

## 2 ENTORNO OPERARIO-EQUIPO-COMPAÑÍA

La empresa Griffith Colombia S.A., es una compañía perteneciente a la industria alimenticia, que tiene objetivo fabricar productos de excelente calidad, que contribuyan al éxito de sus clientes.

El alcance de la compañía va desde el desarrollo de la idea del producto, hasta su producción y empaque; para esto se manejan dos divisiones de productos, sólidos y líquidos, siendo el empaque de productos líquidos una de las actividades de mayor complejidad, debido a que en los productos líquidos es más propenso el crecimiento de microorganismos.

El empaque de productos líquidos varía de producto a producto, según requerimientos de cliente o especificaciones del producto, dadas por el departamento de investigación y desarrollo de la compañía.

Algunas de las presentaciones para el empaque de líquidos son recipientes de vidrio, recipientes de plásticos transparente, bolsas plásticas resistentes a agentes químicos, Doy Pack, bolsas metálicas con recubrimiento de plástico, empaque blister (similar al empaque de yogurt) y sobres plásticos.

Los sobres plásticos de tamaño personalizado son empacados en empacadoras verticales, lo cual es un proceso complejo y que requiere un mayor nivel de conocimiento del operario acerca del equipo, es por esto que el equipo en el que se basa el desarrollo del plan piloto de mantenimiento autónomo es una de las empacadoras verticales, Prodo Pak 601 CSW8<sup>1</sup>, en la cual se empacan productos líquidos como salsas y siropes.

---

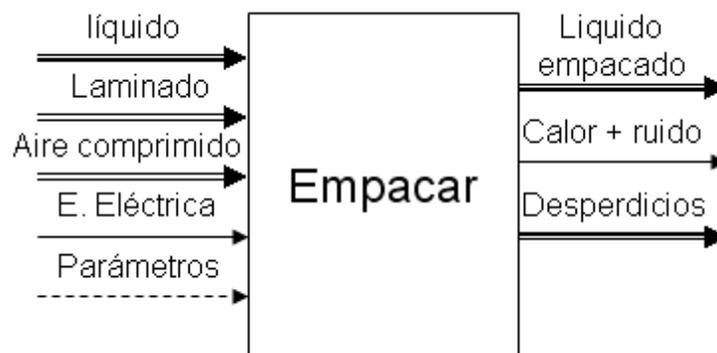
<sup>1</sup> PP CSW8

## 2.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPO OBJETO DE ESTUDIO

### 2.1.1 Descripción desde el diseño conceptual

El equipo PP CSW8 es una máquina automática cuya función principal es empacar productos líquidos, mediante de la formación de sobres a partir de laminado flexible, que son llenados con producto

Figura 1. Caja negra de máquina empacadora vertical.



La máquina está formada básicamente por componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos, y requiere de flujos de materia e información, para realizar su función. Sus flujos de entrada principales son el producto líquido a empacar (materia), laminado plástico (materia), aire comprimido (materia), energía eléctrica (energía), parámetros de operación (información); con todas estas entradas el equipo realiza su función principal, teniendo como salidas sobre llenos de líquido (materia), calor y ruido (energía) y desperdicios (materia), como se muestra en la figura 1.

La función principal del equipo es el conjunto de la realización de funciones individuales ejecutadas por los sistemas que componen el equipo, ya sea eléctrico, mecánico o neumático, como se ilustra en la figura 2.

Figura 2. Diagrama funcional donde se muestran flujos y funciones. (Las líneas de color Azul representan flujo de materia, las líneas de color rojo representan flujo de energía y las líneas punteadas representan flujos de información).

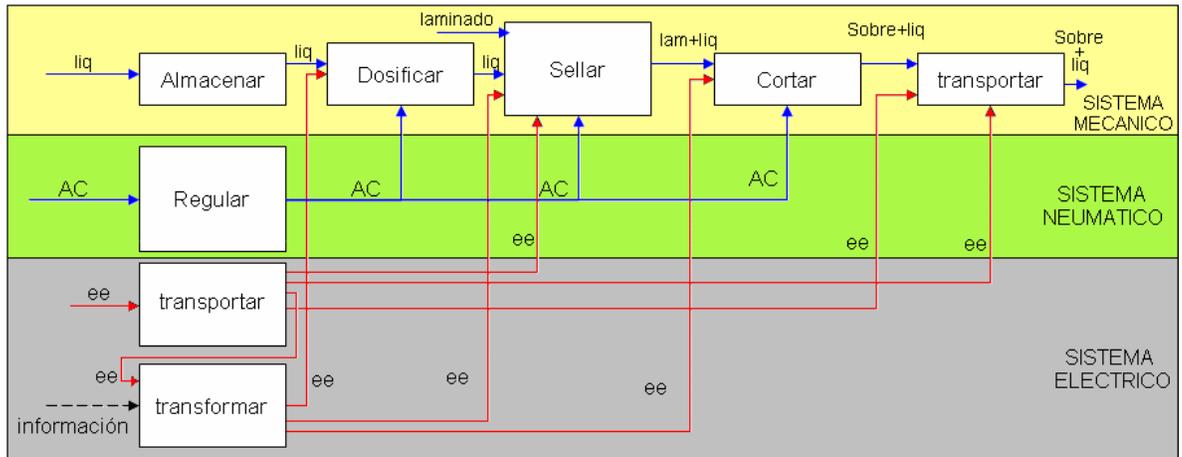
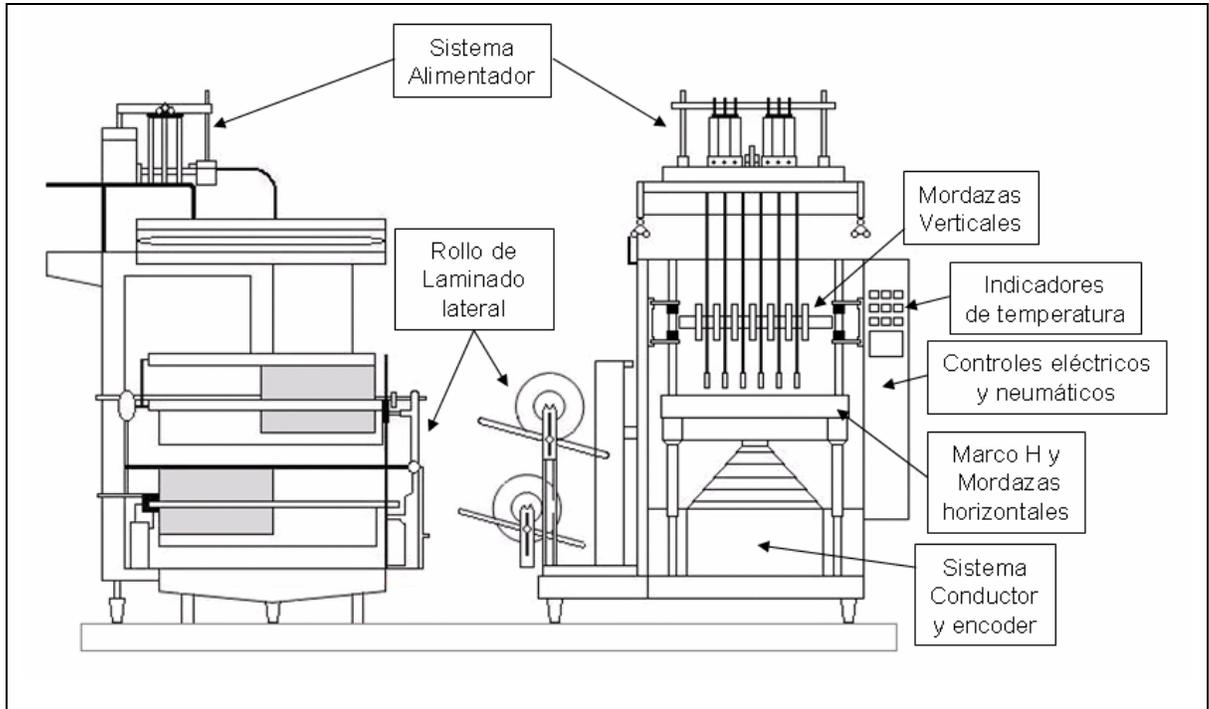


Figura 3. Composición del ensamble típico de PP CSW8



### 2.1.2 Descripción Técnica

El ensamble principal de la PP CSW8 incluye armazón, sistema de sellado vertical (mordazas verticales), Marco tipo H en donde se encuentran el sistema de corte, despega sobres y sistema de sello horizontal (mordazas horizontales); además de sistema conductor, sistema alimentador, sistema de montaje de rollo de laminado, indicadores digitales de temperatura, controles y un microprocesador para el control de cronométrico del equipo; esto se ilustra en la Figura 3.

- Especificaciones técnicas

Tabla 1. Especificaciones técnicas del equipo Prodo Pak CSW8

Electricidad	208 \ 220V 3Ph 60hz 40A
Aire comprimido	40 SCFM <sup>2</sup> @ 100psi
Ancho de laminado	43 pulgadas
Máximo OD / Alma ID rollo	20 pulgadas / 3 pulgadas o 6 pulgadas
Longitud de empaque hasta	5 pulgadas
Velocidad de máquina	45 CPM <sup>3</sup>

- Sistema Mecánico

- *Sistema conductor*

El sistema conductor consta de un motor un motor de velocidad variable de 1 HP, 220V, Trifásico, que se encuentra en la base del equipo y está acoplado a un reductor de velocidad y a un codificador de señales (encoder). Este sistema se encarga de mover recíprocamente el marco H, que está conformado por el sistema de sellado horizontal y cuchilla (PRODO PAK CORPORATION, 1995, 2-3)

---

<sup>2</sup> SCFM (Estandar cubic Feet per Minute), Pie cúbico por minuto en condiciones estandar

<sup>3</sup> CPM (Ciclos por minuto)

- *Sistema de sellado y corte horizontal*

Cuando el sello vertical se forma, la máquina hace un sello horizontal y corta los sobres formados, esta función es realizada por las mordazas horizontales y la cuchilla ubicadas en el marco H, ver Figura 3.

El marco H, se mueve recíprocamente, cuando este alcanza la posición más alta las mordazas horizontales cierran formando el sello; justo antes de que el marco H alcance la posición más baja la cuchilla corta, entonces en la posición más baja las mordazas horizontales abren y liberan los sobres formados al mismo tiempo que actúa el despegador (bandejas que sostienen los sobres después de sellados hasta que la mordaza horizontal abre) para que los sobres no queden pegados en la mordaza (PRODO PAK CORPORATION, 1995, 2-3).

- *Sistema de sellado vertical*

Las mordazas verticales cierran cuando el marco H hace su ascenso (con las mordazas horizontales abiertas), justo cuando este alcanza su posición más alta, las mordazas verticales abren, dejando el sello vertical formado.

- Sistema Neumático

El sistema de suministro de aire comprimido consta de una unidad de mantenimiento, es decir, un filtro, un regulador y un lubricador. Reguladores de aire separados, para distintos mecanismos como mordazas verticales y horizontales.

- Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico, en su mayoría se encuentra ubicado en el gabinete de controles eléctricos y neumáticos, como se muestra en la figura 3. Este sistema controla diferentes subsistemas como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. División del sistema eléctrico.

Gabinete Eléctrico	PLC
	Control de Temperatura
	Fusibles
	Eliminador de estática
Motor de corriente alterna (Motor conductor)	
Transformador de voltaje (120V) (en gabinete neumático)	

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN EL CUAL SE UTILIZA EL EQUIPO

### 2.2.1 Proceso general

El proceso general comienza desde que se pesa la materia prima que compone cada producto, esta se lleva a la zona de PL<sup>4</sup>, en donde según un protocolo establecido para cada producto se hace su preparación, después de esto pasa a la zona de empaque y finalmente pasa a despacho.

El proceso de empaque de líquidos presenta muchas variaciones que dependen de características del producto, tales como densidad, viscosidad, acidez y temperatura. Esto hace que para cada referencia de producto se deban hacer cambios en las variables del proceso.

---

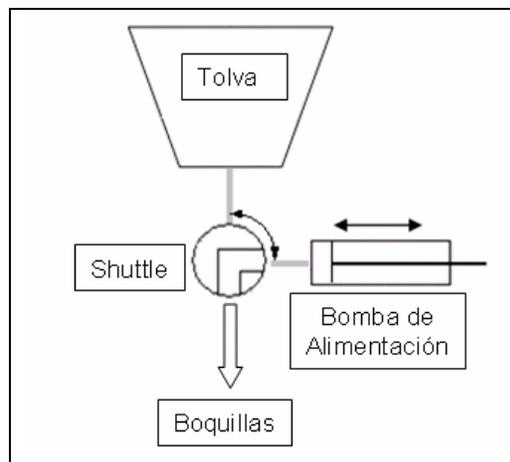
<sup>4</sup> Producción Líquidos

En el proceso se empacan productos que se clasifican en dos grandes grupos, líquidos calientes y líquidos fríos, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de productos, empacados en la PP CSW8

<b>Calientes 50 a 70 °C</b>		<b>Fríos 5 a 15 °C</b>	
Salsas	Tomate	Salsas	Mayonesa
	BBQ		Mayomostaza
	Mostaza		Mil islas
	Soya	Aderezos	Para ensaladas
Siropes	Miel		Para carnes
	Mora		
	Fresa		

Figura 4. Conexión entre la tolva, la válvula shuttle, la bomba de alimentación y la boquilla.



En la máquina PP CSW8 el proceso de empaque comienza con el bombeo de producto a la tolva, una vez en la tolva este es succionado hasta la bomba de alimentación, en esta posición la válvula shuttle conecta tolva y bomba de alimentación (Figura 4); luego el producto presionado hasta las boquillas para el

llenado de sobres, en esta posición la válvula shuttle ha rotado 90° para conectar la bomba de alimentación con las boquillas (Figura 6).

Los sobres se forman por el selle vertical y horizontal del laminado que se encuentra delante y detrás de las boquillas de llenado. Las mordazas verticales sella dos capas de laminado formando las cavidades donde se llena el producto (entre las mordazas y el laminado hay una película de fibra de vidrio recubierto por teflón, que impide que la mordaza se pegue al laminado), y la mordaza horizontal forma el fondo de cada sobre.

Figura 5. Succión de producto a la bomba de alimentación

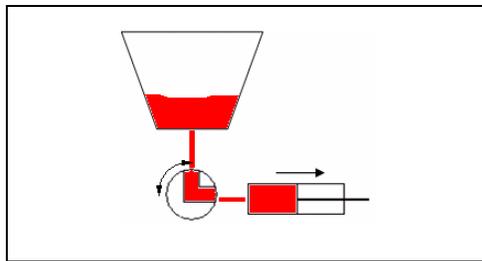
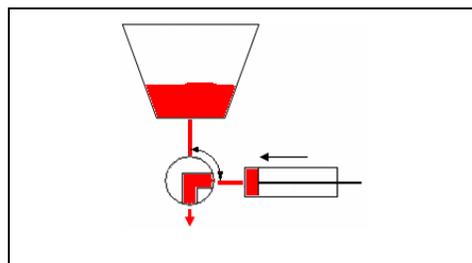
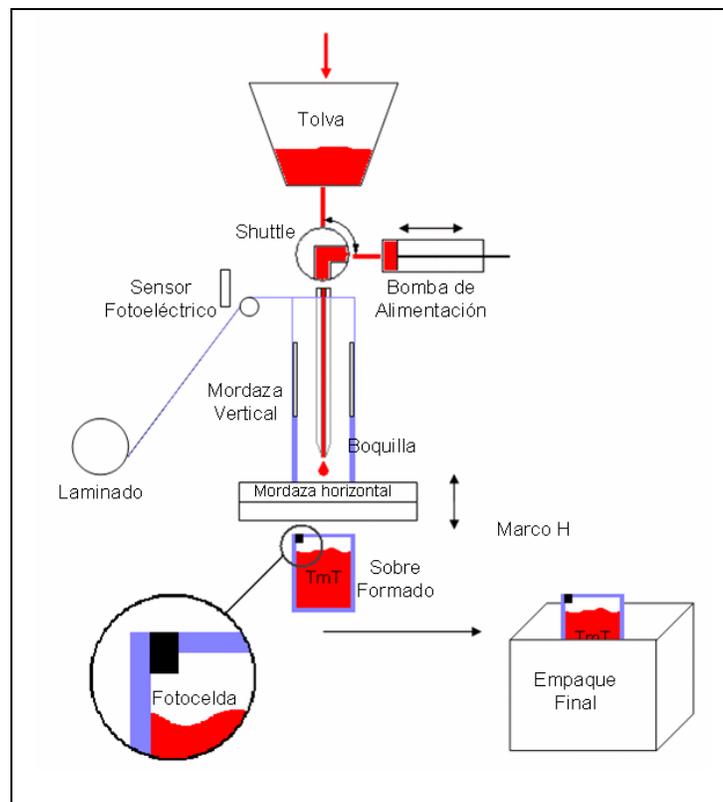


Figura 6. Llenado de producto a las boquillas



El diagrama de la figura 7. Ilustra el proceso general de empaque en la PP CSW8, desde la entrada de producto a la tolva, hasta la salida de sobres llenados con producto.

Figura 7. Diagrama de proceso en PP CSW8.



### 2.2.2 Variables Físicas del Proceso

Las variables físicas involucradas en el proceso de empaque en la PP CSW8 tienen que ver con el producto a ser empacado y con su material de empaque, y como se relacionan estos con las variables físicas del equipo.

Los productos líquidos tienen características como densidad, temperatura (ver tabla 1), viscosidad, textura y acidez, estas influyen en las variables físicas del equipo o del material de empaque como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Relación entre las variables del proceso

VARIABLES DEL PROCESO				
Producto	Máquina		Material de empaque	Máquina
	Densidad	Alta	Menor volumen, menor longitud vertical de sobre	Fotoceldas menos separadas verticalmente para sobres más cortos
Baja		Mayor volumen, mayor longitud vertical de sobre	Fotoceldas mas separadas verticalmente para sobres más largos	No afecta variable en la máquina
Temperatura	Alta	Velocidad de bomba de alimentación más baja, para no salpicar producto con mayor fluidez	Laminado de mayor espesor, para resistir temperatura del producto	Mayor temperatura de mordazas, mayor tiempo sostenimiento en sellado
	Baja	Velocidad de bomba de alimentación más alta, para dosificar producto con mayor resistencia a fluir	Laminado de menor espesor	Menor temperatura en mordazas, menor tiempo se sostenimiento en sellado
Acidez	Alta	No afecta variables de máquina	Laminado con capa resistente a corrosión por ácidos	Menor tiempo de sostenimiento en sellado, para que el laminado no se quede pegado en mordazas
	Baja	No afecta variables de máquina	Laminado sin recubrimientos	No afecta variable en la máquina
Textura	Gruesa	Boquilla de mayor diámetro, que permita el paso de particulado	No afecta variable en el laminado	No afecta variable en la máquina
	Fina	Boquilla de menor diámetro	No afecta variable en el laminado	No afecta variable en la máquina

VARIABLES DEL PROCESO				
Producto	Máquina		Material de empaque	Máquina
Viscosidad	Alta	Menor velocidad general en el procesos, ya que el producto fluye con mayor resistencia y menor velocidad	Laminado de menor espesor, para obtener un sellado más pronto	Menor temperatura en mordazas, menor tiempo se sostenimiento en sellado
	Media	Velocidad optima del equipo, que que el producto fluye con la velocidad deseada y no salpica	No afecta variable en el laminado	No afecta variable en la máquina
	Baja	Menor velocidad general en el procesos, ya que se bombea producto lentamente para evitar salpicaduras en el sobre	Laminado de menor espesor, para obtener un sellado más pronto	Menor temperatura en mordazas, menor tiempo se sostenimiento en sellado

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE EFICIENCIA DEL EQUIPO

### 2.3.1 Indicadores usados en la compañía

- Historial de ocupación del equipo

En la compañía se hace medición de la utilización del equipo en horas reales de producción, teniendo como base de uso diario 20 horas; a partir de esto se hace una recopilación diaria de horas productivas y horas de paro, con lo que es posible hacer una relación para determinar el nivel de ocupación diaria.

Ecuación 1. Porcentaje de ocupación

$$\% \text{Ocupación} = \frac{t_{real}}{t_{teorico}} \times 100$$

A partir de la ocupación diaria es posible determinar el nivel de ocupación mensual, en donde se puede compararse la ocupación durante todos los meses del año, como se muestra en la figura 8.

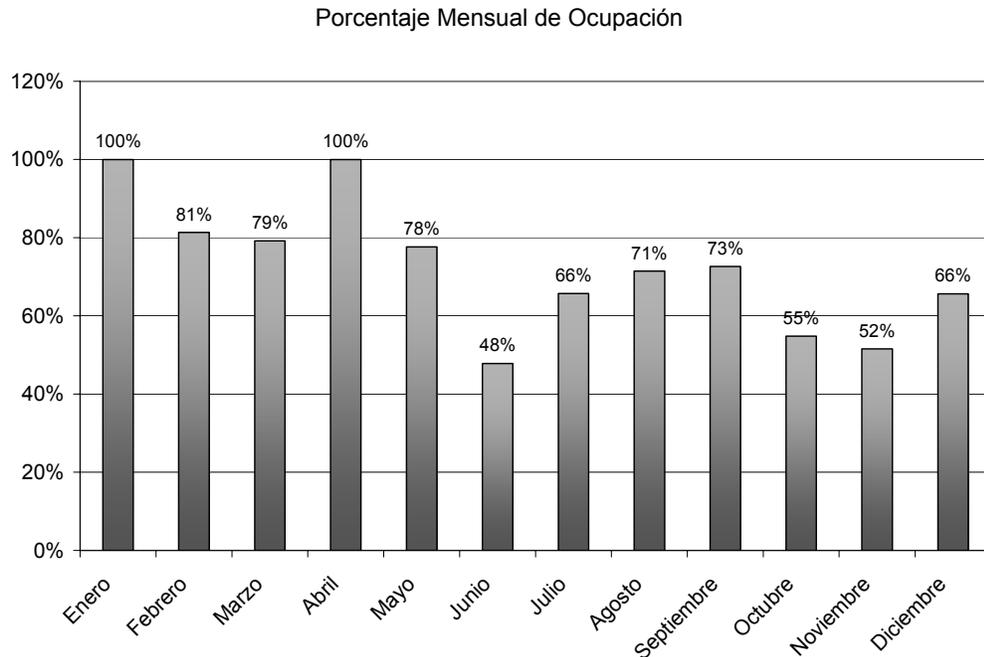
En la figura 8, se observa que en los meses de Enero a Abril hay un aumento en el porcentaje de ocupación del equipo por encima del 78%; lo que se explica con el inicio de temporada escolar entre Enero y Febrero, y el día de las madres en Mayo.

- Ocupación del equipo en relación con otros de su tipo

La compañía cuenta en la actualidad con cinco máquinas empacadoras verticales, marca Prodo Pak, en las que se empacan diversidad de productos, como se muestra en la figura 10.

Las empacadoras verticales son equipos en los que se empacan productos de distintas referencias y tiene altos niveles de ocupación, en la Figura 10 se muestra el nivel de ocupación de las máquinas empacadoras verticales, este porcentaje de ocupación es calculado con la Ecuación 1.

Figura 8. Porcentaje mensual de ocupación del equipo Prodo Pak CSW8 en el año 2006.



El equipo PPCSW8, como se observa en la Figura 10 es el equipo con mayor porcentaje de ocupación, respecto a otros de su mismo tipo, de esta manera su disponibilidad para producir es de gran importancia para la compañía, lo que hace que este equipo sea un buen candidato para el montaje de mantenimiento autónomo.

- Contribución de productos empacados en el equipo en el total de productos líquidos empacados mensualmente en el 2006

La contribución de los productos empacados en la máquina CSW8 en el total de productos líquidos empacados de una importancia alta, ya que a lo largo del año 2006 se ubica en el tercer lugar, de los equipos con mayor contribución porcentual en empaque de líquidos.

Tabla 5. Porcentaje de contribución mensual en el 2006 de empacadoras de líquidos

MES	MAQUINA O TIPO DE EMPAQUE EN LIQUIDOS							
	CSW8	TW82	Manual	Blister	PP 1000	Griffus	Llenadora	TW8
Enero	13,59	0,00	25,98	1,32	8,48	3,72	27,58	19,34
Febrero	16,62	0,00	26,78	5,13	5,39	5,49	21,67	18,92
Marzo	18,03	0,00	27,92	1,78	12,59	5,10	20,94	13,63
Abril	18,35	0,00	34,50	1,94	8,20	6,65	11,94	18,42
Mayo	18,10	6,48	39,13	0,75	8,44	4,27	10,62	12,20
Junio	8,67	9,62	42,46	0,31	11,13	6,90	4,26	16,64
Julio	13,77	14,54	45,03	0,00	9,83	5,12	8,50	3,22
Agosto	14,81	9,92	43,85	0,00	7,73	3,06	13,57	7,06
Septiembre	18,78	14,91	38,94	0,00	6,96	8,83	8,04	3,54
Octubre	10,77	12,38	36,29	4,55	15,28	4,42	16,31	0,00
Noviembre	7,85	8,58	23,31	0,00	22,32	7,70	30,19	0,06
Diciembre	11,27	14,40	34,78	0,56	11,82	18,84	5,39	2,94
<b>PROMEDIO AÑO</b>	<b>14,22</b>	<b>7,57</b>	<b>34,92</b>	<b>1,36</b>	<b>10,68</b>	<b>6,67</b>	<b>14,92</b>	<b>9,66</b>

El equipo PP CW8, abarca un rango de 7% a 18% en la contribución de empaque, al total de líquidos empacados en diferentes equipos<sup>5</sup>, en la tabla 5, se observa detalladamente su comportamiento mes a mes, así como el de otros equipos de empaque. En la figura 9 se muestra la contribución mensual del equipo, en donde se observa que por cantidad de empaque en relación al total empacado en la compañía, el equipo tiene una criticidad media.

<sup>5</sup> El empaque manual es considerado en este caso como un equipo

Figura 9. Contribución mensual de PP CSW8 en el año 2006, al total de empaque en líquidos.

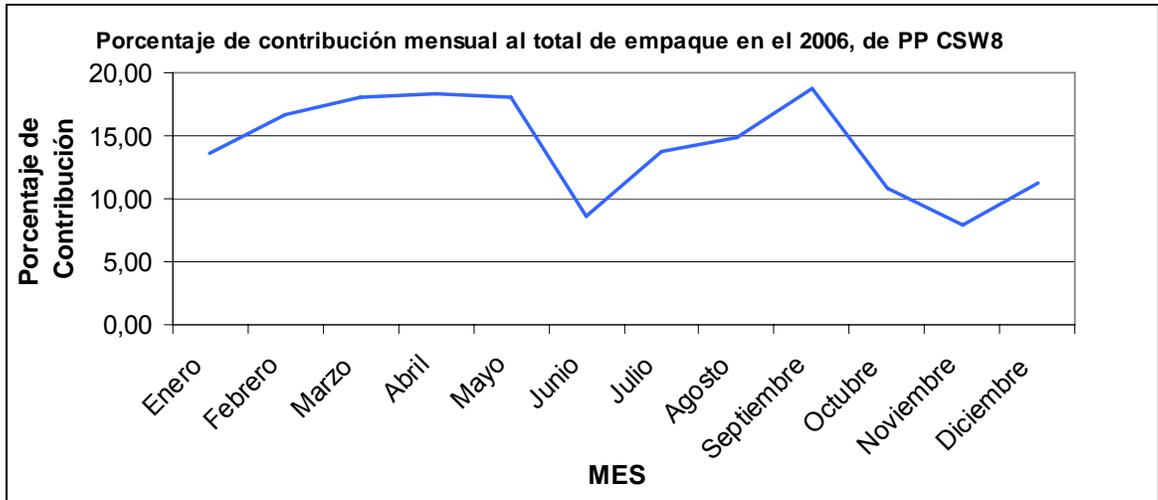
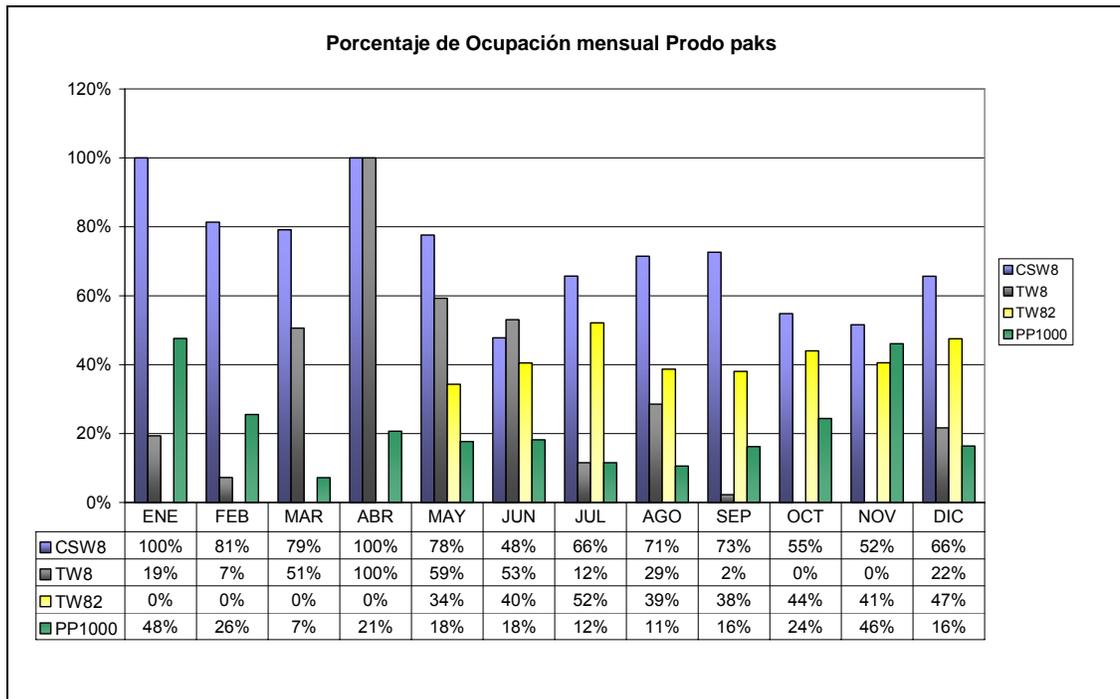


Figura 10. Porcentaje de ocupación mensual durante el año 2006, para máquinas empacadoras verticales, marca Prodo Pak



- Compilación de mantenimientos correctivos que se realizan al equipo (del año 2006)

El historial de correctivos realizados en el año 2006, recopila todos los mantenimientos correctivos que generan paro de equipo, estos se agrupan en tres tipos: mecánicos, eléctricos y neumáticos; de la misma manera que los sistemas del equipo PP CSW8. En cada uno de estos grupos se identifican los componentes que presentan falla y la identificación del problema.

En la Tabla 6, se muestran los problemas eléctricos más recurrentes en el equipo PP CSW8 en el año 2006, como se puede observar, muchos de los problemas de deben a conexiones desajustadas; o fallos que son identificables al iniciar operación en el equipo y en la mayoría de ocasiones el problema es identificado por el mismo operario.

Tabla 6. Mantenimientos eléctricos correctivos más repetitivos realizados a equipo Prodo Pak CSW8 durante el año 2006

CORRECTIVOS SISTEMA ELECTRICO		
COMPONENTE	PRINCIPAL FALLA EN EL AÑO	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA
Mordaza	Mordaza horizontal, deja se sellar un ciclo o en ocasiones se queda cerrada	El problema se presenta en relé de 5VDC marca OMRON, que debe ser reemplazado
	Mordazas Verticales no sellan	Breaker disparado
Antigotera	Bobina de anti-gotera no energiza	Resorte de anti-gotera muy rígido, se cambia por uno de menor resistencia
	Anti-gotera no energiza correctamente	Cable del conector a la bobina se encuentra abierto
Temperatura	Pirómetro de mordaza horizontal no controla temperatura correctamente	Termocupas reventada y se cambia cableado
	Mordaza vertical No 5, no caliente	Resistencia quemada
	Mordaza vertical No 7, no caliente	Relé de estado sólido quemado.
	Resistencia de Mordaza horizontal no caliente	Se cambian fusibles quemados.

CORRECTIVOS SISTEMA ELECTRICO		
COMPONENTE	PRINCIPAL FALLA EN EL AÑO	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA
	No es posible controlar temperatura de mordaza horizontal	Termocupla mal conectada
	No funciona teclado de pirómetro de mordaza horizontal	Se reprograma pirómetro
	Corto en resistencia vertical No 4	Terminal de resistencia abierta
	No es posible controlar temperatura de mordaza vertical No 5	Relé directo
Varios	Contador no funciona	Línea de señal de contador desconectada desde la bornera
	Favor revisar el marco H	Bobina de electro-válvula suelta
	Contador de la banda no funciona.	Se bajo, se reviso y se reparo el relee de memoria.
	Inicio de corte pegado	Se requieren relees de 5 dvc para salidas del modulo del plc.
	Foto-celda no lee.	Se encontró problema con la señal en el papel.

Tabla 7. Mantenimientos neumáticos correctivos más repetitivos realizados a equipo Prodo Pak CSW8 durante el año 2006

CORRECTIVOS SISTEMA NEUMÁTICO		
COMPONENTE	PRINCIPAL FALLA EN EL AÑO	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA
Mordaza	Mordazas horizontales pegadas por silenciador taponado	Cilindros con empaques desgastados lo cual obstruye silenciadores
	Mordaza horizontal pegada.	Se encuentra cilindro con fuga y mordazas desajustadas.
	Mordaza horizontal con problemas de velocidad al sellar	Se cambio cilindro por fuga de aire.
	Enfrentar mordazas horizontales.	Se ajusta presión en mordazas de silicona y ajustan tiempos.
	Cuchilla horizontal no funciona	Cuchilla pegada por residuos de laminado de producción anterior
Varios	Cambiar racor de banda	Se reemplazo racor para la alimentación neumática de la banda
	Despega-sobres trasero malo	Se cambia actuador

Los problemas de accionamiento de mordazas verticales y horizontales; así como de control de temperatura son los que se presentan con mayor frecuencia en el año 2006, esto se debe en su mayoría a la reparación de partes electrónicas, que deben ser cambiadas por nuevas cuando comienzan a presentar fallos, como el caso de relés que accionan la apertura de mordazas y pirómetros, termocuplas y resistencias de en conjunto de sellado.

En la Tabla 7 se muestran los mantenimientos neumáticos correctivos realizados en el año 2006 al equipo, los más representativos son realizados en el sistema de sellado; sin embargo estos no se presentan en un instante; sino que presentan síntomas durante un período antes de presentar una falla.

Tabla 8. Mantenimientos mecánicos correctivos más repetitivos realizados a equipo Prodo Pak CSW8 durante el año 2006

CORRECTIVOS SISTEMA MECÁNICO		
COMPONENTES	PRINCIPAL FALLA EN EL AÑO	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA
Mordaza	Mordaza horizontal desajustada	Apretar base de las guías del sellado horizontal.
	Cuchilla horizontal no corta bien.	Se calibra cuchilla y mordazas de silicona.
	Sellado horizontal defectuoso	Cambio de siliconas de mordazas
	Cambio de siliconas horizontales	Se levanto mordaza frontal debido a que la cuchilla chocaba con las siliconas
	Reparar pasador de sello vertical	Se aseguro tiradera con tornillo socket de 3/16" con el fin de que no se saliera.
Banda	Rodillo de la banda desplazado hacia un lado y desajustado	Centrar rodillo y apretar prisioneros
	Banda con mas del 50% del empate malo	Cambio de pasador de banda
	Banda transportadora con cadena suelta	Se alinean los piñones

CORRECTIVOS SISTEMA MECÁNICO		
COMPONENTES	PRINCIPAL FALLA EN EL AÑO	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA
	Arreglar perilla de contador de banda csw8	Se apretó la base de la muletilla
Sistema de dosificación	Cambiar oring de pistones.	Se reemplaza oring 210
	Boquilla obstruida.	Se desarmaron boquillas para limpieza.
	Bomba de alimentación no dosifica	Se reseteó la maquina despues de revisar el sensor de retorno de bomba.
	Cambiar mangueras #3 y #4 de dosificación	Se cambio manguera
	Cambiar tornillo que esta rodando del portabobina de la csw8	Se cambio prisionero y rectifico la rosca
	Sistema de dosificación presenta fugas y aire en llenado	Cambia orring de anti-gotera #2.
Marco H	Problema del motor, marco H frenado	Se lubricaron rodamientos y se aumento la presión de aire al clucht
	Favor revisar marco H, que tiene un sonido muy extraño	Se encontró resorte derecho del marco H suelto, esto hacia que tuviera un desbalanceo y por ende un sonido anormal. Se lubricaron articulaciones
	Marco H desajustado	Se rectificaron roscas y se elaboraron piezas nuevas roscadas.
Varios	Favor cambiar tornillo de mordaza #8 que esta suelto	Se enfrentaron mordazas 7 y 8.
	Fijar platina separadora de cilindros traseros.	Se coloco 1 tornillo que le faltaba.
	Cambiar tornillos de base de rodillos de película	Se reemplazaron tornillos de 5/32" en fijación de rodillo de película.
	Soldar despega-sobres	Se rectifico con machuelo de 3/16"
	Favor rectificar rosca de la platina de los pistones	Ajustar tuerca de actuadores
	Favor arreglar tornillos de pistones 1 y 7 están rodados.	Se rectifica rosca de tornillo

En la Tabla 8 se muestra la recopilación de los mantenimientos mecánicos más repetitivos durante el 2006. Estas fallas de equipo son las que pueden evitarse con

mayor facilidad ya que se presentan gradualmente, a diferencia de los daños eléctricos o neumáticos en el equipo que pueden ocurrir sin ningún precedente.

Como se puede observar en la tabla 8, existen mantenimientos repetitivos que consisten en cambiar empaques del sistema de alimentación o reemplazar la tela de teflón que forma una película entre las mordazas verticales y el laminado; esta clase de mantenimientos pueden ser evaluados en inspecciones pre-operativas, es decir, inspecciones del equipo antes de comenzar su operación habitual, para detectar fallas a tiempo y no un turno de producción.

- Relación tiempo de producción vs tiempo de paro por mantenimiento

La compañía tiene establecido un tiempo de 20 horas diarias como base para una ocupación total del equipo, dejando así 4 horas disponibles para paros programados (el tiempo de mantenimiento preventivo no es contabilizado como un paro); sin embargo si el equipo tiene una producción de más de 20 horas diarias, se considera que la ocupación del equipo es de 100%, pues supera el tiempo destinado para producción.

Un tiempo de 4 horas, se tiene destinado los paros programados que se muestran en la Tabla 8, muchas veces estos paros programados no superan este límite de tiempo (sea por producción ininterrumpida, lo que no implica aseo, ajustes pre-operativos o cambios de producto, o por inutilización del equipo); por lo que los paros no programados son restados de este tiempo, hasta completar las 4 horas, cuando estas son superadas, el tiempo de paros no programados es restado del tiempo operativo programado, es decir, de las 20 horas.

La situación anterior aplica de manera similar cuando los paros programados superan las 4 horas, ya sea por cambio excesivo de producto, lo que implica aseo;

o por otros factores que incrementen este tiempo. Por lo que todo el tiempo de exceso se comienza a restar del tiempo operativo programado, es decir, de las 20 horas.

Tabla 9. Clase de factores que se consideran como paros programados y no programados.

Codigo	Concepto	Paro Programado	
		SI	NO
	1 Falta de materia prima		X
	2 Aseo general de planta	X	
	3 Ajuste	X	
	4 Cambio de producto	X	
	5 Mantenimiento Correctivo		X
	6 Mantenimeinto preventivo	X	

La Tabla 10 muestra que durante los meses de Enero y Abril el tiempo productivo del equipo fue ocupado en su totalidad, lo que deja un tiempo diario de 4 horas disponibles para paros, lo que corresponde a un 20% del día. Es precisamente en estos meses cuando los paros del equipo aumentan.

La figura 11 ilustra el comportamiento mensual de ocupación y paros en el equipo, en la figura se evidencia claramente como aumenta el porcentaje de paros, en los mismo meses que aumenta el porcentaje de ocupación.

Tabla 10. Relación entre el porcentaje de tiempo de paro y el tiempo de producción, durante el año 2006.

Relación tiempo productivo vs tiempo de paro			
Año 2006	Porcentaje de paro	Porcentaje de producción	Relación Producción vs Paro
Ene	15%	100%	15,0%
Feb	11%	81%	13,6%
Mar	27%	79%	34,2%
Abr	19%	100%	19,0%
May	24%	78%	30,9%
Jun	11%	48%	23,0%
Jul	11%	66%	16,7%
Ago	14%	71%	19,6%
Sep	13%	73%	17,9%
Oct	11%	55%	20,1%
Nov	9%	52%	17,5%
Dic	13%	66%	19,8%

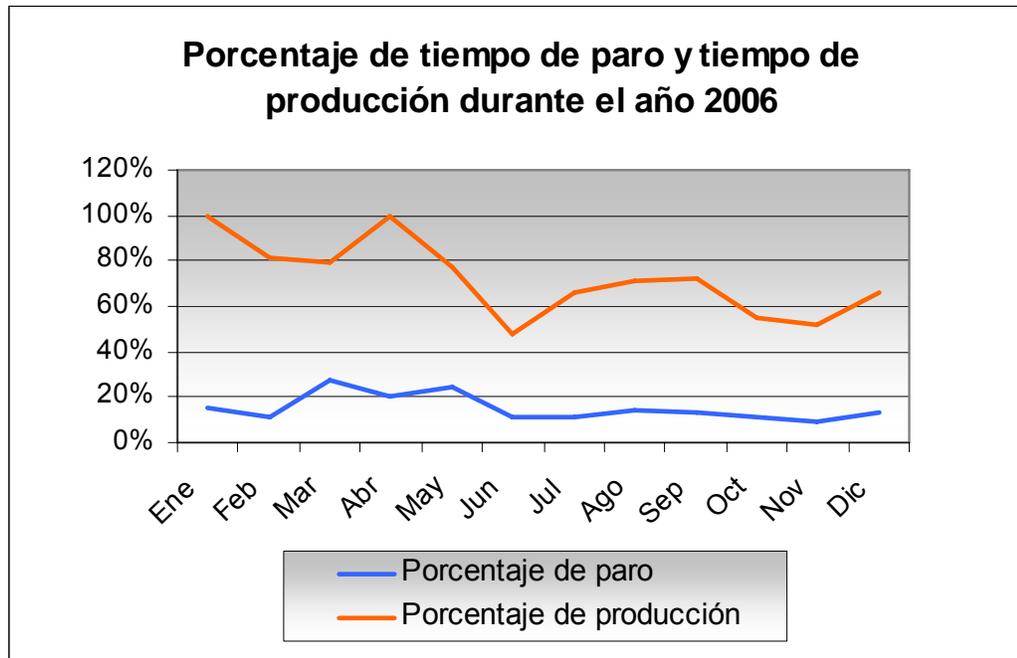
El aumento del porcentaje de tiempo de paro, en los meses de mayor productividad se debe a que la actividad del equipo aumenta; por lo tanto es más factible que puedan presentarse fallas en el equipo, ya sean fallas instantáneas o el desencadenamiento de una serie de fallas repetitivas, como se muestra en las tablas 6,7 y 8.

El porcentaje de tiempo de paro (ver figura 12), respecto a un total de tiempo productivo, demuestra, que de manera similar al comportamiento mostrado en la Figura 11, esta relación aumenta a medida que el porcentaje de tiempo productivo aumenta.

El comportamiento mostrado en la Figura 12, muestra que la relación entre el tiempo productivo y el tiempo de paro no es proporcional, es decir, que dentro de un total de tiempo productivo, se estima que porcentaje de este equivale a tiempo de paro, el cual no corresponde proporcionalmente al tiempo productivo. Es por

esto que meses con poca ocupación como Junio, presentan un porcentaje de fallas alto, similar al mes de Marzo, en donde la ocupación es alta<sup>6</sup>.

Figura 11. Gráfico de los porcentajes de tiempo de paro y productivos, durante los meses del 2006 en la empacadora Prodo Pak CSW8.



La relación no proporcional de paros y ocupación hace difícil predecir que en que momento de la operación del equipo será más propenso a fallar, por lo que una observación más concienzuda del equipo con mayor inversión de tiempo, puede facilitar esta tarea.

<sup>6</sup> Marzo de 2006, presenta un 27% de tiempo de paro y un 79% de tiempo de ocupación.  
Junio de 2006, presenta un 11% de tiempo de paro y un 48% de tiempo de ocupación.

Figura 12. Gráfico del porcentaje de tiempo de paro respecto al tiempo productivo en el año 2006, en la empacadora Prodo Pak CSW8.



### 2.3.2 Capacidad de operario para manejo de equipo

La capacidad del operario para manejo del equipo PP CSW8, se determina definiendo que conocimientos y habilidades debe tener un operario promedio a la hora de realizar actividades pre-operativas, de ajuste y de operación del equipo.

Los conocimientos básicos y las habilidades que el operario debe tener para el correcto ajuste y operación del equipo, se determinan por una serie de actividades que deben realizarse en el equipo correctamente, y que garantiza en cada producción un correcto ajuste u operación del equipo.

Las actividades pre-operativas se deben realizar cada que hay un cambio de producto en el equipo, o cuando se termina un lote y el equipo se va a quedar

parado por un tiempo. Estas actividades incluyen desde la limpieza del equipo, hasta el chequeo de componentes y sistemas.

Tabla 11. Actividades antes de operación que realiza el operario en el equipo PP CSW8.

Preoperativo	Lavado de equipo	Limpieza de tolva
		Limpieza de sistema de alimentación
		Extracción de residuos de material de empaque o producto
	Chequeo de estado de componentes del sistema de alimentación	Chequeo del estado de empaques del sistema de alimentación
		Estado de mangueras
	Chequeo de estado de componentes del sistema de selle y corte	Verificación de filo de cuchillas
		Chequeo de paralelismo de mordazas
		Chequeo de estado de tela de teflón
	Chequeo de sistema neumático	Verificar presiones en reguladores
		Chequeo de estado en conectores neumáticos

Las actividades pre-operativas no plantean mayor dificultad; sin embargo el personal que las realiza debe tener un amplio conocimiento del equipo y del estado en que debe estar cada uno de sus componentes para un correcto funcionamiento; estas actividades se muestran en la Tabla 11.

Las actividades de ajuste, se hacen justo antes de comenzar la operación. En este punto el operario debe tener un conocimiento más amplio del producto que se va a empacar y de la relación entre las variables del proceso (ver Tabla 4).

Tabla 12. Actividades de ajuste que realiza el operario en la PP CSW8, antes de comenzar operación.

Ajustes	Montaje de bobina de material de empaque (laminado)	
	Centrado de cara y dorso de material de empaque	
	Programación de funciones del equipo antes de alimentación de producto	Apertura y cierre de mordazas verticales
		Carrera de Marco H
		Apertura y cierre de mordaza horizontal
		Verificar temperatura de mordazas
		Corte de cuchilla horizontal
	Programación de funciones del equipo después de alimentación de producto	Tiempo de dosificación
		Velocidad de bomba de alimentación
		Accionamiento de shuttle

Tabla 13. Actividades durante operación que realiza el operario en el equipo PP CSW8.

Operación	Contador de banda	
	Calidad del empaque	chequeo de presión de sellado
		chequeo de peso del sobre empacado
		Chequeo de longitudes de sobre
		Chequeo de marcación de Lote y fecha de vencimiento
	Empaque en bolsa y etiquetado de bolsa	
	Empaque de bolsas en caja y etiquetado de caja	

Las actividades operativas del equipo (ver Tabla 13), después de que los ajusten se llevan a cabo satisfactoriamente, son simples en cuanto al equipo, pero

requiere más conocimiento de los estándares de calidad que debe tener el producto empacado. Algunos aspectos que deben verificarse una vez el producto se empaca, son calidad del sellado, peso del producto y longitudes, para así proceder al empaque final del producto y su arrume, para ser despachado posteriormente.

## 2.4 CONVERSIÓN DE INDICADORES PARA CÁLCULO DE OEE

### 2.4.1 Definición de las seis grandes pérdidas

La relación entre las pérdidas y la eficiencia del equipo está claramente definida por la calidad del producto y la disponibilidad del equipo. Sobre la base de un estudio de los factores que reducen la eficacia del equipo, las pérdidas se dividen en los seis tipos (TAJIRI, 1999, 3).

- Pérdidas por paros

Las pérdidas por paros son aquellas que requieren algún tipo de reparación y requieren que algunas piezas sean reemplazadas para que el equipo continúe con su funcionamiento.

- Pérdidas por puesta a punto y ajustes de equipo

Las pérdidas por puesta a punto y ajuste son causadas por cambios en las condiciones de operación, como comienzos de producción, arranque de cada lote, cambio de productos, ajustes; la magnitud de tiempo de este tipo de pérdidas, también son contabilizadas como paros.

- Pérdidas por paros menores

Estas pérdidas son causadas por eventos como intermitencias, atascos y funcionamiento en vacío. Sin embargo estas pérdidas no pueden ser medidas inmediatamente, a menos que se cuente con los instrumentos adecuados.

- Pérdidas por disminución de velocidad

Las pérdidas por disminución de velocidad, ocurre cuando el equipo opera a una velocidad menor a su velocidad de operación teórica. Las pérdidas por velocidad son medidas en términos de la proporción de la velocidad real y la velocidad teórica.

- Pérdidas por defectos de calidad

Son causadas por la producción de piezas defectuosas durante la operación normal del equipo, lo cual implica un desperdicio de tiempo que debió haber sido invertido en la producción de piezas que cumplan con especificaciones de calidad. Las piezas defectuosas deben ser reprocesadas o desechadas, donde hay desperdicio de material de empaque y producto.

- Pérdidas antes de alcanzar producción estable

Estas pérdidas son las generadas entre la puesta en marcha y la producción estable del equipo, en ocasiones son difíciles de identificar, pues depende de la variabilidad del proceso y la cantidad de piezas producidas en cada arranque de equipo.

## 2.4.2 Definición de Eficiencia Global del equipo EGE

Los indicadores que actualmente utiliza la compañía para medición indicadores de productividad son útiles en cierta medida, pero no proporcionan la suficiente información, para hacer comparativos con indicadores globales usados en la metodología de TPM como el indicador de EGE<sup>7</sup>.

La efectividad Global de los equipos (EGE), es una medida que utiliza la metodología de TPM, para indicar que tan eficiente es el equipo desde todos los aspectos. (THE PRODUCTIVE DEVELOPMENT TEAM, 1999,2).

El indicador EGE, es el resultado de la medición de pérdidas del equipo, que dentro de la metodología de TPM son conocidas como las 6 grandes pérdidas, que incluyen pérdidas por tiempo, pérdidas por velocidad y pérdidas por defectos (RAMIREZ RIOS, 2006, 17).

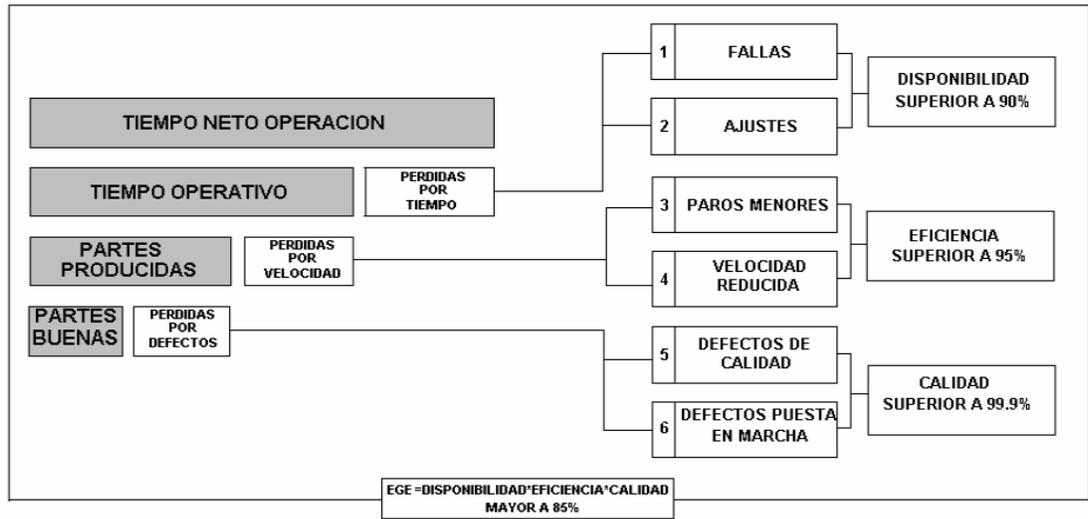
Las 6 grandes pérdidas son en términos generales todas las perdidas que puedan presentarse en el período operativo del equipo, entre estas se encuentran: Fallas y ajustes (que afectan la disponibilidad del equipo), paros menores y reducción de velocidad (que afectan eficiencia de equipo) y defectos de calidad y defectos de puesta en marcha (que afectan la calidad); como se observa en la Figura 13.

La ventaja de comenzar a medir la eficiencia del equipo PP CSW8 y otros equipos al interior de la compañía es, que se presentan con mayor claridad los factores que afectan la eficiencia del equipo, así como se puede identificar que porcentaje de estos corresponde a Disponibilidad, que porcentaje a Eficiencia y que porcentaje a Calidad.

---

<sup>7</sup> EGE: Eficiencia Global del Equipo o su sigla en inglés OEE: Overall Equipment Efficiency

Figura 13. Relación de EGE con las 6 grandes pérdidas consideradas por el TPM.



SHIROSE, 1992,53

Tabla 14. Definición de conceptos de Disponibilidad, Eficiencia y calidad, dentro del marco de Eficiencia Global del Equipo.

<b>Disponibilidad</b>	Comparación entre tiempo operativo potencial y tiempo en que la máquina realmente está haciendo productos. Mide las pérdidas de disponibilidad debido a paros no programados.
<b>Eficiencia</b>	Comparación de la cantidad de unidades producidas con lo que la máquina debería estar produciendo al mismo tiempo. Si la eficiencia es del 60% y se puede incrementar al 90%, se puede calcular cuantas unidades adicionales se puede producir en ese tiempo adicional de disponibilidad.
<b>Calidad</b>	Comparación entre la cantidad de productos hechos y la cantidad de productos que cumplen con las especificaciones del cliente. Estas pérdidas por calidad representan que el tiempo para producir, se utilice en la producción de productos defectuosos, es decir, un tiempo que se pierde.

RAMIREZ RIOS, 2006, 21.

### 2.4.3 Modelo de cálculo de EGE

El cálculo de EGE, requiere del cálculo independiente de cada factor que lo conforma, es decir, requiere del cálculo del porcentaje de disponibilidad, del porcentaje de eficiencia y de porcentaje de calidad.

El indicador de Eficiencia Global del Equipo, EGE, se obtiene del producto de la disponibilidad, la eficiencia y la calidad, cada una de estas expresadas porcentualmente, esta expresión se muestra en la Ecuación 2. (RAMIREZ RIOS, 2006, 26)

El porcentaje de disponibilidad relaciona el tiempo neto disponible del equipo, con el tiempo real de trabajo, ya que generalmente un equipo en operación realiza paros no programados debido a ajustes o fallas.

Ecuación 2. Cálculo de Eficiencia Global del equipo (EGE)

$EGE = D \cdot E \cdot C$	
Donde:	$EGE$ = Eficiencia Global del equipo
	$D$ = Porcentaje de Disponibilidad
	$E$ = Porcentaje de Eficiencia
	$C$ = Porcentaje de Calidad

RAMIREZ RIOS, 2006, 26

El porcentaje de Eficiencia del equipo, relaciona la cantidad de unidades que debe producirse con la velocidad objetivo del equipo, con las unidades que realmente se producen; y que debido a velocidades menores de operación o fallas del equipo, no alcanzan la producción objetivo. El modelo de cálculo para el porcentaje de eficiencia se muestra en la ecuación 4.

Ecuación 3. Cálculo del porcentaje de disponibilidad

$$D = \frac{t_{operativo}}{t_{neto\_disponible}} \cdot 100$$

Donde  $D$  = Porcentaje de Disponibilidad  
 $t_{operativo}$  = Tiempo operativo  
 $t_{neto\_disponible}$  = Tiempo neto disponible

RAMIREZ RIOS, 2006, 26

El porcentaje de calidad, relaciona las piezas buenas producidas durante el tiempo operativo, con las piezas totales producidas en este tiempo. La mayoría de las piezas cumplen con las especificaciones de calidad, pero cierta cantidad de piezas deben ser rechazadas, ya sea por cambios en las variables del proceso, problemas de calidad en las materias primas u otros factores que interfieran en la calidad de las piezas.

Ecuación 4. Cálculo para el porcentaje de Eficiencia (Relaciona Ratas de producción)

$$E = \frac{\left( \frac{Piezas_{totales}}{t_{operativo}} \right)}{Rata_{objetivo\_pdn}} \cdot 100$$

Donde  $E$  = Porcentaje de Eficiencia  
 $t_{operativo}$  = Tiempo operativo  
 $Rata_{objetivo\_pdn}$  = Rata objetivo de producción

RAMIREZ RIOS, 2006, 29

Ecuación 5. Cálculo para el porcentaje de eficiencia (relaciona unidades producidas)

$$E = \frac{Piezas_{totales}}{Piezas_{objetivo}} \cdot 100$$

Donde  $E$  = Porcentaje de Eficiencia  
 $Piezas_{totales}$  = Piezas totales producidas en tiempo operativo  
 $Piezas_{objetivo}$  = Piezas objetivo a producir

RAMIREZ RIOS, 2006, 29

Ecuación 6. Cálculo del porcentaje de calidad

$$C = \frac{Piezas_{buenas}}{Piezas_{totales}} \cdot 100$$

Donde  $C$  = Porcentaje de Calidad  
 $Piezas_{buenas}$  = Piezas buenas producidas en tiempo operativo  
 $Piezas_{totales}$  = Piezas totales producidas en tiempo operativo

RAMIREZ RIOS, 2006, 30

#### 2.4.4 Cálculo de EGE para equipo PP CSW8

La compañía actualmente maneja algunos indicadores que se relacionan con el tiempo productivo del equipo, además cuenta con la información suficiente para hacer una relación entre las partes producidas y entre la producción ideal de piezas; con esta información es posible conocer el porcentaje de disponibilidad (ver Ecuación 3) y el porcentaje de eficiencia (ver Ecuación 5).

Los indicadores con los que cuenta la compañía actualmente brindan información para el cálculo de EGE; sin embargo la recolección de información adicional se hizo necesaria para realizar el cálculo de los porcentajes de eficiencia y calidad.

El porcentaje de disponibilidad se obtiene directamente del porcentaje de ocupación que maneja actualmente (ver Tabla 15) y que relaciona el tiempo neto disponible del equipo con el tiempo operativo real, esto debido a paros no programados como los que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 15. Porcentaje de Disponibilidad para el equipo Prodo Pak CSW8

Variable	MES	Porcentaje de Disponibilidad
Unidad	Mes	%
Datos	ENE	100%
	FEB	81%
	MAR	79%
	ABR	100%
	MAY	78%
	JUN	48%
	JUL	66%
	AGO	71%
	SEP	73%
	OCT	55%
	NOV	52%
	DIC	66%

El porcentaje de Eficiencia se calcula con la cantidad de piezas objetivos que se pueden producir en el tiempo operativo; entonces si en el tiempo de ocupación del equipo se producen piezas con la mayor velocidad del equipo, que es de 45 CPM, (ver Tabla 1), y teniendo en cuenta que en cada ciclo se producen 8 sobres, se puede calcular la cantidad de piezas objetivo por minuto y a la vez la cantidad de piezas objetivo por mes.

El número de piezas reales obtenido en el tiempo operativo, se calcula con la cantidad de Kilogramos de producto empacados por mes, teniendo en cuenta que cada sobre tiene una masa de 8 gramos, puede calcularse la cantidad de sobres reales empacados por mes.

El porcentaje de calidad se calcula mediante supuestos, ya que un dato exacto de productos defectuosos producidos en cada equipo; pero teniendo en cuenta que un operario tarda diariamente un promedio de 17 minutos ajustando el equipo hasta obtener un sobre que cumpla con los estándares de calidad.

Tabla 16. Porcentaje de eficiencia para el equipo Prodo Pak CSW8

Variable	MES	CPM	Piezas por Ciclo	Piezas por minuto (Objetivo)	Piezas por mes (Objetivo)	Kilogramos empacados por mes	Peso por pieza	Piezas por mes (reales)	Porcentaje de Eficiencia
Unidad	Mes	ciclos/min	und	und/min	und/mes	Kg/mes	Kg	und/mes	%
Datos	ENE	45	8	360	8.640.000	34.107,0	0,008	4.263.375,0	49,3%
	FEB	45	8	360	7.029.000	34.117,8	0,008	4.264.725,0	60,7%
	MAR	45	8	360	6.840.000	32.414,7	0,008	4.051.837,5	59,2%
	ABR	45	8	360	8.640.000	37.265,3	0,008	4.658.166,3	53,9%
	MAY	45	8	360	6.709.333	38.663,0	0,008	4.832.878,8	72,0%
	JUN	45	8	360	4.132.500	14.080,2	0,008	1.760.025,0	42,6%
	JUL	45	8	360	5.677.500	27.552,3	0,008	3.444.037,4	60,7%
	AGO	45	8	360	6.174.000	29.283,3	0,008	3.660.408,8	59,3%
	SEP	45	8	360	6.277.714	34.346,4	0,008	4.293.295,0	68,4%
	OCT	45	8	360	4.735.385	30.462,0	0,008	3.807.755,0	80,4%
	NOV	45	8	360	4.454.667	32.104,7	0,008	4.013.091,3	90,1%
	DIC	45	8	360	5.670.000	30.347,3	0,008	3.793.415,0	66,9%

Las piezas producidas antes de ajustar la máquina para obtener la calidad deseada, son tomadas como piezas defectuosas; después del ajuste del equipo todas las piezas cumplen con los estándares de calidad, a menos que el equipo nunca haya sido ajustado correctamente, como es el caso de Abril de 2006, donde se realiza una devolución de dos lotes de un producto, lo que equivale a 208330

sobres que presentaban microfugas, lo que indica que el operario no ajustó completamente el sistema de sellado del equipo y no chequeó la presión de sellado de los sobres.

El acontecimiento de Abril de 2006, hace que el porcentaje de calidad se vea disminuido en una cantidad mayor a la de otros meses, esta situación es apreciada en la Tabla 17, donde se hace el cálculo de porcentaje de calidad.

Los porcentajes de disponibilidad, eficiencia y calidad, posibilitan la obtención del porcentaje de Eficiencia Global del Equipo, EGE, que es obtenido aplicando la Ecuación 2 y se muestra en la Tabla 18.

Tabla 17. Porcentaje de calidad en el equipo CSW8

Variable	MES	Piezas por mes (reales)	Piezas defectuosas por día	Piezas defectuosas por Mes	Piezas buenas por mes (reales)	Porcentaje de Calidad
Unidad	Mes	unidad/mes	unidad	unidad/mes	unidad/mes	%
Datos	ENE	4.263.375,0	6120	146880	4.116.495,0	96,6%
	FEB	4.264.725,0	6120	146880	4.117.845,0	96,6%
	MAR	4.051.837,5	6120	146880	3.904.957,5	96,4%
	ABR	4.658.166,3	6120	146880	4.302.956,3	92,4%
	MAY	4.832.878,8	6120	146880	4.685.998,8	97,0%
	JUN	1.760.025,0	6120	146880	1.613.145,0	91,7%
	JUL	3.444.037,4	6120	146880	3.297.157,4	95,7%
	AGO	3.660.408,8	6120	146880	3.513.528,8	96,0%
	SEP	4.293.295,0	6120	146880	4.146.415,0	96,6%
	OCT	3.807.755,0	6120	146880	3.660.875,0	96,1%
	NOV	4.013.091,3	6120	146880	3.866.211,3	96,3%
	DIC	3.793.415,0	6120	146880	3.646.535,0	96,1%

Los valores aceptados mundialmente como estándares de EGE superan el 90% en los tres factores que lo conforman; sin embargo representan un 84,5% en el

porcentaje de EGE, en la Tabla 19 se muestra la magnitud estándar para cada uno de los indicadores.

Tabla 18. Porcentaje de Eficiencia Global para el equipo Prodo Pak CSW8

Variable	MES	Porcentaje de Disponibilidad	Porcentaje de Eficiencia	Porcentaje de Calidad	EGE
Datos	ENE	100%	49,3%	96,6%	<b>47,6%</b>
	FEB	81%	60,7%	96,6%	<b>47,7%</b>
	MAR	79%	59,2%	96,4%	<b>45,2%</b>
	ABR	100%	53,9%	92,4%	<b>49,8%</b>
	MAY	78%	72,0%	97,0%	<b>54,2%</b>
	JUN	48%	42,6%	91,7%	<b>18,7%</b>
	JUL	66%	60,7%	95,7%	<b>38,2%</b>
	AGO	71%	59,3%	96,0%	<b>40,7%</b>
	SEP	73%	68,4%	96,6%	<b>48,0%</b>
	OCT	55%	80,4%	96,1%	<b>42,4%</b>
	NOV	52%	90,1%	96,3%	<b>44,7%</b>
	DIC	66%	66,9%	96,1%	<b>42,2%</b>
PROMEDIO		72%	64%	96%	<b>43%</b>

Tabla 19. Niveles de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad con base mundial

FACTOR EGE	CLASE MUNDIAL
Disponibilidad	90%
Eficiencia	95%
Calidad	99,9%
<b>EGE</b>	<b>85,4%</b>

RAMIREZ RIOS, 2006, 30

Los valores de EGE para el equipo Prodo Pak CSW8, está bastante alejados del estancar mundial para estos indicadores; aunque se observa que la disponibilidad y la calidad se encuentran en un valor alto, el porcentaje de eficiencia hace que el indicador de EGE disminuya notablemente, esto se debe a que no todos los

productos de la empresa pueden ser empacados a la velocidad más alta del equipo por características como viscosidad, temperatura, textura, peso, material de empaque, entre otras, como se ilustra en la Tabla 4.

La conversión de indicadores que actualmente se utilizan en la compañía, a indicadores de EGE, posibilitan que el análisis de datos y la solución de problemas que se presentan en el equipo, sea más rápida y clara; por lo que es importante que antes, durante y después de la implementación de mantenimiento autónomo, se hagan comparaciones con indicadores de Eficiencia Global del Equipo, para evidenciar las bondades o problemas de la metodología.

### 3 DEFINICION DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El propósito del mantenimiento autónomo es enseñar a los operarios cómo mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, lubricación, reposición de elementos, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento, incluyendo la detección temprana de anomalías (SHIROSE, 1984, 93).

El mantenimiento autónomo requiere que los operarios conozcan su equipo, además de ajustar el equipo y determinar la calidad de las piezas entregadas, el operario debe desarrollar la habilidad de detectar anomalías; para esto se requiere que el operario sea capaz de juzgar si algo está normal o anormal, cumplir estrictamente las reglas de funcionamiento del equipo y tener una rápida respuesta ante las anomalías.

El plan de mantenimiento autónomo consta básicamente de cuatro etapas en donde se desarrollan capacidades fundamentales en los operarios, en donde se detectan anomalías, se entiende el funcionamiento del equipo, se relaciona la calidad del producto con el equipo y se pueden hacer leves reparaciones (SHIROSE, 1984, 95).

#### 3.1 CAPACIDADES QUE EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DESARROLLA EN EL OPERARIO

Las Capacidades que debe desarrollar el operario, durante su entrenamiento en mantenimiento autónomo consisten en detección de comportamientos extraños, identificar anomalías mediante el entendimiento de funcionamiento del equipo; además de establecer la relación entre calidad y funcionamiento del equipo.

- Capacidad de detectar comportamiento extraños de equipo y realizar mejoras

En esta etapa se requiere que el operario tenga conocimientos a cerca del equipo, además de realizar limpieza del *todo* el equipo, no sólo lo que involucra contacto con el alimento (como se realiza actualmente en el equipo PP CSW8); hacer rutinas de lubricación y detectar anomalías, reparándolas de ser posible.

- Capacidad de conocer como funciona el equipo en identificar causas de anomalías

En esta etapa se debe tener un criterio para juzgar anomalías y decidir cuando es necesario parar el equipo; saber que partes del equipo revisar al hacer una inspección, capacidad de realizar limpiezas e inspecciones que permitan mantener el equipo en sus mejores condiciones y muy importante, conocer la relación entre causas y fallas que presenta la máquina.

- Capacidad de establecer relación entre la calidad del producto y el comportamiento del equipo

La etapa consiste en relacionar la calidad del producto con el desempeño de la máquina y a su vez analizar físicamente que causa fallos con la calidad; y tener conocimiento de los rangos de tolerancia permitidos en el proceso.

Es importante resaltar que para esta etapa del proceso, en la compañía Griffith Colombia S.A., ya se cuenta con la metodología de BPM<sup>8</sup> difundida en los operarios, quienes se encargan de la revisión de la calidad de los productos.

---

<sup>8</sup> Buenas Prácticas de Manufactura

- Capacidad de hacer reparaciones

La etapa final en la que se relaciona el operario, en donde este puede sustituir componentes del equipo, calcular vida útil aproximada de componentes de continua rotación, hacer parte de mantenimientos de rutina y desarrollar un criterio para tomar decisiones de emergencia (SHIROSE, 1984, 93-131).

## 3.2 PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Los pasos convencionales usados por cualquier tipo de compañía para la implementación del mantenimiento autónomo son siete, que debe seguirse ordenadamente para obtener resultados satisfactorios.

### 3.2.1 Limpieza inicial

La limpieza inicial, consiste en eliminar toda la suciedad y contaminación que pudo haber adquirido el equipo bajo condiciones de operación normal, con la premisa de que “Limpiar es inspeccionar”, haciendo posible la detección temprana de anomalías. Es de anotar que el la limpieza inicial es ardua, pero al convertirla en rutina hace que las siguientes limpiezas sean se suma facilidad (SHIROSE, 1984, 111).

### 3.2.2 Eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles

En este paso se hacen mejoras para eliminar la contaminación y fugas de lubricante, aire o aceite; se eliminan las fuentes de polvo y otros contaminantes, se mejora la accesibilidad de áreas que son difíciles de limpiar y lubricar, reduciendo de esta manera los tiempos de limpieza y lubricación.

Tabla 20. Posible mejoras genéricas para eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles

<b>PUNTOS CLAVE DE MEJORA</b>	Facilitar limpieza del equipo
	Minimizar la dispersión de suciedad, oxido y polvo
	Eliminar contaminación en la fuente
	Minimizar áreas de flujo de lubricantes
	Facilitar inspección del equipo
	Instalar ventanas de inspección
	Apretar partes sueltas del equipo
	Cambiar métodos de lubricación
	Cambiar distribución de cableado
	Facilitar el cambio de partes del equipo

SHIROSE, 1984, 117

### 3.2.3 Estándares de limpieza y lubricación

En este caso se establecen las rutinas de limpieza y lubricación, con intervalos de tiempo de acuerdo a las necesidades del proceso, estos estándares deben ser de fácil entendimiento y pasos claramente definidos para que sean ejecutables y comprobables.

Los estándares de lubricación y limpieza se realmente serán utilizados, si las personas que deben seguirlos comprenden la importancia vital de las tareas de limpieza y lubricación, si el equipo se modifica y mejora para facilitar dichas tareas; y si en el programa diario de producción del equipo son incluidas las rutinas de limpieza y lubricación (SHIROSE, 1984, 120).

El tiempo para limpieza y lubricación no debe ser ilimitado, peor tampoco indefinido, ya que de esta manera puede tomar mucho tiempo; el tiempo para la

realización de las actividades de limpieza y lubricación, debe ser aproximadamente un 2% del total de trabajo (SHIROSE, 1984, 121).

### 3.2.4 Inspección general

El entrenamiento en destrezas de acuerdo a los manuales del equipo, la detección y reparación de fallas menores en inspecciones generales, la modificación del equipo para facilitar su inspección, son las actividades a desarrollar en este paso.

Tabla 21. Posibles actividades genéricas para la creación de estándares de lubricación

LUBRICACION	
PUNTOS CLAVE PARA CREACION DE ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN	Especificar claramente lubricante a usar
	Unificar tiempos para todas las lubricaciones
	Listar minuciosamente todos los puntos a lubricar
	Crear diagramas de lubricación
	Medir la cantidad usada por aplicación
	Revisar método de retirada de lubricante sucio
	Crear etiquetas de lubricación y adherir a los puntos a lubricar
	Montar estación de servicio para mantener lubricantes y equipos de lubricación
	Listar dificultades relacionadas con la lubricación

SHIROSE, 1984, 121

Los operarios deben ser instruidos en la tecnología básica del equipo, como instrucciones de lubricación, partes del equipo, apriete de tuercas y pernos, sistema neumático, sistema hidráulico, circuitos eléctricos, sistema de transmisión del equipo entre otras tecnología básicas de funcionamiento del equipo. (SHIROSE, 1984, 123).

Tabla 22. Actividades genéricas para el desarrollo de la inspección general

PROCEDIMIENTO PARA DESARROLLO DE INSPECCIÓN GENERAL
Entrenamiento básico para líderes
Formación práctica (líderes a miembros del grupo)
Puesta en practica de lo aprendido por parte de operarios
Promoción de control visual

SHIROSE, 1984, 123

- Inspección autónoma

El paso de inspección autónoma tiene dos finalidades, una es la actualización de estándares de los pasos de “lubricación y limpieza” e “inspección general”, para que puedan ser realizados dentro de los parámetros establecidos como meta.

La segunda finalidad del paso de inspección autónoma es que el operario domine la instalación de modo que consiga mejorar la calidad del producto, desde su conocimiento del equipo.

El desarrollo de una unificación de estándares de limpieza, lubricación e inspecciones generales se lleva a cabo en este paso, en donde se hace una diferenciación de los puntos que pueden ser inspeccionados por el operario y

cuales requiere inspección de personal especializado de mantenimiento (SHIROSE, 1984, 132).

Tabla 23. Actividades genéricas para el desarrollo de la inspección autónoma

INSPECCIÓN AUTÓNOMA	
ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE INSPECCIÓN AUTÓNOMA	Revisión de estándares de limpieza, inspección y lubricación
	Consultar con el Departamento de mantenimiento sobre los puntos de inspección y dejar bien especificada la asignación de tareas para evitar omisiones
	Ver si las tareas de inspección pueden o no ser realizadas dentro del horario de trabajo, realizar mejoras ahorradoras de tiempo
	Ver si puede elevarse el nivel de conocimientos necesarios de los operarios para la inspección
	Asegurarse de que la inspección autónoma se lleva a cabo correctamente por todos los operarios

SHIROSE, 1984, 133

- Proceso de aseguramiento de la calidad

En este paso los esfuerzos son enfocados al logro de aseguramiento de la calidad en el proceso, en la búsqueda de cero defectos. La calidad del producto no debe ser asegurada por un impredecible comportamiento humano, sino por un proceso que reduzca el número de defectos a cero (TAJIRI, 1999, 223).

El paso de aseguramiento de la calidad desarrolla actividades orientadas a tres enfoques, como son el desarrollo para prevenir salida de productos defectuosos más allá del proceso, desarrollo de actividades para prevenir la fabricación de productos defectuosos y desarrollo de actividades para mantener las condiciones

de calidad que se logran con la consecución de pasos anteriores del mantenimiento autónomo (TAJIRI, 1999, 235).

Tabla 24. Actividades genéricas para el desarrollo del paso de aseguramiento de la calidad

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	
ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL PASO DE ASEGURAMIENTO CALIDAD	<i>Soluciones enfocadas a los resultados de calidad</i>
	◦ Definición de diagrama de flujo de aseguramiento de calidad
	◦ Evaluación de calidad del proceso
	◦ Medidas preventivas contra la salida de productos defectuosos más allá del proceso
	◦ Manejo de producto
	◦ Detección de defectos cuando estos ocurren
	<i>Soluciones enfocadas a las causas de calidad</i>
	◦ Control de materia prima
	◦ Medición de aparatos de control
	◦ Condiciones de control de máquina
	◦ Control a prueba de errores
	<i>Establecimiento de un sistema de aseguramiento de calidad en el proceso</i>

TAJIRI, 1999, 236

- Implementación Total del mantenimiento autónomo

En esta parte del proceso, se busca mantener lo obtenido en los pasos anteriores y se plantean objetivos más altos que los logrados en base a los resultados obtenidos en las actividades anteriores, buscando el mejoramiento continuo.

Las actividades a desarrollar en este paso consisten en mantener la actividad, que debe ser reforzada arduamente por un comité apoyados desde la gerencia; mejorar la actividad, buscando nuevas métodos y maneras de hacer las cosas,

apoyados en el método CAPD; y finalmente transferencia de conocimiento y cultura de mantenimiento autónomo, a los nuevos operarios y empleados de la compañía (TAJIRI, 1999, 266).

Tabla 25. Resumen de etapas y pasos den mantenimiento autónomo

ETAPA	CAPACIDADES	RELACION CON EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	FORMACIÓN REQUERIDA	DIRIGIDA A	
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para reconocer anomalías de los equipos</li> <li>Habilidad para hacer mejoras</li> </ul>	<p><b>Paso 1:</b> Limpieza inicial</p> <p><b>Paso 2:</b> Eliminar las fuentes de contaminación y áreas inaccesibles</p> <p><b>Paso 3:</b> Creación y puesta en práctica de los estándares de limpieza y lubricación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar intuición para identificar anomalía</li> <li>Desarrollar la habilidad de hacer mejoras que eliminen anomalías</li> </ul> <p>Cuando los propios operarios crean los estándares, son más capaces de mantenerlos</p>	Introducción a TPM	Encargado o superiores
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender funciones y mecanismos del equipo</li> </ul>	<p><b>Paso 4:</b> Inspección general</p>	Los operarios experimentados enseñan a los menos expertos las condiciones apropiadas del equipo, y otros conocimientos relacionados con el mantenimiento	Estudios sobre inspección general	Líderes de grupo o jefes de departamento
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender relación entre condiciones de equipo y calidad</li> </ul>	<p><b>Paso 5:</b> Inspección autónoma</p> <p><b>Paso 6:</b> Aseguramiento de la calidad</p> <p><b>Paso 7:</b> Implantación plena del programa de mantenimiento autónomo</p>	Organización de los datos que describen las condiciones de equipo libre de defectos, y gestión del mantenimiento para apoyar esas condiciones	Estudio de análisis PM	Jefe de Departamneto o sección , o líder de grupo
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para reparar en equipo</li> </ul>	<p>Pequeñas reparaciones</p> <p>Grandes Reparaciones</p>	Aprendizaje mediante cursos	mejora de capacidad de mantenimiento	Encargado, staff PM, operarios

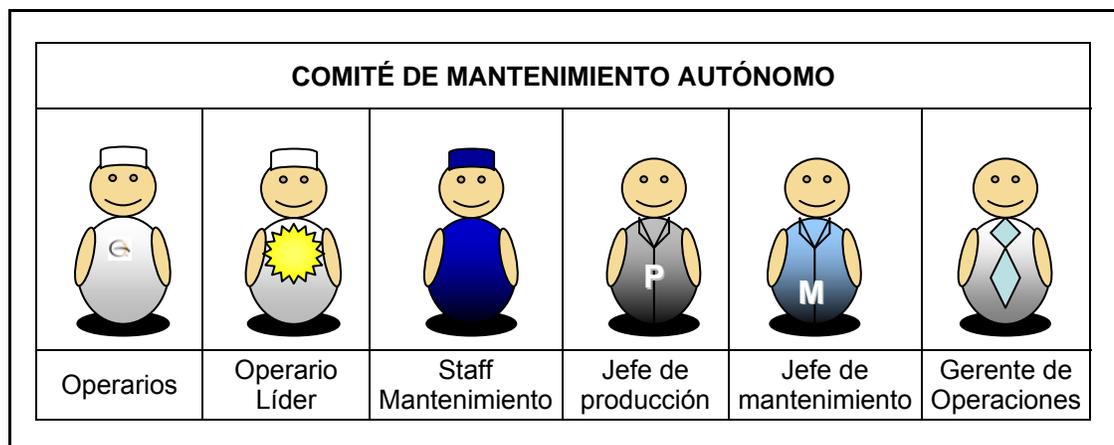
SHIROSE, 1984, 98

#### 4 PLANEACION PRIMERA ETAPA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

La implantación de mantenimiento autónomo hace necesario que se conforme un comité de Mantenimiento Autónomo, compuesto por un grupo de operarios del equipo piloto, que en definitiva será el encargado de la ejecución del plan de mantenimiento autónomo; Jefe de Mantenimiento, staff de mantenimiento, Gerente de operaciones, Jefe de producción o supervisor de producción.

El comité de mantenimiento autónomo estará envuelto en todo el proceso de planeación y por supuesto ejecución de las actividades; el grupo de operarios del equipo debe estar representado por un operario líder, que esté comprometido con el proceso y pueda comunicar información a su grupo y exponer la ideas que el grupo plantea.

Figura 14. Representación gráfica de los integrantes del comité de mantenimiento autónomo

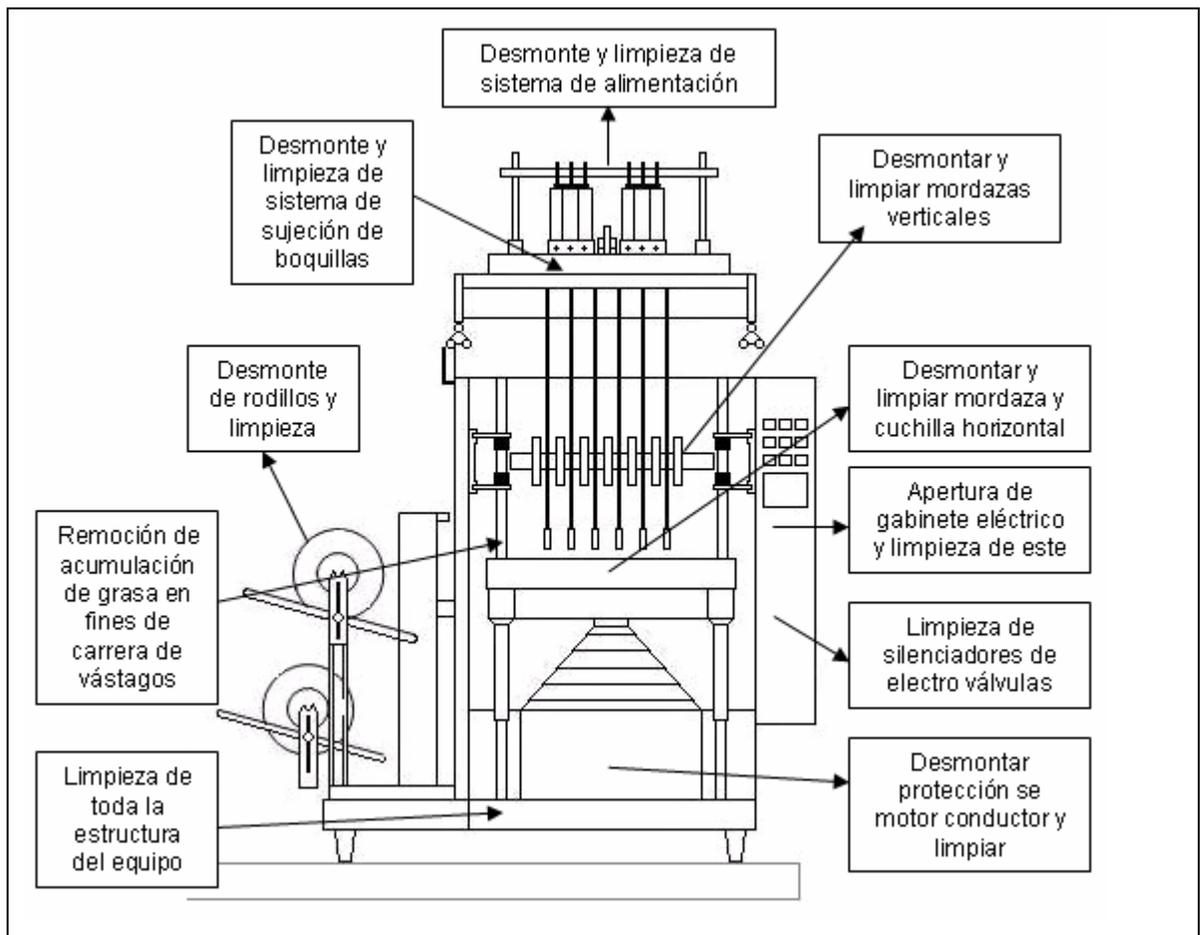


La Figura 14, muestra la representación gráfica del comité de mantenimiento, que será utilizada en los distintos formatos y planilla que deben ser utilizados en el desarrollo del mantenimiento autónomo.

#### 4.1 PLANEACIÓN DE LIMPIEZA INICIAL PARA EQUIPO PILOTO

La limpieza inicial busca eliminar tanto la suciedad y contaminación visibles, como la suciedad oculta. En el equipo PP CSW8, son empacados distintos referencias de productos, como se muestra en la Tabla 3. Por lo que residuos de distintos productos, que en muchos casos no son compatibles entre sí, y que de corta vida útil cuando están en contacto con el aire; deben ser limpiados efectivamente.

Figura 15. Diagrama que señala los componentes objetivo del equipo PP CSW8, durante la limpieza inicial



La Figura 15, muestra la limpieza inicial a realizarse en el equipo, esta se diseña en base a las fallas por suciedad que generan mantenimientos preventivos en el equipo PP CSW8, en el año 2006 (Ver Tablas 6, 7 y 8).

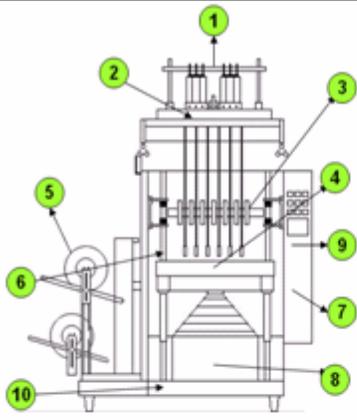
La limpieza inicial debe realizarse en un día en que no haya producción para no tener limitaciones de tiempo, deber ser acompañada por un electricista y un mecánico de mantenimiento, quienes deben asistir a los operarios que realizan la limpieza en el desmonte de piezas del equipo y resolver dudas para el conocimiento e inspección del equipo mediante la limpieza.

El Formato 1, indica cuales son las actividades a realizar en el equipo piloto y quienes son los responsables; además de ilustrar mediante un diagrama la ubicación de los componentes a ser limpiados; el tiempo en cada actividad corresponde a l tiempo que toma en ser limpiado cada componente del equipo.

La identificación de áreas de trabajo difícil, de fuentes de contaminación, áreas defectuosas y preguntas surgidas durante la limpieza inicial, deben ser debidamente registradas, para ser posteriormente discutidas y resueltas, en el Formato 2, conocido como las “Cuatro Listas”, es el registro que debe llenarse después de la limpieza inicial.

Cuando el Formato 2, es decir el formato de las cuatro listas ha sido diligenciado, el grupo que realiza la limpieza inicial define una cita con el comité de Mauto (Ver Anexo 2), que se realiza en una fecha prevista. En dicha fecha se planea la solución a rubros como áreas defectuosas, Fuentes de contaminación y áreas de trabajo difícil, además de resolver las dudas que surgen durante la limpieza inicial (TAJIRI, 1999, 89-99).

Formato 1. Formato para Limpieza inicial

PASO 1 DE MAUTO: LIMPIEZA INICIAL							
EQUIPO: PRODO PAK CSW8							
FECHA:							
DIAGRAMA DE COMPONENTES				<b>FINALIDAD:</b> Este programa se realiza con la finalidad de eliminar la suciedad e identificar fuentes de contaminación y/o fugas, piezas defectuosas u otras anomalías	 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
						<b>RESPONSABLE</b>	
    							
ACTIVIDADES							
			Tiempo	OL	O	M	P
LIMPIEZA INICIAL	1ª	Desmonte y limpieza de sistema de sujeción de boquillas		⊙	⊙		
	2ª	Desmonte y limpieza de sistema de alimentación		⊙	⊙		
	3ª	Desmontar y limpiar mordazas verticales		⊙	⊙	⊙	
	4ª	Desmontar y limpiar mordaza y cuchilla horizontal		⊙	⊙	⊙	
	5ª	Desmonte de rodillos y limpieza			⊙		
	6ª	Remoción de acumulación de grasa en fines de carrera de vástagos			⊙		
	7ª	Limpieza de silenciadores de electroválvulas		⊙	⊙	⊙	
	8ª	Desmontar protección se motor conductor y limpiar		⊙		⊙	
	9ª	Apertura de gabinete eléctrico y limpieza de éste		⊙		⊙	
	10ª	Limpieza de toda la estructura del equipo				⊙	
SUPERVISIÓN DE ACTIVIDAD							⊙

ASISTENTES


## Formato 2. Las cuatro listas

Lista de áreas defectuosas									
Fecha	Area defectuosa	Contramedida	Detectado por				Operario a cargo	Fecha prevista	Terminación prevista
									

Lista de preguntas				
Fecha	Pregunta	Respuesta o contramedida	Propuesta por	Fecha prevista

Lista de fuentes de contaminación			
Fecha	Donde	Que	Encontrada por

Lista de área de trabajo difícil		
Fecha	Área de trabajo difícil	Encontrada por

TAJIRI, 1999, 92

### 4.2 ELIMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS INACCESIBLES

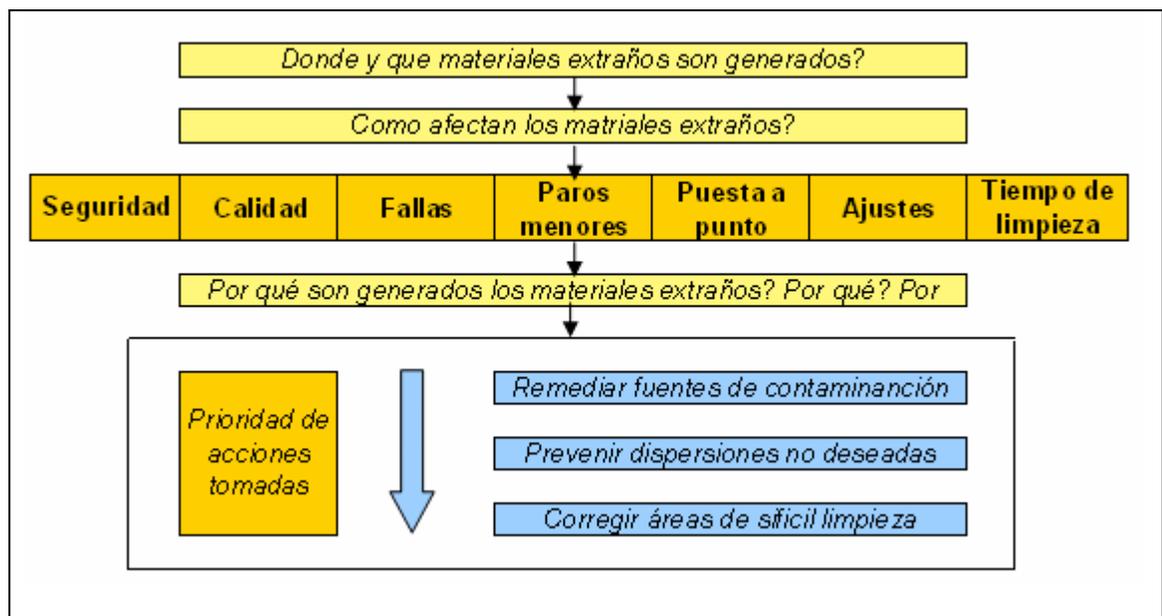
La eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles, puede ser llevada a cabo después de la limpieza inicial, cuando al analizar las cuatro listas, es posible encontrar algunas áreas que dificultan la limpieza del equipo y que

permiten la acumulación de contaminantes, lo cual afecta la inocuidad de los alimentos, que es de alta importancia en una industria de este tipo.

El análisis para eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles, se realiza por el comité, en el cual se sigue un flujo de interrogantes, lo que permite la identificación de los problemas y la determinación de la prioridad en que estos deben ser resueltos.

La Figura 16, muestra el análisis seguido por el comité de Mauto, para determinar y priorizar, las área problema; es de anotar que el comité debe apoyarse de el Formato 2 (Cuatro Listas) y del historial de correctivos del año 2006, en donde se evidencian algunos fallos ocasionados por suciedad.

Figura 16. Análisis para eliminación de contaminación y áreas inaccesibles



TAJIRI, 1999, 122

### 4.3 PLANEACIÓN DE ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y DE ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN

#### 4.4 ESTÁNDARES DE LIMPIEZA

La limpieza inicial brinda un precedente para la eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles, por lo que después de haberse ejecutado estas acciones, el comité de Mauto, en colaboración con el departamento de calidad (que es el que actualmente se encarga de los protocolos de limpieza) de la compañía y basados también en las especificaciones del equipo dadas por el fabricante; debe diseñar estándares de limpieza y lubricación de acuerdo a las frecuencia de operación del equipo.

La limpieza general del equipo se realiza cada domingo, mientras que, una limpieza parcial se realiza después del empaque de un lote entero de producto o la finalización de empaque de un lote cuando no hay otro subsiguiente.

Un formato aproximado al de limpieza, puede obtenerse de los pasos de la limpieza inicial y del protocolo actual de limpieza en la compañía; sin embargo este puede ser modificado con base a la mejoras de eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles. El formato 3, es un aproximado al protocolo de limpieza del equipo.

### Formato 3. Protocolo y lista de chequeo para limpieza quincenal

PROTOCOLO DE LIMPIEZA PRODO PAK CSW8 EQUIPO: Prodo pak CSW8   FRECUENCIA: Semanal DURACIÓN ESTIMADA: 5 Horas			
RESPONSABLES		  	
ACTIVIDADES			
1	Verifique implementos de aseo		
2	Verifique elementos de protección personal		
3	Asegurese de que la conexiones eléctricas están protegidas		
4	Aspire gabinetes electricos		
5	Limpie silenciadores de electro válvulas		
6	Desocupe todos los residuos de producto que quedan en el sistema de alimentación		
7	Desmonte mordazas verticales, cuchillas verticales, cuchilla horizontal		
8	Desmonte mordaza horizontal		
9	Rocie <b>desengrasaste</b> sobre los elementos desmontados en paso 5 y 6, dejar 15 minutos y despues frotar con cepillo		
10	Enjuagar con agua y aplicar gotas de <b>fenolftaleina</b> para comprobar la ausencia de jabón, en piezas desmontadas en paso 5 y 6		
11	Aplicar <b>desinfectante O</b> en piezas desmontadas en paso 5 y 6		
12	Desmontar tolva, boquillas de dosificación, mangueras		
13	Aplicar <b>detergente T</b> en piezas desmontadas en paso 10 y dejar actuar 10 minutos		
14	Aplicar <b>detergente T</b> en los rodillos de laminado, sin desmontarlos		
15	Enjuague con agua piezas desmontadas en paso 10 y rodillos de laminado, poner gotas de fenolftaleina		
16	Aplique solución <b>desinfectante O</b> a piezas desmontada en paso 10 y rodillos de laminado		
17	Sobre el resto del equipo aplique <b>detergente P</b> con un paño antibacterial (Tableros de control, banda, patas, ejes, soportes, techos, guardas de acrílico, etc)		
18	Enjuague piezas de paso 17, con paño humedecido y aplique <b>desinfectante O</b>		
19	Limpiar y Desinfectar área de trabajo		
<b>Desinfectante O</b>	Desinfectante Oxonia al 0,4%		
<b>Detergente T</b>	Detergente Topax al 3%		
<b>Detergente P</b>	En 20lt de agua 280ml de Detergente Principal a 60°C		
<b>Desengrasante</b>	Desengrasante al 50% en atomizador		
<b>Fenolftaleína</b>	Fenolftaleína en gotas, raccionan en color rosa cuando aún hay jabón		
<b>Implementos de aseo</b>			
Balde, atomizador, Cepillo espiral, Indicador de fenolftaleína, Probeta de 1000ml, poncheras			
<b>Implementos de seguridad</b>			
Guantes plásticos calibre 35, gafas de protección, delantal plástico			

#### 4.5 ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN

La lubricación del equipo se incluye dentro de la frecuencia bimensual de mantenimiento preventivo, dentro de este mismo preventivo se incluye la revisión de sistemas eléctrico, neumático y mecánico, sin embargo en ocasiones debido al alto nivel de producción o percances del equipo de mantenimiento, la lubricación no se realiza, lo que repercute en fallos en el equipo.

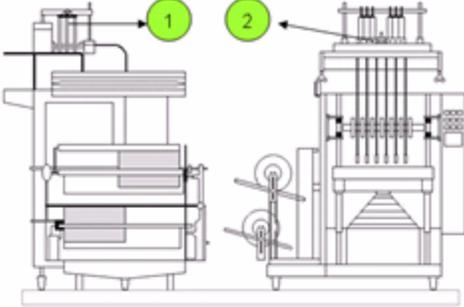
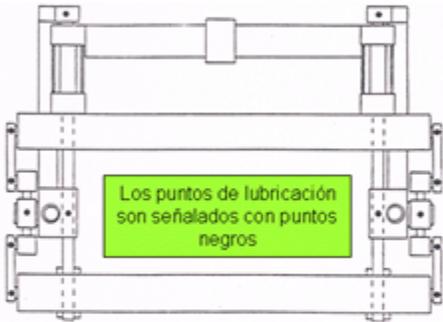
La lubricación más simplificada es realizada por el mismo operario, cuando su criterio lo indique; sin embargo esta lubricación no es muy eficaz, ya que la compañía maneja tres turnos de trabajo y en ocasiones en operario de cada turno lubrica el equipo, creando exceso de grasa en las partes móviles de los sistemas mecánicos. El hecho de que no exista una planilla de lubricación, hace que se lubrique en exceso o por el contrario se olvide la lubricación del equipo.

#### 4.6 RELACIÓN ENTRE LA PRIMERA ETAPA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y LA EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO

Las actividades que se realizan en la primera etapa del mantenimiento autónomo tales como limpieza inicial, eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles, y creación de estándares de lubricación y limpieza, desarrollan en el operario la capacidad para reconocer anomalías en el equipo y hacer mejoras en él.

Como se observa en la Figura 13, los factores que afectan el indicador EGE son la eficiencia, la disponibilidad y la calidad, estos a su vez afectados por retrasos o paros, conocidos como las 6 grandes pérdidas.

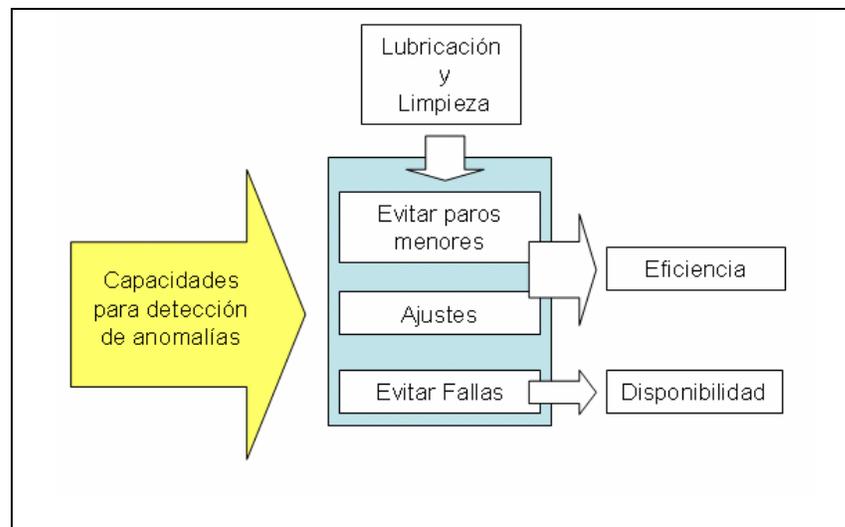
Formato 4. Estándares de lubricación en equipo según especificaciones del fabricante

LUBRICACION DIARIA		DIAGRAMA	GRASA				
1	Pistón Principal		Grado alimenticio				
2	Shuttle		Grado alimenticio				
LUBRICACION QUINCENAL		DIAGRAMA	GRASA				
3	Marco H		No 2				
4	Sistema conductor		No 2				
Fecha	Responsable		Tipo de lubricación realizada				
			1	2	3	4	

El entrenamiento realizado a través de la limpieza y la lubricación habitual, hace posible que se detecten anomalías que frecuentemente se manifiestan en paros menores y que más adelante puede convertirse en fallas que requieren reparaciones.

Entonces al evitar falla y paros menores, entonces se aumentan también la disponibilidad del equipo y la eficiencia; además en este entrenamiento el operario conoce mejor su equipo, con lo que puede intuir soluciones para disminuir el tiempo de ajuste de equipo a medida que lo conoce.

Figura 17. Relación entre la primera etapa de mantenimiento autónomo y EGE



## 5 PLANEACION DE SEGUNDA ETAPA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

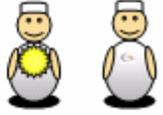
### 5.1 DIAGNOSTICO DEL NIVEL TÉCNICO DE OPERARIOS

Las Tablas 11, 12 y 13, muestran las actividades en las que el operario está en capacidad de realizar para la operación del equipo; sin embargo la mayoría de los operarios no se encuentra en la capacidad de entender principio físico del funcionamiento de los sistemas (neumático, mecánico y eléctrico) del equipo, aunque algunos lo hayan aprendido de manera empírica durante los años de operación del equipo u observando al personal de mantenimiento en la reparaciones, hace falta fundamentar de mejor manera este conocimiento.

Para el diagnóstico del nivel técnico de los operarios, el Jefe de mantenimiento, junto con el staff de mantenimiento deben desarrollar una evaluación basada en tres enfoques: Neumático, Mecánico y Eléctrico, como lo son los sistemas del equipo.

El Formato 5, es una aproximación de evaluación a operarios del equipo, en esta evaluación se plantean tipos de fallas que se presentan en el equipo frecuentemente, para esto el operario debe identificar el problema y establecer su causa; lo más probable es que el operario no califique en un nivel muy alto, pero su puntaje permite saber desde que nivel se debe comenzar el entrenamiento del operario.

Formato 5. Evaluación para determinar capacidades de operario

EVALUACION EN DTECCION DE FALLOS		
RESPONSABLES		
PERSONAL EVALUADO		
TIPO DE FALLA	IDENTIFICACION DE PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS
Mordaza horizontal, deja se sellar un ciclo o en ocasiones se queda cerrada		
Mordazas Verticales no sellan		
Bobina de antigorera no energiza		
Pirometro de mordaza horizontal no controla temperatura correctamente		
Mordaza vertical No 5, no caliente		
No es posible controlar temperatura de mordaza horizontal		
CONTADOR DE LA BANDA NO FUNCIONA		
FOTOCELDA NO LEE.		
Mordazas horizontales pegadas por silenciador taponado		
Mordaza horizontal con problemas de velocidad al sellar		
Enfrentar mordazas horizontales.		
Cuchilla horizontal no funciona		
Mordaza horizontal desajustada		
Cuchilla horizontal no corta bien.		
Sellado horizontal defectuoso		
Reparar pasador de sello vertical		
Banda con mas del 50% del empate malo		
Banda transportadora con cadena suelta		
Cambiar oring de pistones.		
Bomba de alimentación no dosifica		
Sistema de dosificación presenta fugas y aire en llenado		
Favor revisar marco H, que tiene un sonido muy extraño		
Cambiar tornillos de base de rodillos de pelicula		
Soldar despega-sobres		

FECHA
NOMBRE

## 5.2 PLANEACIÓN DE INSPECCIÓN GENERAL

### 5.2.1 Programa de capacitación

El programa de capacitación debe estar orientado a los sistemas del equipo, es decir, capacitación en neumática, capacitación en mecánica y capacitación en electricidad. El comité de MAuto, debe facilitar la capacitación de los operarios, ya sea al interior de la compañía o por contratación de terceros.

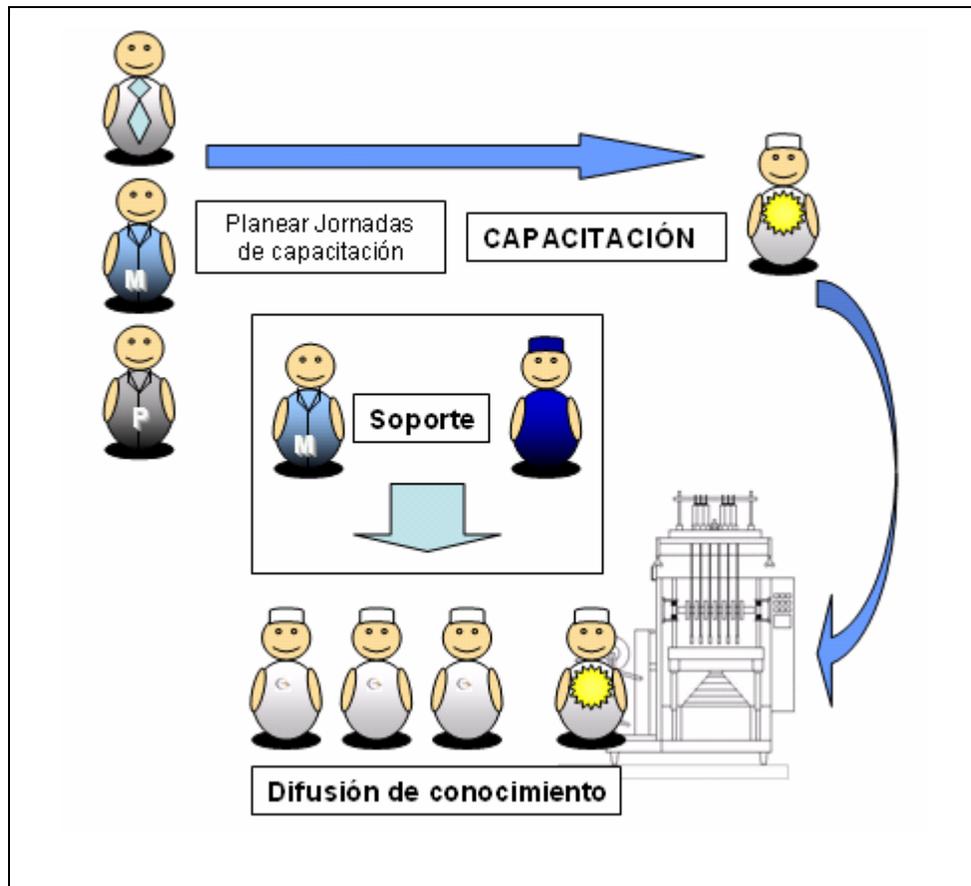
La Tabla 26, enuncia algunos de los temas relacionados con el funcionamiento del equipo que deben ser tratados en las capacitaciones, cabe anotar que la cantidad de temas puede disminuir o aumentar de acuerdo a la calificación de las capacidades técnicas de los operarios.

Tabla 26. Algunos temas que ameritan capacitación

<b>Temas de capacitaciones</b>
Motores
Electricidad básica
Sistemas de transmisión
Actuadores simples
Unidades de mantenimiento
Clasificación de Tornillos
Elementos de medición
Clasificación de rodamientos
Control lógico

La Figura 17, muestra en flujo de las capacitaciones, este debe hacerse primero al líder del equipo, quien reforzará sus conocimientos al resolver dudas con el Jefe y staff de mantenimiento, y al difundir el conocimiento adquirido a su grupo, en donde la práctica se efectúa directamente en el equipo.

Figura 18. Flujo de capacitaciones desde operario líder hasta otros operarios



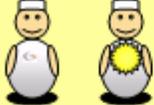
### 5.2.2 Inspección básica del equipo

La inspección del equipo se realiza en frecuencia de tiempo relativamente cortas para que el operario pueda detectar a tiempo, las posibles anomalías del equipo. Existen rutinas que se realizan diariamente, si es posible después de cada operación del equipo, otras semanales, como se muestra en el Formato 6.

Las inspecciones con los 5 sentidos proporcionan información útil con sólo un vistazo; además no se requiere que el operario tenga mucho conocimiento para

ejecutarla; sin embargo si se realiza cumplidamente, la inspección diaria puede anticipar problemas graves, el Formato 7 ilustra una hoja de inspección con los 5 sentidos.

Formato 6. Rutinas de inspección general

RUTINA DE INSPECCION			
EQUIPO: Prodo Pak CSW8			
MES:			
RESPONSABLE			

TIPO DE INSPECCION	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4							
DIARIO	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V
Chequeo de depósito de laminado en mordazas verticales y horizontales																				
Chequeo de depósito de laminado o suciedad en cuchillas																				
Chequeo desgaste de tela de teflón entre mordazas verticales																				
Limpieza de pistón alimentador																				

SEMANTAL	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4							
Chequeo de las conecciones del sistema de aire																				
Chequeo de nivel apropiado en lubricador de aire																				
Apriete todo el equipo																				

SEMESTRAL																				
Chequeo del nivel de aceite en el reductor																				

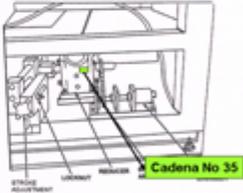
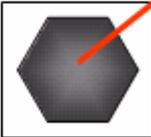
Formato 7. Hoja de inspección con los 5 sentidos

<b>5 SENTIDOS</b> EQUIPO: Prodo Pak CSW8 MES:		MODO DE INSPECCION 																			
RESPONSABLE 																					
TIPO DE INSPECCION		SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4							
MI	DIARIO	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V	L	M	W	J	V
	Revisar que no hayan cables sueltos																				
	Revisar temperaturas anormales																				
	Revisar la sujeción de elementos																				
	Detección de ruidos anormales																				
	Detección de vibraciones anormales																				
	Detección de olores anormales																				
	Detección de derrames																				
	Detección de fugas de aire																				
	DETECCION DE PROBLEMAS																				
	TODO NORMAL																				

### 5.2.3 Establecimiento de ayudas visuales

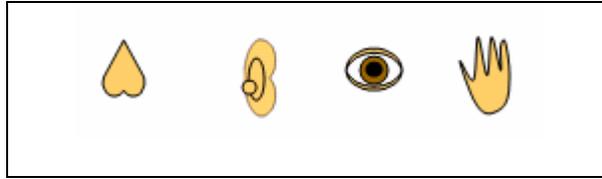
Las ayudas visuales permiten que con sólo un vistazo, el operario pueda identificar problemas de todo tipo, o ayuda a que la solución de problemas sea más pronta.

Tabla 27. Ejemplo de ayudas visuales en el equipo

AYUDAS VISUALES	AVISO
Precaución	
Presión de manómetros	
Repuesto de equipo	
Aprite de tornillos	
Puntos de lubricación	

El comité de mantenimiento puede desarrollar una lista de ayudas visuales que agilicen los ajustes del equipo y el reestablecimiento de condiciones idóneas de trabajo.

Figura 19. Ayudas visuales para la inspección con los 5 sentidos



La Figura 18, muestra símbolos de inspección con los 5 sentidos que puede ser situado en el equipo para facilitar los puntos de inspección. De esta manera también pueden ser identificados los puntos de lubricación, el ajuste de tornillos, la presión de trabajo de manómetros, referencia de partes del equipo, avisos de precaución, nomenclatura de boquillas, entre otras ayudas visuales que pueda definir el comité de Mauto.

### 5.3 INSPECCIÓN AUTÓNOMA

El paso del mantenimiento autónomo consiste en, hacer una recopilación de los resultados obtenidos desde el desarrollo del primer paso de la metodología, es en este punto que los estándares de lubricación, limpieza e inspección general son analizados, con la idea de fusionarlos.

El comité de Mauto debe reunirse y hacer un análisis del cumplimiento de los estándares y de la utilidad de estos, después de estos y con la ayuda de los operarios que son quienes realizan las rutinas, se busca la unificación de los Formatos para la obtención de un único formato de inspección autónoma, que reúna aspectos de limpieza, lubricación e inspección general.

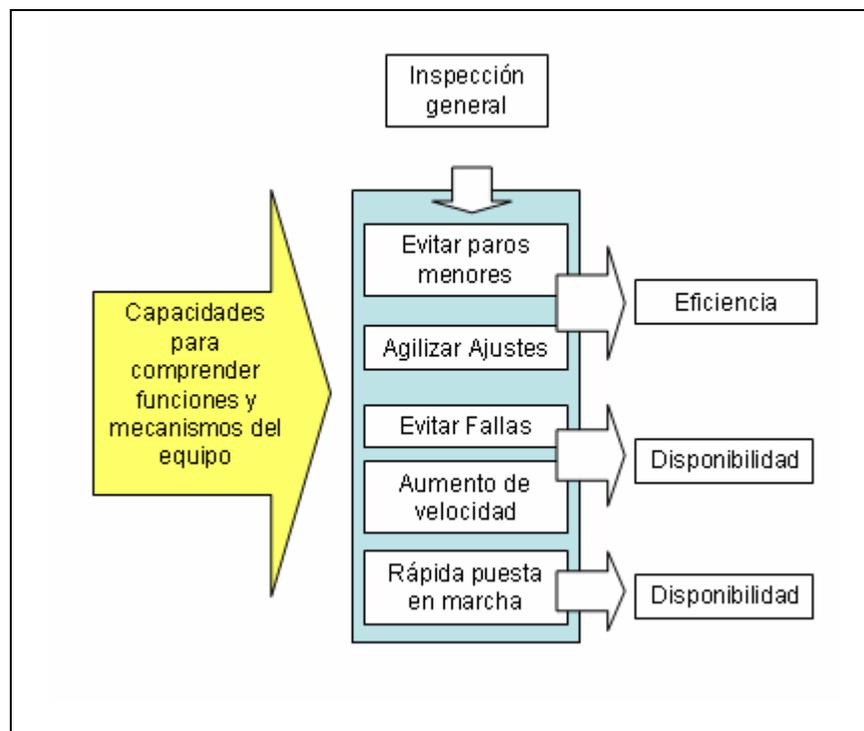
Además de la unificación de estándares, el comité debe reevaluar los conocimientos de los operarios en cuanto a principios de funcionamiento del equipo, para garantizar de esta forma que el programa se está afianzando; si los

resultados de la evaluación son negativos, el comité debe tomar medidas para reforzar los aspectos débiles.

#### 5.4 RELACIÓN ENTRE LA SEGUNDA ETAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO

La segunda etapa del mantenimiento autónomo el operario desarrolla capacidades de comprender funciones y mecanismos del equipo, en donde conoce mejor el equipo y sabe en donde buscar directamente cuando hace la inspección, desarrolla un mayor criterio para juzgar anomalías y diagnosticar averías.

Figura 20. Relación entre la segunda etapa del mantenimiento autónomo y EGE



Cuando el operario se entrena en una rutina de inspección general, puede prevenir paros menores, haciendo que el equipo no llegue a fallar (en lo posible), además el operario puede hacer ajustes con mayor agilidad, y como su conocimiento acerca del equipo está en un nivel mucho mayor, resultará más simple operar el equipo con mayor velocidad y reduciendo los defectos de puesta en marcha y estabilizándolo más pronto.

Los factores en los que se hace mejoría al desarrollar capacidades para el conocimiento de mecanismos y funciones en el equipo, se ve reflejado en reducción de paros menores, reducción de fallas, agilización de ajustes, aumento de velocidad y rápida puesta en marcha para estabilizar el equipo.

## 6 PLANEACIÓN DE LA TERCERA ETAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

### 6.1 PROCESO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD MATRIZ

El proceso de calidad visto desde el enfoque del mantenimiento autónomo, tiene dos finalidades, la primera de ellas es asegurar la calidad de las piezas que aún están en proceso y asegurar la calidad de las piezas que ya lo han dejado.

### 6.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD UNA VEZ LAS PIEZAS DEJAN EL PROCESO

El proceso de control de piezas defectuosas es controlado por el Departamento de calidad, el cual mediante la trazabilidad de cada pieza entregada por la máquina, puede identificar las piezas defectuosas, mucho tiempo después de que salen del proceso.

Para el caso de piezas defectuosas que ya ha dejado el proceso, el Departamento de calidad hace un muestreo minucioso de pieza por pieza, con lo que verifica la calidad de cada producto, en caso de encontrar todos los productos defectuosos, se desechan todas las piezas, pues un reproceso de sobres de 8 gramos, es más tedioso y costosos, que una nueva producción.

Entonces, ya que la calidad después de que las piezas han salido del proceso, es una actividad establecida y documentada en al compañía Griffith Colombia S.A., no será materia de desarrollo en el plan de aseguramiento de la calidad; tampoco

lo serán el control de materias primas, el chequeo de la calidad de las piezas que salen de la máquina, pues ya están sólidamente establecidos en la compañía.

### 6.3 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DESDE LAS VARIABLES DE FABRICACIÓN

El proceso de aseguramiento de la calidad se enfocará sólo a solución de problemas de las piezas entregadas por el equipo y su relación con las variables del equipo, ya que brinda un mayor panorama de solución al operario, pues las únicas variables que puede él manipular son las del equipo no más allá.

Los defectos más comunes identificados durante la operación del equipo, tiene que ver con fugas en los sobres, longitudes de sobre incorrectas, papel deslizante, pesos de sobres variables, producto en sello horizontal, alineación incorrecta de papel, presión de sellado pobre, entre muchos otras defectos que se presentan a diario en la operación del equipo.

Las fallas comunes se corrigen mientras que el equipo opera, es decir, la producción seguirá avanzando al igual que las piezas defectuosas, y si el error no se corrige rápidamente, aumentarán los costos por desperdicios, los costos por aire y energía destinadas a la producción de piezas defectuosas, costos de operario y un más tiempo de operación para la obtención de piezas no defectuosas en reemplazo de las que si lo eran.

Un análisis al lado de los operarios del equipo, basado en las recomendaciones que el fabricante da para el equipo, origina una serie de respuestas de causantes que en el equipo pueden originar los distintos tipos de falla, que anteriormente se mencionaron.

Tabla 28. Relación entre el equipo y falla por corte en mordaza horizontal

Responsables	
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Cuchilla horizontal no corta	1. Mordaza horizontal sucia
	2. Baja presión de aire o pérdidas en la línea
	3. Mordaza horizontal desalineada
	4. Filo de la cuchilla
	5. Mala operación de válvula solenoide
	6. Empaques de cilindros de aire defectuosos

Tabla 29. Relación entre el equipo y falla por salpicadura de producto dentro del equipo

Responsables	
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Salpicadura de producto dentro del empaque	1. Alimentación del producto muy rápida
	2. Alimentación muy temprana en relación con la cima de carrera
	3. Laminado se pega a mordaza horizontal
	4. Pérdida o inapropiada programación de despega sobres

#### 6.4 DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS QUE AFECTAN LA CALIDAD.

La metodología a aplicar cuando se presenten problemas que afectan la calidad, es la remisión inmediata a las Tablas que relacionan los problemas de calidad con el funcionamiento del equipo (Ver Tablas 28 a 39). Si el problema persiste se recurre a citar reunión extraordinaria del comité de Mauto.

La reunión del comité de mauto se hace con el fin de identificar la falla del equipo que ocasiona el problema de calidad, mediante la aplicación del ciclo CAPH (ver Anexo 1), después de dada una solución se implementa y se evalúa el resultado obtenido.

Tabla 30. Relación entre el equipo y falla mal sellado vertical

Responsables	
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Pobre o nulo sellado de mordazas verticales	1. Presión del aire
	2. Empaques de cilindros de aire defectuosos
	3. Fugas de aire
	4. Resortes reventados en mordazas verticales
	5. Alineación de mordazas verticales
	6. Tela de teflón desgastada
	7. Mordazas sucias
	8. Defectos en controladores de temperatura, termocuplas o resistencias
	9. Fusibles de mordazas verticales fundidos
	10. Pérdida de barra estabilizadora
	11. Válvula solenoide de aire defectuosa
	12. Secuencia de sello vertical desprogramado

Tabla 31. Relación entre el equipo y falla por longitud de empaque incorrecta

Responsables	
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Longitud de empaque incorrecta	1. Fococelda o amplificador defectuoso.
	2. Programación desajustada
	3. Laminado no pasa debajo de la fococelda
	4. Papel deslizante
	5. Carrera de Marco H, incorrecta

Tabla 32. Relación entre el quipo y falla por papel deslizante

<b>Responsables</b>	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Papel deslizante	1. Morzadas horizontales sucias 2. Presión de aire pobre. Chequear por válvula reguladora o fugas

Tabla 33. Relación entre el equipo y falla por peso variable en sobres

<b>Responsables</b>	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Peso de sobres inconsistente	1. Pistón principal no regresa lo suficientemente rápido para obtener una carga completa antes de moverse de nuevo adelante para el siguiente ciclo 2. Lubricación de pistón inapropiada 3. Baja presión de aire 4. Pistón de válvula shuttle defectuoso 5. Baja cabeza de presión en pistón de bomba 6. La temperatura del producto varía y su densidad de lote a lote 7. Empaques de pistón de bomba o entrada de aire en el cilindro

Tabla 34. Relación entre el equipo y falla por producto en sello horizontal

<b>Responsables</b>	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Producto en sello horizontal	1. Llegada de producto en ciclo, o muy pronto o muy tarde 2. Cepillos electrostáticos posicionados de manera incorrecta 3. Ajuste para retardar velocidad de shuttle en carrera de pistón, para incrementar el retardo de shuttle 4. longitud de empaque muy corta para la cantidad llenada

Tabla 35. Relación entre el equipo y falla por sobres con fugas

Responsables	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Sobres son fugas	1. Velocidad de pistón incorrecta
	2. Temperaturas diferentes en mordazas verticales
	3. Presión de aire incorrecta o fugas en mordazas verticales y horizontales
	4. Mordazas horizontales sucias
	5. Alimentación antes de que las mordazas horizontales cierren
	6. Tiempo de sostenimiento de sellado muy corto
	7. Mordaza horizontal desalineada
	8. Velocidad de máquina
	9. Ajuste de despegasobres

Tabla 36. Relación entre el equipo y falla no detención de Marco H

Responsables	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Marco H no para	1. Tiempo de sostenimiento de paro muy corto
	2. Baja presión de aire
	3. Válvula solenoide defectuosa

Tabla 37. Relación entre el equipo y falla en selle horizontal

Responsables	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Pobre o nulo sellado se mordazas horizontales	1. No hay presión de aire
	2. Empaques desgastados en cilindros de aire
	3. Cuchilla sucia o desalineada
	4. Alienación de mordaza horizontal
	5. Defecto en control de temperatura, termocupla o resistencia

Tabla 38. Relación entre el equipo y falla por movimiento de laminado de lado a lado

Responsables	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Movimiento de laminado de lado a lado	1. Ajuste de la tensión del alminado
	2. Desajuste en bujes y rodamientos de rodillos
	3. no hay paralelismo entre rodillos de laminado
	1. Ajuste de la tensión del alminado
	2. Desajuste en bujes y rodamientos de rodillos
	3. no hay paralelismo entre rodillos de laminado
	4. no hay perpendicularidad entre boquillas de llenado
	5. Perdida de concentricidad en rollos de laminado

Tabla 39. Relación entre el equipo y falla por falla en sistema de alimentación

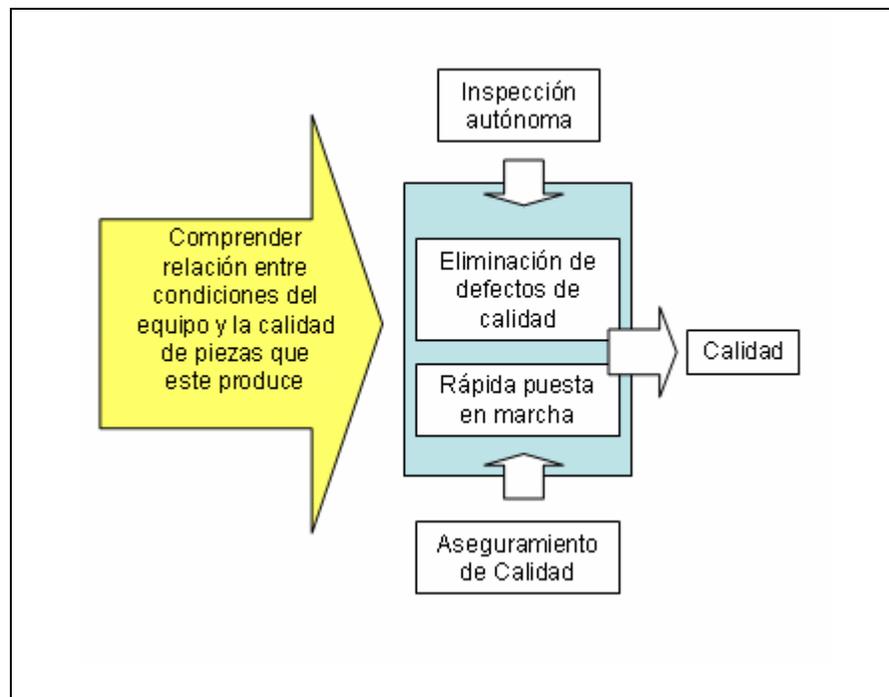
Responsables	 
PROBLEMA	CAUSA PROBABLE
Pistón de bomba de alimentación o shuttle no trabajan	1. Presión de aire
	2. Alineación de pistón y cilindro de bomba o pistón y cilindro de shuttle
	3. Flujo de aire invertido
	4. Programación incorrecta de válvulas de flujo de aire
	5. Bomba alimentadora o shuttle desprogramadas
	6. No operan las solenoides
	7. Empques desgastados en bomba de alimentación o shuttle
	8. Suiches de boquillas cerados
	9. Objetos extraños dentro del sistema de alimentación

## 6.5 RELACIÓN ENTRE LA TERCERA ETAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO

La tercera etapa del mantenimiento autónomo desarrolla capacidades en el operario de comprensión de la relación entre las condiciones del equipo y la calidad de las piezas que este produce, esta capacidad se desarrolla mediante la inspección autónoma, el aseguramiento de la calidad de las piezas producidas.

El porcentaje de calidad, que afecta directamente el indicador de EGE, se favorecido en gran medida por esta etapa, pues con las tablas de relación entre funcionamiento del equipo y falla se disminuye el tiempo de estabilización del equipo y los defectos de calidad disminuyen también.

Figura 21. Relación entre la tercera etapa del mantenimiento autónomo y EGE



## 7 RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO A NIVEL PLANTA.

Los elementos que deben considerarse al diseñar un plan de mantenimiento autónomo, para facilitar su futura implementación pueden variar de acuerdo a las condiciones específicas de la compañía y al grado de concientización en TPM que posea la organización.

La comunicación de los beneficios que el desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo genera a la compañía, hace que la organización se comprometa y apoye la iniciativa.

La cooperación entre los departamentos es de vital importancia, pues la educación de mantenimiento autónomo corresponde a todas las áreas involucradas y no sólo al departamento de mantenimiento.

El mantenimiento autónomo es un compromiso obligatorio, que pasa a ser parte de la cotidianidad del trabajo, además de mantenerse en el tiempo.

Los resultados que se esperan obtener, deben ser definidos con claridad y deben ser muy concretos, para que todos puedan comprenderlos y alcanzarlos.

Los estándares deben ser planteados de acuerdo a las propuestas planteadas por lo operarios, quienes de acuerdo a sus destrezas, plantean como realizar las rutinas, llevando a cabo estas actividades de acuerdo a sus experiencias, pues son ellos finalmente quienes ejecutan las labores y están en mayor contacto con los equipos.

El plan de trabajo para el mantenimiento autónomo proporciona una buena base, sin embargo implementarlo puede tomar años, por lo que hay que persistir en culminar el proceso, después de implementado el programa en el equipo piloto, el resto de procesos con otros equipo será menos complejo y más rápido (MAUTO@2006).