les destapa para limpiar la malla de acero inoxidable con que cuentan, además de revisar el brío del resorte de sello de dicha malla para garantizar un sellado hermético.

Con respecto a la tubería, se revisan sus conexiones clamp y todo el sistema de soportería.

## **2.2.7 Área de silos de almacenamiento de leche y grasa.**

Se disponen de tres silos de almacenamiento de leche, los cuales tienen un acabado exterior en lámina de fierro negro e internamente existe otro tanque de acero inoxidable. El mantenimiento se efectúa revisando los agitadores, el motor eléctrico y el reductor de velocidades de igual manera que en los casos anteriores. Al tanque, se le revisa externamente y en caso necesario se le aplica una capa de pintura anticorrosiva o solamente pintura de esmalte. A nivel interno, cada seis meses se hace una inspección



con una lámpara de luz ultravioleta para detectar porosidad o grietas en las paredes del tanque de acero inoxidable.

En el caso de los tanques de grasa, a diferencia de los silos de almacenamiento de leche, no cuentan con un tanque interior de acero inoxidable. Se dispone de un tanque de acero al carbón el cual es tratado con una pintura especial de grado alimenticio. Esto es con el fin de evitar contaminación por oxidación con la grasa vegetal. Este trabajo se realiza aproximadamente cada seis meses o antes, dependiendo del grado de deterioro de la pintura grado alimenticio.

### **2.3 Mantenimiento a instalaciones.**

El mantenimiento a instalaciones, se refiere a todo lo que son instalaciones civiles, tales como oficinas, baños, comedor, cocina, oficinas de archivo muerto, sala de juntas, caseta de vigilancia, almacenes, andén de carga, zona de básculas, áreas verdes, estacionamiento, andenes peatonales, banquetas, etc.

Por otra parte, se revisa el alumbrado general de la planta, red telefónica, intercomunicación, drenaje, suministro de agua potable, etc.

### **2.4 Mantenimiento a instrumentación y equipos de control de calidad.**

En este apartado, el mantenimiento que se le da a los equipos e instrumentos con los que cuenta el departamento de control de calidad es muy reducido, en algunos casos se ha intentado a veces con buenos resultados y en otros el resultado no ha sido tan satisfactorio.

La razón de ello, es que la mayoría de los equipos e instrumentos, son de procedencia extranjera y sus refacciones no son tan fáciles de obtener, ya que se tienen que pedir en algunos casos de importación. Otro de los problemas que se presentan para tratar de dar mantenimiento a estos equipos, es que carecen de manuales técnicos y en la gran mayoría no se tienen los diagramas de control electrónico y eléctrico, por lo que en algunos equipos ha sido necesaria la intervención de servicios especializados.

Dentro de estos casos, podemos mencionar los microscopios, medidores de leche, baños metabólicos, termómetros digitales. En algunos casos, como son los hornos de secado de material o de cultivo, cuando fallan de alguna resistencia o del sistema de ventilación, por parte del departamento de mantenimiento se hacen los ajustes necesarios, o en el caso de centrifugadores, refrigeradores, autoclaves o agitadores entre otros, donde su funcionamiento se rige por un motor eléctrico, por un potenciómetro, por válvulas de seguridad o por algún otro elemento donde no es requerido el apoyo o asesoría de un proveedor especializado, se realiza el mantenimiento sin ningún problema.

## **2.5 Mantenimiento preventivo a la envasadora.**

Normalmente, cuando se habla de mantenimiento preventivo a un equipo, es porque se tiene un programa anual de mantenimiento, en el que se especifica, el período o frecuencia de dicho mantenimiento, el trabajo que se le debe de hacer, el tipo de refacciones que se van a utilizar, la mano de obra necesaria para ejecutarlo, el tiempo estimado para realizar el trabajo y por último, se analiza el costo de dicho mantenimiento preventivo.

En el caso de la envasadora, el mantenimiento preventivo que se le da, tiene una frecuencia de una semana, esto es, por cada 7 días de trabajo, al séptimo se le invierten 4 horas aproximadamente en darle mantenimiento.

Este se puede dividir en cuatro grupos:

- A) Mantenimiento eléctrico.
- B) Mantenimiento mecánico.
- D) Mantenimiento neumático.
- E) Limpieza.

### **2.5.1 Mantenimiento eléctrico.**

Este consiste en verificar el funcionamiento de los microswitch que controlan los tiempos del sellado vertical, horizontal, avance de polietileno y del suministro de producto; en caso necesario, se hace el o los cambios pertinentes.

Posteriormente se desmontan las bobinas que controlan la operación de las válvulas neumáticas y se comprueba que actúen apropiadamente.

También, se toman lecturas de voltajes de entrada y salida en los transformadores y se revisa que tengan una capa apropiada de barniz dieléctrico y en caso necesario, se le aplica una capa del mismo.

Con respecto a los diferentes relevadores con los que cuenta la envasadora, a todos se les lijan los platinos y se revisa que operen bien, así mismo, se limpian las diferentes conexiones y se aprietan para evitar posibles falsos contactos. A los contactores e interruptores termomagnéticos, se les limpian y aprietan sus conexiones y se comprueba que el suministro de energía sea el mismo por línea.

Así mismo, con lo que respecta a las tabillas de conexiones se desarman y limpian de toda la leche que se les incrusta en el transcurso de la semana y se reemplazan en caso de que sea necesario.

Se verifica la correcta operación del pirómetro, que trabaje en los rangos apropiados de temperatura y que su tiempo de respuesta a los ajustes de la misma sea constante, para tal efecto, se limpia y revisa el termopar del sello vertical para garantizar de esta manera, que no se tendrán problemas con el control de la temperatura. Desafortunadamente, no se cuenta con la información por parte del proveedor sobre la vida útil del termopar, para hacer su reemplazo cada determinado tiempo y evitar paros en el proceso de envasado; sin embargo es un elemento relativamente fácil de cambiar (el tiempo aproximado para cambiarlo es de 18 minutos).

Respecto a la resistencia enchaquetada del sello vertical su mantenimiento solo consiste en su limpieza y verificar que aumente su temperatura.

Posteriormente se revisa la operación de las lámparas indicadoras de operación, fusibles, portafusibles, switch magnéticos y transformador autoregurable.

A las barras de sellado horizontal, se les cambian los separadores de colorón que es un aislante que resiste las altas temperaturas, se les cambian los pernos bisagra, zapatas de cobre y de ojillo, el cable de uso rudo, esto es con el fin de evitar corto circuito en la barra al contacto con la humedad o la leche y por último se les aplica una limpieza en general con carda y dieléctrico.

Por último, se revisa el motor eléctrico de avance del carro del sello horizontal, tanto en su estator como en su rotor, se verifican las rpm, su voltaje y su amperaje tanto en vacío como con carga (fig. 2.3).

Se limpia y revisa la lámpara germicida.



**Fig. 2.3** Mantenimiento preventivo del motor eléctrico de avance del carro del sello horizontal.

### **2.5.2** Mantenimiento mecánico.

Consiste en ajustar y templar las bandas de transmisión del carro de sello horizontal, verificar la alineación de las poleas; el nivel de aceite y pureza del mismo en el reductor de velocidades, se lubrica y engrasa la cadena, los rodamientos y flechas que están sujetos a movimiento.

Se aprietan las levas de sincronización (fig. 2.4); se ajustan tornillos y pernos del sello horizontal y vertical; se desmonta y limpia la válvula micrométrica de dosificación de producto y por último se ajusta el carro del freno de polietileno, se tensa el resorte de contrapeso y ajustan los posicionadores de bobina.

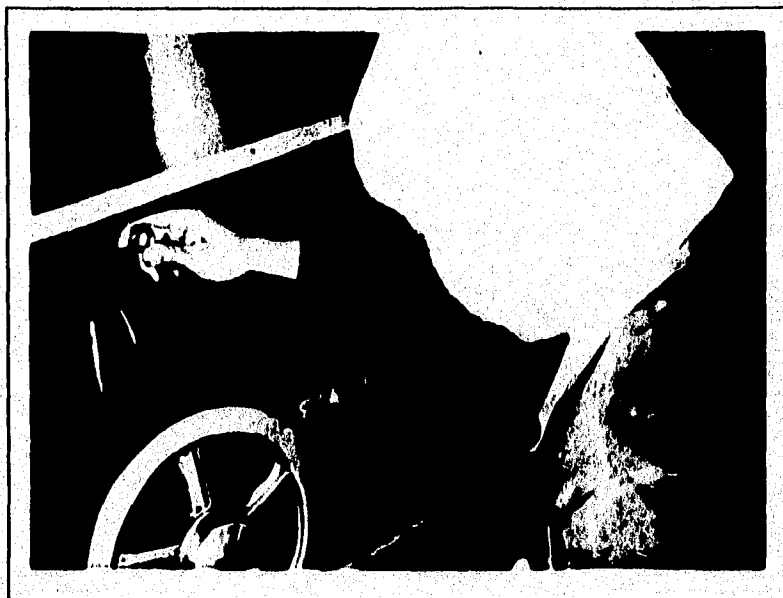


Fig. 2.4 Ajuste de levas de sincronización.

### 2.5.3. Mantenimiento neumático.

Se demontan los actuadores neumáticos del sello horizontal (fig. 2.5), se lavan y lubrican para volverlos a colocar en su posición original; se limpian y soplean con aire a presión las válvulas neumáticas, con el fin de eliminar el exceso de agua y aceite. Se lava el pistón dosificador de producto y el de avance del brazo de sello vertical. A ambos se les lubrica internamente, para evitar resequedad y que ésta afecte a los sellos.

Posteriormente, se desmontan las unidades de servicio de filtrado de aire y dosificación de aceite, para lavarlos, cambiar el aceite existente en el depósito por uno limpio y regular el número de gotas de aceite por minuto que debe pasar a todo el sistema neumático de la envasadora (aproximadamente 3 gotas por minuto).

Por último, se revisan y cambian en su caso, todas las mangueras polyflow y tubos de cobre, así como sus respectivas conexiones, para evitar fugas de aire y la consecuencia de baja presión de trabajo en la máquina envasadora.

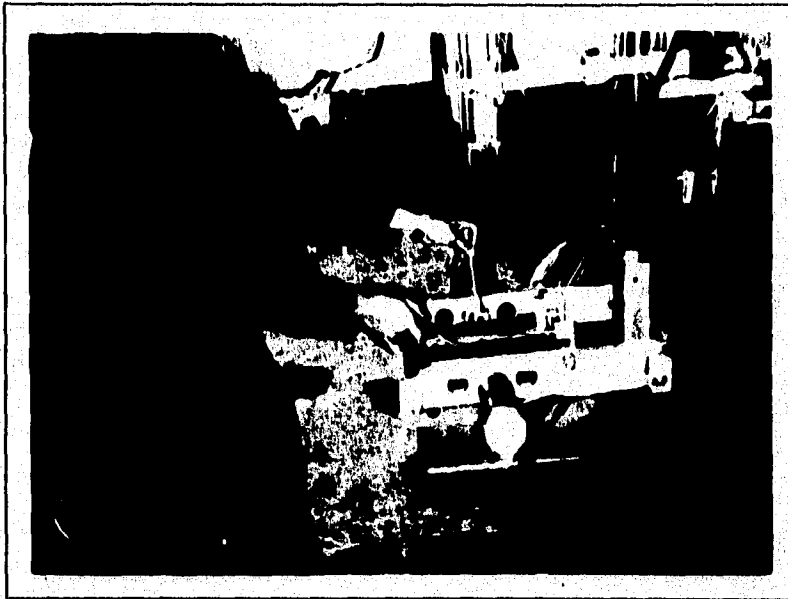


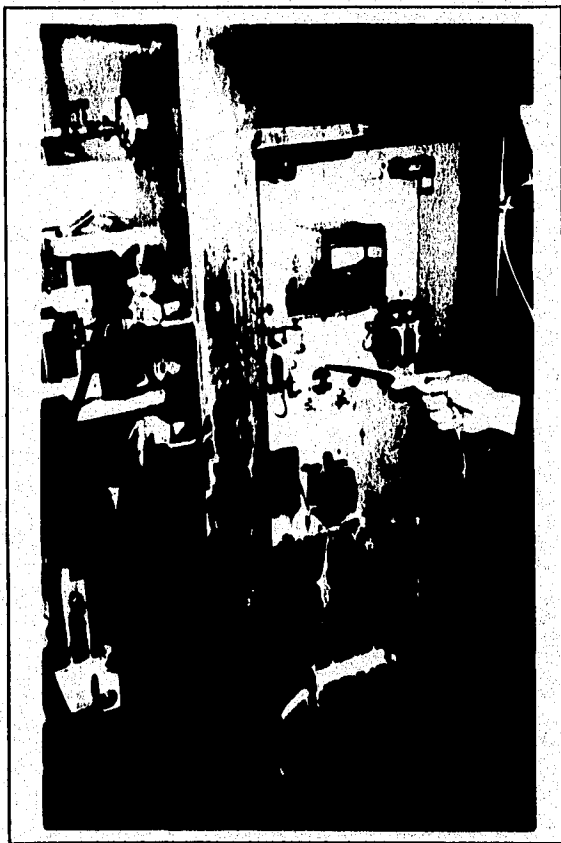
Fig. 2.5 Mantenimiento preventivo a actuadores neumáticos.

#### 2.5.4 Limpieza.

La limpieza consiste, en retirar el aceite y grasa deteriorados por la humedad en el interior de la envasadora (fig. 2.6), sopleteando con aire a presión y seco todos los diferentes elementos eléctricos y neumáticos; así como de aplicarle con brocha dieléctrica para evitar que la humedad cause problemas.

Se retira la leche seca del exterior de la máquina y se deja lista para que el personal de envasado, realice los cambios pertinentes de teflón y corcho para el sello vertical y le aplique su respectivo lavado de sanitización.

Este mismo programa, como se mencionó al principio, se aplica al séptimo día de trabajo de la envasadora por las mañanas, que normalmente son los días sábados y el tiempo aproximado es de 4 horas.



**Fig. 2.6 Limpieza con alre a la envasadora.**

## **2.6 Mantenimiento correctivo a la envasadora.**

Cuando se habla de mantenimiento correctivo a la envasadora, nos referimos al cambio o sustitución de los diferentes elementos o componentes que la integran, que por fatiga o condiciones del medio ambiente, llegan a fallar y originan un retardo en el proceso de envasado y por consecuencia un tiempo muerto en su operación.

Para entender mejor el proceso de mantenimiento correctivo, debemos de separarlo en dos grupos de acuerdo al origen de la falla:

- A) Fallas por fatiga.
- B) Fallas por medio ambiente.

### **2.6.1 Fallas por fatiga.**

En este grupo, se consideran a todos los elementos, que llegan al término de su vida útil o que de alguna manera, no se puede predecir el momento de falla. Entre ellos encontramos la resistencia de sellado vertical, la cual consiste en una resistencia encaquetada de 450 W a 127 V y tiene media pulgada de diámetro por ocho de longitud. Normalmente en la mayoría de los casos cuando falla, es por que se fracturan los cables de conexión, ya que se encuentra montada en un brazo móvil y éste movimiento da origen a dicha ruptura. En el menor de los casos, la avería es interna, se abre la resistencia, siendo imposible su reparación, por lo que se procede a hacer el cambio inmediatamente.

En el caso del termopar, cuando se detecta que ya no manda la señal de control de temperatura al pirómetro y origina un mal sellado vertical también se procede a su cambio. En el caso de los microswitch, cuando la envasadora se sale de sincronización, se ajustan las levas y si se detecta que el microswitch está deteriorado, se hace el cambio.

Respecto a la lámpara germicida, el operador de envasado está al pendiente de que siempre esté encendida pues es un elemento cuya frecuencia de onda utilizada sirve para matar cualquier tipo de germen alojado en el polietileno que sirve de envase, así en cuanto falla, se procede a su cambio.

Existen otros elementos de la envasadora, en los que no es necesario su reemplazo, solo se ajustan para que sigan trabajando normalmente.



En éste caso, se hallan los pistones de sello horizontal, que por estar sometidos a un trabajo por medio de aire, se llegan a resecar internamente, provocando que su carrera sea más lenta y en algunas ocasiones sus empaques se resequen y exista fuga de aire por lo que baja su presión de sellado. Solo es necesario lavarlos y lubricarlos con aceite delgado, y la falla desaparece.

Por otra parte, cuando se corrige el tamaño de bolsa, el freno de polietileno, la cadena del carro del sello vertical, nivelar el tubo formador; conectar cables en tablillas de conexiones eléctricas, corregir falsos contactos, etc., sólo es necesario su ajuste, limpieza de leche incrustada y lubricación. Estos trabajos no requieren sustitución de piezas.

## **2.6.2 Fallas por medio ambiente.**

En éste grupo, se encuentran todas aquellas fallas que surgen por una mala operación, por una sobrecarga eléctrica o por exceso de humedad.

En algunos casos, es necesario el reemplazo de la pieza afectada y en otros, como se acaba de mencionar solo es necesario corregir la falla sobre el mismo elemento.

Por ejemplo, cuando se hace el cambio de fusibles, es porque existió un corto circuito, en cualquier elemento eléctrico de la envasadora. Esto pudo haber sucedido porque algún cable se fracturó y con el movimiento mismo de la máquina se aterrizó el cable. Pudo surgir el problema también porque, en el proceso de lavado o de envasado se mojó alguna tablilla de conexiones eléctricas, o porque existe condensación en el interior del pirómetro o del portafusible y en el caso operativo, porque el operador se equivocó de conexiones.

Es conveniente remarcar, que se tiene especial cuidado con la humedad ya que es la causante en la mayoría de los casos de fallas a nivel eléctrico y en éste grupo, es donde se tiene el más alto índice de paros y retrasos en el envasado.

Un caso muy especial, lo tenemos en las barras de sello horizontal, ya que éstas fallan, tanto por fatiga en sus diferentes elementos que la componen, como por el medio ambiente y se hablará de ellas en forma especial ya que son la parte más importante de la envasadora para lograr el sellado de las bolsas de polietileno con producto.

La barra de sellado horizontal, consta de un perno bisagra de nylamid, dos separadores de colorón, en los extremos de sus conexiones, se cuenta con zapatas de ojo, cable de uso rudo 2 x 14, una barra de nicromel y teflón.

Normalmente éstas barras trabajan en un rango de temperatura entre 110 y 130 °C. Es de suponerse, que aunque sus diferentes elementos están diseñados para soportar altas temperaturas, la fatiga que sufren es inevitable.

En el caso de los separadores de colorón, sufren una carbonización que da origen a la fractura de los mismos y por consecuencia provocan un corto circuito en la barra, generándose un diferencial de temperatura a lo largo de la barra que se manifiesta en un sellado defectuoso. Esta misma falla, la sufre el perno bisagra. En éste caso, su mantenimiento consiste en hacer el cambio de los elementos dañados.

Por otra parte, aunque los diferentes elementos que componen a la barra horizontal se encuentren en buen estado, por la ubicación de la misma, es muy propensa a estar en contacto constante con la leche que se está envasando y con el agua que se utiliza para su sistema de refrigeración, lo que puede ocasionar un corto circuito y el mismo diferencial de temperaturas a lo largo de la barra, por lo que se procede a desarmarla y a secarla con aire seco y limpiarla con dieléctrico.

De esta manera, es como se realiza el mantenimiento correctivo en la envasadora, procurando siempre evitar al máximo los tiempos muertos en el proceso de envasado. Para ello, cuando la falla que se presenta no es determinante en el funcionamiento de la máquina, se procura esperar que el operador pare la envasadora, ya sea para un cambio de bobina de polietileno, ir a comer, esperar la liberación de la leche por parte del departamento de control de calidad, para que se le puedan hacer los cambios pertinentes y no se afecte la producción.

---

# SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA ENVASADORA.

El presente capítulo describe y analiza el funcionamiento de los instrumentos de medición y control de la envasadora.

Los instrumentos instalados en la máquina, actuadores, transductores y transmisores, son identificados al mismo tiempo que se describe su funcionamiento.

Un instrumento es un dispositivo o aparato para determinar el valor o la magnitud de una cantidad o una variable a controlar. Las variables que interesan son las que ayudan a describir o definir un objeto, un sistema o un proceso. Así, en una operación manufacturera la calidad del producto esta relacionada a mediciones de sus diversas dimensiones y propiedades físicas. Para nuestro caso la medición de temperatura y tiempo es determinante, la temperatura se mide y controla mediante un pirómetro y el tiempo mediante un árbol de levas cuyas revoluciones están determinadas por un reductor de velocidad.

Podemos dividir la máquina en dos grandes sistemas: Eléctrico y Neumático, por tanto nuestros instrumentos forman parte de alguno de ellos de acuerdo a las siguientes relaciones:

### **SISTEMA ELÉCTRICO (fig. 3.1)**

- 1.- Pirómetro eléctrico del sello vertical.**
- 2.- Autotransformador variable para el control del calor del sello horizontal.**
- 3.- Interruptores termomagnéticos de protección de líneas de entrada.**
- 4.- Relevador de sello vertical.**
- 5.- Relevador de potencia para el impulso eléctrico del calor horizontal.**
- 6.- Transformador para el control de calor del sello horizontal y corte de bolsa.**
- 7.- Contactor electromagnético para la mordaza del sello horizontal.**
- 8.- Contactor electromagnético para la dosificación del producto.**
- 9.- Protección térmica del motor principal.**
- 10.- Interruptor para el control pirométrico de temperatura del sellado vertical.**
- 11.- Interruptor del impulso eléctrico para el calor del sello horizontal.**

### **SISTEMA NEUMÁTICO (fig. 3.2)**

- 1.- Una válvula electromagnética de cuatro vías, un solenoide para operar la mordaza de sello horizontal.**
- 2.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para la dosificación del producto.**
- 3.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para operar el sello vertical.**
- 4.- Una válvula electromagnética de tres vías, un solenoide para operar el enfriamiento del sello vertical.**
- 5.- Un regulador de presión con manómetro para el sello vertical.**
- 6.- Un regulador de presión con manómetro para el sello horizontal.**
- 7.- Un regulador de presión con manómetro para el enfriamiento del sello vertical.**
- 8.- Un regulador de presión con manómetro para la dosificación del producto.**
- 9.- Una unidad de servicio.**
- 10.- Cuatro cilindros neumáticos de doble efecto.**

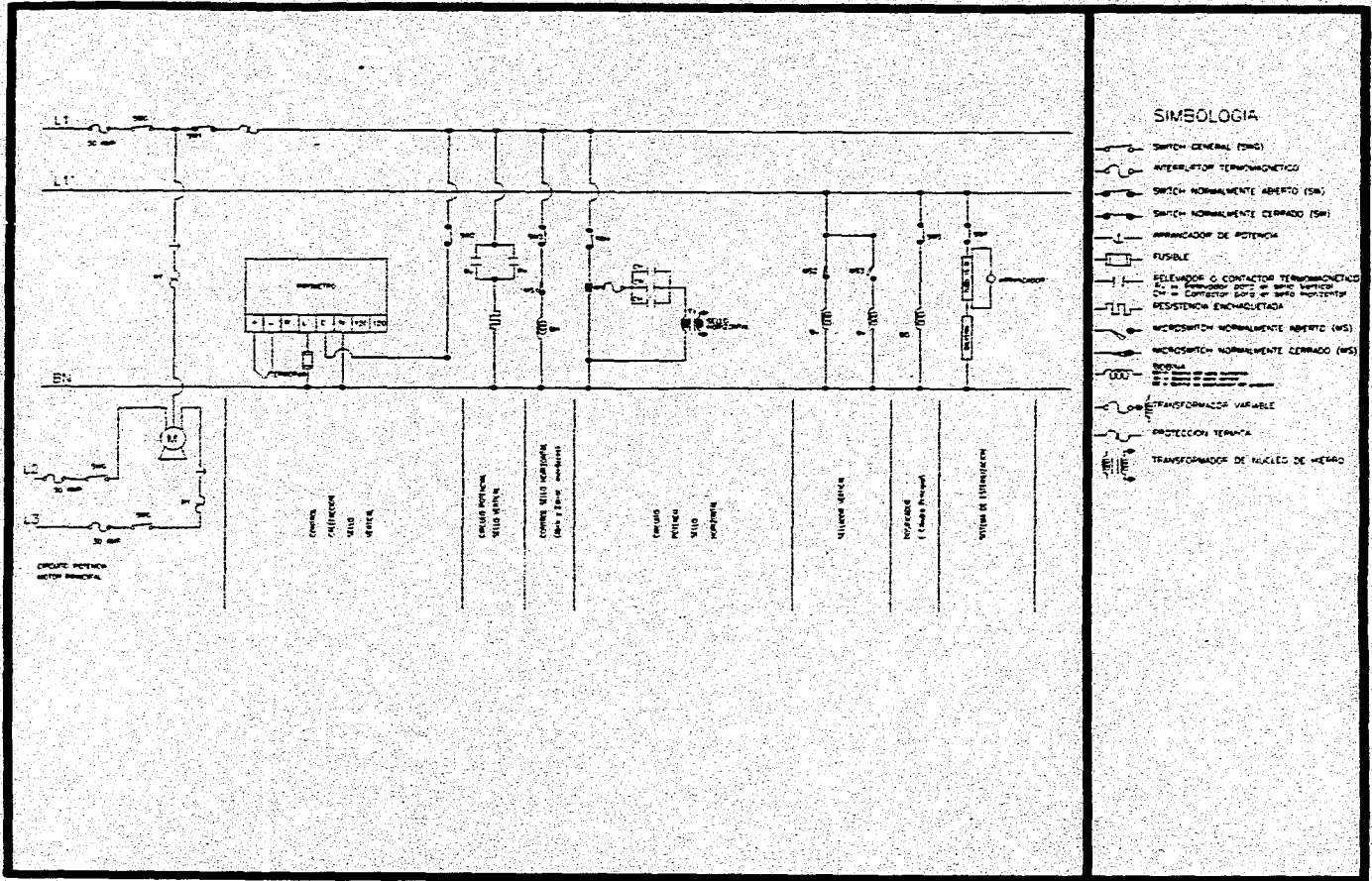


FIG. 3.1 Diagrama Electrico de 10 HP de motor

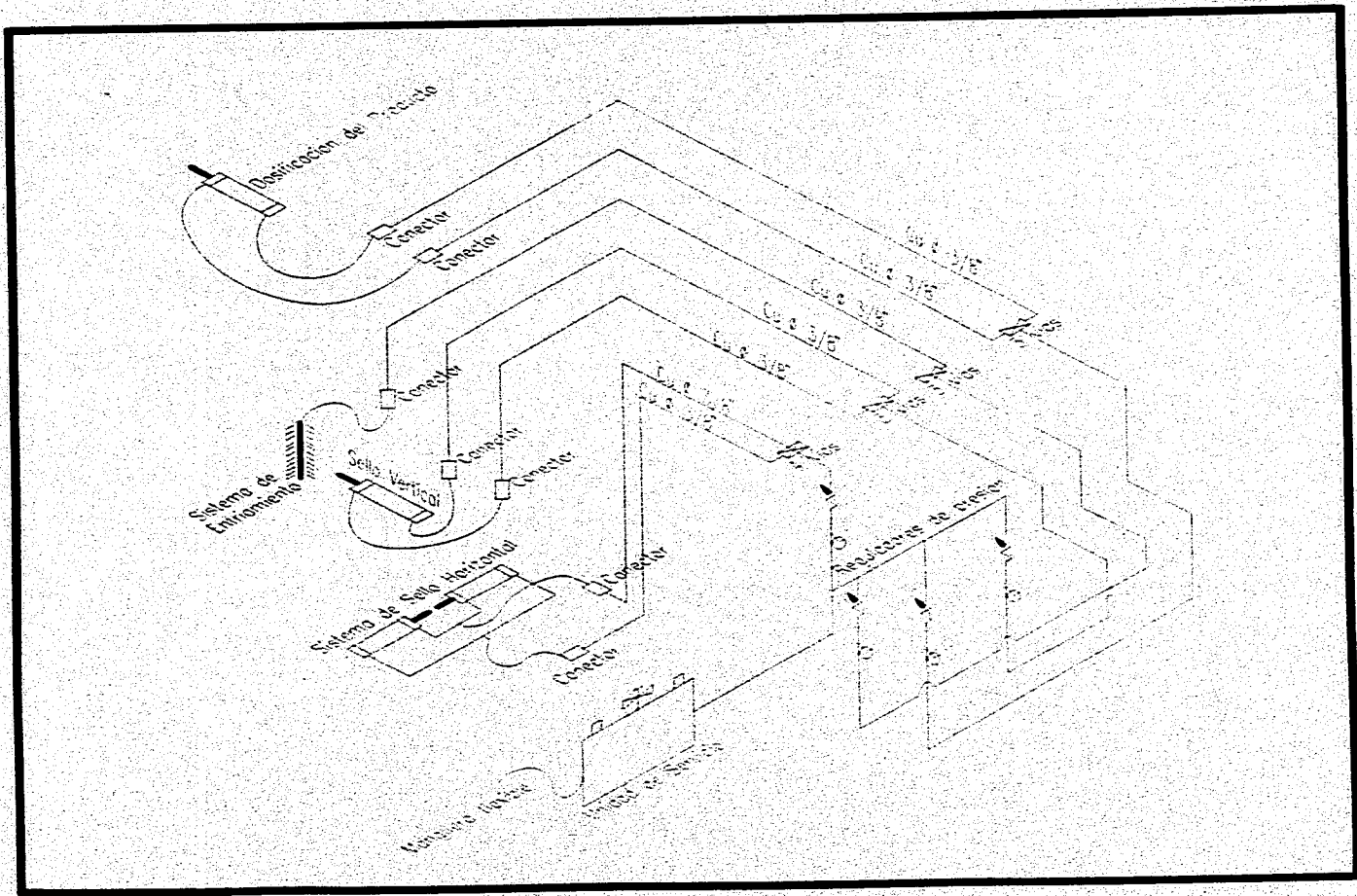


Fig. 1. Cable Tray System Components

Dado que la variable principal en el envasado es la temperatura, pues determina un sellado eficiente o no en el proceso, es importante destacar el principio de funcionamiento del pirómetro instalado en la máquina, y posteriormente lo correspondiente a los demás instrumentos.

### 3.1 Pirómetro de milivoltímetro.

Los componentes básicos de un pirómetro de milivoltímetro se muestran en la figura 3.3. Las características de sensibilidad, precisión y control automático del milivoltímetro son muy adecuadas para muchas aplicaciones industriales. Los milivoltímetros indicadores y de control se emplean mucho en hornos de varias clases, autoclaves, baños maría, envasadoras, etc.

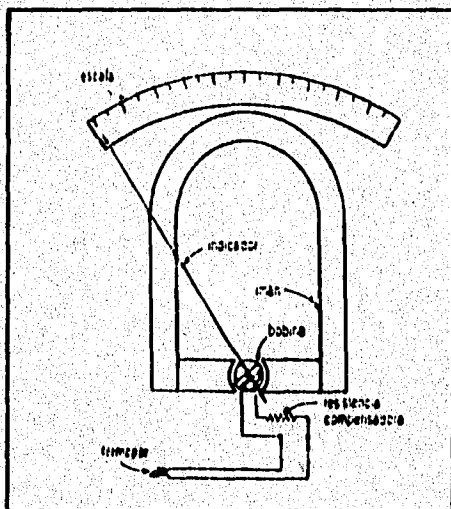


Fig. 3.3 Pirómetro de milivoltímetro.

El movimiento del medidor del pirómetro con milivoltímetro tiene una resistencia fija y, para obtener lecturas exactas, es esencial que el termopar y los alambres conectores tengan una resistencia compatible con la del medidor. Es extremadamente importante que todas las conexiones estén limpias y sean sólidas, ya que una conexión deficiente, sucia o una unión débilmente soldada puede crear una unión fría falsa y originar un gran error en la indicación. Debido a que el termopar está hecho en realidad del par más los alambres de extensión, es muy importante que los alambres utilizados sean del material apropiado para igualarse con los empleados en la

unión. Los termopares no se pueden conectar a conductores comunes debido a que cada conexión actuaría como un termopar adicional con características disímboles. Los alambres de extensión se escogen de tal manera que tengan casi las mismas características termoelectricas que el material del par. Con mucha frecuencia se utiliza el alambre de termopar normal como alambre de extensión.

En general, un sistema para medición y control de termopar con milivoltmetro es más económico en lo que respecta a costo inicial si sus características de precisión, respuesta y control son adecuadas para satisfacer la aplicación de que se trate. Estas unidades son predominantemente mecanismos activados por galvanómetros de encendido y apagado con puntos de ajuste alto y bajo. El indicador lleva algún tipo de aleta u otro mecanismo activador que controla la conmutación cambiando la frecuencia de un oscilador, interrumpiendo un haz de luz o cualquier otro sistema. En la figura 3.4 se presenta el sistema típico.

Existen algunas variaciones del pirómetro de milivoltmetro con aleta para aplicaciones industriales. El tipo simple de encendido y apagado tiene un punto de ajuste y una sola aleta. En este caso, la aleta cambia la frecuencia del oscilador, y la unidad del amplificador apaga el sistema de energía que genera el calor hasta que la temperatura desciende por debajo del punto de ajuste. Esto hace que la aleta se mueva fuera de la posición de apagado y restaure el dispositivo de control a su posición original. Por lo general la aleta se hace lo bastante ancha para permitir el suficiente movimiento del indicador por encima del punto de corte, con el fin de que se indique el exceso de temperatura por encima del punto de ajuste. Se utiliza un tope mecánico para evitar que la aleta sobrepase a las bobinas del oscilador, en caso de exceso de temperatura, pues esto aumentaría la energía y provocaría un sobrecalentamiento que la quemaría. En otras palabras, a menos que el indicador que lleva la aleta se restrinja mecánicamente, se podría encender la energía del sistema cuando funcionara la aleta que se encuentra ya sea escala arriba o escala abajo de las mismas bobinas. La anchura de la aleta determina la banda de temperatura en que no existe ninguna acción de control. El punto en que la aleta enciende o conecta la energía fija, el punto inferior de la banda y el tope mecánico establece el punto superior legible. Si la temperatura desciende con la rapidez suficiente, el indicador (y la aleta) pueden no llegar al tope mecánico. Esto estrecha la banda sin acción y permite leer el valor superior de la temperatura.



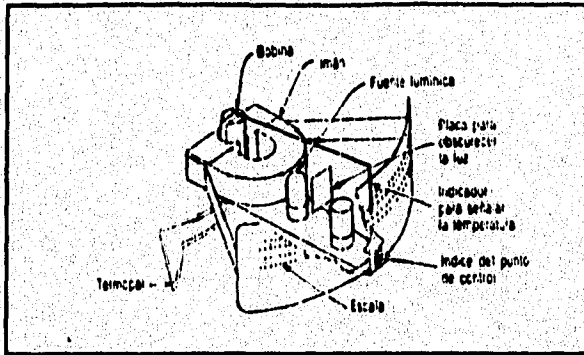


Fig. 3.4 Sistema típico de control de pirómetro con millivoltímetro.

La aleta se puede usar para desconectar la energía si la temperatura sobrepasa un valor predeterminado y conservar la condición de apagado hasta que se restablece en forma manual. Esta clase de control sirve como regulación de seguridad en equipos como autoclaves y hornos.

Los pirómetros de millivoltímetro de tipo de aleta se equipan a menudo con protección contra incendio, de tal manera que si un termopar se quema o se rompe, sonará una alarma, se detendrá el sistema o sucederán ambas cosas, es decir, sonará una alarma y se apagará el sistema. Una mala característica que se asocia generalmente a estos medidores es que si existe una falla en la fuente de alimentación, no se apagan y deben restaurarse manualmente cuando se restablece el suministro de energía. Se requiere una segunda aleta u otro dispositivo de control para obtener las características de quema, de tal modo que cuando no se genera una fem, se evitará que se mueva el indicador del medidor escala abajo y active la fuente de alimentación. Un método común es impulsar el indicador escala arriba para mantener la aleta de control en la posición de apagado.

En la figura 3.5 se muestra una fotografía del pirómetro utilizado en la envasadora.

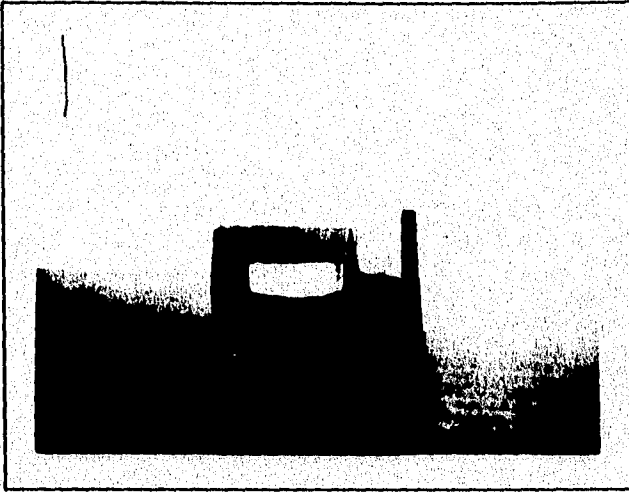


Fig. 3.5 Pirómetro vertical West Instruments.

### 3.2 Termopar.

Un termopar, en su forma básica (fig. 3.6), está constituido por dos metales diferentes A y B unidos en la junta de medición y cerrando el circuito sobre un instrumento adecuado para medir pequeños voltajes en un punto que es la junta de referencia.

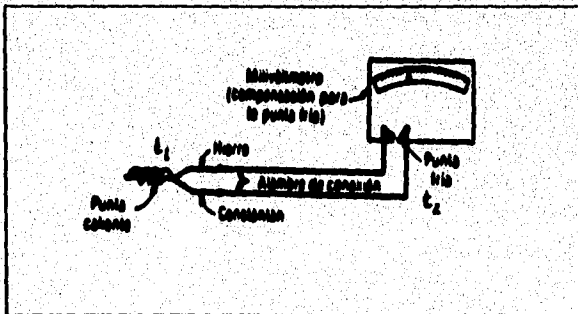


Fig. 3.6 Termopar.

Si la junta de medición tiene una temperatura  $t_1$  y la junta de referencia una temperatura  $t_2$  diferente de  $t_1$  existirá en este circuito una fuerza electromotriz (f.e.m.)

El valor de esta f.e.m. tiene una correlación bien definida con la diferencia  $t_1 - t_2$

Entonces el instrumento en el circuito midiendo la f.e.m. mide la diferencia de temperatura de  $t_1 - t_2$  y si la temperatura  $t_2$  tiene un valor conocido y constante el instrumento mide la temperatura  $t_1$  y todas sus variaciones.

En la práctica la junta de medición es la junta del termopar que esta sometida a la temperatura que se quiere medir y la junta de referencia es la unión que está a temperatura conocida o cuya temperatura es automáticamente compensada.

En la práctica industrial la junta de referencia es normalmente transferida al instrumento por medio del cable de extensión.

El control pirométrico de temperatura vertical toma la indicación de temperatura mediante un dispositivo termoelectrico (termopar), el cual está colocado en la zona de calor de la barra de sellado vertical. Como protección del control en caso de un corto circuito del elemento calefactor se dispone de un relevador interior del pirómetro.

### 3.3 Microswitch.

Es un dispositivo eléctrico tipo apagador que tiene dos entradas, una para normalmente abierto y la otra para normalmente cerrado, posee una carretilla en forma de seguidor para controlar el apagado y encendido por medio de una leva.

Estos dispositivos (fig. 3.7), se utilizan para coordinar impulsos eléctricos por medio de movimientos mecánicos.

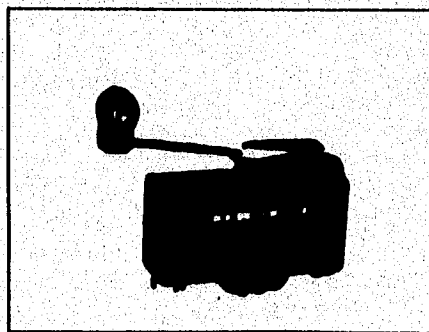


Fig. 3.7 Microswitch.

El tiempo durante el cual los elementos calefactores del sello horizontal están en contacto con la bolsa de polietileno, está determinado por un microswitch colocado en la flecha auxiliar de mando. Este tiempo de contacto es independiente de la velocidad de la máquina envasadora y su ajuste depende del tipo de película usada y el espesor de la misma.

La válvula solenoide de cuatro vías accionada por medio de un microswitch colocado en la flecha del mando auxiliar nos permite iniciar el ciclo de cierre de la mordaza, el cual es determinado por la acción del microswitch según sea el ajuste y la velocidad de la máquina.

### **3.4 Relevador (relé).**

Cuando se activa o excita la bobina de un relé con 24 voltios y los contactos están controlando un circuito de 440 voltios, se está amplificando la tensión mediante el uso del relé. Las bobinas del relé sólo necesitan una corriente muy pequeña para su funcionamiento y se utilizan para controlar circuitos de corrientes intensas. El relé es inherentemente un dispositivo de una sola entrada que sólo requiere una sola tensión o corriente para activar su bobina (fig. 3.8), sin embargo, utilizando varios contactos, el relé se puede convertir en un dispositivo de varias salidas, por lo que también puede considerarse como un amplificador del número de operaciones, siendo controladas por una sola entrada.

#### **Relé de intensidad.**

Este tipo de relé se emplea para abrir o cerrar uno o varios circuitos en respuesta a las variaciones de intensidad de otro circuito.

#### **Intensidad de Conexión o de Funcionamiento.**

Es el valor de la intensidad que debe pasar por la bobina para cerrar o atraer la armadura del relé.

#### **Intensidad de desconexión o de retorno.**

Es el valor de la intensidad por debajo del cual el relé deja de actuar después de haber sido atraída la armadura.

Existen dos relevadores en la envasadora, uno para controlar el impulso eléctrico enviado a la resistencia eléctrica para el sello vertical y otro similar para el sello horizontal, ambos relevadores son controlados respectivamente por un microswitch accionado por leva.

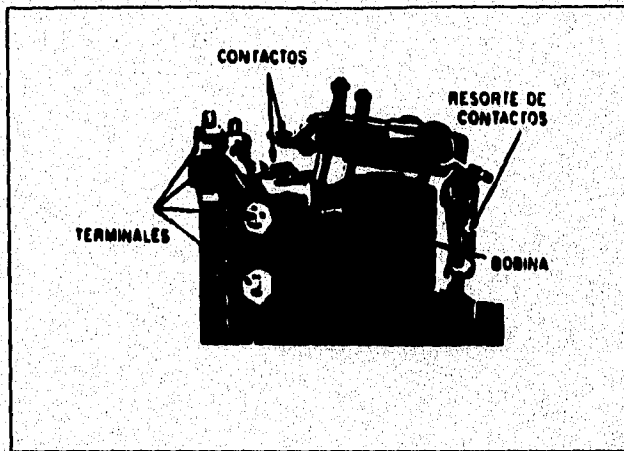


Fig. 3.8 Relé típico.

### 3.5 Relevadores termomagnéticos o disyuntores de sobrecarga.

Un disyuntor de sobrecarga (fig. 3.9), OCB (overload circuit breaker), es un dispositivo destinado a interrumpir un circuito (de la misma forma que un fusible) pero sin autodeteriorarse. Como los fusibles, los disyuntores actúan en primer lugar como protección de cortos circuitos, combinados con cualquiera de los dispositivos de sobrecarga de los circuitos de los motores. También como los fusibles, están normalizados como disyuntores de baja tensión (por debajo de 600 V) y de potencia (por encima de los 600 V). Existen numerosos tipos de disyuntores que utilizan diversos métodos para abrir un circuito y extinguir el arco que se forma entre los contactos fijos y móviles. Los pequeños disyuntores de baja tensión emplean elementos calefactores bimetalicos que poseen características de tiempo inverso y funcionan bajo el principio del relé bimetalico de sobrecarga. Los disyuntores de baja tensión más grandes emplean combinaciones de elementos de disparo magnéticos y térmicos en que los primeros aportan las características de disparo instantáneo para protección de corto circuito, y los segundos las de disparo de tiempo inverso para corrientes de sobrecarga sostenidas.

Generalmente los pequeños disyuntores al aire están encerrados en una caja de baquelita y se encuentran en el comercio en cajas moldeadas uni, bi o tripolares montadas en cuadros para 50, 100, 225, 400, 600 y 800A. Cada tamaño corresponde a una variedad de valores nominales estándar de corriente continua, determinados por el valor nominal de sus elementos de disparo. Los poderes de ruptura de los disyuntores al aire de baja tensión en caja moldeada pueden ser de hasta 35kA. Los disyuntores de caja moldeada pueden reengancharse por medio de una palanca cuyo mecanismo de sujeción es independiente de la rapidez con que actúa. Así, en el cierre o la apertura de circuitos altamente inductivos, los contactos permitirán rapidez de cierre o de apertura para evitar el desgaste de los contactos y procurar una rápida extinción del arco. La palanca es generalmente libre, significando que los contactos no pueden mantenerse cerrados manualmente durante sobrecargas sostenidas o durante un corto circuito.

Los disyuntores y los relés contra sobrecargas emplean invariablemente algún método para proteger sus contactos frente a los efectos peligrosos originados por el arco eléctrico ( $LI/2$ ) que se forma cuando se interrumpe un circuito altamente inductivo. Por ejemplo, en el disyuntor de la figura 3.9 el circuito se interrumpe en los contactos móviles principales antes de que se abran las puntas de cebado del arco. La combinación del calor creciente y la acción rápida del contacto elástico que sostiene la punta móvil de cebado del arco sirve para interrumpir rápidamente la corriente sin perjuicio de los contactos principales.

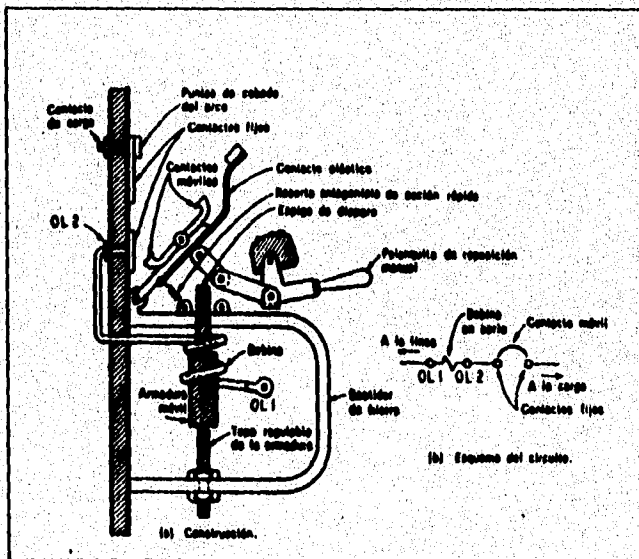


Fig. 3.9 Relés de sobrecarga de disparo magnético instantáneo.

El suministro de energía eléctrica llega a los interruptores termomagnéticos de protección de línea de donde prosigue al interruptor general colocado al frente del tablero de control de donde se distribuye a los diferentes circuitos de la máquina.

Los interruptores termomagnéticos de protección de líneas de entrada protegen toda la instalación contra un posible corto circuito debiéndose de localizar y reparar la falla antes de reponerlos mediante el accionamiento de las palancas dispuestas para tal efecto.

### 3.6 Contactor electromagnético.

El contactor (fig. 3.10) se utiliza para realizar las funciones de arranque y paro del equipo. Quizá la mejor manera de describir un contactor sea decir que es un interruptor de accionamiento electromagnético. Se compone de un juego de contactos fijos y un juego de contactos móviles que se cierran por el efecto de tracción de un electroimán. La mayoría de contactores utilizan un electroimán y un dispositivo de contactos que corresponde a uno de dos tipos generales. El primero de ellos es el tipo de armadura. Los contactos son retenidos por efecto de las piezas polares del electroimán y articulados con charnelas para que puedan desplazarse más o menos horizontalmente hasta tocar contactos fijos.

El segundo es el tipo de solenoide, en este contactor los contactos son accionados por el extremo superior del núcleo magnético de un solenoide. Cuando es excitado el solenoide; el núcleo es atraído hacia su interior elevando así verticalmente los contactos hasta encontrar los contactos fijos sujetos al soporte del solenoide.

Independientemente de que el contactor sea del tipo de armadura o del tipo de solenoide, los contactos se separan, interrumpiendo el circuito por la acción de la gravedad cuando se desexcita el electroimán.

Todo lo que es necesario eléctricamente para que funcione el contactor es aplicar a la bobina del electroimán una tensión del valor correcto. Cuando es aplicada la tensión, los contactos se cierran, y cuando deja de ser aplicada la tensión los contactos se abren.

En la máquina existen dos contactores electromagnéticos; el primero acciona el motor eléctrico que a su vez rige el movimiento del carro horizontal; el segundo se encarga de accionar la válvula de dosificación de producto.



Fig. 3.10 Contactor electromagnético.

### 3.7 Autotransformador variable.

Para proveer un voltaje de c.a. reducido en el arranque de grandes motores de inducción se utilizan autotransformadores polifásicos de tiempo corto para limitar la corriente (y el torque) de arranque. Una aplicación común es el autotransformador de razón variable (mono o polifásico) en el que una escobilla de grafito conectada a la terminal de salida de la línea hace contacto deslizándose sobre las espiras expuestas que envuelven a un núcleo magnético, comúnmente de forma toroidal. La terminal de entrada de la línea se conecta a un punto fijo del devanado a distancia del extremo común (neutro). El voltaje de salida es casi infinitamente variable (con incrementos iguales al voltaje inducido por espira) entre cero y alrededor de 110 % de voltaje de suministro, si el punto de derivación de la entrada de la línea está situado al 90 % de la longitud total del devanado. Con este dispositivo el voltaje de salida es una función lineal de la posición de la escobilla.



El autotransformador fig 3.11 es un tipo de transformador que, en vez de utilizar el principio de los dos circuitos (aislamiento completo entre las bobinas), tiene un devanado común al circuito de entrada y al de salida.

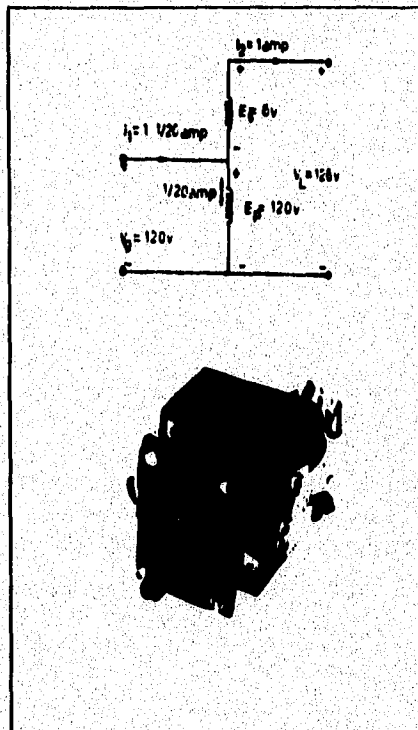


Fig. 3.11 Autotransformador.

El autotransformador variable permite aplicar diferentes voltajes de entrada al transformador de impulso eléctrico, con esto se logran diferentes valores de control de calor para una misma velocidad de operación de la envasadora, como el tiempo del impulso eléctrico esta dado por una leva de ángulo fijo, a mayor velocidad de operación de la máquina corresponden menores valores de impulso eléctrico, por lo que para una misma cantidad de calor se requiere de un valor de voltaje mayor a velocidades más altas.

### 3.8 Lámpara de luz ultravioleta (fig. 3.12).

Para poder evitar los microorganismos, se utiliza en la leche radiación ultravioleta, esta radiación es tan potente que puede romper importantes biomoléculas, como son el ADN y el ARN de las células (portadoras de la información genética de las especies).

La luz surge cuando un elemento excitador, como por ejemplo un electrón, es desacelerado cuando choca con un material. Cuando se desacelera esta partícula, se libera energía en forma de fotones. Cada vez que el electrón choca con un átomo cede energía. Cada interacción, sin embargo puede ser más o menos severa, de modo que los electrones liberan una fracción diferente de su energía cada vez, produciendo fotones de distinta longitud de onda (fig. 3.13).

Este tipo de lámparas se utilizan en el sistema de película para esterilizar la bobina de polietileno.

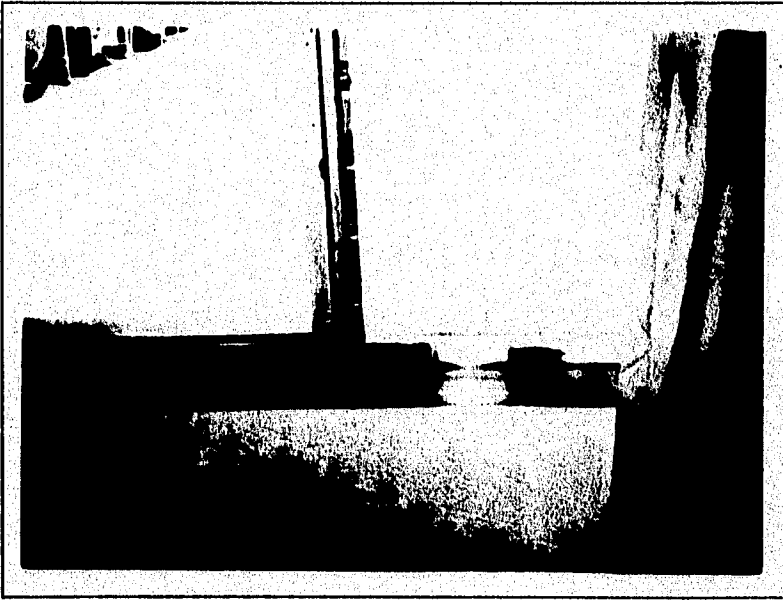


Fig. 3.12 Lámparas de luz ultravioleta.

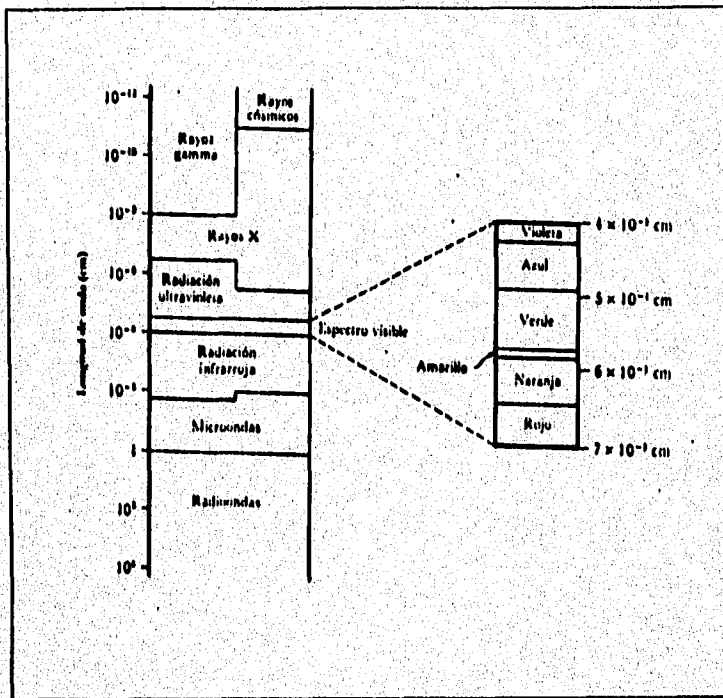


Fig. 3.13 Espectro de las radiaciones electromagnéticas.

**3.9 Nicromel.** Para uso en resistores, hornos eléctricos, estufas, calefactores y muchos aparatos eléctricos, se requiere un material para resistor con un elevado punto de fusión y alta resistividad que no se desintegre ni corra a temperaturas elevadas. Estas condiciones se satisfacen con las aleaciones de níquel-cromo y de níquel-cromo-hierro.

Originalmente este material se desarrolló para su empleo en la industria lechera, como aleación resistente a la corrosión, encontrando actualmente una amplia aplicación en muchas industrias químicas por su excelente resistencia a la corrosión. La aleación 80% Ni, 20% Cr (Chromel A, Nichrome V, Tophet A) y la de 60% Ni, 16% Cr, 24% Fe (Nichrome, Chromel C, Tophet C) forman la mayoría de los materiales empleados para elementos calentadores.

Una barra selladora de 8.5 pulgadas de longitud con alambre de corte colocada en un plano perpendicular al tubo de la película del empaque efectúa la operación del sello y corte horizontal, para esto dispone de una cinta de níquel cromo que se calienta mediante un impulso eléctrico de corta duración y en el centro de la barra selladora por ambas caras de la cinta níquel cromo se dispone de tela de silicón teflonizado la cual sirve para aislar eléctricamente la cinta de la barra selladora y evitar que el plástico se adhiera a la misma. La energía eléctrica suministrada a la cinta de sellado se acondiciona mediante un autotransformador variable, un transformador eléctrico y el microswitch de impulso, la velocidad de operación de la envasadora y el ajuste del autotransformador afectan dicho suministro.

Para evitar el calentamiento excesivo de la resistencia, la envasadora cuenta con un sistema de enfriamiento el cual consiste en hacer pasar agua a alta presión por el interior de la barra de sellado horizontal, para ello la barra cuenta con un sistema de laberinto en su interior para que al pasar el agua, arrastre el calor generado por la barra de cromo níquel.

El gasto de agua puede ser controlado por una leva y microswitch o de manera manual por medio de una válvula según sea el caso para econonitizar agua.

### 3.10 Resistencias tipo cartucho.

Las resistencias tipo cartucho (fig. 3.14), se utilizan donde el elemento resistivo no puede estar a la interperie, para protegerlo cuando las condiciones de trabajo pueden provocar el deterioro de la resistencia y/o por seguridad, para evitar el contacto del elemento resistivo con alguna pieza conductora de electricidad.

Su bobina está hecha de alambre Nicromel 80 - 20. La cual llega a soportar hasta una temperatura de 1280 °C al arranque.

Este tipo de resistencias se utilizan en la máquina para el sellado vertical de la bolsa.

Para calcular la potencia se utiliza la siguiente fórmula:

$$\omega = \phi \cdot L \cdot \pi \cdot \gamma$$

donde:  $\phi$  = diámetro del cartucho

$\omega$  = potencia

L = longitud del cartucho

$\pi$  = 3.1416

$\gamma$  = factor de potencia que es de 5 a  
5.5 watts/cm<sup>2</sup>

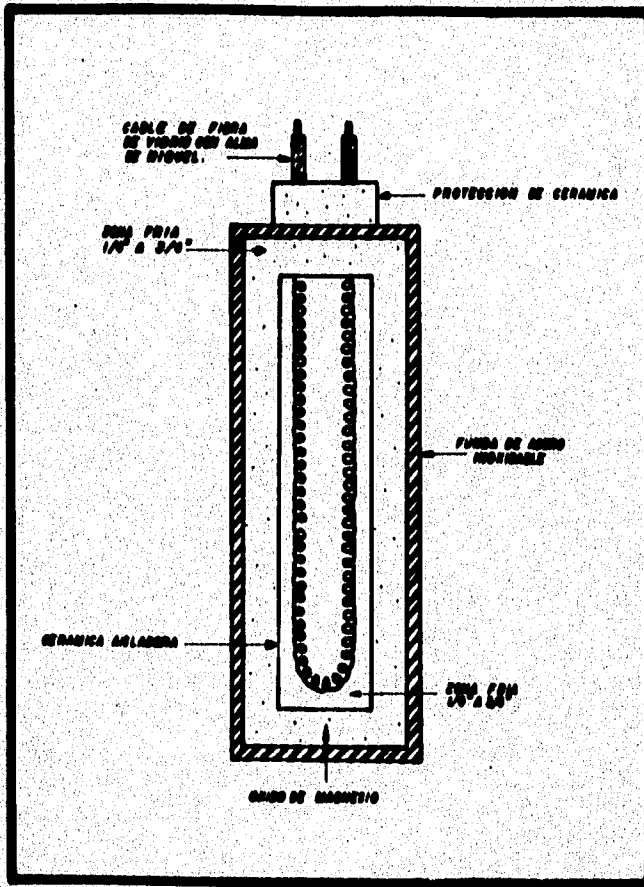


Fig. 3.14 Resistencia tipo cartucho de baja concentracion.

### 3.11 Válvula electromagnética (solenoid).

Las válvulas de solenoide (fig. 3.15) son válvulas electromagnéticas mandadas por corriente eléctrica y que se utilizan como válvulas automáticas de cierre total. Las válvulas de solenoide se instalan frecuentemente en la tubería de líquido y se cierran cuando el compresor no está funcionando.

Normalmente trabajan a 127 Volts C.A., constan de un embobinado de alambre de cobre llamado magneto, el cual esta recubierto con una capa de barniz dieléctrico de impregnación.

Esta bobina se encuentra montada en el vástago de la válvula propiamente y por efecto magnético abren o cierran totalmente a dicha válvula.

En nuestro caso, dichas bobinas controlan a las válvulas neumáticas; el impulso eléctrico necesario para excitarlas esta dado por un sistema de microswitch acoplados a un árbol de levas.

Estas válvulas son de tipo compuerta, las cuales actúan con un solenoide como electroimán, cuando es excitado por medio de un impulso eléctrico.

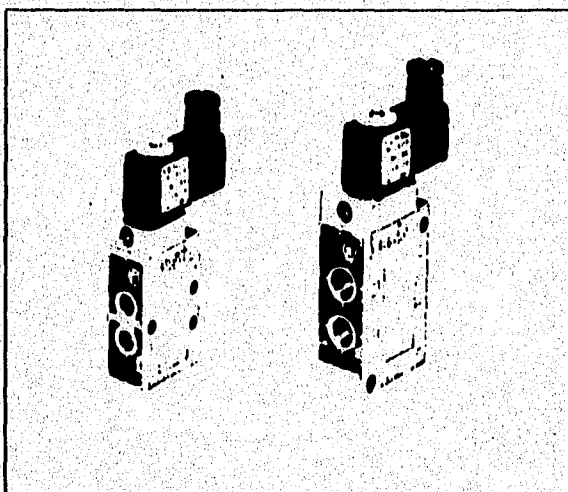


Fig. 3.15 Válvula solenoide operada por piloto.

Una serie de orificios colocados en una mordaza de la estación de sellado horizontal, sirve para el enfriamiento de los sellos mediante el suministro de agua, ésta se controla por medio de una válvula neumática de acción mecánica mediante leva o una válvula manual que regula el flujo de agua.

El movimiento de avance de la barra selladora para efectuar el corte y sello horizontal se obtiene de una válvula neumática que acciona una varilla de acero dentro del pistón izquierdo.

### 3.12 Unidades de servicio.

Estos aparatos son el filtro de aire (en su versión estándar) el regulador (en su versión estándar) y el lubricador por pulverización (o nebulación).

Las unidades que suelen presentarse agrupadas se conocen con el nombre de "unidades de mantenimiento", "unidades de preparación" o "unidades de servicio" (fig. 3.16).

Estas unidades surgen de una combinación de aparatos que serían de aplicaciones sueltas, los que obligatoriamente deberíamos de usar para tratar el aire en su forma más elemental y acondicionarlo a nuestras necesidades operativas.

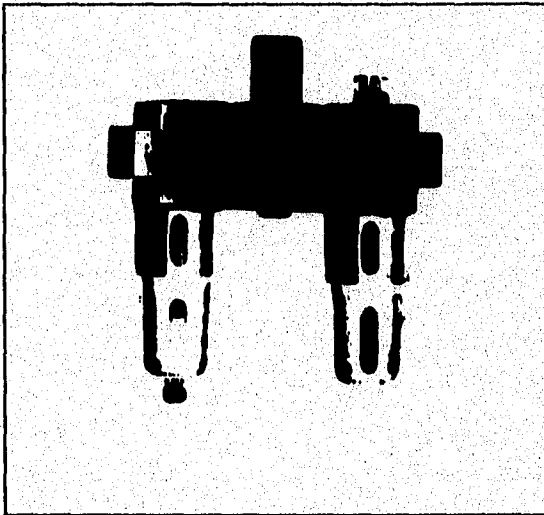


Fig. 3.16 Esquema de una unidad de servicio tipo modular.

Su funcionamiento es muy elemental; en su inicio entra aire seco a presión, por el lado del depósito de condensados, en esta zona se obliga al aire a pasar por un filtro de cerámica o polímero con una porosidad que estará dada en micras y en función de las necesidades del usuario. Posteriormente, se obliga al aire a pasar por un disco difusor con el fin de lograr que el condensado que lleve éste, se quede acumulado en el fondo de dicho recipiente. A continuación el aire pasa por una válvula para

controlar su dosificación o presión requerida, pasa a un segundo depósito el cual se encuentra lleno de aceite; esto con el fin de que por medio de una válvula reguladora se pueda dosificar el suministro de aceite a los diferentes elementos del sistema. Como el aire en esta etapa se encuentra presurizado, esta misma presión y velocidad que lleva a través de la tubería, logra que se obtenga una excelente atomización del aceite con el aire. Normalmente la dosificación de aceite se mide en gotas por minuto y dependiendo de su gasto será necesario el llenado de dicho depósito.

Las dos funciones principales del sistema neumático de la envasadora pueden describirse como de control y enfriamiento, la unidad filtro reguladora lubricadora nos permite después de filtrar el aire de entrada a la máquina regular la presión de aire que llega a los cilindros de mordaza del sellador horizontal, con esto se logra la presión de sello de cada película empleada según su espesor y velocidad de operación de la máquina, el lubricador nos permite tener una dosificación de aceite dentro del sistema neumático, obteniendo así un sistema permanentemente lubricado.

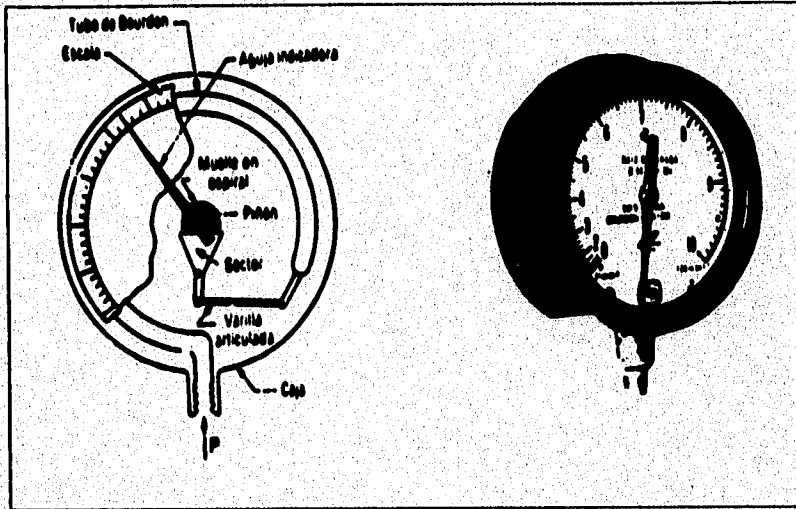
Como en todo sistema, es recomendable cerrar o desconectar toda presión de aire del sistema antes de efectuar cualquier revisión, especialmente al quitar los vasos de la unidad filtro reguladora-lubricadora o al llenar de aceite el lubricador.

Se dispone de un regulador de presión en la unidad filtro reguladora lubricadora colocada en el costado derecho de la envasadora, el regulador de dicha unidad sirve para controlar la presión de aire que actúa sobre los cilindros de sello y corte, esta presión debe de ajustarse de tal manera que se logre el corte y sello sin debilitar la costura de la película ni separar las barras de sujeción de la misma.

### **3.13 Manómetro de tubo Bourdon.**

Es el instrumento más comúnmente usado para medir presiones (fig. 3.17). Consiste en un tubo aplanado de bronce o acero para resortes doblado en circunferencia. La presión interior del tubo tiende a rectificarlo. Como un extremo del tubo está fijo a la entrada de la presión, el otro se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que hay entre el interior y el exterior del tubo. Este movimiento hace girar la aguja indicadora por medio de un mecanismo de sector y piñón. Para amplificar el movimiento, el curvado del tubo puede ser de varias vueltas formando elementos en espiral o hélice, como los que se usan en los registradores de presión.





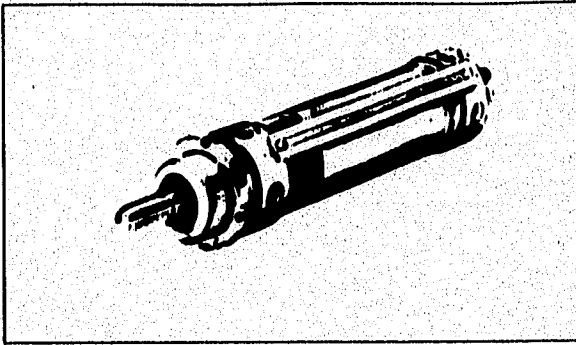
**Fig. 3.17 Manómetro de tubo Bourdon.**

La presión de la barra horizontal se controla con un regulador, el cual tiene acoplado un manómetro de tipo Bourdon, que permite verificar la presión correcta de operación (3 a 5 bar). El avance de la película se realiza al bajar el carro, al mismo tiempo que las mordazas sellan y cortan. Es importante mantener la presión de las mordazas en este rango para garantizar un sellado y corte eficiente.

### **3.14 Actuador neumático de doble efecto (fig. 3.18).**

El habitualmente llamado cilindro de doble efecto es un elemento capaz de recibir en una cámara una determinada cantidad de aire comprimido que al pretender expandirse realiza un trabajo mecánico.

Se denomina de doble efecto porque el trabajo que realiza se produce en dos sentidos, teniendo para ello dos cámaras donde recibe aire comprimido.



En la figura 3.18 se ilustra un cilindro de doble efecto.

Este tipo de actuador es utilizado en la envasadora para poder desplazar el sistema de sellado horizontal, vertical y para accionar la válvula de dosificación de producto.

### **3.15 Sistema de control de película.**

El sistema de película (fig. 3.19) nos permite manejar el material de envoltura en la máquina envasadora, es una de las partes más importantes de la misma y por ende se debe de tener especial cuidado en su manejo.

Consiste en un tubo embalado de aluminio con movimiento horizontal que mediante una perilla colocada en la parte frontal se puede realizar el alineamiento inmediato de la película sobre el formador, está sujeto a la envasadora por medio de un apoyo sobre la máquina. En el eje soporte de la bobina del material de empaque dispone de un disco freno y de dos conos que sirven para sujetar la bobina en su lugar, se coloca sobre el tubo embalado de aluminio con rodillos de aguja dispuestos para tal efecto, un apoyo pivotante colocado en un lado del tubo con un par de rodillos en sus extremos nos permiten actuar el mecanismo de frenos proporcionando una tensión constante de la película durante la tracción de la misma, tres rodillos embalados adicionales colocados sobre el marco facilitan el transporte de la película hasta el hombro formador.

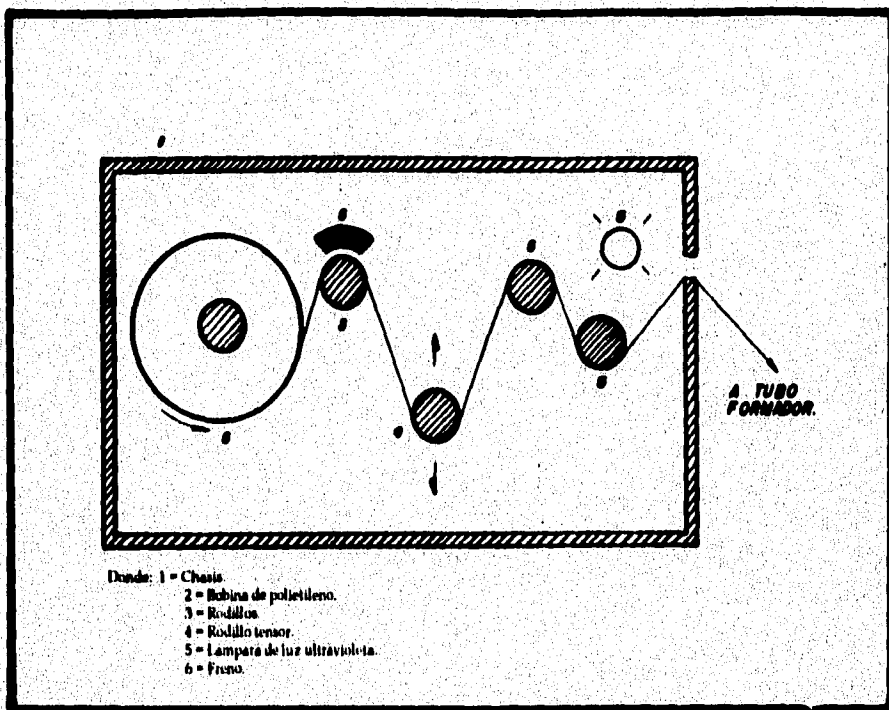


Fig. 3.19 Sistema de película.

Este tipo de máquina está diseñada para operar con películas plásticas que disminuyen considerablemente su resistencia mecánica a la temperatura de sellado, para ello cuenta con un sistema de sujeción de la película independiente del sellado de la misma.

Los espesores recomendados varían de acuerdo al tamaño de la bolsa, peso a envasarse y velocidad de producción, algunas de estas características se oponen debiéndose determinar la condición óptima para cada caso, en general este tipo de máquina puede manejar espesores de películas que varían de 0.04 mm. a 0.08 mm.

Aunque pueden fabricarse un número infinito de medidas dentro de los límites de diseño de la máquina envasadora, es recomendable tener anchos de bolsas normalizados. Los límites prácticos de ancho de la bolsa varían de 100 mm. a 160 mm. siendo las medidas normalizadas las siguientes:

Ancho de bolsa	Diámetro exterior del tubo formador
100 mm.	63 mm.
120 mm.	76 mm.
130 mm.	82 mm.
140 mm.	89 mm.
150 mm.	95 mm.
160 mm.	101 mm.

### 3.16 Sistema de hombro formador.

Este dispositivo sumamente ingenioso, nos permite en una sola operación, pasar de una superficie plana a una cilíndrica (fig. 3.20). Está construido en lámina de acero inoxidable con lo que se obtiene una resistencia considerable al desgaste y un deslizamiento razonable para las diferentes películas, tiene un platillo inferior de soporte para sujetarse en la base de aluminio fundido, la cual contiene a su vez los tornillos de fijación en la parte superior de la envasadora. El tubo formador es parte de este sistema, sirve como guía y soporte al cilindro del material de empaque, lleva una parte plana que sirve de apoyo al sellador vertical y además provee la superficie para el avance de las películas.

Los empaques son medios para evitar o reducir al mínimo el escape de un fluido de los claros mecánicos, ya sea en el estado estático o dinámico.

La envasadora tiene instalados empaques de silicón, los cuales tienen propiedades físicas muy parecidas a los empaques de otros hules o cauchos (elasticidad y flexibilidad) pero poseen una ventaja sobre éstos que resisten altas temperaturas; debido a que los hules de silicón se basan en una cadena de líneas compuesta de átomos de silicio y oxígeno, permitiendo el uso del hule por encima de los 315° C.

Por ello son muy útiles en fluidos donde se utilizan altas temperaturas.

#### Propiedades físicas del silicón.

Resistencia a la tensión: de 24.26 kg/cm<sup>2</sup> a 70.29 kg/cm<sup>2</sup>

Elongación: de 100 a 700%

Densidad: de 1.5 g/cm<sup>3</sup>

Para obtener un buen sello en las bolsas es necesario que las superficies donde éste se efectúa estén en óptimas condiciones, la barra selladora horizontal sella ejerciendo una presión contra una tira de hule de silicón resistente a la temperatura.



**Fig. 3.20 Sistema de hombro formador.**

---

## CONFIABILIDAD.

Un producto confiable es aquel que desempeñará la función asignada, cuando se le requiera; esto es, mientras que la calidad es una característica del producto durante la etapa de la producción o inmediatamente después de ésta; la confiabilidad es la capacidad del producto para desempeñar la función para la cual fue hecho, durante cierto período de tiempo. Entonces un producto que "funciona" durante un prolongado período de tiempo es un producto confiable.

Una definición más precisa es la siguiente: La confiabilidad es la probabilidad de que un producto determinado realice aquellas funciones para las que fue creado de manera satisfactoria durante un lapso vital predeterminado y bajo ciertas condiciones ambientales previamente definidas. Con base en la definición anterior, hay cuatro factores relacionados con la confiabilidad (1) Un valor numérico, (2) Una función específica, (3) Un lapso vital y (4) Condiciones ambientales.

El valor numérico es la probabilidad de que el producto no falle durante determinado tiempo. Por caso, el valor 0.93 indicaría la probabilidad de que 93 de 100 productos funcionen por un lapso previamente establecido y de que siete productos fallen antes de ese mismo lapso. Para representar la tasa de falla por unidad de producto se utilizan distribuciones probabilísticas.

El segundo factor está relacionado con la función que desempeñará el producto. Los productos se diseñan para una aplicación determinada y de ellos se espera que sean capaces de realizarla. Por ejemplo, de un montacargas eléctrico se espera que sea capaz de levantar cierta carga especificada en su diseño; no es de esperar que pueda levantar una carga que exceda lo especificado en el diseño.

El tercer factor que se menciona en la definición de la Confiabilidad se refiere a la vida del producto, es decir, cuánto tiempo se espera que dure éste, por ejemplo, la vida de los neumáticos de los automóviles se especifica mediante diversos valores, como sería el de 36 meses ó 70,000 Km., dependiendo del tipo de arriazón de los mismos. La vida de un producto se especifica en términos de uso, tiempo o ambos.

El último factor de la definición tiene que ver con las condiciones ambientales. No se puede esperar que un producto destinado a servir en interiores, como sería una silla tapizada, funcione adecuadamente en exteriores expuesta al sol, aire y lluvia. Dentro de las condiciones ambientales se toman en cuenta aspectos como el almacenamiento y el transporte, pues muchas veces su efecto es más severo que el uso mismo.

Un factor muy importante para la confiabilidad es el de dar mantenimiento al sistema. Es más probable que aquellos productos cuyo mantenimiento es sencillo tiendan a recibir más mantenimiento. En algunos casos resulta más práctico eliminar la necesidad de dar mantenimiento. Por ejemplo, las chumaceras impregnadas de aceite no necesitan recibir ninguna lubricación de por vida.

Si bien los diseñadores se esfuerzan por eliminar la necesidad de proporcionar mantenimiento, son muchas las situaciones en las que esto no es posible o no es práctico. En casos así, es necesario proporcionar al cliente medios que lo pongan sobre aviso. Por ejemplo, una luz de alerta o un timbre para informarle de la necesidad de lubricar un componente.

Mientras que la importancia de la confiabilidad está siendo reconocida en una variedad de productos -industria y cliente- se ha puesto énfasis sobre las medidas cuantitativas que ayudan a hacer de la confiabilidad un número - una probabilidad- que pueda expresarse muy específicamente. Estas mediciones hacen posible, un tanto objetivamente, el evaluar la confiabilidad del producto; el predecirla; el balancearla objetivamente con otros parámetros de la calidad del producto, como el mantenimiento.

El movimiento para cuantificar confiabilidad, es un fenómeno del siglo XX. La razón para el movimiento es la proliferación de productos modernos, con su impacto sobre fabricante y consumidor, como es evidente de la tabla 4.1.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**Tabla 4.1 Productos Tradicionales vs. modernos.**

<b>Aspectos de productos</b>	<b>Tradicional</b>	<b>Moderno</b>
<b>Simplificado</b>	<b>Simple, estático</b>	<b>complejo, dinámico</b>
<b>Precisión</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>
<b>Necesidad de intercambiabilidad</b>	<b>Limitado</b>	<b>Extensivo</b>
<b>Consumibles o durables</b>	<b>Principalmente consumibles</b>	<b>Principalmente durables</b>
<b>Medio ambiente en que son usados</b>	<b>Natural</b>	<b>Artificial</b>
<b>Usuario con conocimiento del producto</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
<b>Importancia de salud humana, seguridad y continuidad de vida</b>	<b>Raramente importante</b>	<b>Frecuentemente importante</b>
<b>Costo ciclo de vida a usuario</b>	<b>Similar al precio de compra</b>	<b>Mucho mayor que el precio de compra</b>
<b>Vida de un nuevo diseño</b>	<b>Largo, décadas e incluso siglos</b>	<b>Corto, menos de una década</b>
<b>Bases científicas de diseño</b>	<b>Ampliamente empírica</b>	<b>Ampliamente científica</b>
<b>Bases de confiabilidad, mantenibilidad, etc.</b>	<b>Impreciso</b>	<b>Cuantificado</b>
<b>Volumen de producción</b>	<b>Usualmente bajo</b>	<b>Frecuentemente alto</b>
<b>Causa usual de falla en campo</b>	<b>Errores de fabricación</b>	<b>Inconsistencias de diseño</b>



Esta necesidad fue un resultado lógico de la naturaleza de los más sofisticados productos modernos que involucran:

**Incremento de complejidad.** Más complejos sistemas demandando simultáneas mejoras de mayor número de componentes, de ese modo demandando incremento de confiabilidad de cada uno.

**Más severo medio ambiente.** Misiles y aeronaves tripulados movidos en un nuevo medio ambiente de espacio. Factible estrategia militar dictada mundialmente, involucrando un amplio rango de condiciones atmosféricas y otros medios ambientes. La habilidad asociada de confiabilidad requerirá que el rango y combinaciones de éstos más severos medios sea cuantificada, junto con la habilidad de los sistemas y componentes para funcionar y sobrevivir bajo tales.

La definición anterior de confiabilidad es básica, pero esta es sólo una de las formas de especificar confiabilidad o de comunicar el concepto, la tabla 4.2 lista la confiabilidad "representación de méritos" en uso común. Es evidente que la confiabilidad puede ser especificada en términos de (1) probabilidad de sucesos para una misión o usos dados; (2) tiempo medio entre fallas; (3) ciclos medios de uso entre fallas y (4) disponibilidad del equipo o producto.

**Tabla 4.2 Confiabilidad representación de méritos.**

<b>Ilustración de Mérito</b>	<b>Significado</b>
<b>Tiempo medio entre Fallas (TMEF)</b>	Tiempo medio entre fallas de un producto reparable
<b>Tasa de falla <math>\lambda(t)</math></b>	Número de fallas por unidad de tiempo.
<b>Tiempo medio de falla (TMF)</b>	Tiempo medio de falla de un producto no reparable o tiempo medio de primera falla de un producto reparable.
<b>Tiempo medio de primera falla (TMPF)</b>	Tiempo medio de primera falla de un producto reparable
<b>Tiempo medio entre mantenimiento (TMEM)</b>	Tiempo medio entre un tipo especificado de acción de mantenimiento
<b>Disponibilidad <math>A(t)</math></b>	Tiempo de operación expresada como un porcentaje de operación y tiempo de reparación

#### 4.1 Estadística para los estudios de confiabilidad.

Los clientes se han dado cuenta de que la compra de un artículo nuevo, especialmente si se trata de un producto complejo, traerá como consecuencia muchas reparaciones. Pero en general, después de este período, el artículo proporciona un servicio relativamente continuo, sin necesidad de reparación alguna, durante un lapso considerable. Posteriormente, al pasar los años, la frecuencia de las reparaciones se incrementa gradualmente al punto en que se hace intolerable. La figura 4.1 muestra la tendencia de dicha frecuencia (o proporción de falla) en forma gráfica y dada la forma de la curva se le conoce como curva de "bañera". Se observa que es similar a una curva representativa de la mortalidad humana, con un alto índice de mortalidad infantil y muerte por edad avanzada más allá de  $t_2$ . Sin embargo, dado que existen toda clase de productos, la curva de proporción de falla no representa necesariamente todos ellos. Pero casi todos los productos muestran un comportamiento similar al ilustrado en la figura 4.1, con un periodo de descomposturas en la etapa inicial y un desgaste gradual al final.

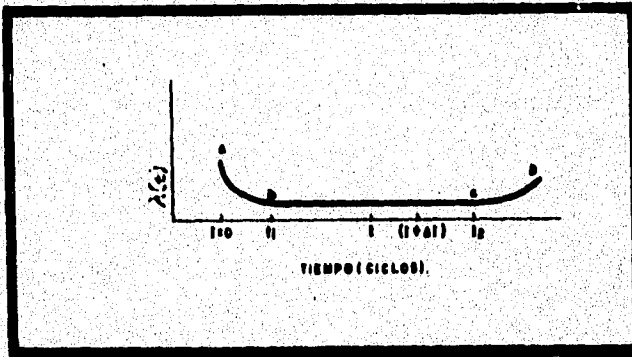


Fig. 4.1 Curva de proporción de falla.

El primer período se denomina período inicial de mortalidad y se debe a las fallas anticipadas debidas a "causas asignables" de naturaleza no imputable al azar. Se distingue este período por elevada intensidad de las fallas, las cuales decrecen con rapidez, en el caso de algunos productos.

**El segundo período se distingue por una intensidad casi constante de fallas, éstas ocurren sólo en forma casual, asociadas a un sistema constante de causas.**

**El tercer período se denomina período final de servicio, en él se nota que la intensidad de las fallas crece muy rápidamente, al mismo tiempo que el número de los elementos que aún sobreviven se acerca a cero, hasta que todas las unidades fallan y no queda ninguna por "morir".**

**Todo el razonamiento sobre la calidad y confiabilidad se basa en el estudio de la variabilidad.**

**Hay diversos patrones comunes de variabilidad que permiten la evaluación de una serie de operaciones industriales; por tanto es necesario considerar las propiedades de estos patrones y relacionarlos a situaciones definidas presentes en el desarrollo, manufactura e inspección.**

**Las distribuciones de probabilidad que se aplican con mayor frecuencia en los estudios de confiabilidad son: la exponencial, la normal y la de Weibull. Sus distribuciones de frecuencia, como funciones del tiempo, se muestran en la figura 4.2(a).**

**Las curvas de confiabilidad para las distribuciones exponencial, normal y Weibull en función del tiempo, se muestran en la figura 4.2(b). Asimismo, en la misma figura se muestra la fórmula matemática que corresponde a cada una de ellas.**

**La tasa de falla es básica para describir la curva de la vida histórica de un producto. Las curvas de tasa de falla y las fórmulas correspondientes para las distribuciones citadas con anterioridad en función del tiempo, se muestran en la figura 4.2(c).**

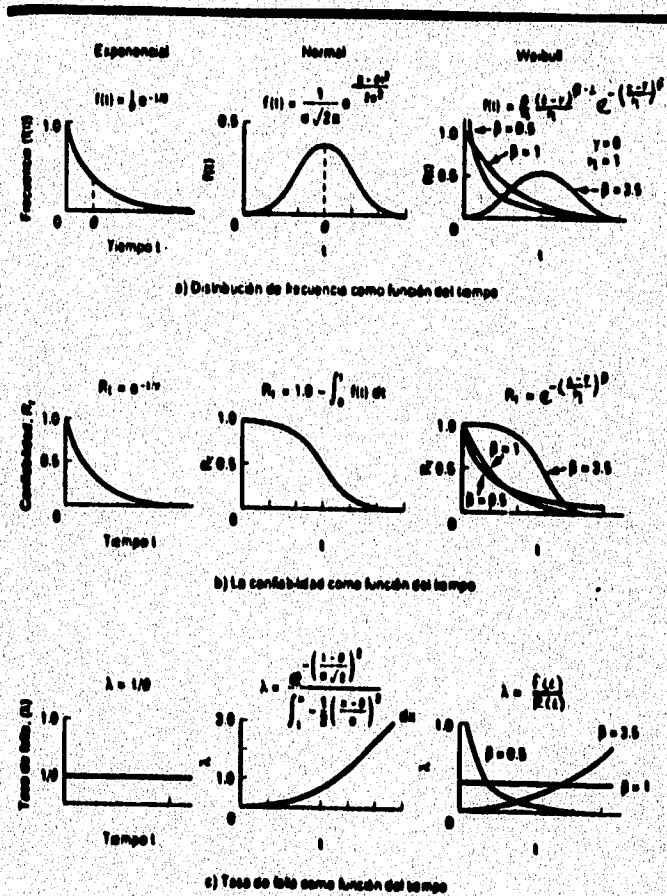


Fig. 4.2 Distribuciones de probabilidad, curvas de tasa de falla y curvas de confiabilidad, como funciones del tiempo.

El requisito esencial para el logro de la confiabilidad, es el estudio del modelo completo del comportamiento del producto.

En la figura 4.3 se muestra un modelo muy común de falla de equipo donde se indica la variación de  $f(t)$ , con respecto al tiempo ( $t$ ). A la  $f(t)$  se le denomina densidad de fallas y su definición es: "El número de fallas por unidad de tiempo, representado como fracción del total original de las partes en consideración".

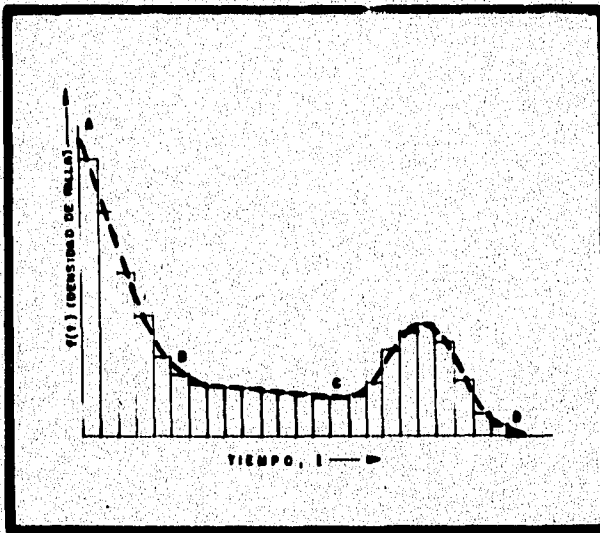


Fig. 4.3 Función de densidad de fallas,  $f(t)$ .

En la figura 4.3 el segmento AB representa las fallas anticipadas, BC las fallas aleatorias y CD fallas de desgaste.

Por conveniencia del análisis, el patrón de fallas se expresa generalmente como tasa de falla  $\lambda(t)$ , que se define así: Es la probabilidad de fallo en el instante ( $t$ ), a condición de que no haya habido fallos antes de  $t$ <sup>1</sup>. Por tanto, podemos escribir:

<sup>1</sup> Patrick Lyonnet. Los métodos de la calidad total, pág. 14.

$$\lambda(t) dt = \frac{F(t+dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1 - F(t)}$$

Donde:  $F(t)$  y  $R(t)$  son, la función acumulada de fallos y la función de confiabilidad, respectivamente. Que es lo que se desea conocer a partir de  $\lambda(t)$ . Para ello, se integran los dos miembros de la expresión anterior, con la condición inicial  $F(t=0) = 0$ . Obtenemos:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = \int_0^t \frac{dF(t)}{1 - F(t)}$$

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \int_0^t \frac{dF(t)}{1 - F(t)} = \left[ \ln(1 - F(t)) \right]_0^t$$

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln[1 - F(t)]$$

$$e^{\int_0^t \lambda(t) dt} = 1 - F(t)$$

de donde:

$$R(t) = e^{\int_0^t \lambda(t) dt}$$

$$F(t) = 1 - e^{\int_0^t \lambda(t) dt}$$

$$f(t) = \lambda(t) e^{\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Tenemos aquí las expresiones más generales que enlazan las leyes de confiabilidad y el índice instantáneo de fallos.

Cabe señalar que se puede obtener el índice de fallos partiendo de  $R(t)$ . En efecto:

$$\frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda(t) e^{\int_0^t \lambda(t) dt}}{e^{\int_0^t \lambda(t) dt}} = \lambda(t)$$

## 4.2 La Distribución Weibull.

La curva de la bañera (fig. 4.1) tiene tres regiones distintas AB - BC - CD, cada una de las cuales requiere de un análisis por separado. La distribución Weibull es muy útil para hacer este análisis porque ajustando sus factores puede hacerse ajustar a la forma de cualquier parte de la curva de la tasa de falla.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{Ley de Weibull}^2$$

de donde:  $\gamma$  = el origen de la distribución  
 $\eta$  = parámetro de escala  
 $\beta$  = la pendiente de la recta.

Seleccionando convenientemente las constantes  $\gamma$ ,  $\eta$  y  $\beta$  se puede simular cualquier sección de la curva de la bañera.

$$\text{Puesto que } F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\text{Resulta que } f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\text{y } \lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

En las figuras 4.4 y 4.5 se ejemplifican algunas formas de curvas de densidad de falla y tasa de falla para valores distintos de  $\beta$ .

Se puede notar de la figura 4.5 que para el segmento BC donde  $\beta = 1$ , la tasa de falla es constante, esto es:

(para  $\beta = 1$ )

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} = 1/\eta = \text{cte.}$$

$$\text{y } R(t) = e^{-(t-\gamma)/\eta}$$

$$\text{y para } \gamma = 0; R(t) = e^{-t/\eta} = e^{-\lambda t} \quad (\text{para } \lambda = 1/\eta)$$

<sup>2</sup> Ibidem, pág. 17.

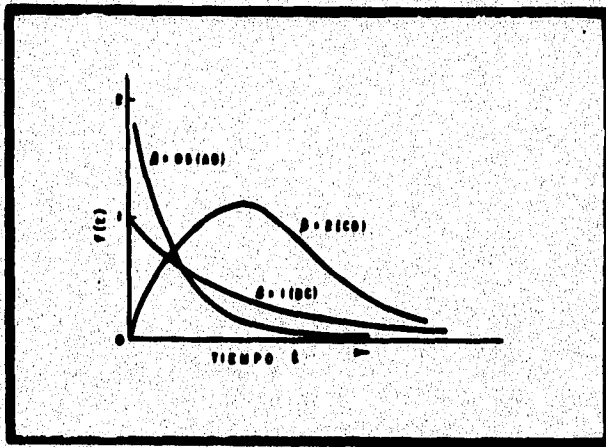


Fig. 4.4 Función de densidad de fallas,  $f(t)$ .

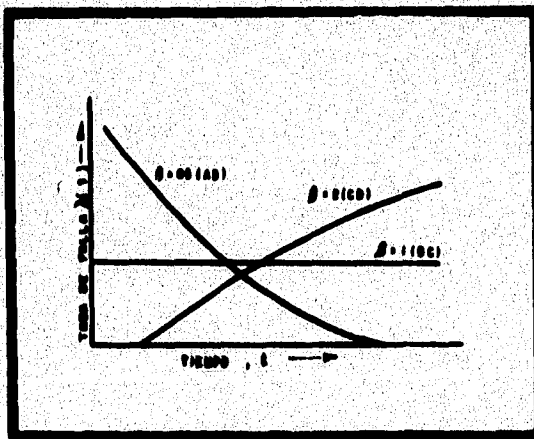


Fig. 4.5 Tasa de falla,  $\lambda(t)$ .



#### 4.2.1 Vida característica.

Si  $t - \gamma = \eta$ , la medida de confiabilidad es:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta} = e^{-1} = 0.368$$

Para cualquier valor de  $\beta$ .

Este valor  $t - \gamma$  se llama la vida característica  $\eta$  y se define como: "El tiempo, medido desde  $\gamma$ , en que se espera la supervivencia del 36.8 % de las partes del producto (o donde se espera la falla del 63.2 %).

La figura 4.6 ilustra el significado de  $\eta$  en su relación con la curva de la función de densidad de fallas  $f(t)$  donde  $\beta = 2$  aproximadamente.

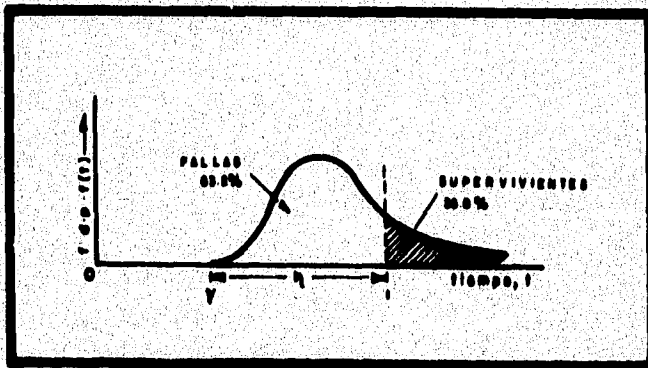


Fig. 4.6 Vida característica.

#### 4.2.2 Papel de Probabilidad Weibull.

Uno de los problemas fundamentales es la evaluación de los parámetros  $(\beta, \eta, \gamma)$  de esta ley. Para ello, disponemos de dos métodos:

- uno, a través únicamente del cálculo, en el que intervienen ecuaciones diferenciales difíciles de resolver, por lo que se utiliza poco;
- el otro, de resolución gráfica, que utiliza un papel a escala funcional llamado papel de Weibull o gráfico "de Allen Platt". Este método, el más utilizado y es el que desarrolla aquí.

Gráfico de Allen Platt: el gráfico a escala funcional que se utiliza está graduado de la siguiente manera:

- en el eje de las abscisas, tenemos:  $\ln t$
- en el eje de las ordenadas, tenemos:  $\ln \ln (1/1-F(t))$

de donde:  $F(t) = (\sum n_i - 0.3)/(n + 0.4)$  Método de los rangos medianos<sup>3</sup>.  
 $n$  = número de datos.

Supongamos tener una serie de lecturas de fallas de equipo relacionada a su ocurrencia en una escala de tiempo (por ejemplo, de la prueba de vida de una muestra del producto inicial).

Con estas cifras necesitamos determinar la forma del patrón de fallas y obtener los factores de confiabilidad para hacer una comparación con las normas esperadas a partir de las consideraciones del diseño. Los datos de las fallas pueden analizarse fácilmente usando el papel de probabilidad Weibull.

El papel tiene escalas logarítmicas compiladas de forma tal que los puntos trazados en el papel en los valores correspondientes de la función de supervivencia y  $(t - \gamma)$  (el tiempo desde el origen de la distribución), deben quedar en una línea recta.

La posición de esta línea puede estimarse haciendo uso del principio de los mínimos cuadrados. La pendiente de la línea da el valor de  $\beta$  que determina la forma de la distribución de la falla.

- Si  $\beta < 1$  el modelo representa fallas anticipadas (fallas no aleatorias)
- Si  $\beta = 1$  la tasa de falla es constante (fallas aleatorias)
- Si  $\beta > 1$  el modelo representa el período de desgaste.

Si en lugar de quedar en una línea recta, los puntos trazados en el papel Weibull toman la forma de una curva significa que  $\gamma$  no es cero.

<sup>3</sup> ídem, pág. 27.

El valor de  $\gamma$  en este caso puede obtenerse a partir de las transformaciones funcionales del papel de Weibull, esto es:

$$\gamma = X_{m1} - \frac{(X_{máx} - X_{m1})(X_{m1} - X_{mín})}{(X_{máx} - X_{m1}) + (X_{m1} - X_{mín})}$$

4.7). Los puntos  $X_{mín}$ ,  $X_m$ ,  $X_{máx}$ , se determinan de la siguiente manera (ver figura

- $Y_{máx}$  es el valor máximo al cual se asocia  $X_{máx}$ .
- $Y_{mín}$  es el valor mínimo al cual está asociado  $X_{mín}$  del mismo modo que en el caso anterior.
- $Y_m$  es el punto medio (medido con una regla "lineal") de  $Y_{máx}$  e  $Y_{mín}$ ,  $X_m$  ( $X$  medio).

Luego se añade el valor obtenido de  $\gamma$  a cada valor de  $t$  y los valores de  $R(t)$  se regrifican en contra de los valores del tiempo nuevo para obtener una línea recta de la que se puedan determinar los parámetros de la ley de Weibull.

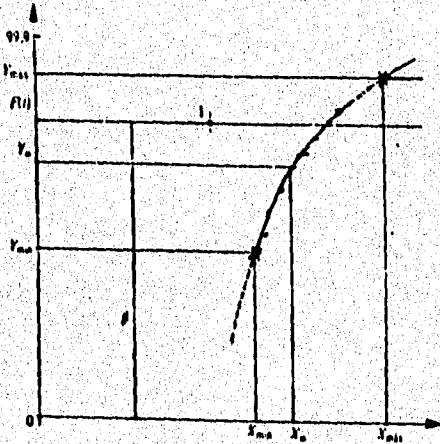


Fig. 4.7 Cálculo de  $\gamma$ .

Como se menciono anteriormente una de las formas de obtener los parámetros de la ley de Weibull es mediante la aproximación de los datos a una recta (en caso de que así sea), por medio del método de los mínimos cuadrados; para lo cual utilizamos la hipótesis de que el parámetro  $\gamma = 0^4$ , de donde tenemos:

Si

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Entonces:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{y} \quad \ln \frac{1}{1 - F(t)} = \ln e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta$$

A continuación:

$$\ln \ln(1/(1 - F(t))) = \ln(t/\eta)^\beta = \beta \ln(t/\eta)$$

$$\ln \ln(1/(1 - F(t))) = \beta \ln t - \beta \ln \eta \quad (\text{Ecuación de una recta}) \quad Y = mX + B$$

Donde:

$$\begin{aligned} X &= \ln t \\ Y &= \ln \ln(1/(1 - F(t))) \\ B &= -\beta \ln \eta \\ m &= \beta \end{aligned}$$

De qui podemos obtener los valores de  $\eta$  y  $\beta$ :

$$\begin{aligned} \eta &= e^{(B/m)} \\ \beta &= m \end{aligned}$$

Con las consideraciones anteriores, podemos elaborar un programa de computadora sencillo que nos pueda dar los parámetros indicados; además de graficarlo.

---

<sup>4</sup> *Ibidem*, pág. 19.

#### 4.2.3 Construcción de un papel de probabilidad Weibull utilizando una hoja de cálculo.

##### 1. Llenado de columnas A a la E.

- A: Etiqueta de datos (n)
- B: Datos
- C: Posición del graficador  $F(t) = (\sum n_i - 0.3)/(n + 0.4)$
- D:  $\ln(t)$
- E:  $\ln(\ln(1/(1 - F(t)))) = \ln(\ln(1/(1 - c)))$

##### 2. Parámetros estimados.

- Regresión lineal; donde:
- Variable Independiente:  $\ln(t)$  (columna D)
- Variable dependiente:  $\ln(\ln(1/(1 - F(t))))$  (columna E)
- Beta = x coeficiente =  $\beta$
- Eta =  $e^{\text{coeficiente constante} / \text{Beta}} = \eta$

##### 3. Graficando

- D (x series)
- E (datos "observados")
- F (distribución Weibull estimada (recta))

#### 4.3 Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF).

El tiempo medio entre fallas es una medida importante para valorar la confiabilidad de un sistema de componentes múltiples en el que las partes pueden reemplazarse al instante de la avería. El TMEF es el tiempo medio (o promedio) entre fallas sucesivas de un producto. Esta definición asume que el producto en cuestión puede ser reparado y colocado en operación después de cada falla.

$$\text{TMEF} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{N}$$

donde:  $N$  = número de fallas registradas y  
 $t_1 + t_2 + \dots + t_N$  son los intervalos entre las fallas sucesivas del sistema debidas a fallas de cualquiera de los componentes ( por ejemplo  $t_3$  es el tiempo entre la segunda y tercera falla).

Ahora bien un incremento en un TMEF no da por resultado un aumento proporcional en confiabilidad. Por ejemplo si  $t = 1$  hora, la tabla siguiente muestra el tiempo medio entre fallas requerido para obtener varias confiabilidades; considerando que como se ha mencionado con anterioridad, después del período de inicio de servicio y hasta la aparición del desgaste (es decir el segmento BC de la curva) la función de confiabilidad será:

$$R(t) = e^{-t/\eta} = e^{-\lambda t} \text{ para } (\beta = 1, \gamma = 0)$$

y la tasa de fallas tendrá una constante  $\lambda = 1/\eta$

El tiempo medio entre fallas (TMEF, que es el recíproco de la tasa de fallas) del sistema es por consiguiente

$$1/\lambda = \eta = \text{TMEF}$$

TMEF	R
5	0.82
10	0.90
20	0.95
100	0.99

Un quintuplo incremento en TMEF de 20 a 100 horas es necesario para incrementar la confiabilidad en 4 puntos porcentuales comparados con un doble del TMEF de 5 a 10 horas para obtener 8 puntos porcentuales de aumento en confiabilidad. Esto es importante porque el TMEF frecuentemente es utilizado como el criterio para hacer importantes decisiones afectando la confiabilidad, mientras que la probabilidad de supervivencia  $R(t)$  para un tiempo especificado  $t$  puede ser el más importante indicador para el consumidor.

#### 4.4 Teoría de la Tasa de Falla Constante.

Cuando la confiabilidad se expresa como una tasa de fallas, esto implica que la falla tiene probabilidad de ocurrir en cualquier instante durante la vida del dispositivo. Es decir si aplicamos una sola tasa de falla, a una pieza del equipo

estamos presuponiendo que la tasa de falla es constante. Pero la presuposición de que un dispositivo (o componente) tiene una tasa constante de falla es válida únicamente durante una porción de su vida.

Por ejemplo, cuando se usa una pieza del equipo por un periodo largo de tiempo ocurre una deterioración y como resultado la tasa de fallas durante este periodo de desgaste es mayor de lo normal.

Asimismo se ha observado que un número extraordinariamente alto de fallas ocurre en las primeras horas de operación. Por lo mismo es normal experimentar una tasa más alta de fallas en las primeras horas de operación así como en el periodo de desgaste. De aquí que no podamos usar con precisión una sola tasa de fallas sobre la vida entera del equipo.

Entre los dos periodos de tasa alta de fallas (periodo de ajuste y periodo de deterioración), hay una región con una tasa de falla aproximadamente constante. Esta región se llama falla aleatoria o periodo confiable. Este periodo se caracteriza por tener menos fallas en función del tiempo que las otras dos regiones.

El uso de una tasa de falla constante en el cálculo de la confiabilidad es deseable ya que simplifica los cálculos y reduce el tiempo requerido para los ensayos de vida. Hasta ahora no se ha encontrado una mejor técnica.

La tasa de falla constante en una pieza del equipo se puede lograr por medio del "envejecimiento", es decir, permitir que el equipo opere por un periodo de tiempo posterior al periodo inicial de mortalidad infantil. Entonces la tasa de falla se nivelará y mantendrá constante. Similarmente puede lograrse la tasa de falla constante por medio del "reemplazo". Se supone que el reemplazo se realiza durante el periodo de asentamiento. Cualquier falla posterior en el dispositivo es aleatoria.

Utilizando la suposición de una tasa de falla constante puede compensarse la longitud del tiempo del ensayo con el número de piezas bajo prueba. O sea que probar 100 piezas de equipo por 10 horas es equivalente a probar 10 piezas en 100 horas o 1 pieza en 1,000 horas. Naturalmente la reducción del tiempo requerido para los ensayos proporciona más tiempo para traducir los resultados de los ensayos a ajustes o mejoras del producto.

#### **4.5 Confiabilidad del sistema.**

Conforme los productos se vuelven más complejos (cuentan con más componentes) la posibilidad de que se produzca una falla también aumenta. La manera como se disponen los componentes también afecta la confiabilidad de todo el sistema.

Esta disposición puede hacerse en serie, paralelo o en combinación. En la figura 4.8 se muestran diversas formas de disponer los componentes.

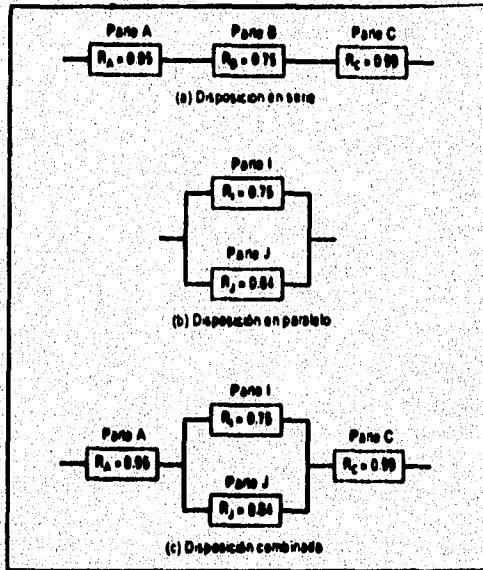


Fig. 4.8 Maneras de disponer los componentes.

Si los componentes están dispuestos en serie, la confiabilidad del sistema es el producto de cada uno de los componentes. En el caso de la disposición de la figura 4.8(a), procede emplear el teorema de la multiplicación, y la confiabilidad de la serie se calcula de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}
 R_s &= (R_A) (R_B) (R_C) \\
 &= (0.95)(0.75)(0.99) \\
 &= 0.71
 \end{aligned}$$

Cuanto más componentes se añadan a la serie, menor será la confiabilidad del sistema. La confiabilidad del sistema es siempre menor que la del valor más bajo. Matemáticamente se verifica la afirmación de que una cadena es tan fuerte como lo sea el más débil de sus eslabones.

En una disposición en serie de componentes, la avería de uno de ellos provoca la avería de todo el sistema. Otro es el caso cuando los componentes están en paralelo: aunque falle uno, el sistema puede seguir operando mediante el empleo de



otro, y así hasta que todos los componentes en paralelo hayan fallado. En el caso de la disposición de la figura 4.8(b), la confiabilidad en paralelo,  $R_p$ , se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R_p &= 1 - (1 - R_i) (1 - R_j) \\ &= 1 - (1 - 0.75)(1 - 0.84) \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

Al aumentar la cantidad de componentes en paralelo también aumenta la confiabilidad. La confiabilidad de una disposición en paralelo es mayor que la confiabilidad de cada uno de los componentes.

Los productos más complicados están formados por combinaciones de componentes tanto en serie como en paralelo. Lo anterior se muestra en la figura 4.8(c), en donde la parte B fue sustituida por los componentes en paralelo, I y J. La confiabilidad de esta combinación,  $R_c$  se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R_c &= (R_A) (R_I) (R_J) \\ &= (0.95)(0.96)(0.99) \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

La confiabilidad de un producto dependerá de su diseño, fabricación transporte y mantenimiento.

El sistema más simple está constituido por un sólo elemento, pudiendo también representar un conjunto de elementos, como es el caso de la envasadora.

#### 4.6 Disponibilidad.

Entre las consideraciones importantes en la determinación del patrón de confiabilidad para un producto esta la habilidad de ese producto para ser repuesto, dentro de un periodo dado, al estado especificado en que puede desempeñar su función esperada.

Así, un producto que puede ser rápida y económicamente reparado -sin enfados y dificultades para el usuario- puede tener un requisito de confiabilidad muy diferente a un producto sin instalaciones de reparación fácilmente accesibles o económicas -un satélite de comunicaciones, por ejemplo-. El satélite debe estar diseñado y fabricado con alta confiabilidad. El producto que puede ser reparado rápidamente, puede, con todas las demás cosas iguales, diseñarse y fabricarse con objetivos de confiabilidad menos exigentes.

La identificación de esta disponibilidad de producto y servicio puede ser muy importante en el establecimiento y control de la confiabilidad.

Como definición:

La Disponibilidad del producto es la capacidad de un producto de desempeñar una función requerida en cualquier punto del tiempo cuando es utilizado bajo condiciones establecidas, donde el tiempo considerado es tiempo operativo y tiempo de reparación activo.

En forma correspondiente, la disponibilidad cuantitativa, por definición es como sigue:

La disponibilidad cuantitativa es la probabilidad de que una unidad desempeñe una función requerida en cualquier punto del tiempo cuando es usada bajo condiciones establecidas, donde el tiempo considerado es tiempo operativo y tiempo de reparación activo.

La disponibilidad puede representarse como sigue:

$$\text{Disponibilidad} = A(t) = \frac{\text{tiempo medio entre fallas TMEF}}{\text{TMEF} + \text{tiempo medio para reparación TMEM}}$$

Así, si en un producto, el TMEF es grande y el TMEM es pequeño, la disponibilidad es casi 100 %.

#### 4.7 Análisis de Pareto.

La falla en el cumplimiento de los requerimientos especificados, ya sea en términos de vida o comportamiento en sí, puede deberse a una de dos razones (o a una combinación de ambas):

- a) Que el primer diseño es inadecuado.
- b) Que el método de producción existente es incapaz de cumplir con las especificaciones del diseño.

Por consiguiente deben buscarse las principales causas de la inadecuación. Los principios de la búsqueda de causas son comunes para las dos regiones sujetas a investigación: diseño y producción.

Aunque hay muchos factores posibles que pueden afectar el funcionamiento, estos se pueden dividir entre "pocos vitales" y "muchos triviales".

La figura 4.9 ilustra la comparación de los efectos de un número de factores. La forma de la curva resultante se conoce como la "Distribución de Pareto".

La búsqueda debe dirigirse hacia la identificación de los pocos factores que contribuyen mayormente a la falla en la satisfacción de las necesidades.

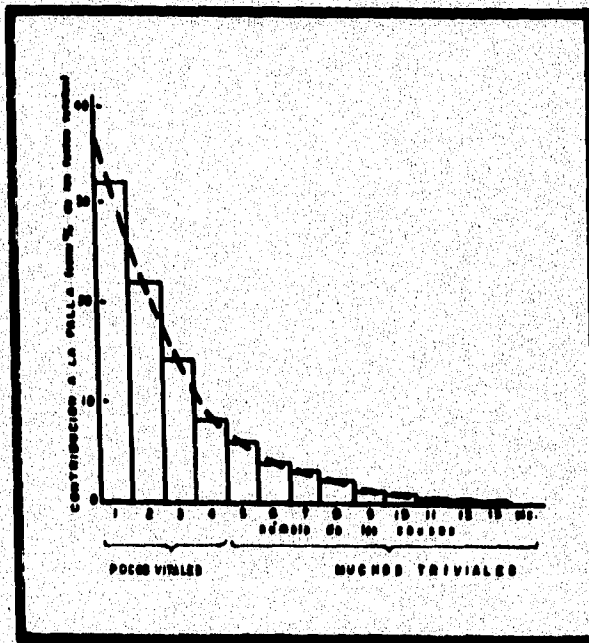


Fig. 4.9 Distribución de Pareto.

#### **4.8 Aspectos Económicos de la Calidad y la Confiabilidad.**

Una política y organización sólida para la calidad y confiabilidad no depende solo de una buena ética sino de una buena economía empresarial. Sin embargo, cuando intentamos decisiones sobre la calidad en base a la economía a veces nos enfrentamos con la dificultad de expresar en términos financieros el efecto de las decisiones de calidad. Esta dificultad tiende a dirigir las decisiones de calidad en base a la intuición o a evadir decisiones y no tomar acción porque no se especifica claramente el efecto de una propuesta de calidad en el costo y la ganancia.

Pero debemos reconocer que un factor importante en el mejoramiento del control de calidad es el poder representar la calidad en términos de medición y este principio debe extenderse a medición monetaria.

En el grado en que los costos de calidad puedan extraerse y clasificarse, pueden ser de gran utilidad para tomar decisiones lógicas en muchos aspectos de la calidad. Ahora podemos decidir si nuestros esfuerzos están reeditando buenos beneficios o si, por ejemplo, es posible modificar tolerancias o con otro método alternativo lograr nuestro propósito de manera más económica.

Los costos de calidad se definen como los costos combinados de prevención, evaluación y falla. En un alto porcentaje de industrias se estima que estos costos representan el 10% del capital transitorio de la compañía.

Con razón se argumenta que si gastamos más en la prevención tendremos más ahorros en los costos de evaluación y falla. El costo de prevención incluye los salarios y gastos del personal empleado específicamente en la ingeniería de calidad y control de calidad, el costo de investigación y ensayos en el mejoramiento de la calidad y el costo de operación y entrenamiento de personal en los aspectos de la calidad.

Los costos de evaluación incluyen aspectos tales como el costo de la inspección de rutina en productos terminados o en proceso.

Los costos de falla (que normalmente representan la mayor parte de los costos de calidad) pueden subdividirse en costos de producción incluyendo el costo de desperdicio, retrabajo y descuentos en las mercancías o artículos de segunda calidad resultantes de fallas de manufactura y costos del producto insatisfactorio que incluyen el costo de investigación y quizás de colocación y cualquier otro gasto o pérdida de ingresos causados por los defectos de calidad en el producto.

La extracción y clasificación de los costos de calidad pueden ser de gran ayuda en la formulación de decisiones y un estímulo para el mejoramiento. Por ejemplo, nos pueden ayudar a hacer decisiones lógicas sobre asuntos como:

- ¿Debemos emplear inspección al 100%, inspección por muestreo o ninguna inspección en los productos en proceso y terminados?

- ¿Debe introducirse la inspección patrulla durante la manufactura con la intención de reducir la inspección final y los costos de falla?

- ¿Se debe basar el control de calidad del proceso o la inspección de los productos terminados en la medición de variables en lugar de atributos?

- ¿Está justificada la inspección de un componente o es más económico permitir pasar la falla y rectificarlo después del ensayo del ensamble final?

- ¿Han justificado los resultados la introducción de nuevos métodos de control?

Además el costo de la calidad es de capital importancia en el mejoramiento del diseño y análisis del valor. El costo de diseño puede ser muy alto pero no debemos descuidar el costo de producción y el costo de reparación y mantenimiento al valorar los costos totales de la confiabilidad de un producto.

Cuando la confiabilidad de un equipo aumenta, los costos de diseño y producción también aumentan mientras que los costos de reparación y mantenimiento disminuyen. El costo de diseño sube porque deben hacerse evaluaciones más precisas de las condiciones de trabajo exactas además de un desarrollo más amplio (tal vez ensayos de los prototipos y ensayos ambientales a fondo).

Los costos de producción suben porque se necesitan usar partes más caras (materiales más costosos), ensayos más elaborados, facilidades de inspección, mano de obra más capacitada (con remuneración mayor) y equipos más sofisticados.

O sea que para aumentar la confiabilidad del equipo debe haber un incremento en los costos iniciales. Pero este aumento está más que compensado con el ahorro en los costos de reparación y mantenimiento además de prevenir una pérdida más grave como la que representa la buena fe del cliente.

#### **4.9 Análisis de los datos.**

El análisis de confiabilidad, se realiza con los datos históricos de la envasadora, del período comprendido del 01-enero-1994 al 31-marzo-1995, considerando la figura 1.6 del primer capítulo que nos indica el tiempo real de envasado por día que es de 17.65 hrs por máquina.

**RELACIÓN DE FALLAS EN UNA ENVASADORA DE  
LECHE COMPRENDIDAS EN UN LAISO DE 15 MESES.**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO (hr* hombre)</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE FALLA.</b>
040194	0.3*2	Conectar cables en tablilla de motor eléctrico.
240194	1.2*2	Avería en tubo galvanizado de suministro de aire.
010294	1.2*2	Tubo formador desalineado.
010294	1.8*3	Nivelación de levas.
010294	0.5*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
020294	1.2*3	Falso contacto de interruptor termomagnético.
170294	1.5*2	Soldar tubo formador.
280294	0.5*2	Lámpara germicida fundida.
120394	0.5*2	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
020494	0.3*2	Falso contacto en switch general.
050494	0.2*2	Falla bobina de electroválvula de sello vertical.
050494	2.6*2	Fuga de aire en pistón de sello vertical.
050494	0.5*2	Cambio de microswitch de sello vertical.
120494	2.3*2	Switch magnético flojo.
180494	2.3*2	Adaptación de arrancador principal.
300494	0.5*2	Cambio de lámpara germicida.
040594	0.5*2	Cambio de tubo formador.
040594	4.0*2	Corregir tamaño de bolsa.
050594	2.5*2	Líneas abiertas en interruptor termomagnético.
050594	0.3*2	Nivelar tubo formador.
080594	0.7*2	Ajustar desplazamiento de carro sello horizontal.
170594	0.7*2	Soldar guía de tubo formador.
190594	0.2*2	Cambio de tubo formador.
210594	0.7*2	Ajustar leva de sello horizontal.
220594	1.4*2	Cambiar microswitch del sello horizontal.
220594	1.4*2	Cambiar microswitch del sello vertical.
240594	1.9*2	Lubricación de pistones horizontales.
240594	0.7*2	Cambio de tubo formador.
250594	1.0*1	Nivelar tubo formador.
260594	2.1*2	Ajuste de tamaño de bolsa.
290594	1.9*2	Lubricación de pistones horizontales.
070694	0.5*3	Nivelar sello horizontal.
080694	0.9*2	Cambiar microswitch de sello vertical.
090694	0.7*2	Lubricar pistones de sello horizontal.
110694	1.7*2	Cambiar microswitch de sello vertical.
110694	1.8*2	Cambiar pistón neumático de sello vertical.
190694	0.5*2	Destapar sistema de enfriamiento sello horizontal.
200694	0.4*2	Reparar freno de polietileno.
280694	0.5*3	Ajustar freno de polietileno.

300694	0.4*3	Cambio de microswitch de sello horizontal.
300694	1.0*3	Lubricar pistones de sello horizontal.
020794	0.7*2	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
110794	1.5*1	Cambio de silicones del sello horizontal.
120794	0.8*2	Cambio de switch magnético.
130794	1.0*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
130794	1.1*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
130794	0.5*2	Cambio de electroválvula direccional.
140794	1.7*2	Cambio relevador de platino de sello horizontal.
240794	0.3*2	Cambio de fusibles.
250794	0.3*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
250794	0.6*2	Cambio de válvula neumática de sello horizontal.
250794	1.0*2	Cambio de tubo formador.
250794	0.4*2	Cambio de lámpara germicida.
250794	0.4*2	Ajuste de levas verticales y horizontales.
260794	0.5*2	Ajuste de levas verticales y horizontales.
260794	0.9*2	Ajuste microswitch de sello horizontal.
260794	1.1*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
150894	0.5*2	Ajustar leva de sello horizontal.
180894	0.9*2	Cambio de relevador de sello vertical.
180894	0.7*2	Soldar guía de tubo formador.
030994	0.5*2	Cambio de resistencia vertical.
080994	1.2*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
080994	0.5*2	Falla de interruptor magnético.
170994	0.2*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
180994	0.3*2	Ajuste de tamaño de bolsa.
180994	0.6*2	Ajuste de tamaño de bolsa.
190994	1.1*2	Cambio de interruptor termomagnético.
220994	0.3*2	Ajuste tamaño de bolsa.
220994	1.0*2	Ajuste del freno de polietileno.
280994	0.7*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
280994	0.8*2	Cambio de microswitch de sello vertical.
290994	1.5*2	Cambio de lámpara germicida.
290994	0.6*2	Cambio de resistencia vertical.
021094	0.4*2	Cambio de fusibles.
021094	1.6*2	Cambio de nicromel a barra de sello horizontal.
031094	0.6*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
031094	0.5*2	Cambio de resistencia vertical.
041094	0.6*2	Fuga de aire en el pistón dosificador de producto.
111094	0.4*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
111094	0.4*2	Cambio de microswitch de sello vertical.
111094	0.5*2	Cambio de válvula neumática direccional.
111094	0.6*2	Alinear brazo formador.
161094	2.5*2	Cambiar termopar.
161094	2.5*2	Limpiar barra de sello vertical.

271094	1.1*2	Cambiar termopar.
271094	1.1*2	Cambio de resistencia vertical.
301094	0.9*2	Cambio de tablilla eléctrica de conexiones.
301094	0.9*2	Cambio de resistencia vertical.
011194	2.2*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
021194	0.4*2	Ajuste de tamaño de bolsa.
021194	0.8*2	Resistencia vertical mal conectada.
031194	1.2*2	Cambiar termopar.
061194	0.7*2	Ajuste del freno de polietileno.
091194	0.6*2	Quitar filo a guía del polietileno.
121194	0.5*2	Ajustar carro de freno del polietileno.
141194	0.6*2	Ajustar tamaño de bolsa.
241194	0.2*2	Ajustar tamaño de bolsa.
281194	2.5*2	Cambio de pistón neumático de sello horizontal.
111294	1.2*2	Cambio de pistón neumático de sello horizontal.
191294	2.0*2	Fuga de aire en pistón de sello horizontal.
311294	0.4*2	Ajuste de tamaño de bolsa.
311294	1.3*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
040195	4.0*2	Lubricación de pistones de sello horizontal.
040195	1.3*2	Ajuste de levas.
040195	0.7*2	Cambio de resistencia vertical.
050195	1.5*2	Cambio de resistencia vertical.
050195	1.0*2	Cambio de bobinas de válvulas direccionales.
080195	0.6*2	Cambio de resistencia vertical.
110195	0.6*2	Cambio de resistencia vertical.
150195	2.0*1	Ajuste de freno de polietileno.
160195	0.8*2	Ajuste y nivelación del sello vertical.
180195	1.5*2	Cambio de guía del tubo formador.
230195	0.6*2	Cambio del termopar.
230195	2.6*2	Cambio de tablilla eléctrica de conexiones de sello vertical.
310195	1.0*2	Cambio de microswitch de sello horizontal.
020295	1.5*2	Soldar guía de tubo formador.
110295	1.2*2	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
120295	2.5*2	Cambio de lámpara germicida.
120295	2.2*2	Cambio de resistencia vertical.
130295	1.4*2	Cambio de resistencia vertical.
130295	0.6*2	Cambio de termopar.
130295	0.7*2	Cambio tablilla de conexiones del sello vertical.
160295	0.7*2	Cambio tablilla de conexiones del sello vertical.
160295	0.8*2	Cambio de termopar.
210295	0.4*2	Ajuste del tamaño de bolsa.
260295	0.5*2	Cambio de resistencia vertical.
270295	0.5*2	Ajuste del tamaño de bolsa.
190395	1.5*3	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
200395	3.0*2	Ajuste de cadena del carro de sello horizontal.



220395	2.0*1	Nivelar barra del sello vertical.
230395	5.0*2	Nivelar tubo formador.
260395	2.0*2	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
260395	0.7*2	Fuga de aire en pistón dosificador de producto.
270395	1.5*2	Cambio de microswitch de dosificación de producto.
280395	1.7*2	Fuga de aire en pistón de sello horizontal.
290395	1.0*2	Ajuste de leva de dosificación de producto.

#### NOTA:

En la relación anterior la cifra a la derecha del signo (\*) se refiere al número de personas que intervinieron en el trabajo de reparación de la falla. Normalmente se compone de una pareja técnico/ayudante.

Como podemos observar la relación anterior nos arroja 136 fallas en un lapso de 15 meses (454 días).

De acuerdo a la división hecha a la envasadora (sistemas: Eléctrico, Neumático y Mecánico), de igual forma las fallas han sido clasificadas con la finalidad de realizar un estudio por sistemas y determinar así en cual de ellos se presenta la mayor incidencia de fallas orientando el mantenimiento en ese sentido.

### FALLAS ELÉCTRICAS

- 1.- Conectar cables en tablilla de motor eléctrico.
- 2.- Cambio microswitch de sello horizontal.
- 3.- Falso contacto en interruptor magnético.
- 4.- Cambio de lámpara germicida.
- 5.- Falso contacto en switch general.
- 6.- Falla bobina de electroválvula de sello vertical.
- 7.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 8.- Switch magnético flojo.
- 9.- Adaptación de arrancador principal.
- 10.- Cambio de lámpara germicida.
- 11.- Líneas abiertas en interruptor termomagnético.
- 12.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 13.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 14.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 15.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 16.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 17.- Cambio de switch magnético.

- 18.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 19.- Cambio de relevador de platino de sello horizontal.
- 20.- Cambio de fusibles.
- 21.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 22.- Cambio de lámpara germicida.
- 23.- Ajuste de microswitch de sello horizontal.
- 24.- Cambio de relevador de sello vertical.
- 25.- Cambio de resistencia vertical.
- 26.- Falla de interruptor electromagnético.
- 27.- Cambio de interruptor electromagnético.
- 28.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 29.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 30.- Cambio de lámpara germicida.
- 31.- Cambio de resistencia vertical.
- 32.- Cambio de fusibles.
- 33.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 34.- Cambio de resistencia vertical.
- 35.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 36.- Cambio de microswitch de sello vertical.
- 37.- Cambio de termopar.
- 38.- Limpieza de barra de sello vertical.
- 39.- Cambio de termopar.
- 40.- Cambio de resistencia vertical.
- 41.- Cambio de tablilla eléctrica de conexiones.
- 42.- Cambio de resistencia vertical.
- 43.- Resistencia vertical mal conectada.
- 44.- Cambio de termopar.
- 45.- Cambio de resistencia vertical.
- 46.- Cambio de resistencia vertical.
- 47.- Cambio de bobinas de válvulas direccionales.
- 48.- Cambio de resistencia vertical.
- 49.- Cambio de resistencia vertical.
- 50.- Cambio de termopar.
- 51.- Cambio de tablilla de conexiones de sello vertical.
- 52.- Cambio de microswitch de sello horizontal.
- 53.- Cambio de lámpara germicida.
- 54.- Cambio de resistencia vertical.
- 55.- Cambio de resistencia vertical.
- 56.- Cambio de termopar.
- 57.- Cambio de tablilla de conexiones de sello vertical.
- 58.- Cambio de tablilla de conexiones de sello vertical.
- 59.- Cambio de termopar.
- 60.- Cambio de resistencia vertical.
- 61.- Cambio de microswitch de dosificación de producto.
- 62.- Cambio de nicromel a barra de sello horizontal.

## FALLAS NEUMÁTICAS.

- 1.- Avería en tubo galvanizado de suministro de aire.
- 2.- Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
- 3.- Fuga de aire en pistón de sello vertical.
- 4.- Lubricar pistones de sello horizontal.
- 5.- Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
- 6.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 7.- Cambio de electroválvula direccional.
- 8.- Cambio de válvula neumática de sello horizontal.
- 9.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 10.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 11.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 12.- Fuga de aire en el pistón dosificador de producto.
- 13.- Cambio de válvula neumática direccional.
- 14.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 15.- Cambio de pistón neumático de sello horizontal.
- 16.- Cambio de pistón neumático de sello horizontal.
- 17.- Fuga de aire en pistón de sello horizontal.
- 18.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 19.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 20.- Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
- 21.- Fuga de aire en pistones de sello horizontal.
- 22.- Fuga de aire en pistón dosificador de producto.
- 23.- Fuga de aire en pistón de sello horizontal.
- 24.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 25.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 26.- Lubricación de pistones de sello horizontal.
- 27.- Cambio de pistón neumático de sello vertical.
- 28.- Fuga de aire en pistón del sello horizontal.

## FALLAS MECÁNICAS.

- 1.- Tubo formador desalineado.
- 2.- Nivelación de levas.
- 3.- Soldar tubo formador.
- 4.- Cambio de tubo formador.
- 5.- Corregir tamaño de bolsa.
- 6.- Nivelar tubo formador.
- 7.- Ajustar desplazamiento del carro de sello horizontal.
- 8.- Soldar guía de tubo formador.
- 9.- Cambio de tubo formador.
- 10.- Ajustar leva del sello horizontal.

- 11.- Cambio del tubo formador.
- 12.- Nivelar tubo formador.
- 13.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 14.- Nivelar sello horizontal.
- 15.- Destapar sistema de enfriamiento de sello horizontal.
- 16.- Reparar freno de polietileno.
- 17.- Ajustar freno de polietileno.
- 18.- Cambio de silicones al sello horizontal.
- 19.- Cambio de tubo formador.
- 20.- Ajuste de levas horizontales y verticales.
- 21.- Ajuste de levas horizontales y verticales.
- 22.- Ajustar leva de sello horizontal.
- 23.- Soldar guía de tubo formador.
- 24.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 25.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 26.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 27.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 28.- Alinear tubo formador.
- 29.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 30.- Ajuste del freno de polietileno.
- 31.- Quitar filo a guía de polietileno.
- 32.- Ajuste del freno de polietileno.
- 33.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 34.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 35.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 36.- Ajustar levas.
- 37.- Ajuste del freno de polietileno.
- 38.- Ajustar y nivelar sello vertical.
- 39.- Cambio de guía del tubo formador.
- 40.- Soldar guía del tubo formador.
- 41.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 42.- Ajuste del tamaño de bolsa.
- 43.- Ajuste de cadena del carro de sello horizontal.
- 44.- Nivelar barra de sello vertical.
- 45.- Nivelar tubo formador.
- 46.- Ajuste de leva dosificadora del producto.

A continuación y para poder dar un panorama general del problema se muestran las siguientes gráficas (paretos).

La figura 4.10 (a y b) nos muestra el orden de las fallas con respecto a la frecuencia de ocurrencia, como se puede observar la gráfica resalta que las primeras 15 fallas conforman el 80% de importancia del problema. A las cuales se debe enfocar la atención en cuanto a su programa de mantenimiento para poder reducir la incidencia de estas.

### Relación de fallas por frecuencia:

No.	Nombre de la falla	No. de fallas n	Porcentaje relativo (n/d)x100 %	Porcentaje relativo acumulado %
1.-	Cambio de resistencia vertical.	13	9.55	9.55
2.-	Lubricar pistones de sello horizontal.	11	8.08	17.63
3.-	Cambio de microswitch de sello horizontal.	10	7.35	24.98
4.-	Corregir tamaño de bolsa.	10	7.35	32.33
5.-	Alinear tubo formador.	9	6.62	38.95
6.-	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.	7	5.15	44.10
7.-	Nivelar levas.	7	5.15	49.25
8.-	Cambio de microswitch de sello vertical.	6	4.41	53.66
9.-	Cambio de lámpara germicida.	6	4.41	58.07
10.-	Cambio de termopar.	6	4.41	62.48
11.-	Reparar freno de polietileno.	6	4.41	66.89
12.-	Falso contacto en switch general.	5	3.67	70.56
13.-	Soldar tubo formador.	4	2.94	73.50
14.-	Falso contacto en interruptor magnético.	4	2.94	76.44
15.-	Cambio de tablilla eléctrica de conexiones.	4	2.94	79.38
16.-	Cambio de electroválvula direccional.	3	2.20	81.58
17.-	Ajustar desplazamiento del carro de sello horizontal.	3	2.20	83.78
18.-	Falla de bobina de electroválvula de sello vertical.	2	1.47	85.25
19.-	Cambio de fusibles.	2	1.47	86.72
20.-	Cambio de pistón neumático del sello horizontal.	2	1.47	88.19
21.-	Ajustar y nivelar sello vertical	2	1.47	89.66
22.-	Cambio de microswitch de dosificación del producto.	2	1.47	91.13
23.-	Conectar cables en tablilla del motor eléctrico.	1	0.73	91.86
24.-	Cambio del relevador del sello horizontal.	1	0.73	92.59
25.-	Cambio del relevador del sello vertical.	1	0.73	93.32
26.-	Avería en tubo galvanizado de suministro de aire.	1	0.73	94.05
27.-	Fuga de aire en pistón del sello vertical.	1	0.73	94.78
28.-	Fuga de aire en pistón dosificador de producto.	1	0.73	95.51
29.-	Cambio de pistón neumático del sello vertical.	1	0.73	96.24
30.-	Destapar sistema de enfriamiento del sello vertical.	1	0.73	96.97
31.-	Quitar filo a guía de polietileno.	1	0.73	97.70
32.-	Limpieza de barra del sello vertical.	1	0.73	98.43
33.-	Cambio de silicones al sello vertical.	1	0.73	99.16
34.-	Ajuste de leva de dosificación de producto.	1	0.73	99.89

Donde: n = frecuencia individual de falla.  
d = sumatoria de fallas. = 136

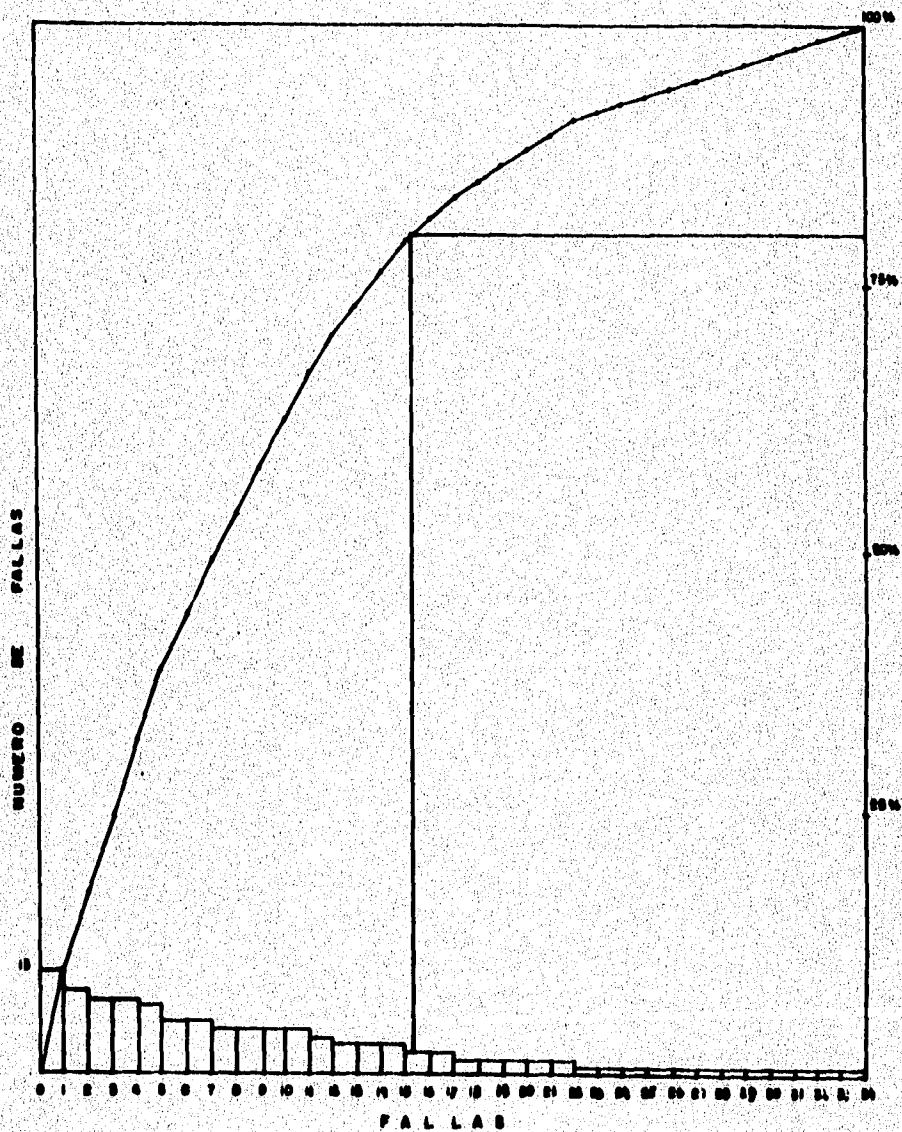


Fig. 4.10a Diagrama de pareto por frecuencia (regla 80-20).

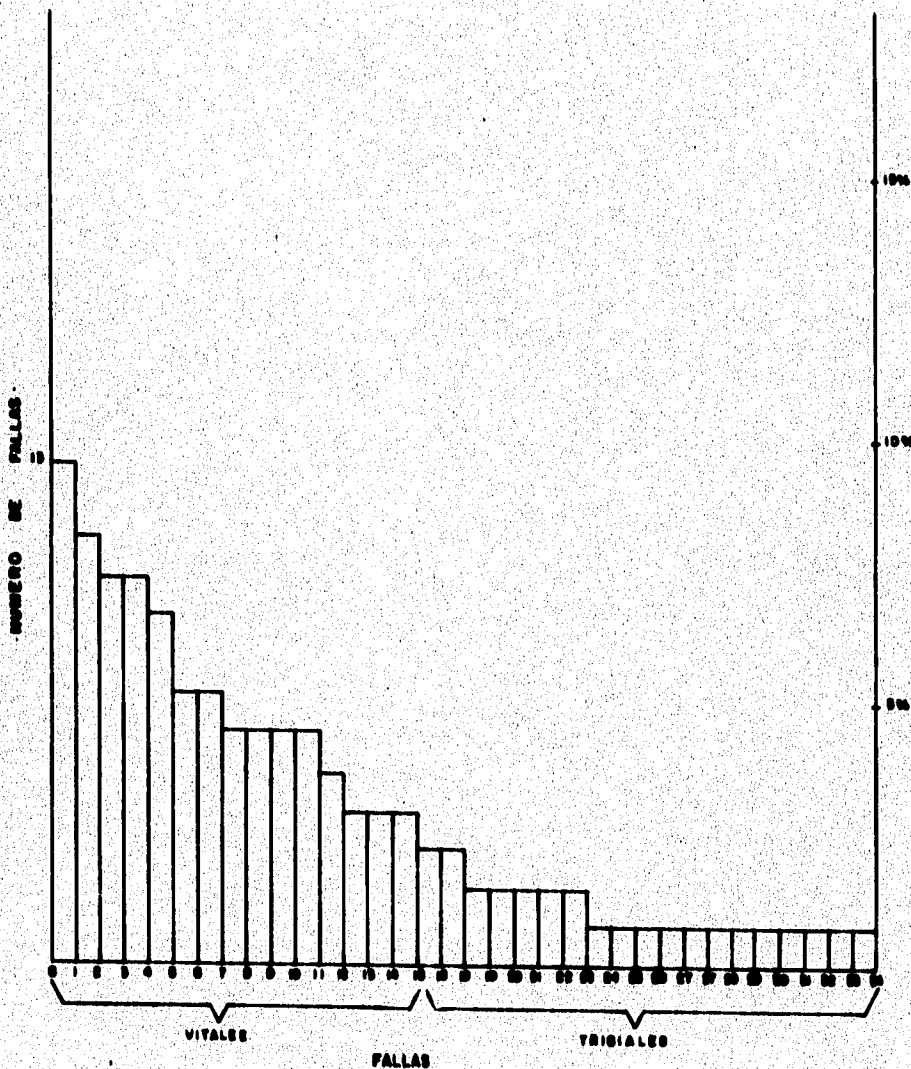


Fig. 4.10b Diagrama de pareto por frecuencia ( ampliación).

En la siguiente figura (4.11 a y b), tenemos representado el diagrama de pareto por costo; importante herramienta en la toma de decisiones, el cual nos muestra que el 80% del costo total de las fallas, lo ocupan las primeras 12 de acuerdo al nuevo ordenado en relación a su costo total individual.

**Relación de fallas por costo:**

No.	Nombre de la falla.	No. de fallas	Costo de reparación por/u-ns	Costo total de reparación NS	Orden por costo
1.-	Cambio de resistencia vertical.	13	34.91	453.83	5
2.-	Lubricar pistones de sello horizontal.	11	32.14	353.54	9
3.-	Cambio de microswitch de sello horizontal.	10	43.21	432.10	7
4.-	Corregir tamaño de bolsa.	10	17.58	175.80	15
5.-	Alinear tubo formador.	9	25.27	227.43	13
6.-	Fuga de aire en pistones de sello horizontal.	7	23.67	165.69	16
7.-	Nivelar levas.	7	14.65	102.55	17
8.-	Cambio de microswitch de sello vertical.	6	49.06	294.36	11
9.-	Cambio de lámpara germicida.	6	53.22	319.32	10
10.-	Cambio de termopar.	6	61.47	368.82	8
11.-	Reparar freno de polietileno.	6	14.82	88.92	18
12.-	Falso contacto en switch general.	5	95.26	476.30	4
13.-	Soldar tubo formador.	4	20.44	81.76	20
14.-	Falso contacto en interruptor magnético.	4	129.56	518.24	3
15.-	Cambio de tablilla eléctrica de conexiones.	4	48.85	195.40	14
16.-	Cambio de electroválvula direccional.	3	144.33	432.99	6
17.-	Ajustar desplazamiento del carro de sello horizontal.	3	28.35	85.05	19
18.-	Falla de bobina de electroválvula de sello vertical.	2	125.71	251.42	12
19.-	Cambio de fusibles.	2	7.63	15.26	31
20.-	Cambio de pistón neumático de sello horizontal.	2	854.06	1708.12	1
21.-	Ajustar y nivelar sello vertical.	2	9.79	19.58	30
22.-	Cambio de microswitch de dosificación de producto.	2	32.90	65.80	22
23.-	Conectar cables en tablilla de motor eléctrico.	1	5.25	5.25	34
24.-	Cambio del relevador de sello horizontal.	1	71.76	71.76	21
25.-	Cambio de relevador de sello vertical.	1	57.76	57.76	23
26.-	Avería en tubo galvanizado de suministro de aire.	1	21.01	21.01	28
27.-	Fuga de aire en pistón de sello vertical.	1	45.52	45.52	25
28.-	Fuga de aire en pistón dosificador de producto.	1	24.96	24.96	27
29.-	Cambio de pistón neumático de sello vertical.	1	580.06	580.06	2
30.-	Destapar sistema de enfriamiento de sello vertical.	1	8.75	8.75	33
31.-	Quitar filo a guta de polietileno.	1	10.50	10.50	32
32.-	Limpieza de barra de sello vertical.	1	43.77	43.77	26
33.-	Cambio de silcones al sello vertical.	1	47.27	47.27	24
34.-	Ajuste de leva de dosificación de producto.	1	20.66	20.66	29



Ordenando la tabla anterior de costo mayor a menor, resulta la siguiente tabla:

Orden por costo	Nombre de la falla.	Costo	Porcentaje	Porcentaje
		total de reparación N\$	relativo por costo %	relativo acumulado por costo %
1.-	Cambio de pistón neumático del sello horizontal.	1708.12	21.98	21.98
2.-	Cambio de pistón neumático del sello vertical.	580.06	7.46	29.44
3.-	Falso contacto en interruptor magnético.	518.24	6.67	36.11
4.-	Falso contacto en interruptor general.	476.30	6.13	42.24
5.-	Cambio de resistencia vertical.	453.84	5.84	48.08
6.-	Cambio de electroválvula direccional.	432.99	5.57	53.65
7.-	Cambio de microswitch del sello horizontal.	432.10	5.56	59.21
8.-	Cambio de termopar.	368.82	4.74	63.95
9.-	Lubricar pistones del sello horizontal.	353.54	4.55	68.50
10.-	Cambio de lámpara germicida.	319.32	4.11	72.61
11.-	Cambio de microswitch del sello vertical.	294.36	3.79	76.40
12.-	Falla en la bobina de electroválvula del sello vertical.	251.42	3.24	79.64
13.-	Tubo formador desalineado.	227.43	2.93	82.57
14.-	Cambio de tablilla eléctrica de conexiones.	195.40	2.51	85.08
15.-	Corregir tamaño de bolsa.	175.80	2.26	87.34
16.-	Fuga de aire en pistones del sello horizontal.	165.69	2.13	89.47
17.-	Nivelación de levas.	102.55	1.32	90.79
18.-	Reparar freno de polietileno.	88.92	1.14	91.93
19.-	Ajustar desplazamiento del carro del sello horizontal.	85.05	1.09	93.02
20.-	Soldar tubo formador.	81.76	1.05	94.07
21.-	Cambio del relevador del sello horizontal.	71.76	0.92	94.99
22.-	Cambio de microswitch de dosificación del producto.	65.80	0.84	95.83
23.-	Cambio del relevador del sello vertical.	57.76	0.74	96.57
24.-	Cambio de silicones del sello horizontal.	47.27	0.61	97.18
25.-	Fuga de aire en pistón del sello vertical.	45.52	0.58	97.76
26.-	Limpieza de barra del sello vertical.	43.77	0.56	98.32
27.-	Fuga de aire en pistón dosificador de producto.	24.96	0.32	98.64
28.-	Avería en tubo galvanizado de suministro de aire.	21.01	0.27	98.91
29.-	Ajuste de leva de dosificación de producto.	20.66	0.26	99.17
30.-	Ajustar y nivelar sello vertical.	19.58	0.25	99.42
31.-	Cambio de fusibles.	15.26	0.19	99.61
32.-	Quitar filo a guía de polietileno.	10.50	0.13	99.74
33.-	Destapar sistema de enfriamiento de sello horizontal.	8.75	0.11	99.85
34.-	Conectar cables en tablilla de motor eléctrico.	5.25	0.07	99.92

Total N\$ 7,769.55

Donde el porcentaje relativo se calcula dividiendo el costo total de cada falla entre el costo total de todas las fallas por 100.

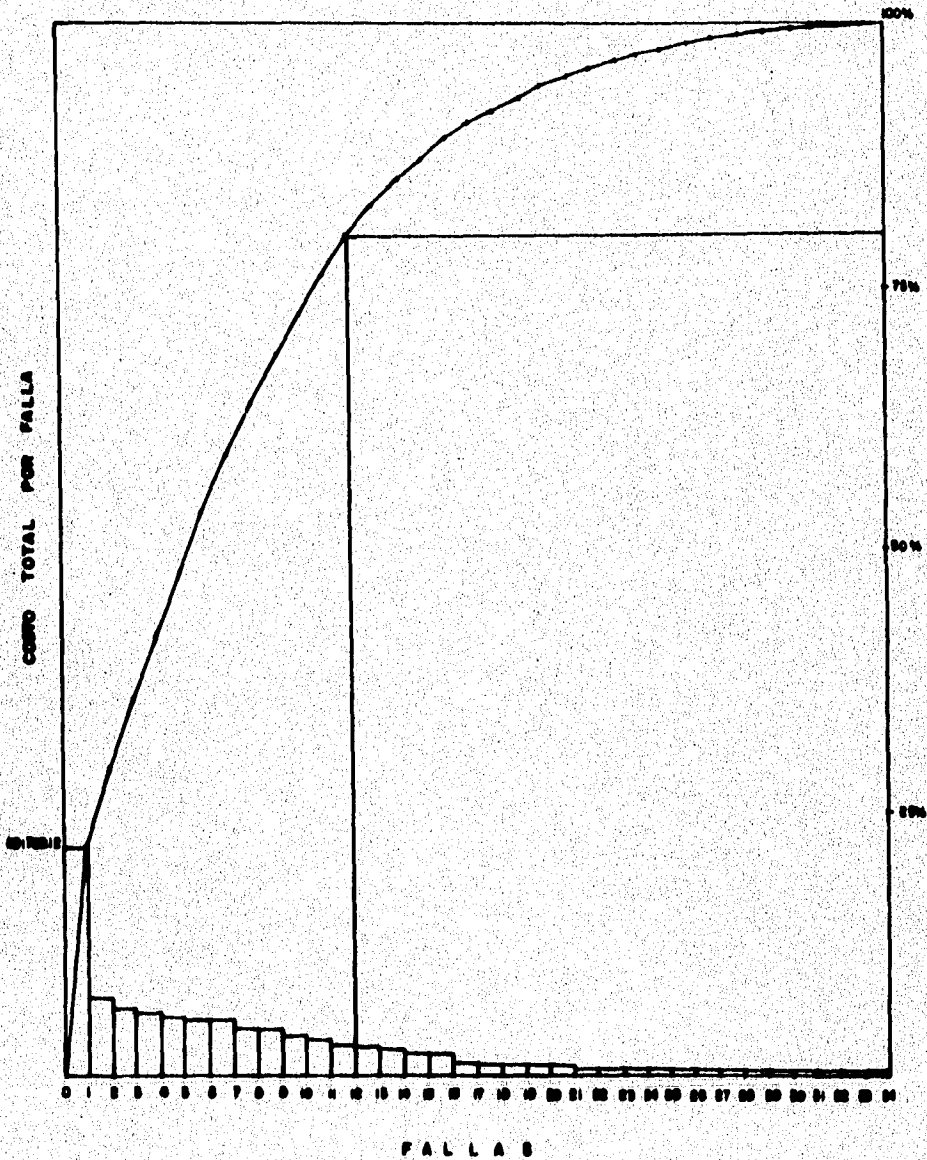


Fig. 4.11a Diagrama de pareto por costo (regla 80-20).

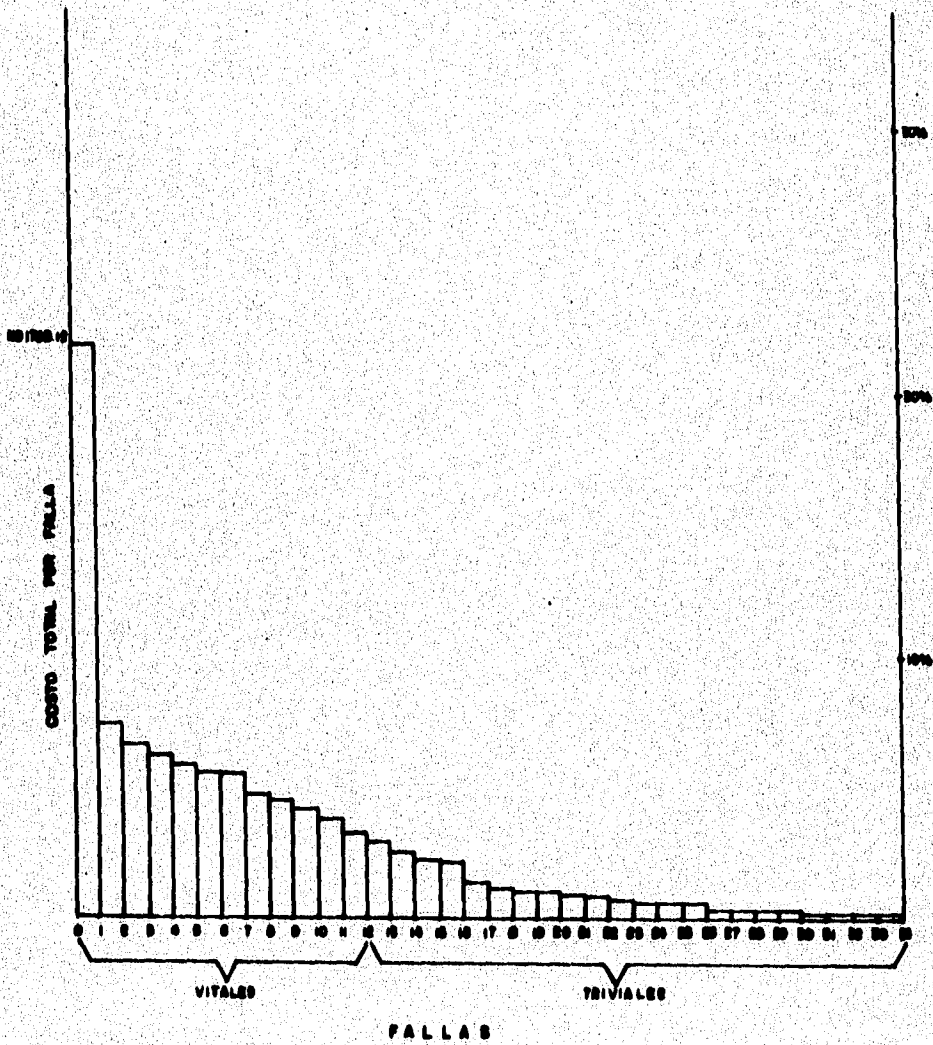


Fig. 4.11b Diagrama de pareto por costo (ampliación).

Para poder ubicar en que etapa de funcionamiento se encuentra la máquina, se procede a realizar la construcción de la distribución estimada de Weibull (Fig 4.12); utilizando como herramienta el programa para computadora "construcción de un papel de probabilidad Weibull utilizando una hoja de cálculo" (descrito en el punto 4.2.3). El cual nos dará los parámetros de forma ( $\beta$ ) y de escala ( $\eta$ ), con los cuales podremos evaluar la confiabilidad de la máquina; además de que el parámetro  $\beta$  nos indicará el periodo en que se encuentra la máquina. Este programa se corre en Lotus 123 versión 3.4; los datos alimentados (columna B de la tabla siguiente) corresponden a  $t$  que representa el tiempo entre fallas expresado en horas, resultando los siguientes datos: de acuerdo a las columnas.

Columna	Fórmula	Concepto
A	---	Orden progresivo
B	$t$	Tiempo en horas (dato alimentado)
C	$F(t)$	Función acumulada de fallos
D	$\ln(t)$	Abscisa de la gráfica en papel Weibull
E	$\ln \ln(1/R)$	Ordenada en papel Weibull para la curva
F	$\ln \ln(1/R_{cs})$	Ordenada en papel Weibull para la aproximación a la recta

Con los datos obtenidos; podremos conocer la densidad de fallo  $f(t)$  (columna G) y gráficarla con respecto al tiempo ( $t$ ) figura 4.13; así como la tasa de fallo  $\lambda(t)$  (columna H) y su gráfica figura 4.14.

Donde:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} e^{-\left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1}$$

A	B	C	D	E	F	G	H
j	t	F(t)	ln(t)	lnln(1/R)	lnln(1/R <sub>cs</sub> )	f(t)	λ(t)
1	52.99	0.0051320	3.9701032	-5.2696952	-7.5799614	1.607E-05	1.640E-05
2	353.30	0.0124633	5.8673176	-4.3786992	-4.3519727	5.438E-05	6.204E-05
3	465.17	0.0197947	6.1424029	-3.9123600	-3.8839326	6.325E-05	7.524E-05
4	471.06	0.0271261	6.1549855	-3.5935400	-3.8625242	6.367E-05	7.591E-05
5	476.95	0.0344575	6.1674117	-3.3505479	-3.8413818	6.409E-05	7.657E-05

6	494.62	0.0417889	6.2037898	-3.1538579	-3.7794868	6.531E-05	7.855E-05
7	724.26	0.0491202	6.5851504	-2.9884061	-3.1306261	7.834E-05	0.0001026
8	883.25	0.0564516	6.7836083	-2.8454583	-2.7929628	8.485E-05	0.0001180
9	1077.56	0.0637830	6.9824545	-2.7194957	-2.4546387	9.073E-05	0.0001356
10	1395.53	0.0711144	7.2410296	-2.6068078	-2.0146898	9.660E-05	0.0001626
11	1419.08	0.0784457	7.2577641	-2.5047793	-1.9862171	9.689E-05	0.0001645
12	1424.97	0.0857771	7.2619060	-2.4114975	-1.9791698	9.696E-05	0.0001650
13	1430.86	0.0931085	7.2660309	-2.3255215	-1.9721515	9.703E-05	0.0001655
14	1536.85	0.1004399	7.3374901	-2.2457380	-1.8505683	9.806E-05	0.0001740
15	1625.18	0.1077713	7.3933739	-2.1712696	-1.7554857	9.867E-05	0.0001809
16	1819.49	0.1151026	7.5063115	-2.1014122	-1.5633295	9.934E-05	0.0001959
17	1863.65	0.1224340	7.5302922	-2.0355921	-1.5225279	9.937E-05	0.0001992
18	1872.49	0.1297654	7.5350244	-1.9733357	-1.5144764	9.937E-05	0.0001998
19	1881.32	0.1370968	7.5397289	-1.9142476	-1.5064719	9.937E-05	0.0002005
20	1890.15	0.1444282	7.5444115	-1.8579941	-1.4985049	9.937E-05	0.0002012
21	1925.48	0.1517595	7.5629306	-1.8042910	-1.4669958	9.935E-05	0.0002038
22	2066.80	0.1590909	7.6337568	-1.7528943	-1.3464895	9.905E-05	0.0002142
23	2102.13	0.1664223	7.6507064	-1.7035929	-1.3176509	9.892E-05	0.0002167
24	2137.46	0.1737537	7.6673735	-1.6562029	-1.2892929	9.878E-05	0.0002193
25	2146.29	0.1810850	7.6714960	-1.6105633	-1.2822786	9.874E-05	0.0002199
26	2155.13	0.1884164	7.6756063	-1.5665321	-1.2752853	9.870E-05	0.0002206
27	2163.96	0.1957478	7.6796952	-1.5239835	-1.2683284	9.865E-05	0.0002212
28	2172.79	0.2030792	7.6837673	-1.4828055	-1.2613998	9.861E-05	0.0002218
29	2190.46	0.2104106	7.6918668	-1.4428979	-1.2476190	9.852E-05	0.0002231
30	2208.12	0.2177419	7.6998968	-1.4041708	-1.2339566	9.843E-05	0.0002243
31	2243.45	0.2250733	7.7157701	-1.3665433	-1.2069491	9.822E-05	0.0002269
32	2384.77	0.2324047	7.7768580	-1.3299419	-1.1030121	9.726E-05	0.0002368
33	2402.44	0.2397361	7.7842402	-1.2943001	-1.0904517	9.712E-05	0.0002380
34	2420.10	0.2470674	7.7915641	-1.2595573	-1.0779905	9.698E-05	0.0002392
35	2446.60	0.2543988	7.8024546	-1.2256581	-1.0594611	9.676E-05	0.0002411
36	2455.43	0.2617302	7.8060572	-1.1925518	-1.0533315	9.669E-05	0.0002417
37	2561.42	0.2690616	7.8483171	-1.1601918	-0.9814290	9.574E-05	0.0002490
38	2579.09	0.2763930	7.8551919	-1.1285351	-0.9697319	9.557E-05	0.0002502
39	2702.74	0.2837243	7.9020214	-1.0975423	-0.8900546	9.431E-05	0.0002585
40	2729.24	0.2910557	7.9117785	-1.0671766	-0.8734535	9.402E-05	0.0002603
41	2738.07	0.2983871	7.9150086	-1.0374040	-0.8679577	9.392E-05	0.0002609
42	2773.40	0.3057185	7.9278293	-1.0081929	-0.8461440	9.353E-05	0.0002632
43	2897.06	0.3130499	7.9714517	-0.9795140	-0.7719233	9.209E-05	0.0002714
44	2914.72	0.3203812	7.9775290	-0.9513396	-0.7615831	9.187E-05	0.0002726
45	2920.61	0.3277126	7.9795478	-0.9236443	-0.7581483	9.180E-05	0.0002730
46	2926.50	0.3350440	7.9815624	-0.8964038	-0.7547205	9.173E-05	0.0002733
47	2932.39	0.3423754	7.9835731	-0.8695957	-0.7512996	9.166E-05	0.0002737
48	2950.05	0.3497067	7.9895774	-0.8431986	-0.7410836	9.144E-05	0.0002749

49	3091.37	0.3570381	8.0363696	-0.8171926	-0.6614696	8.964E-05	0.0002841
50	3094.90	0.3643695	8.0375109	-0.7915589	-0.6595278	8.959E-05	0.0002843
51	3098.44	0.3717009	8.0386540	-0.7662795	-0.6575828	8.954E-05	0.0002845
52	3101.97	0.3790323	8.0397927	-0.7413376	-0.6556455	8.950E-05	0.0002847
53	3105.50	0.3863636	8.0409300	-0.7167172	-0.6537104	8.945E-05	0.0002850
54	3109.04	0.3936950	8.0420693	-0.6924032	-0.6517720	8.940E-05	0.0002852
55	3114.92	0.4010264	8.0439587	-0.6683809	-0.6485572	8.933E-05	0.0002856
56	3120.81	0.4083578	8.0458479	-0.6446367	-0.6453430	8.925E-05	0.0002860
57	3126.70	0.4156891	8.0477334	-0.6211574	-0.6421349	8.917E-05	0.0002863
58	3165.03	0.4230205	8.0599178	-0.5979305	-0.6214039	8.866E-05	0.0002888
59	3427.01	0.4303519	8.1394434	-0.5749438	-0.4860961	8.502E-05	0.0003054
60	3471.17	0.4376833	8.1522470	-0.5521859	-0.4643117	8.438E-05	0.0003081
61	3480.00	0.4450147	8.1547876	-0.5296456	-0.4599891	8.425E-05	0.0003087
62	3727.31	0.4523460	8.2234421	-0.5073124	-0.3431778	8.062E-05	0.0003239
63	3789.14	0.4596774	8.2398944	-0.4851758	-0.3151853	7.969E-05	0.0003276
64	3797.97	0.4670088	8.2422220	-0.4632261	-0.3112250	7.956E-05	0.0003282
65	3939.29	0.4743402	8.2787558	-0.4414535	-0.2490651	7.743E-05	0.0003367
66	3948.12	0.4816716	8.2809948	-0.4198488	-0.2452556	7.730E-05	0.0003372
67	3956.96	0.4890029	8.2832313	-0.3984030	-0.2414502	7.717E-05	0.0003378
68	4001.12	0.4963343	8.2943296	-0.3771072	-0.2225672	7.650E-05	0.0003404
69	4009.95	0.5036657	8.2965341	-0.3559530	-0.2188165	7.637E-05	0.0003409
70	4089.44	0.5109971	8.3161633	-0.3349319	-0.1854186	7.516E-05	0.0003457
71	4098.28	0.5183284	8.3183227	-0.3140359	-0.1817446	7.503E-05	0.0003462
72	4107.11	0.5256598	8.3204749	-0.2932569	-0.1780827	7.489E-05	0.0003467
73	4115.94	0.5329912	8.3226225	-0.2725870	-0.1744287	7.476E-05	0.0003472
74	4142.44	0.5403226	8.3290403	-0.2520186	-0.1635093	7.436E-05	0.0003488
75	4151.27	0.5476540	8.3311696	-0.2315440	-0.1598864	7.422E-05	0.0003493
76	4160.10	0.5549853	8.3332944	-0.2111556	-0.1562711	7.409E-05	0.0003498
77	4168.94	0.5623167	8.3354171	-0.1908461	-0.1526595	7.396E-05	0.0003504
78	4186.60	0.5696481	8.3396442	-0.1706080	-0.1454673	7.369E-05	0.0003514
79	4279.34	0.5769795	8.3615541	-0.1504339	-0.1081891	7.229E-05	0.0003568
80	4283.76	0.5843109	8.3625864	-0.1303165	-0.1064327	7.222E-05	0.0003571
81	4288.17	0.5916422	8.3636153	-0.1102484	-0.1046820	7.215E-05	0.0003574
82	4292.59	0.5989736	8.3646456	-0.0902223	-0.1029291	7.209E-05	0.0003576
83	4372.02	0.6063050	8.3829804	-0.0702307	-0.0717335	7.089E-05	0.0003622
84	4380.84	0.6136364	8.3849958	-0.0502661	-0.0683046	7.075E-05	0.0003628
85	4531.07	0.6209677	8.4187134	-0.0303211	-0.0109362	6.850E-05	0.0003714
86	4539.90	0.6282991	8.4206603	-0.0103079	-0.0076237	6.837E-05	0.0003719
87	4544.06	0.6356305	8.4303403	0.0095412	0.0068463	6.771E-05	0.0103745
88	4592.90	0.6429619	8.4322669	0.0294741	0.0121243	6.757E-05	0.0003750
89	4628.23	0.6502933	8.4399298	0.0494189	0.0251621	6.705E-05	0.0003770
90	4637.06	0.6576246	8.4418358	0.0693839	0.0284051	6.692E-05	0.0003775
91	4645.89	0.6649560	8.4437382	0.0893776	0.0316420	6.679E-05	0.0003780

92	4663.56	0.6722874	8.4475344	0.1094087	0.0381009	6.653E-05	0.0003790
93	4681.22	0.6796188	8.4513140	0.1294864	0.0445317	6.626E-05	0.0003800
94	4734.22	0.6869501	8.4625723	0.1496200	0.0636869	6.548E-05	0.0003830
95	4787.21	0.6942815	8.4737031	0.1698192	0.0826252	6.470E-05	0.0003860
96	4804.88	0.7016129	8.4773873	0.1900943	0.0888938	6.444E-05	0.0003870
97	4963.86	0.7089443	8.5099389	0.2104558	0.1442782	6.214E-05	0.0003960
98	5016.86	0.7162757	8.5205595	0.2309150	0.1623485	6.137E-05	0.0003989
99	5211.17	0.7236070	8.5585597	0.2514835	0.2270033	5.862E-05	0.0004097
100	5334.83	0.7309384	8.5820123	0.2721737	0.2669064	5.691E-05	0.0004165
101	5520.31	0.7382698	8.6161893	0.2929987	0.3250564	5.439E-05	0.0004266
102	5529.14	0.7456012	8.6177876	0.3139725	0.3277758	5.427E-05	0.0004271
103	5552.69	0.7529326	8.6220378	0.3351098	0.3350072	5.396E-05	0.0004284
104	5558.58	0.7602639	8.6230980	0.3564266	0.3368111	5.388E-05	0.0004287
105	5564.47	0.7675953	8.6241570	0.3779398	0.3386130	5.380E-05	0.0004290
106	5573.30	0.7749267	8.6257426	0.3996677	0.3413108	5.369E-05	0.0004295
107	5582.14	0.7822581	8.6273275	0.4216302	0.3440073	5.357E-05	0.0004300
108	5617.47	0.7895894	8.6336367	0.4438487	0.3547420	5.310E-05	0.0004319
109	5670.46	0.7969208	8.6430255	0.4663465	0.3707165	5.241E-05	0.0004347
110	5723.46	0.8042522	8.6523288	0.4891493	0.3865455	5.172E-05	0.0004376
111	5741.12	0.8115836	8.6554096	0.5122850	0.3917872	5.149E-05	0.0004385
112	5776.45	0.8189150	8.6615446	0.5357846	0.4022255	5.103E-05	0.0004404
113	5838.28	0.8262463	8.6721915	0.5596825	0.4203406	5.024E-05	0.0004437
114	5847.11	0.8335777	8.6737028	0.5840167	0.4229120	5.013E-05	0.0004442
115	5970.77	0.8409091	8.6946312	0.6088301	0.4585202	4.858E-05	0.0004507
116	6006.10	0.8482405	8.7005309	0.6341708	0.4685582	4.814E-05	0.0004526
117	6129.75	0.8555718	8.7209092	0.6600934	0.5032307	4.663E-05	0.0004591
118	6138.58	0.8629032	8.7223487	0.6866603	0.5056799	4.653E-05	0.0004596
119	6147.42	0.8702346	8.7237878	0.7139430	0.5081283	4.642E-05	0.0004601
120	6153.30	0.8775660	8.7247438	0.7420245	0.5097549	4.635E-05	0.0004604
121	6159.19	0.8848974	8.7257006	0.7710018	0.5113828	4.628E-05	0.0004607
122	6165.08	0.8922287	8.7266564	0.8009895	0.5130091	4.621E-05	0.0004610
123	6191.58	0.8995601	8.7309456	0.8321244	0.5203069	4.589E-05	0.0004624
124	6200.41	0.9068915	8.7323707	0.8645720	0.5227316	4.579E-05	0.0004628
125	6271.07	0.9142229	8.7437023	0.8985352	0.5420116	4.495E-05	0.0004665
126	6341.73	0.9215543	8.7549069	0.9342674	0.5610755	4.413E-05	0.0004702
127	6359.40	0.9288856	8.7576893	0.9720909	0.5658096	4.392E-05	0.0004711
128	6659.70	0.9362170	8.8038297	1.0124256	0.6443146	4.056E-05	0.0004866
129	6677.37	0.9435484	8.8064795	1.0558340	0.6488230	4.037E-05	0.0004875
130	6712.70	0.9508798	8.8117565	1.1030970	0.6578015	3.999E-05	0.0004893
131	6730.36	0.9582111	8.8143839	1.1553472	0.6622719	3.980E-05	0.0004902
132	6756.86	0.9655425	8.8183136	1.2143278	0.6689579	3.951E-05	0.0004916
133	6765.69	0.9728739	8.8196195	1.2829482	0.6711799	3.942E-05	0.0004921
134	6783.36	0.9802053	8.8222278	1.3666884	0.6756178	3.923E-05	0.0004930

135	6801.02	0.9875367	8.8248279	1.4781813	0.6800416	3.905E-05	0.0004939
136	6818.69	0.9948680	8.8274227	1.6624604	0.6844564	3.886E-05	0.0004948

**Resultado regresión**

Constante	-14.334966
Error de estim. Y	0.3343077
Coef. determinac. (r <sup>2</sup> )	0.9292174
Tamaño de la muestra	136
Grados de libertad	134
Coeficiente(s) X	1.7014514
Error coef. X	0.0405669

$\beta = \text{Coeficiente } x = 1.7014514$

$\eta = e^{\text{constante} / \beta} = e^{(-14.334966 / 1.7014514)} = 4560.18 \text{ hrs.}$

La figura 4.12 muestra la gráfica  $\ln(t)$  vs. la columna E, la cual representa la función acumulada de los fallos  $F(t)$ ; esta a su vez se aproxima a una recta por medio de regresión lineal (columna F).

De acuerdo a la fórmula general de la ecuación de la recta  $Y = mX + B$  y del resultado de la regresión lineal queda

$$Y = 1.7014514 X - 14.334966$$

Como se indicó en el punto 4.2.2 la pendiente de la recta  $m = \beta = 1.7014514$  donde  $\beta > 1$  por tanto el modelo representa el periodo de desgaste de la máquina; lo cual se corrobora con las gráficas 4.13 y 4.14 que indican el comportamiento de las fallas durante el periodo de desgaste de acuerdo a lo establecido en el punto 4.2 figuras 4.4 y 4.5.



# WEIBULL PAPER

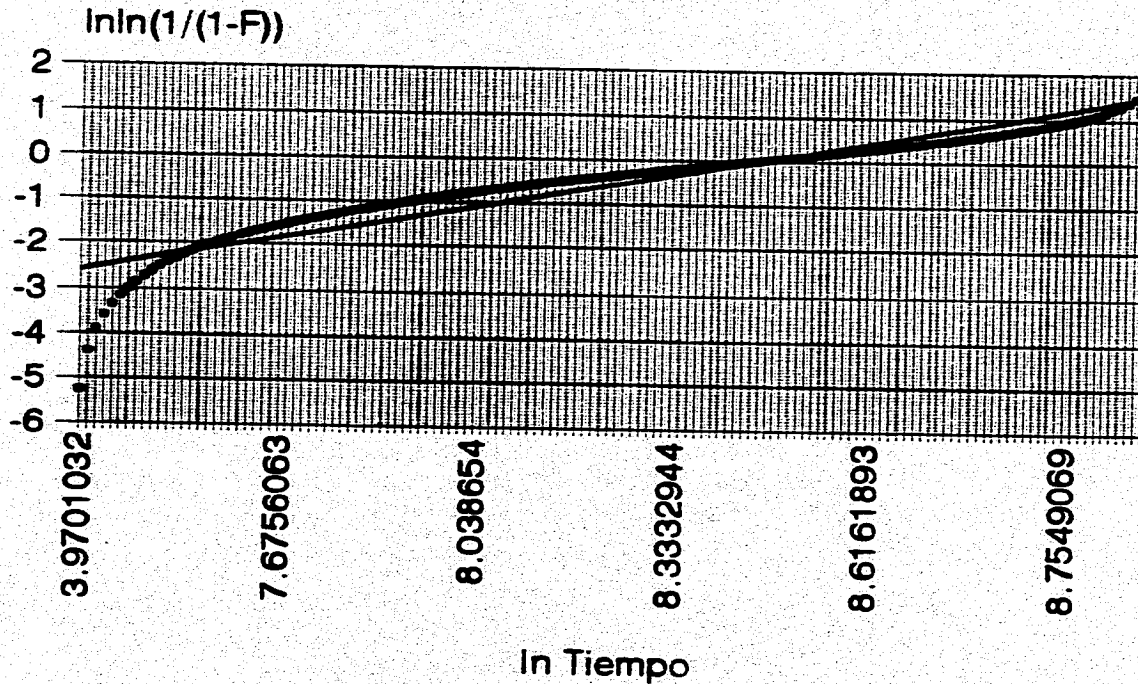


Fig. 4.12 Análisis de Weibull.

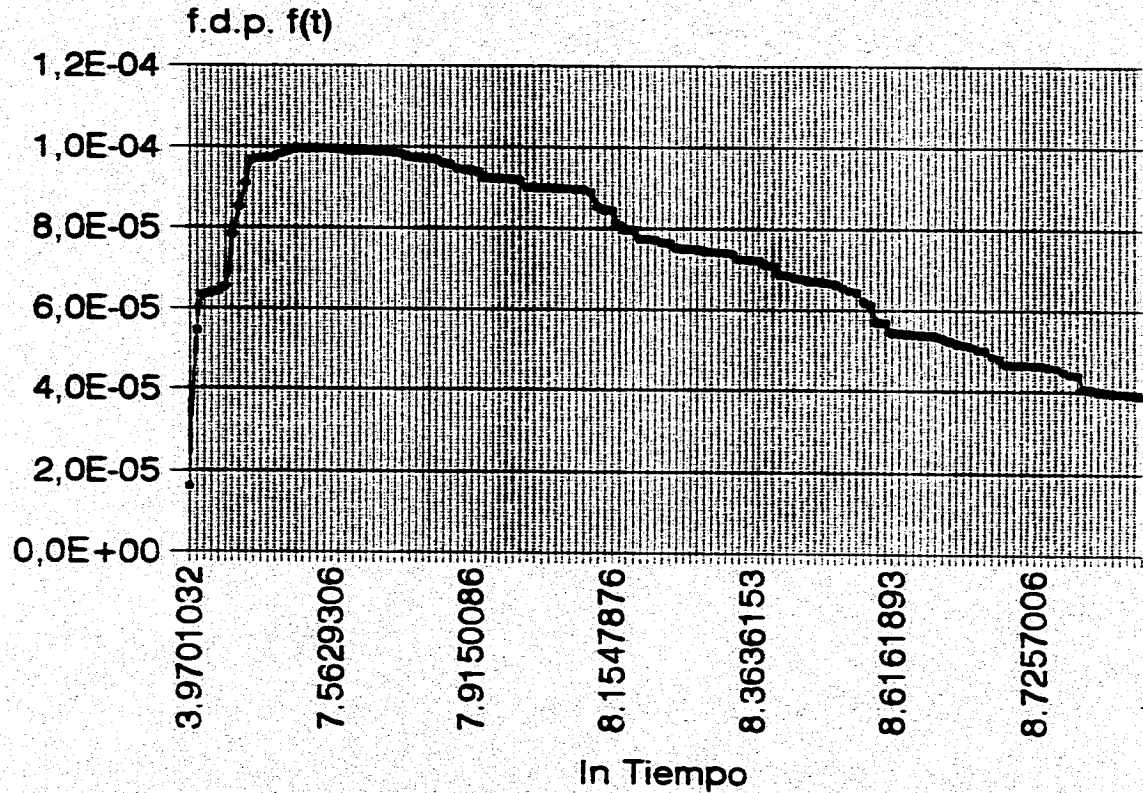


Fig. 4.13 Función de densidad de probabilidad (de falla).

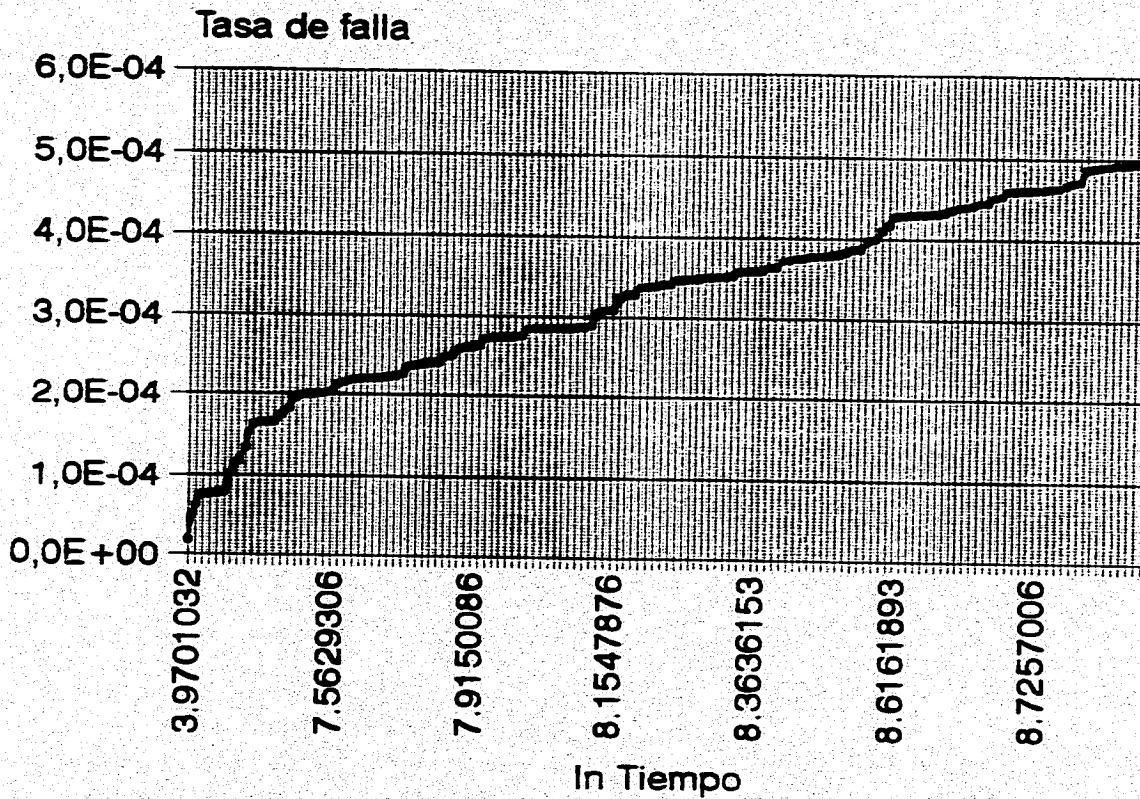


Fig. 4.14 Tasa de falla.

Una vez realizada la distribución de Weibull y observado que la curva resultante, nos ubica la vida de la máquina dentro de la etapa de desgaste; podemos también encontrar otros parámetros de confiabilidad como son:

a) Tiempo medio entre fallas:

$$TMEF = \frac{\Sigma TEF}{\text{Número de fallas}} = \frac{676.57 \text{ hrs}}{136} = 49.74 \text{ hrs.}$$

Donde:

TEF = tiempo entre fallas.

b) Tiempo medio entre reparación de cada falla:

$$TMER = \frac{\Sigma TR}{\text{Número de fallas}} = \frac{148.8}{136} = 1.09 \text{ hr}$$

Donde:

TR = tiempo de reparación de cada falla.

Conociendo el parámetro de TMEF podemos evaluar la disponibilidad (A(t)) de la máquina en el periodo de estudio.

$$A(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMER} = \frac{48.74}{48.74 + 1.09} = 0.9781 = 97.81\%$$

La cual nos indica que la máquina en dicho periodo estuvo en disponibilidad de ser ocupada sin tener ninguna clase de falla un 97.81 por ciento del tiempo evaluado.

La no disponibilidad de la máquina viene dada por la siguiente fórmula:

$$U(t) = 1 - A(t) = 1 - 0.9781 = 0.0219 = 2.19\%$$

$$= 6,818.69 \text{ hrs.} \times 2.19\% = 149.32 \text{ hr.}$$

Donde: las 6,818.69 horas representan el tiempo total de evaluación de la máquina.

Para evaluar el costo de la no disponibilidad de la máquina tenemos lo siguiente:

Costos operativos:		
	Diarios	Por hora.
Operador de envasado	N\$ 33.00	N\$ 4.13
Ayudante de operador de envasado	31.00	3.88
Lavador de canastillas	28.00	3.50
	-----	-----
Total	N\$ 92.00	N\$ 11.51

Costo de la leche por litro = N\$ 0.85  
(el envase es en bolsas de 2 lt c/u)

Se envasan 3,376 lt de leche por hora X N\$ 0.85 por litro de leche = N\$ 2,869.60 por hora que se dejan de producir.

Conociendo el costo del envasado por hora, además de los honorarios de los operadores que intervienen, calculamos cuánto nos cuesta la no disponibilidad de la máquina:

$$U(t) = \Sigma \text{ N\$ reparación de las fallas} + \text{ N\$ fuera de servicio (mano de obra y producción).}$$

$$= \text{ N\$ 7,769.55} + (\text{ N\$ 11.51} \times 149.32 \text{ hr.}) + (\text{ N\$ 2,869.60} \times 149.32 \text{ hr.})$$

$$= \text{ N\$ 7,769.55} + \text{ N\$ 1,718.67} + \text{ N\$ 428,488.67}$$

$$= \text{ N\$ 437,976.89}$$

Este valor es el costo de la no disponibilidad de la máquina.

De la teoría de la distribución de Weibull (punto 4.2), se evalúa la confiabilidad  $R(t)$  como:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta}$$

de donde:  $R(t)$  = Probabilidad de operación libre de falla para un período de igual o mayor que  $t$ .

$$e = 2.718$$

$t$  = un período especificado de operación libre de falla

$$\gamma = 0$$

$\eta$  = parámetro de escala de la ley de Weibull = 4560.18

$\beta$  = parámetro de forma de la ley de Weibull = 1.7014514

Entonces para un mes de trabajo de la máquina (529.5 hrs) tenemos:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} = e^{-(529.5/4560.18)^{1.7014514}} = 97.46\%$$

Esto indica que podemos esperar el buen funcionamiento de la envasadora en un mes de trabajo, con una probabilidad del 97.46 por ciento.

Para tres meses (1588.5 hrs) tenemos:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} = e^{-(1588.5/4560.18)^{1.7014514}} = 84.68\%$$

Podemos esperar el buen funcionamiento de la envasadora en un lapso de tres meses, con una probabilidad del 84.68 por ciento.

Para medio año (3177 hrs) podemos esperar que la máquina funcione sin fallo con una probabilidad de:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} = e^{-(3177/4560.18)^{1.7014514}} = 58.23\%$$

---

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

Los resultados del análisis de confiabilidad obtenidos en el capítulo cuatro, indican que nuestra máquina se encuentra en la etapa o período de desgaste. Esto nos lleva a considerar todos los aspectos del mantenimiento tanto a nivel preventivo como correctivo. Es importante destacar que aunque la disponibilidad es muy cercana al 100% la vida de la máquina se encuentra en el período de desgaste, a primera vista esto parece contradictorio, sin embargo la causa por la cual la disponibilidad es alta es debido al diseño mismo de la máquina y a que las fallas son principalmente de orden eléctrico, es decir, las reparaciones son rápidas.

Analizando la fórmula de disponibilidad

$$A(t) = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMEM}}$$

Si el TMEM es pequeño y el TMEF es grande entonces la disponibilidad, tiende a 1 o al 100%, no quiere esto decir (en nuestro caso) que la máquina no falle, sino que las reparaciones son relativamente rápidas.

Por otro lado al evaluar la Confiabilidad a un mes, tres meses y medio año a partir de la fecha de estudio, se observa que esta decrece rápidamente hasta llegar casi a un 50% en seis meses, esto demuestra que

aunque nuestra máquina aún es capaz de dar un servicio relativamente bueno, a corto plazo será necesario un mantenimiento mayor.

Por otro lado, el costo de la no confiabilidad demostró la necesidad de realizar éstos estudios de manera frecuente y porque no, incluirlos como herramientas para el departamento de mantenimiento.

Es importante señalar que la empresa LICONSA es de tipo paraestatal y sujeta a las condiciones político-administrativas dictaminadas en el plan nacional de desarrollo y además al presupuesto de egresos de la federación, esto implica en muchas ocasiones que las decisiones de cambio y/o adquisición de equipo sean tomadas en base a la capacidad de ejercicio del presupuesto asignado y no en base a la necesidad real de cambio.

De acuerdo a los resultados obtenidos es recomendable el cambio de equipo, sin embargo dadas las características de la empresa, también se puede optar por hacer algunos cambios y mejoras a la máquina, mismos que redundaran en el aumento de la Disponibilidad y Confiabilidad de ésta.

A medida que se fué desarrollando este trabajo de investigación ha surgido la importancia que tiene, el adquirir cualquier bien o producto con sus parámetros de confiabilidad definidos y documentos que avalen dichas características; esto como consecuencia de que si nuestro análisis se realizó sin los parámetros de vida útil determinados por el fabricante, de haber existido se podrían comparar realmente con los valores obtenidos. Es deseable en la actualidad requerir al fabricante de productos toda la información relacionada con la calidad del mismo; controles estadísticos, desarrollo de pruebas, además de las normas con las que cumple y la garantía de buen funcionamiento del equipo.

El estudio realizado a la máquina envasadora industrial de leche, ha determinado que el mayor índice de fallas se encuentran en los diferentes componentes del sistema eléctrico, esto debido a las condiciones ambientales propias del proceso y limpieza de la envasadora, que constantemente se encuentran sometidos a exceso de humedad.

Por otra parte, las fallas de orden neumático, también son representativas, dicha envasadora tiene un alto porcentaje de elementos que funcionan a base de aire, se tiene un desgaste excesivo en dichos elementos a



pesar de contar con un sistema lubricador controlado por goteo para evitar la resequeidad en los elementos neumáticos. Otra causa de falla en dicho sistema es el exceso de condensado presente en el aire presurizado. Dicho condensado es inevitable por trabajar a una presión de 7 kg/cm<sup>2</sup>, el vapor de agua se condensa y deposita en el interior de los tanques acumuladores de aire. Para evitar tal condensado, se tiene dentro del sistema un filtro secador de aire, pero aún con este elemento el condensado alcanza a fluir hasta la envasadora, surge entonces la necesidad de proveer a los diferentes elementos neumáticos de una dosificación constante de aceite para evitar su resequeidad y oxidación.

Por último se tienen las fallas del tipo mecánico las cuales se caracterizan básicamente por fatiga, desgaste y vibración mismas que se traducen en el desajuste de algunos elementos de la envasadora, dando origen a desajustes de la misma.

Para el sistema eléctrico, se plantean las siguientes alternativas:

Como se mencionó al principio, la humedad es altamente corrosiva para los diferentes elementos eléctricos de la envasadora, para evitarla, se propone colocar cintas de neopreno en las puertas y en los contramarcos de las mismas, esto con la finalidad de obtener un sellado lo más hermético posible entre el cuerpo de la envasadora y sus respectivas puertas que dan acceso al interior de la misma en donde se encuentran ubicados los microswitch, pirómetro, transformadores, portafusibles, tabillas de conexiones, relevadores, balastra, iluminación, cables, etc. De esta manera se evitaría en un alto porcentaje la acumulación de rocío de agua y leche en todos y cada uno de dichos elementos.

Ahora bien, para lograr el sellado vertical, del envase se requiere de una resistencia encasquetada que funciona a 127 volts con una potencia de 450 watts. Por sus características, es necesario tener sus conexiones montadas sobre el mismo brazo vertical, el cual se encuentra desprotegido y por consecuencia es muy fácil salpicarlo de leche dentro de su proceso de operación o que se moje totalmente cuando se lava. La alternativa es fabricarle una guarda de acrílico para verificar constantemente su operación y por otra parte, cambiar el tipo de resistencia, esto es, la resistencia encasquetada se podría sustituir por un listón de nicromel de aproximadamente 3 mm. de ancho, que es el requerido para garantizar un buen sellado vertical, el cual es necesario montarlo en la parte externa de la barra vertical cubierto por una película de teflón y sujeto en sus extremos por medio de tornillos con separadores de celorón, teflón o de cualquier otro aislante resistente a altas temperaturas. Al mantener los extremos

de este elemento separados todo lo largo de la barra vertical, se reduciría considerablemente la posibilidad de un corto circuito y también se reduce el número de fallas de la resistencia debido al constante movimiento. Para esto, es necesario instalar un transformador de 127 vca/24 vcd para que la cinta de nicromel trabaje con corriente directa, evitando un corto circuito con corriente alterna. Dicho transformador se instalaría en el interior de la envasadora.

En cuanto a los microswitch, estos no se encuentran sellados para evitar se humedezcan internamente y el seguidor de leva con el que cuentan, es de un material que no soporta la fricción con la leva ya que la carretilla es de plástico. Se propone sustituirlos por unos con seguidor metálico los cuales cuentan además con juntas de neopreno, físicamente son más robustos que los primeros, pero no se tendría gran problema de montaje ya que se cuenta con espacio suficiente para realizar las modificaciones pertinentes.

Continuando con las mejoras al sistema eléctrico, para la operación de la máquina es necesario que el operador verifique constantemente el tamaño de la bobina de polietileno para mantener un llenado de bolsa continuo, esto implica abrir la puerta con una cierta frecuencia para verificar. Aunque se cuenta con un sistema de seguridad para que la luz ultravioleta se apague al abrir la puerta, esto acarrea dos problemas: uno; el tiempo que se mantiene apagada la luz, el polietileno que avanza en esos momentos no es esterilizado, trayendo como consecuencia una cuenta de gérmenes fuera de la norma establecida. Dos; es necesario que la luz ultravioleta no se suspenda, sin embargo, no se puede dejar prendida permanentemente, ya que ésta luz provoca irritación de ojos en los operadores de envasado. Existen alternativas que permiten una luz continua; una de ellas es colocar una lámina de acero inoxidable que cubra la lámpara germicida cuando se abre la puerta y se colocaría por medio de dos tornillos de acero inoxidable, otra es, sin modificar la envasadora, dotar al operador con lentes especiales que reflejan la luz ultravioleta, no son incómodos, son totalmente transparentes y además se logra proteger al personal también de posibles gotas de ácido, detergente o desinfectante cuando se lavan los equipos.

También se ha observado, que se tienen problemas en los alambres de nicromel empleados en las barras de sellado horizontal para lograr la soldadura en el polietileno. Dichas fallas consisten en deformaciones en la barra por trabajar a una temperatura de aproximadamente 120 grados centígrados, esto conduce a un mal sellado horizontal. El fenómeno que se presenta en este caso es un exceso de temperatura en los extremos del nicromel. Para evitar este sobrecalentamiento se propone colocar tramos de tubo de cobre de aproximadamente 1.5 pulgadas de largo por 1/8 de diámetro. Con tales

elementos, se disminuiría el efecto térmico en los extremos al servir el cobre como disipador de calor.

Existe en el mercado nicromel plano con una pequeña costilla en una de sus caras con un ancho aproximado de 1/8 de pulgada, es empleado en máquinas envasadoras, dando resultados de sellado de mejor calidad que el nicromel redondo. El primero por ser un listón plano, tiende a incrustarse menos en el portaelectrodo de colorón, por lo que su superficie de contacto con el polietileno es mejor.

Debido a la carga de trabajo los operadores olvidan o no tienen tiempo de revisar la cantidad de polietileno del que disponen para seguir envasando en la máquina, cuando la bobina se termina el desperdicio de leche es alto. Se hace necesario colocar un seguidor sobre la bobina y este a su vez conectarlo a un microswitch que accione una señal luminosa o sonora cuando se aproxime el término de la bobina. El dispositivo es fácil de fabricar y de instalar, ya que el seguidor consta de una polea con un empaque de neopreno en su perímetro, para que deslice libremente sobre el polietileno, dicho seguidor se conecta a un brazo de acero inoxidable con articulación en su otro extremo y al reducirse el diámetro de la bobina de polietileno, dicho brazo baja hasta topar con el microswitch instalado a una altura predeterminada para dar aviso a los operadores. Con este sencillo sistema se evita el desperdicio de leche, tiempo muerto por colocación de la nueva bobina por todo el sistema de rodillos y de tubo formador y limpieza de barras de sellado horizontal.

En el sistema neumático, se sugiere no se desmonten los actuadores neumáticos de sellado horizontal, mientras no se tenga fuga de aire, ó deterioro de empaques. Siempre y cuando se mantenga una dosificación permanente de aceite en el sistema neumático, no es necesario desmontar dichos actuadores y demás cilindros neumáticos hasta que presenten una falla mayor.

Constantemente, se presentan fugas en el sistema de alimentación de aire hacia los actuadores neumáticos, pero es debido a que dicha alimentación es de tubo de cobre flexible. Como están montados en el sistema de carro de sello horizontal que sube y baja, esta tubería se fractura. La solución es muy simple y económica; se puede sustituir el tubo de cobre por manguera poliflow o por manguera flexible de alta presión, que soporta movimiento excesivo.

Respecto a los problemas que presentan las electroválvulas neumáticas, el exceso de aceite y condensado afecta tanto a la bobina como a la

válvula; se recomienda desarmarlas en su totalidad aproximadamente cada cuatro semanas, se limpien y se lubriquen internamente y se revise el barniz que cubre el embobinado, aplicando barniz dieléctrico si es necesario.

Se ha estado hablando de propuestas para mejorar la envasadora cambiando algunos elementos, protegiendo algunos otros y todos ellos con la finalidad de aumentar la eficiencia y la disponibilidad del equipo, pero no se ha considerado el factor humano que es muy importante.

Desafortunadamente se han tenido accidentes del personal operativo y del de mantenimiento con el sellado horizontal. Estos han ocurrido ya sea por imprudencia, por distracción, por juego o porque en un momento dado se arranca la máquina y no se percatan de que alguien esta trabajando en el sello horizontal, se han dado casos en que las prensas han atrapado dedos, parte de la mano o machucones severos al personal. En la prensa horizontal se tiene aproximadamente una presión de 3 kg/cm<sup>2</sup>, presión más que suficiente para causar serios problemas en cualquier parte del cuerpo.

Pensando en esta situación, se plantea la necesidad de colocar un sensor de aproximación en el carro de sellado horizontal, con el fin de que en caso de que se detecte algún cuerpo extraño entre las mordazas, en este caso una mano o alguna herramienta, al iniciarse el proceso de cierre de mordazas, automáticamente mande una señal para detener la máquina, evitando así un posible accidente. En algunos equipos, se cuenta con este tipo de sistema de seguridad y se ha comprobado, que la presión máxima, después del paro, que se llega a generar entre las mordazas es de aproximadamente 1 kg/cm<sup>2</sup>, que equivale a un golpe de martillo moderado en la mano, el cual sólo provoca dolor intenso pero no alcanza a abrir la piel ni mucho menos a fracturar algún hueso.

Estas son algunas alternativas de mejora para optimizar el funcionamiento de la envasadora, como se observa, en realidad son muy fáciles de realizar y en algunos casos el costo es relativamente pequeño, considerando que los costos que se tienen por merma de polietileno o de leche o por tiempos muertos con el consiguiente retraso en producción es muy alto.

Es muy importante señalar, que el factor humano es determinante en el correcto uso de la envasadora. Se tienen algunos vicios de operación que acarrear serios problemas en la planta. Es necesario enseñar a los operadores el funcionamiento de las envasadoras, para que fallas simples las puedan atender

ellos mismos y esperen al personal de mantenimiento si se tiene que parar el equipo.

También es necesario destacar que el personal de mantenimiento, carece de la intuición necesaria para atacar los problemas rápidamente esto es porque no conoce o no se encuentra totalmente familiarizado con la operación de los equipos, cuando en realidad, al igual que los operadores, deberían conocer tanto la operación como el funcionamiento básico de la envasadora. Cuando se conscientice al personal en la importancia de dominar estos dos aspectos, las fallas y los tiempos muertos en el proceso de envasado se verán notablemente reducidos.

Por lo tanto, se plantea que no solo es necesario hacerle algunas modificaciones a la envasadora para aumentar su eficiencia, sino también es necesario capacitar al personal para que realice mejor su trabajo, ya que se puede implementar toda una serie de mejoras a la envasadora, pero aún haciéndola totalmente nueva y más eficiente si al personal que la opera no se le capacita correctamente y además no se familiariza con ella, los problemas seguirán persistiendo.

En cuanto al mantenimiento se refiere, se proponen algunas acciones tanto a nivel de planta como al de la envasadora. Una acción inmediata y simple es el reacomodo de horarios y turnos del personal de mantenimiento para que los días de paro de la planta sean laborables para estos o para una parte del personal adscrito a esta área.

Se propone aumentar el mantenimiento preventivo en la mayoría de las áreas ya que actualmente no se realizan rutinas, es necesario implementarlas y acostumbrar al personal que estas no requieren de orden de trabajo para su realización ni tampoco de instrucción expresa.

Algunas de las rutinas son purgar líneas de equipos de proceso y envasado, revisión de equipos en esta misma zona, evaluación de las condiciones de temperatura de precalentamiento de agua y diesel para el motor de la planta de emergencia, etc.

Mantenimiento preventivo que requiere orden de trabajo y cumple con el programa establecido incluye impermeabilización de techos de oficinas, pintura a instalaciones, equipos, tuberías, etc.

En el área de bancos de hielo, por error la tubería fué pintada, esto ocasiona desprendimiento de la misma, se sugiere el desalve de los bancos, para evitar incrustaciones en placas del pasteurizador y baja presión en tuberías. Por otro lado de acuerdo a los registros llevados es necesario realizar semestralmente el mantenimiento a las bombas de agua helada, actualmente se realiza de forma anual.

El servicio preventivo a cadenas transportadoras, flechas, catarinas y chumacera, así como a reductores también es recomendable

En el área de control de calidad existe equipo que puede ser reparado por el área de mantenimiento, actualmente gran parte de este equipo recibe servicio externo, por políticas de la empresa.

Para disminuir fallas en el suministro de vapor se incrementa en una orden más a la semana, (se venían realizando semanales), la limpieza de línea de alimentación de combustóleo a las calderas.

En cuanto a obra civil, se sugiere implementar mantenimiento preventivo a las puertas del área de envasado, solo se realiza correctivo, esto con el fin de aislar lo más posible las instalaciones sanitarias.

Es necesario aumentar el servicio de desalve a los diferentes registros con los que cuenta la planta, para garantizar un buen desalojo de aguas y sobre todo a la planta de afluentes, ya que por consistir en un sistema anaerobio de limpieza de aguas residuales el lodo altera notablemente las condiciones de salida del agua hacia la red del drenaje municipal, razón por la cual la secretaria de ecología ha hecho recomendaciones y observaciones a la empresa.

Todos los puntos anteriores apuntan hacia un aumento en la frecuencia del mantenimiento preventivo o a la reducción del período para aplicarlo, a simple vista parece una solución simplista, cabe destacar, que la planta cuenta con el personal necesario para soportar este incremento y además este mismo personal tiene el tiempo suficiente para absorber estas relativamente nuevas actividades.

Por otro lado es importante señalar la importancia que tiene la capacitación del personal tanto del que realiza la actividad de mantenimiento como de aquellas quienes realizan la operación de los equipos propiamente dichos. Aunado a esto implementar una supervisión más estrecha tanto en el área de mantenimiento como en el área de operación o proceso, en el primero para garantizar reparaciones eficientes con un mínimo de tiempo empleado y en el segundo para garantizar un proceso apegado a las normas con un mínimo de desperdicio tanto en material como en tiempo.

Aunque en el aspecto financiero el área de mantenimiento tiene poca influencia en cuanto a la toma de decisiones es necesario concientizar para que el presupuesto se ejerza con más libertad en cuanto a la compra de refacciones y contratación de servicios ya que actualmente se encuentra muy limitado.

Respecto a la envasadora de leche, en cuanto a mantenimiento se refiere, se proponen tres periodos de mantenimiento:

**Diario:** Se debe lubricar los pistones neumáticos, sin desmontarlos, tales como los pistones de sello horizontal y vertical, de dosificación. Revisar lamparas germicidas, lubricación de corredera de nylamid, apriete de mangueras de polyflow, purga por turno de la unidad de servicio, llenado de aceite del deposito del mismo y revisión de las puertas y sus empaques.

**Semanal:** Se propone la limpieza de los microswitch, así como el sopleteado y limpieza del sello horizontal y vertical, del sistema de freno y portabobina, árbol de levas, transmisión de cadena y seguidor. Ajuste del tamaño de bolsa y del diamante de dosificación de leche. Aplicar un "paquete de Inspección" en el que se revisan las piezas y en caso necesario hacer el o los cambios correspondientes; tales como pernos, bujes, etc.

**Semestral:** En este periodo, se limpia todo el tablero eléctrico de control, se revisan las terminales, tabillas de conexiones, apriete de tornillería, reacomodo de cableado eléctrico, así como la revisión del aislamiento eléctrico, verificar el correcto funcionamiento del motoreductor, haciéndose necesario el desarmarlo y armarlo nuevamente, con el correspondiente cambio de aceite, cambiar baleros y retenes en su caso así como piezas con desgaste excesivo.

## GLOSARIO

<b>A(t)</b>	<b>Disponibilidad.</b>
<b>f<sub>d</sub>a</b>	<b>Función de distribución acumulada.</b>
<b>f<sub>d</sub>p = f'(t)</b>	<b>Función de densidad de probabilidad (densidad de fallos).</b>
<b>F(t)</b>	<b>Función acumulada de fallos.</b>
<b>n</b>	<b>Tamaño de la muestra.</b>
<b>R(t)</b>	<b>Función de supervivencia ( Confiabilidad en un tiempo t ).</b>
<b>t</b>	<b>Tiempo especificado de operación.</b>
<b>TEF</b>	<b>Tiempo entre fallas.</b>
<b>TMEF=θ</b>	<b>Tiempo medio entre fallas.</b>
<b>TMF</b>	<b>Tiempo medio de falla.</b>
<b>TMEM</b>	<b>Tiempo medio entre mantenimiento.</b>
<b>TMPP</b>	<b>Tiempo medio de primera falla.</b>
<b>TR</b>	<b>Tiempo de reparación.</b>
<b>β</b>	<b>Parámetro de forma de la ley de Weibull ( la pendiente Weibull).</b>
<b>γ</b>	<b>Desfase de origen de la ley de Weibull (el origen de la distribución).</b>
<b>η</b>	<b>Parámetro de escala de la ley de Weibull ( la vida característica).</b>
<b>λ(t)</b>	<b>Tasa de falla.</b>



## **BIBLIOGRAFÍA**

---

**CONTROL CONTINUO DEL PROCESO Y MEJORAS A LA HABILIDAD DEL PROCESO**  
Ford Motor Company S.A. de C.V.

**CONTROL DE CALIDAD Y ESTADÍSTICA INDUSTRIAL**  
Acheson J. Duncan  
Edit. Alfaomega

**CONTROL DE MAQUINAS ELÉCTRICAS**  
Irving L. Kosow  
Edit. Reverte S.A.

**CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD**  
Eugene L. Grant  
Edit. CECSA

**CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD**  
Armand V. Feigenbaum  
Edit. CECSA

**EL MANTENIMIENTO FUENTE DE BENEFICIOS**  
Jean Paul Souris  
Edit. Díaz De Santos

**FIABILIDAD**  
Instituto Mexicano de Control de Calidad A.C. (IMECA)

**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**  
Harold E. Soisson  
Edit. Limusa

**LOS MÉTODOS DE LA CALIDAD TOTAL**  
Patrick Lyonnet  
Edit. Díaz De Santos S. A.

**MANUAL DE EQUIPO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO**  
Coyman  
Edit. Hispanoamericana

**MANUAL DE EQUIPOS INDUSTRIALES  
GTR**

**MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO  
Marks  
Edit. Mc Graw Hill**

**MAQUINAS ELÉCTRICAS Y SISTEMAS ACCIONADORES  
C. B. Gray  
Edit. Alfaomega**

**PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA  
Murray R. Espiegel  
Edit. Mc Graw Hill**

**REDACCIÓN  
Antonio Miguel Saad  
Edit. CECSA**

**REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE  
W. F. Stoecker  
Edit. Mc Graw Hill**