



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Rediseño de una línea de producción de envasado de desinfectantes para limpieza

Erick Abilio Quiñonez Berganza
Asesorado por Ing. Harry Oxom Paredes

Guatemala, abril de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE
DESINFECTANTES PARA LIMPIEZA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR**

**ERICK ABILIO QUIÑONEZ BERGANZA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO INDUSTRIAL**

Guatemala, abril de 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REDISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
ENVASADO DE DESINFECTANTES PARA LIMPIEZA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 2 de marzo de 2004

Erick Abilio Quiñonez Berganza

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal 1°.	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Vocal 2°.	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal 3°.	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal 4°.	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal 5°.	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Examinador:	Ing. Carlos Roberto Gutierrez Quintana
Examinador:	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
Examinador:	Ing. Erwin Rolando Borrayo Gómez
Secretario:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Ingeniería

A la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

A INCOKENSA y GLOBALPAK S.A.

DEDICATORIA

- A Dios Todo Poderoso y a su hijo Jesucristo, porque a él debemos así el querer como el hacer, por su buena voluntad. (filipenses 2:13)
- A mis padres Beatriz Eugenia Berganza Bocaletti de Quiñonez
Bernavé Osvely Quiñonez Rodríguez
Por su apoyo incondicional
- A mis hermanos Gerardo Osvely Quiñonez Berganza
Marleny Illescas de Quiñonez
Gustavo Adolfo Quiñonez Berganza
- A Karin Michel Ruiz Vega
- A mis tíos, primos y sobrinos con cariño sincero
- A Globalpak e Incokensa por abrirme sus puertas
- A mis amigos y compañeros en general

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. SISTEMA ACTUAL DE LLENADO	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Diagramas existentes	2
1.2 Máquina de llenado actual	8
1.2.1 Diagrama de funcionamiento	9
1.3 Operaciones de taponado	10
1.4 Operaciones de etiquetado	10
1.5 Problemas latentes en general	11
1.5.1 Problemas dentro de la operación de llenado	11
1.5.2 Problemas dentro de la operación de taponado	11
1.5.3 Problemas dentro de la operación de etiquetado	12
2. REDISEÑO DE MÁQUINA LLENADORA	13
2.1 Comparación con otras máquinas existentes	13
2.2 Sistema propuesto	14
2.2.1 Boquillas	15
2.2.2 Tanque de abastecimiento de líquido	18
2.2.3 Recuperación de líquido del tanque de retorno	21

2.3	Diseños	22
2.3.1	Boquillas	23
2.3.1.1	Boquillas originales	23
2.3.1.1.1	Máquina American Fills	24
2.3.1.1.2	Máquina Orion	25
2.3.1.1.3	Máquina Coster	26
2.3.1.2	Adaptación de los distintos modelos a la máquina llenadora	27
2.3.2	Controlador de bomba de llenado	30
2.3.2.1	Controlador actual	21
2.3.2.2	Controlador propuesto	32
2.3.2.3	Adaptación de <i>microswitch</i>	33
2.3.3	Sistema de retorno	34
2.3.3.1	Sistema de bombeo	35
2.3.3.2	Sistema eléctrico	36
2.3.4	Túnel de aire caliente para secado y etiquetado	37
3.	REDISEÑO DE LÍNEA DE PROCESO	39
3.1	Taponado	39
3.2	Etiquetado	41
3.2.1	Comparación de otras opciones	41
3.2.1.1	Etiqueta autoadhesiva convencional	41
3.2.1.2	Banda termoencogible	43
3.2.2	Adaptación de accesorios existentes	44
3.2.2.1	Adaptación de túnel de aire caliente	44
3.3	Empaque del producto terminado	46
3.3.1	Caja corrugada	46
3.3.2	Empaque económico en <i>polistretch</i>	46
3.3.2.1	Pedestal para empaque en <i>polistretch</i>	47

4.	DIAGRAMAS DE PROCESO Y BALANCE DE LÍNEAS	51
4.1	Operaciones estándar requeridas y tiempos estándar asignables	51
4.1.1	Descripción de operaciones estándar	52
4.1.2	Tiempos estándar de operaciones	54
4.1.2.1	Formato de toma de tiempos	57
4.2	Diagrama de operaciones	63
4.2.1	Método actual	64
4.2.2	Método mejorado	65
4.2.3	Eficiencia comparativa	66
4.3	Diagrama de flujo de proceso	67
4.3.1	Método actual	68
4.3.2	Método mejorado	71
4.3.3	Eficiencia comparativa	74
4.4	Diagrama de recorrido	75
4.4.1	Plano en planta del área de producción	76
4.4.2	Diagrama de recorrido	77
4.5	Balance de líneas	79
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	87
5.1	Mantenimiento	87
5.1.1	Programa de mantenimiento preventivo	88
5.1.2	Mantenimiento reconstructivo programado	97
5.2	Análisis y mejora continua	101
5.2.1	Método de evaluación por análisis de procesos	102
5.2.2	Recomendaciones	103

CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
BIBLIOGRAFÍA	111
APÉNDICES	112
ANEXOS	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Máquina llenadora de latas de aerosol	1
2	Máquina actual llenadora de desinfectantes	1
3	Diagrama de operaciones de proceso actual	3
4	Diagrama de flujo de proceso actual	4
5	Diagrama de recorrido de proceso actual	7
6	Sistema actual de llenado	9
7	Esquema de funcionamiento de sistema actual	9
8	Diagrama de Gant funcionamiento de máquina llenadora actual	9
9	Esquema de funcionamiento de sistema propuesto	14
10	Sistema propuesto de boquillas llenadoras especiales con retorno	16
11	Funcionamiento de las boquillas	17
12	Sistema actual de abastecimiento de líquido	18
13	Conexión propuesta	19
14	Diagrama de Gant, funcionamiento propuesto de la máquina llenadora	20
15	Diseño de boquilla American Fills	24
16	Diseño de boquilla American Orion	25
17	Diseño de boquilla Coster	26
18	Diagrama de conexión actual del controlador de bomba de llenado	31
19	Diagrama de conexión propuesta de controlador de bomba de llenado	32

20	Ubicación del <i>microswitch</i> controlador de bomba de llenado	34
21	Sistema de bombeo de retorno	35
22	Sistema eléctrico de bombeo de retorno	36
23	Cabeza de boquilla taponadora	40
24	Túnel de aire caliente actual para secado	45
25	Túnel de aire caliente propuesto para termoencogido	45
26	Pedestal especial para empaque de producto con <i>polistretch</i>	48
27	Procedimiento de empaque con pedestal para “ <i>polistretch</i> ”	49
28	Formato de toma de tiempos	57
29	Diagrama de operaciones de proceso método actual	64
30	Diagrama de operaciones de proceso método mejorado	65
31	Diagrama de flujo de proceso método actual	68
32	Diagrama de flujo de proceso método mejorado	71
33	Plano en planta del área de producción	76
34	Diagrama de recorrido de proceso método actual	77
35	Diagrama de recorrido de proceso método mejorado	78
36	Ficha de asignación de mantenimiento preventivo diario	93
37	Ficha de asignación de mantenimiento preventivo semanal	94
38	Ficha de asignación de mantenimiento preventivo mensual	95
39	Ficha de asignación de mantenimiento preventivo anual	96
40	Máquina llenadora de latas de aerosol	112
41	Máquina llenadora de desinfectantes original	113
42	Etiquetado con etiqueta de engomado manual	114
43	Máquina llenadora modificada	115
44	Etiquetado con banda termoencogible	116

Tablas

I	Características de las boquillas llenadoras originales	29
II	Tiempos cronometrados en operación de llenado para estimación de tamaño de muestra	56
III	Tiempos cronometrados	58
IV	Tiempos estándar de operación	62
V	Balance de líneas	85
VI	Valores, a partir de la distribución t de Student	117
VII	Factores d_2 para estimar la desviación estándar del rango de la muestra	118

GLOSARIO

Blower

Voz inglesa con la que comercialmente se denomina a cualquier ventilador industrial, especialmente si produce un chorro de aire exclusivamente dirigido.

Contactor

Dispositivo que tiene la misma función que un relevador, sin embargo, su función es a mayor escala, se utiliza para proporcionar corriente a cargas mayores como motores o resistencias eléctricas.

Dremel

Aunque es una marca de herramientas, la más común de ellas ha sido una muy liviana pulidora eléctrica de mano de alta revolución a la cual se le ha asignado un nombre genérico. Muy útil para trabajos delicados y finos.

Electro-mecánico

Se le llama así a cualquier dispositivo que combina movimientos mecánicos con señales eléctricas.

Flamear

Se le conoce así al proceso de hacer pasar rápidamente cualquier objeto a través de una llama de fuego para eliminar impurezas. En nuestro caso, se flamean los envases para quemar la grasa adherida y así se etiquete sobre ellos sin que se levante la etiqueta.

Guardanivel	Dispositivo mecánico, eléctrico o combinación electro-mecánica, que se utiliza como sensor de límites de nivel de líquidos o semi-sólidos. Se utiliza tanto para niveles máximos como para niveles mínimos.
Liner	Es una pieza hecha de polímero suave resistente al corte, regularmente es una ficha circular blanca que se coloca dentro de las tapas de cualquier envase de líquidos para proveer un sello hermético.
Microswitch	Se les denomina así a los interruptores electromecánicos internos que son accionados por los movimientos de las máquinas. Regularmente son utilizados como interruptores de límite.
Polistretch	Se le conoce comercialmente con este nombre a la película de nylon transparente utilizado para embalaje de todo tipo de materiales como comidas y paquetes en general. Es un polímero de alta densidad muy utilizado actualmente por su alta adhesividad y resistencia a la tracción, genera sellos herméticos.
Relé	También conocido como relevador y popularmente como <i>relay</i> que es la voz francesa. Un relé es un dispositivo electromagnético que sirve para soportar la carga eléctrica de una señal. Se utiliza para relevar a un interruptor y hacer pasar por sí mismo una corriente mayor a la que soportaría el interruptor. Sus elementos principales son una bobina electromagnética y platinos de contacto.

Temporizador

Conocido comercialmente por su nombre en inglés como *timer*.

Los temporizadores son dispositivos eléctricos y electrónicos que sirven para determinar tiempos con señales de entrada y de salida según el tiempo especificado.

Termoencogible

Se le llama así a cualquier material que se contrae al exponerlo al calor. Regularmente se utiliza este material para sellos de garantía. El medio más utilizado para propiciar el calor al material es el aire.

RESUMEN

Se cuenta actualmente con una línea de producción de llenado de desinfectantes para limpieza que tiene muchas deficiencias y pérdidas de materiales de empaque y materias primas. Originalmente, esta línea de producción se utilizaba para llenado de aerosoles de uso personal (desodorantes), pero la máquina fue modificada para llenar líquidos por gravedad.

La operación de llenado tiene sus propias deficiencias como derrames de producto, inexactitud de llenado, etc. Las demás operaciones llevadas a cabo actualmente también pueden ser mejoradas utilizando métodos modernos que no son más caros.

La máquina llenadora que se está utilizando puede ser remodelada para utilizar boquillas especiales que recuperan el producto contenido en la espuma, sin dejar que se derrame una gota de producto, esto elimina las operaciones extenuantes de limpieza; también elimina el desperdicio de producto y minimiza el desperdicio de etiquetas manchadas de papel.

También se analiza el sistema de bombeo de producto, y el sistema eléctrico necesario para que el nuevo diseño funcione. El sistema de taponado, el de etiquetado y el de empaque se analizan también para mejorar su presentación según materiales modernos más económicos y más prácticos.

La línea rediseñada es comparativamente mejor, logrando más del doble de eficiencia.

También se detalla la metodología recomendada para darle seguimiento y mejora continua por medio del mantenimiento preventivo, mantenimiento reconstructivo programado y el análisis para mejoras.

OBJETIVOS

General

Rediseñar, utilizando las herramientas que brinda la ingeniería mecánica e industrial, la línea de producción industrial de envasado de desinfectantes para que sea más eficiente, aprovechando la estructura actualmente instalada.

Específicos

1. Rediseñar el sistema de llenado de desinfectantes con un mínimo de inversión, utilizando los equipos actualmente instalados para eliminar por completo los derrames de producto y minimizar el tiempo necesario para esta operación de producción.
2. Rediseñar las operaciones estándar a través de los principios de la ingeniería de tiempos y movimientos, eliminando operaciones que no agregan valor al producto y/o agregando las operaciones que utilicen el tiempo mínimo necesario.
3. Encontrar materiales de empaque modernos que faciliten el proceso de producción y minimicen las tareas que actualmente deben llevarse a cabo a través de proveedores diferentes y nuevos materiales.
4. Elaborar el diagrama de operaciones de la línea utilizando las operaciones estándar ya rediseñadas para que sea más fácil analizar la línea de producción y quede en el archivo del departamento el estándar de producción de la línea, de modo que se pueda analizar en el futuro para hacer posibles mejoras.

5. Elaborar diagrama de flujo y de recorrido sobre la base del diagrama de operaciones, de tal manera que se establezcan con claridad los recorridos de los materiales dentro del área de producción, y también se puedan analizar en el futuro las mejoras posibles.
6. Distribuir las áreas y líneas de trabajo físicamente, utilizando los diagramas de flujo y de recorrido, adaptando los puestos ya existentes para invertir el mínimo en remodelaciones y también evitar los cruces y demoras innecesarias.
7. Balancear la línea de producción utilizando los diagramas de operaciones y de flujo, para que con esta herramienta, el supervisor de producción pueda distribuir el personal a su cargo en la forma más eficiente posible.

INTRODUCCIÓN

Las empresas guatemaltecas que desean ser competitivas se van internando cada vez más en la diversidad de productos y servicios. De este modo, se está asegurando una demanda constante de producción, para poder asegurar la estabilidad de la empresa.

Aunque el objetivo principal de Globalpak S.A. fue en un principio la producción de curricanes, se quiso aprovechar la capacidad instalada como herencia de Incokensa (Industria Cosmética Kent S.A.), empresa que se dedica a la fabricación de cosméticos.

Paralelamente a la merma en la demanda de curricanes, surgió la merma en la demanda de desodorantes en aerosol, siendo desplazados por los desodorantes en barra, gel y rollon.

Incokensa instaló originalmente dos líneas de producción de aerosol con una capacidad de producción diaria de 25,000 unidades. Como consecuencia de la disminución de demanda en casi un 80%, la capacidad instalada de Incokensa para el aerosol resultó demasiada, y es entonces cuando surge la oportunidad para Globalpak quien rescata una línea de producción de aerosol y la convierte en una línea de producción de desinfectantes para limpieza.

Sin embargo, la línea de producción que se instaló originalmente para introducir el producto al mercado tiene grandes deficiencias en su diseño, en operaciones y en materiales y tiene grandes pérdidas tanto de materiales como de producto y de tiempo de mano de obra.

Para hacer una producción rentable es necesario únicamente modificar los equipos instalados. Se trazó como objetivo principal el aprovechamiento al máximo de las

herramientas existentes y una inversión mínima para ajustes y cambios, agregando valor a las operaciones existentes y eliminando aquellas operaciones que no le agregan valor al producto.

Dentro de la industria guatemalteca e internacional han existido muchas empresas dedicadas al envasado de líquidos, como los desinfectantes y otros líquidos para limpieza. Además, también existen otras empresas dedicadas a la fabricación de máquinas llenadoras de todo tipo de productos. No se pretende entonces inventar una máquina nueva, sino adaptar nuestras máquinas a las necesidades sobre la base de diseños existentes de otras máquinas para invertir el menor capital posible y no intentar “inventar el agua azucarada”.

Las herramientas que nos brindan, tanto la ingeniería Mecánica como la Industrial, se pueden combinar para hacer una sinergia total. Diseñando una máquina nueva a través de modelos modernos, metales especiales, mecanismos electro-mecánicos y neumáticos, dejamos luego en las manos de las herramientas de la ingeniería industrial el análisis de mejoras obtenidas.

Es así como logramos hacer que un cambio sea medible como bueno o malo, realizado a través de métodos profesionales, estandarizados y controlables, como lo son los estudios de tiempos, diagramas de proceso, etc.

Además de tener un diseño mejorado, se le debe dar el mantenimiento especial requerido. En una combinación de mecanismos adaptados habrá una diversidad de necesidades de mantenimiento, por lo que se ha querido dejar un programa completo de mantenimiento, tanto preventivo como mantenimiento reconstructivo programado, de tal modo que se asegure el funcionamiento continuo de la línea de producción sin contratiempos inesperados.

Sabemos que no se debe creer que un diseño es único y que es el mejor y que también se debe dejar un camino para poder analizar todos los aspectos involucrados en una producción, de esa manera, cualquier profesional podrá partir desde una base concreta para analizar y mejorar cualquier paso del proceso total.

Un rediseño de línea no estaría completo si no se analiza al personal humano que trabajará en ella. El estudio de tiempos necesario para analizar a la línea se realiza de tal modo que aun cambiando a todo el personal, no habrá cambios significativos de eficiencia, ya que cada operación se analiza por métodos estadísticos profesionales que consideran las capacidades de las personas y las comparan con las dificultades mismas de las operaciones, para definir un estándar aceptable para cualquier persona.

Queremos tener una eficiencia comparativa mucho mayor, la cual podremos observar tanto en el aumento del número de producción diaria como en la mejora de apariencia del producto, reducción de desperdicios en cada producción y en la optimización de recursos.

1. SISTEMA ACTUAL DE LLENADO

1.1 Generalidades

El sistema utilizado actualmente para el llenado de las botellas de desinfectante cuenta con los sistemas originales de una máquina de llenado de latas de aerosol.

Figura 1 Máquina llenadora de latas de aerosol*



Fue adaptada para que solamente subiendo el nivel del tanque cayera por gravedad el líquido hacia los envases.

Figura 2 Máquina actual llenadora de desinfectantes



* Ver fotografías ampliadas en apéndices

Este diseño tiene la desventaja principal de que al caer el líquido dentro de las botellas, genera gran cantidad de espuma por su naturaleza, dicha espuma sale del envase mientras se llena y acarrea mucho producto que no puede ser recuperado. Al estar mojada la botella se debe limpiar muy bien para poder empacarla como terminada, sin embargo, se debe tener mucho cuidado con la etiqueta para no arruinarla. Aunque se puede etiquetar después de llenar, no se ha establecido ese procedimiento. Esta línea de producción utiliza empíricamente trece personas distribuidas en todas las operaciones.

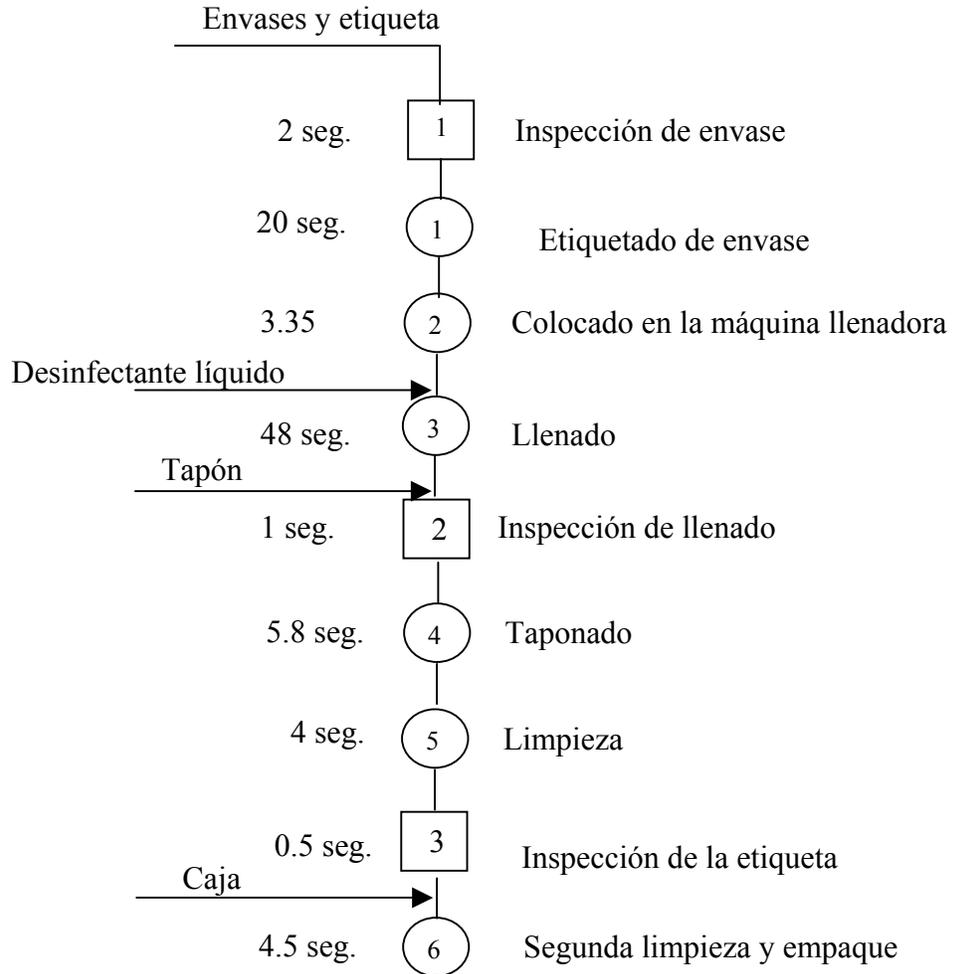
1.1.1 Diagramas existentes

Nunca se había elaborado un diagrama de operaciones que describiera el proceso, pero para analizar ese proceso y establecer sus deficiencias se hizo necesario elaborar un diagrama de operaciones. El proceso y el diagrama se pueden describir de la siguiente manera:

Cada botella es etiquetada engomando el papel manualmente y colocándolo con el cuidado de no manchar el envase y colocar bien centrada la etiqueta en 22 seg/bot. Se trasladan las botellas del departamento de etiquetado al departamento de desinfectantes por 20 mts., en 30 segundos en bolsas de 50 unidades. Se colocan en la máquina 6 botellas a la vez en 3.35 seg/bot., que son llenadas en 48 segundos, la banda transportadora saca los envases de la llenadora en 0.75 seg., recorriendo 1 mt., luego se inspecciona el nivel de los envases, se pone la tapa y se aprieta manualmente en 6.8 seg/bot., luego la banda transportadora lleva los envases por 2 mts. hacia donde será quitado el líquido derramado. Se le da una limpieza general en 8 seg/bot., y por último, se limpia la botella mientras se vuelve a inspeccionar la calidad y se coloca dentro de la caja. Se junta una caja completa (6, 12 o más unidades según capacidad de envase) en 5 seg/bot.

Figura 3 Diagrama de operaciones de proceso actual

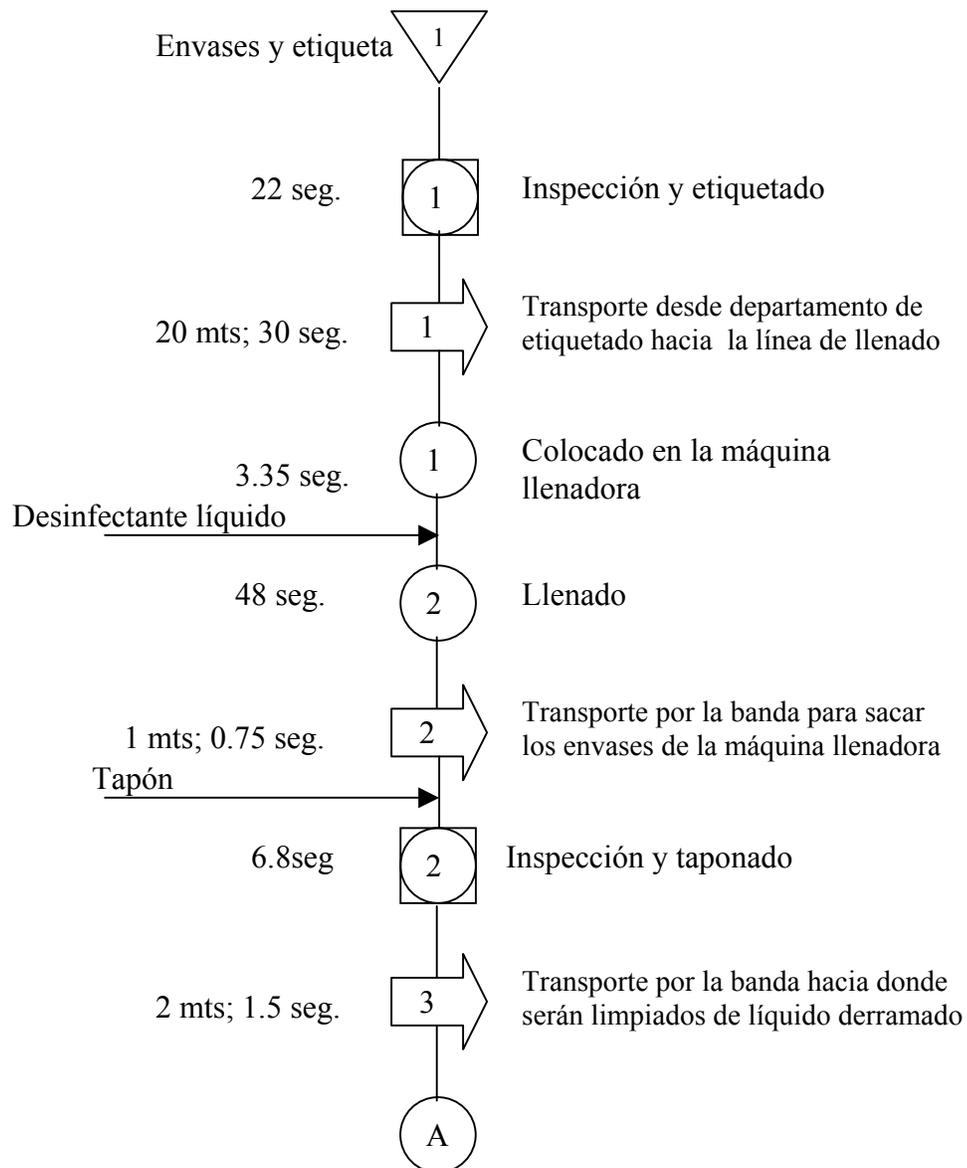
PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
METODO	Actual	HOJA	1/1
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



RESUMEN			
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS
○	OPERACIÓN	6	85.65
□	INSPECCIÓN	3	3.5

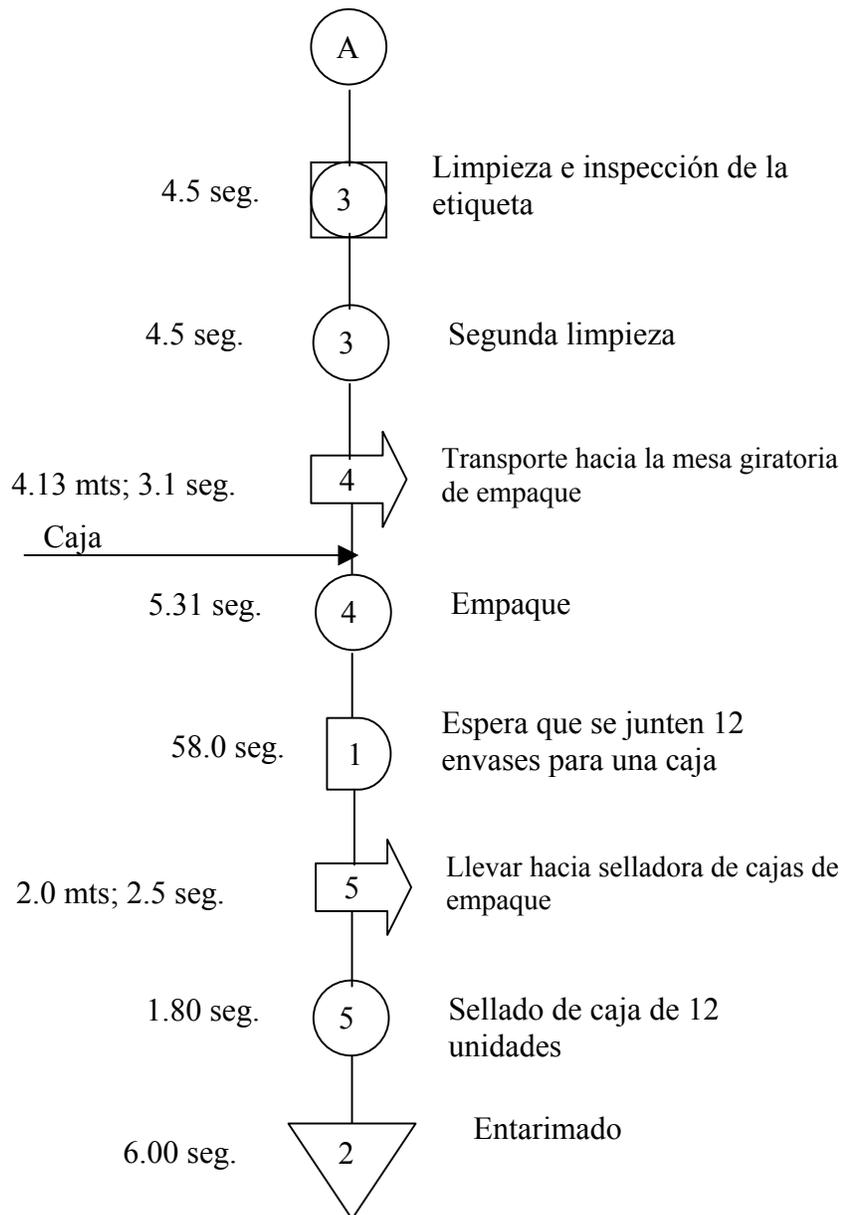
Figura 4 Diagrama de flujo de proceso actual

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
METODO	Actual	HOJA	1/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



Continuación figura 4

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
METODO	Actual	HOJA	2/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



Continuación figura 4

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
METODO	Actual	HOJA	3/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez

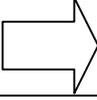
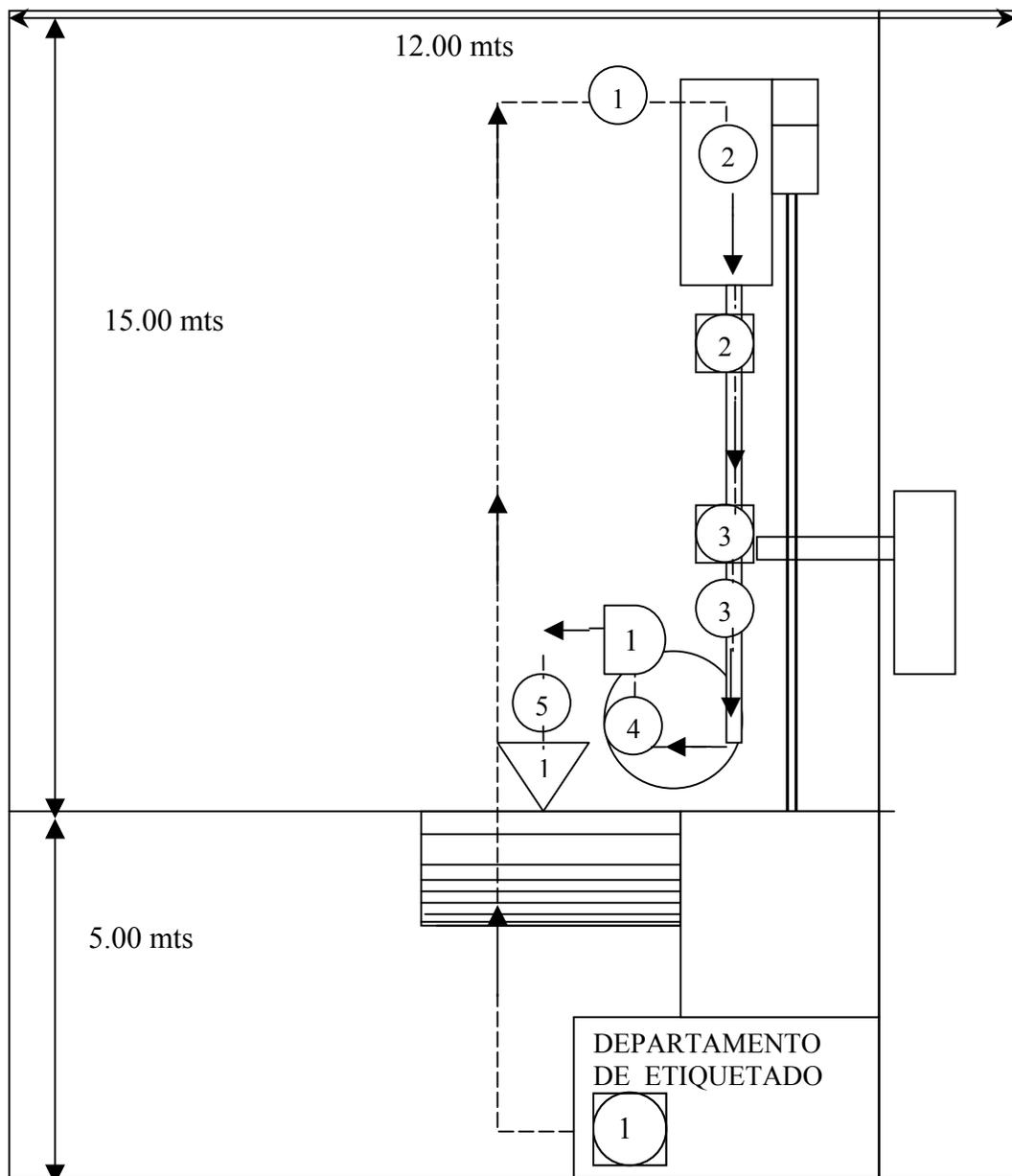
RESUMEN				
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS	METROS
	OPERACIÓN	5	62.96	--
	INSPECCIÓN	0	0	--
	COMBINADA	3	33.3	--
	TRANSPORTE	5	37.85	29.63
	DEMORA	1	58.00	--
	ALMACENAMIENTO	2	6	--

Figura 5 Diagrama de recorrido de proceso actual

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
METODO	Actual	HOJA	1/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez
REFERIRSE AL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES			



1.2 Máquina de llenado actual

La máquina llenadora es una adaptación de una máquina utilizada para llenado de latas para aerosol. Al elevar el tanque de líquido 70 cm. por encima de las boquillas de salida del líquido se obtiene la presión suficiente para que éste salga a un caudal aceptable.

En el tanque de llenado se genera un diferencial de presión dentro de los rangos del nivel máximo y nivel mínimo de líquido, el cual (el diferencial) fue reducido a un mínimo disminuyendo las distancias entre los guarda niveles (ver figura 6), puesto que en el nivel máximo, las botellas se llenaban más rápidamente que cuando estaba el tanque en su nivel mínimo.

El diseño básico actual de la máquina se muestra en la figura 1*. Variando la altura de las boquillas, se pueden llenar latas de aerosol y botellas de desinfectante. La dosis de las latas de aerosol es calculada por unos dosificadores a semejanza de jeringas, que cuando llega el momento, la máquina acciona un cilindro neumático que mueve un pedestal que a su vez mueve los dosificadores, proveyendo la dosis exacta a las latas. En el caso de los desinfectantes, la dosis no es calculada por estos dosificadores, sino es calculada por el tiempo que se define como tiempo de llenado, durante el cual el líquido cae por gravedad. Aunque existe diferencia de caudales entre una y otra boquilla por razones como longitudes de manguera o diferencias fuera de nuestro alcance, la diferencia de niveles en las botellas se restringe estrangulando la manguera de la boquilla que tenga el mayor caudal hasta equilibrar los caudales.

* Ver fotografías ampliadas en anexos

Figura 6 Sistema actual de llenado

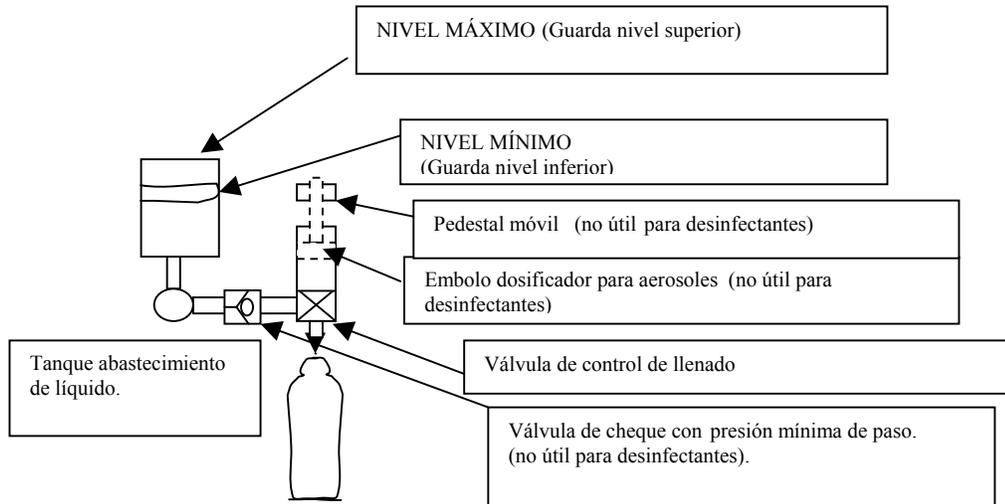
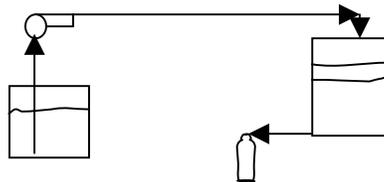


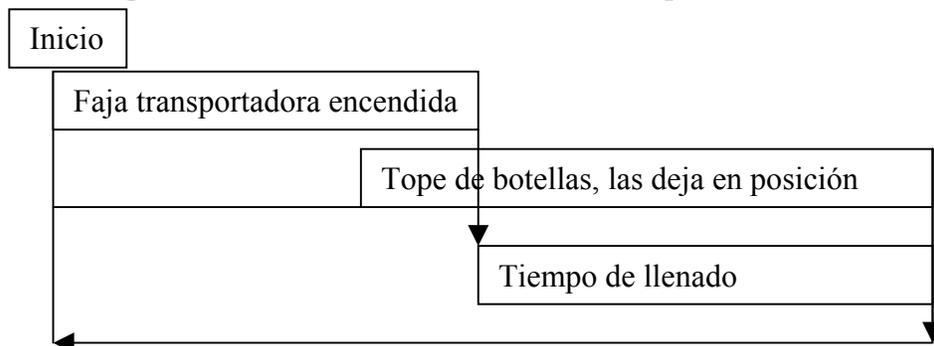
Figura 7 Esquema de funcionamiento de sistema actual



1.2.1 Diagrama de funcionamiento

Todo el mecanismo cuenta con un sistema de temporizadores que controlan la máquina de la siguiente forma:

Figura 8 Diagrama de Gant. Funcionamiento de máquina llenadora actual



En el diagrama de Gantt, las flechas indican la dependencia de señales de finalización e inicio de las operaciones.

El sistema de alimentación del tanque elevado es independiente del sistema de llenado de botellas. Cuenta con una bomba a distancia ubicada en el tanque principal de alimentación de producto (tanque de mezclado), controlada por guarda niveles que envían señales a dos relevadores (comercialmente conocidos como relés) que a su vez controlan el contactor de la bomba.

1.3 Operaciones de taponado

El taponado es manual, se coloca la tapa y se aprieta manualmente calculando que selle la botella. Las tapas ya han sido compradas con un “liner” que hace el sello al apretar.

1.4 Operaciones de etiquetado

Es necesario colocar la etiqueta manualmente con goma para etiquetar^{*}, la cual es cola acrílica blanca de secado rápido, diluida en agua, pero una vez seca, no se diluye. Se debe colocar después de llenar porque el derrame de producto arruina la etiqueta que es de papel y además, el plástico de la botella al derramarse el producto queda con textura grasosa, y esto impide que la goma de la etiqueta pegue, echando a perder la etiqueta, y si no se tiene cuidado al retirar la etiqueta, también se echa a perder el envase. Por estas razones, el método tradicional es etiquetar antes de llenar. Se lleva a cabo manualmente, untando la goma en la etiqueta y colocándola alrededor de la botella.

^{*} Para mejor ilustración véase las fotografías en los anexos.

Para esta operación se utilizan 6 personas ya que es un proceso muy lento, además se hace una operación previa de limpieza del envase con dos personas, lo que hace un total de ocho personas dedicadas a la tarea de etiquetar.

1.5 Problemas latentes en general

Después de observar detenidamente todo el funcionamiento de la línea de producción, pueden definirse con claridad todos los factores problemáticos que pueden ser eliminados.

Se sabe que los problemas frecuentes no se deben a una mala administración, simplemente se necesita tiempo para una observación objetiva, sin ánimos de culpar a nadie, sino con el deseo de mejorar.

1.5.1 Problemas dentro de la operación de llenado

El mayor problema en todo el proceso es la operación de llenado, ya que al caer el líquido, toda la espuma se derrama, y hay que esperar que se asiente para que se vea el nivel real del líquido dentro de la botella. En toda la espuma que se derrama, se echa a perder mucho producto, siendo aproximadamente el 20%. No es posible recuperar el líquido que contiene la espuma, pues esta corre por todo el mecanismo de banda transportadora el cual contiene polvo de desgaste, grasa de la máquina, suciedad acumulada en intersticios y hasta óxido provocado por el mismo desinfectante que es muy oxidante en el metal. Empíricamente, se han hecho muchos esfuerzos por llenar las botellas manualmente, o utilizando bandejas de retorno, pero han sido operaciones muy lentas o que utilizan demasiada gente para hacer la operación más rápida llenando más recipientes a la vez.

1.5.2 Problemas dentro de la operación de taponado

El taponado no es lento ni mal hecho, pero tiene el inconveniente de que es necesario un esfuerzo físico constante de apretar el tapón para que se haga un sello que impida el derrame del producto. Esto implica que la persona que está haciendo esta tarea se canse con facilidad en un tiempo relativamente corto, y haya necesidad de rotarla varias veces durante el período de trabajo. Además, la textura de la tapa es antideslizante, por lo que daña las manos de la operaria al realizar esta operación por mucho tiempo.

1.5.3 Problemas dentro de la operación de etiquetado

El problema en esta operación lo ocasiona la etiqueta, ya que en primer lugar utiliza goma extra que se seca rápidamente, se deben usar aplicadores, los cuales deben ser renovados diariamente, quedan residuos de esta goma en todas las etiquetas y además, las operarias se manchan las manos y manchan las etiquetas que tocan.

En segundo lugar, esta operación es muy lenta ya que se debe tener mucho cuidado de aplicar la goma en la orilla, sin manchar, luego se debe tener mucho cuidado en colocar bien la etiqueta en la botella, a la altura exacta, no torcerla, y no arrugarla pues si se coloca mal, se echa a perder totalmente. Por último, al ser de papel, si se moja la etiqueta se arruina, y el hecho de que el producto sea 98% agua hace que la etiqueta sea la primera víctima de los derrames.

Aunque es plastificada para que resista la humedad, siempre se corre el riesgo de que penetre líquido por la orilla de troquelado en la que queda papel expuesto.

2. REDISEÑO DE MÁQUINA LLENADORA

2.1 Comparación con otras máquinas existentes

Dentro de la industria guatemalteca existen varias empresas que se dedican a la fabricación de desinfectantes. En INCOKENSA se utiliza una máquina muy similar a la nuestra en cuestión, la cual utilizan eventualmente para envasado de desodorantes en roll-on; cuenta con un sistema automático continuo provisto de una faja transportadora de motor eléctrico, y un sistema neumático con temporizadores al igual que la nuestra.

El principal factor de comparación lo constituyen las boquillas especiales de retorno que extraen el producto sobrante al llegar al nivel preciso dentro del envase de producto terminado; este producto sobrante es llevado a un tanque de retorno (o tanque de recuperación), lo que significa que la espuma generada por el proceso sería extraída y llevada a un tanque de recuperación del producto. Esto proporciona un beneficio doble: no se mancha la botella ni el área de producción, y además no se pierde producto. El único problema que persiste es la abundante espuma que genera el desinfectante, la cual en un día cargado de trabajo llega a ocupar un volumen hasta 15 veces mayor que el tanque de retorno, haciendo necesario el uso de tanques auxiliares para depositar la espuma manualmente. El producto almacenado en el tanque de retorno se devuelve al tanque principal para reutilizarlo.

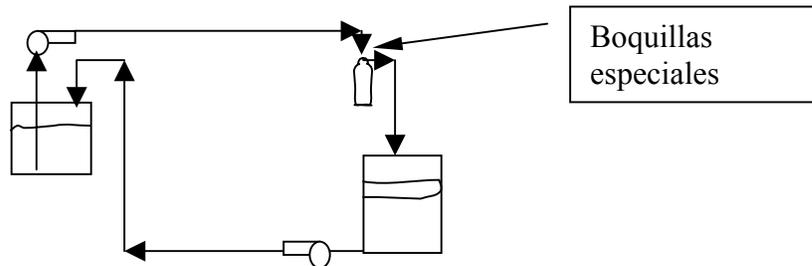
Las boquillas usadas en esta máquina son de bronce, aparentemente por su bajo costo, su resistencia al desgaste, y su resistencia a la oxidación* .

* Sin embargo, existe una reacción de oxidación del bronce, formando una capa verdosa, aunque no corrosiva, en extremo, como sucede con el hierro.

Si se descubren nuevas opciones, se puede obtener una gran variedad de máquinas llenadoras de productos cosméticos en empresas dedicadas exclusivamente a este propósito*. Sin embargo, el principio fundamental de todas las máquinas llenadoras de líquidos está en las boquillas con retorno que se están proponiendo en este documento, con sus variables según sea el fabricante de la máquina, pero el mismo funcionamiento.

2.2 Sistema propuesto

Figura 9 Esquema de funcionamiento de sistema propuesto



Los elementos principales de la máquina son:

- 1) Una banda transportadora temporizada,
- 2) Un sistema de tope que deja los envases en posición,
- 3) Sistema de boquillas especiales antirrebalses
- 4) Tiempo de llenado restringido por un temporizador paralelo e independiente de un temporizador de bomba de llenado,
- 5) Sistema de reinicio (*reset*),
- 6) Sistema de retorno.

* FAMENSAL, fabrica de máquinas envasadoras salvadoreñas, por ejemplo.

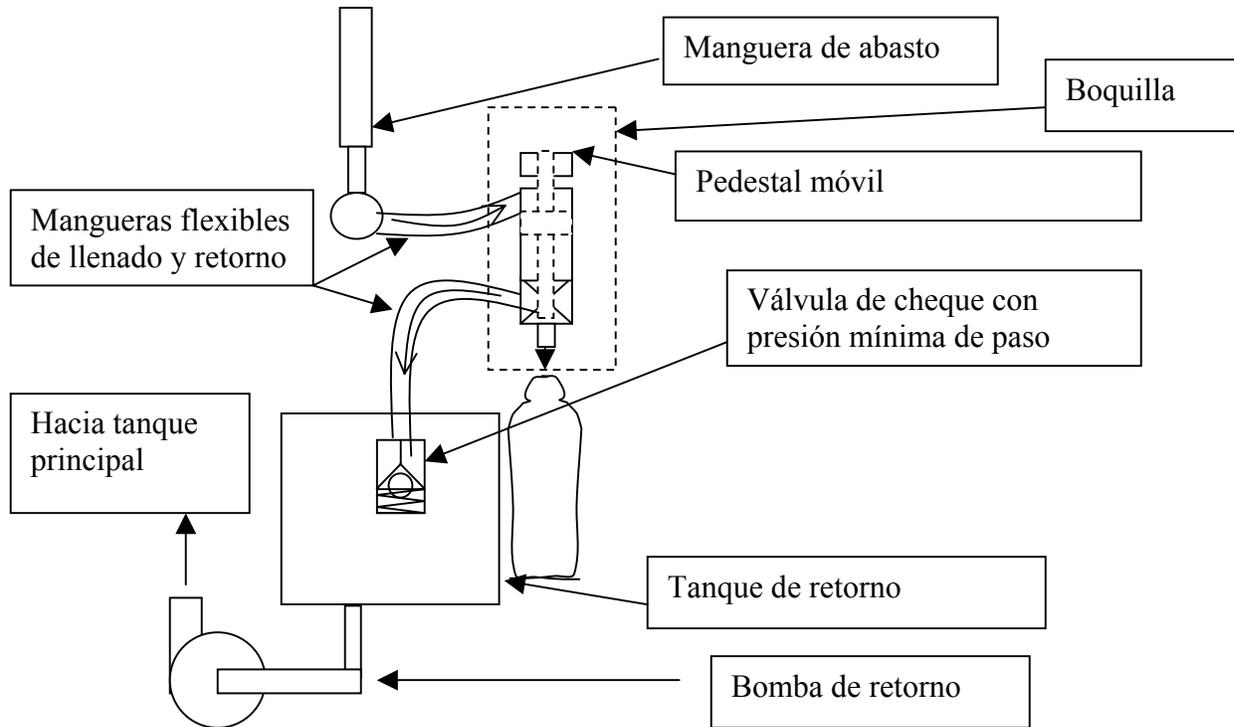
Todo esto está de cierta forma en la máquina actual con la que se cuenta, a excepción del sistema de boquillas (3), sistema temporizado de bomba llenadora (4), y sistema de retorno (6).

2.2.1 Boquillas

Las boquillas son los elementos de la máquina que tienen contacto directo con el envase y sirven para inyectar el líquido hasta llenarlo; tienen un diseño especial que permite llenar los recipientes hasta el nivel deseado, conduciendo el excedente por un sistema de retorno sin que se derrame el producto y además, este mecanismo de retorno permite que se recupere el producto contenido en la espuma, y los excedentes de los recipientes que se llenan primero.

Será necesaria la adaptación a la máquina, pudiendo asegurar estas boquillas en el pedestal móvil que sujeta los dosificadores en el sistema de llenado de latas de aerosol, desmontando, por supuesto, los cilindros dosificadores para colocar las boquillas nuevas en lugar de los émbolos (Véase figura 6 y figura 10)

Figura 10 Sistema propuesto de boquillas llenadoras especiales con retorno

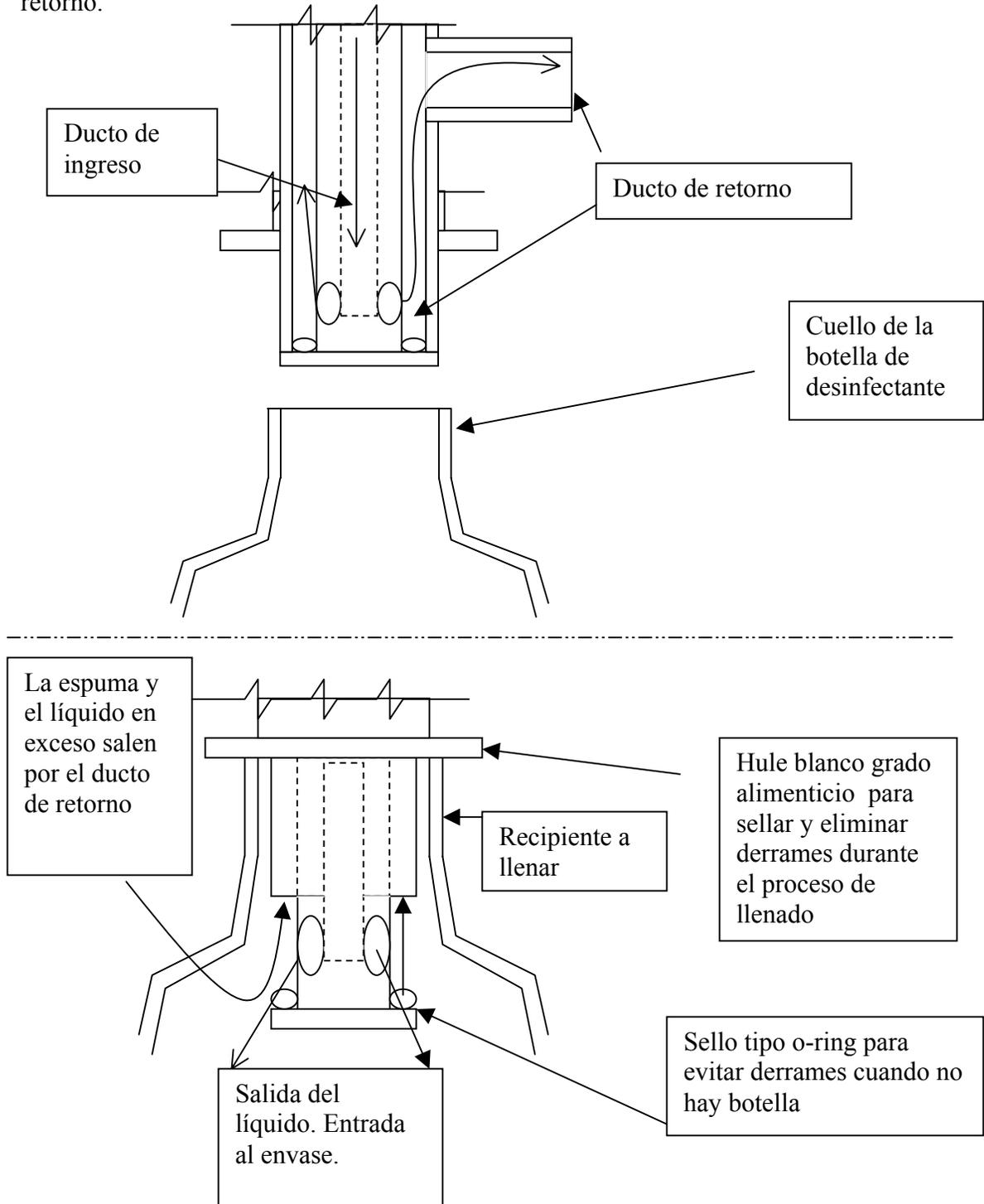


El sistema de retorno de las boquillas permite que la espuma y el exceso de producto vayan directamente a un tanque de retorno (o tanque de recuperación) por medio de ductos concéntricos a contra flujo. Una vez retiradas las boquillas en su totalidad, no habrá derrame de líquido pues hay conexión interna entre los ductos de abastecimiento y de retorno, por lo que inclusive puede accionarse el sistema sin botellas y el líquido irá directamente al tanque de retorno (ver figura 10 y figura 11).

Para eliminar derrames durante el proceso de llenado de las botellas se les adapta un empaque elástico que se presiona contra el borde de la boca de la botella, generando un sello (ver figura 11). Este empaque debe ser de hule blanco grado alimenticio, ya que es el que mejor se adapta a nuestras necesidades por ser muy resistente a la corrosión, al esfuerzo de corte y porque además se adapta al grado de higiene necesaria para el producto.

Figura 11 Funcionamiento de las boquillas

Si no existiera una botella, la boquilla enviaría el líquido directamente al ducto de retorno.



2.2.2 Tanque de abastecimiento de líquido

La máquina actual cuenta con un tanque intermedio de llenado (ver figura 12). Se elimina este tanque intermedio que provee actualmente la presión al líquido para conectar directamente la manguera de abasto al distribuidor y de éste a las boquillas (ver figura 13). Al eliminar el tanque intermedio se elimina el diferencial de presiones que provocan los cambios de nivel al estarse consumiendo el líquido, proveyendo una presión constante por medio de la bomba principal de llenado.

Figura 12 Sistema actual de abastecimiento de líquido

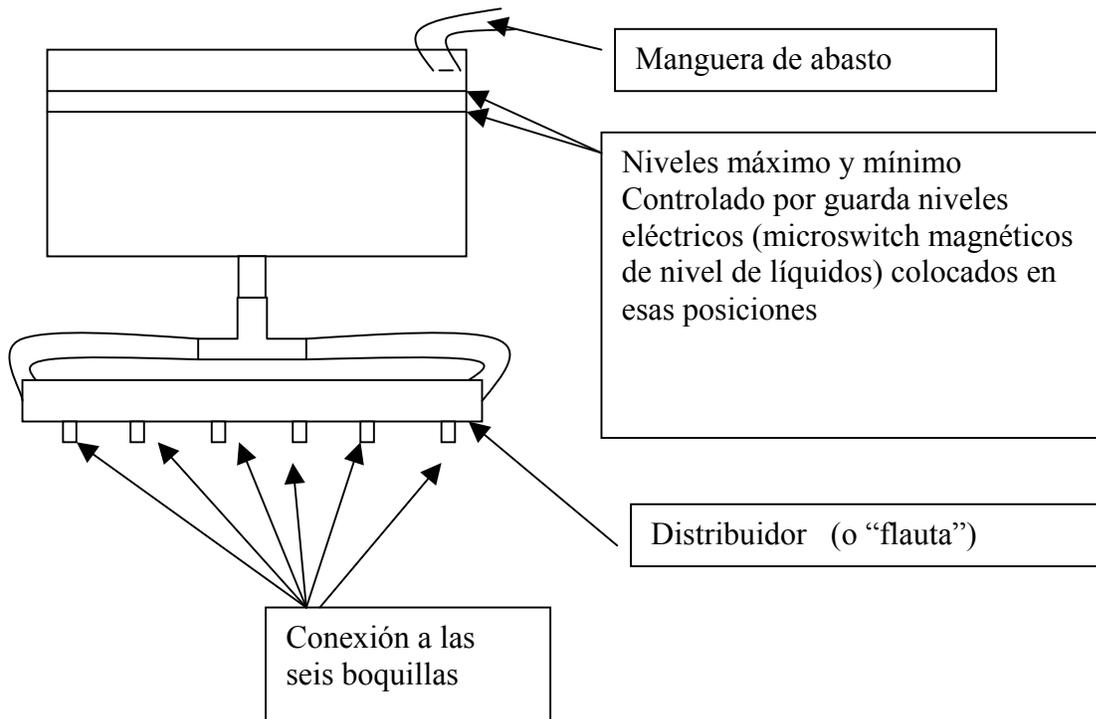
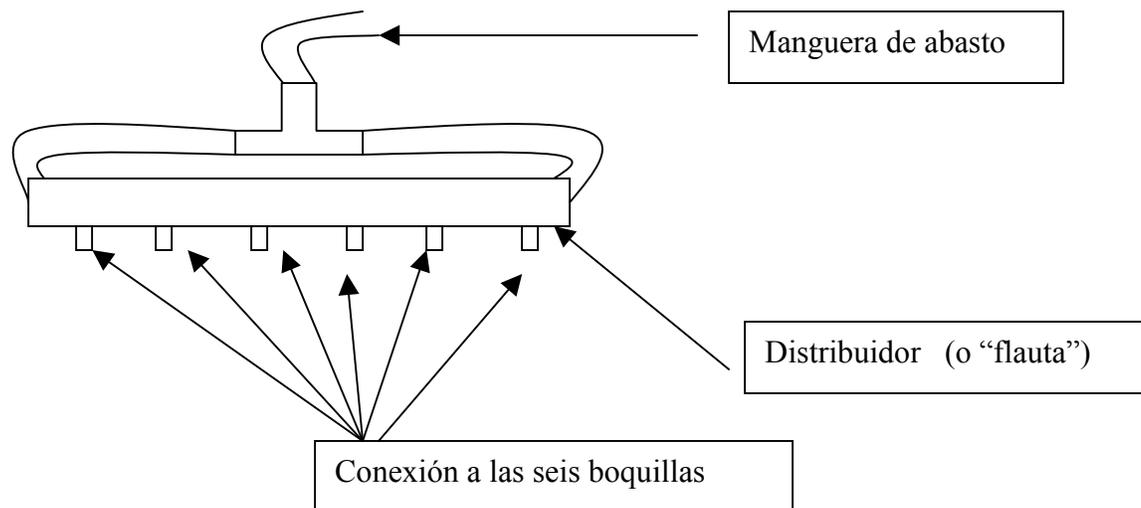


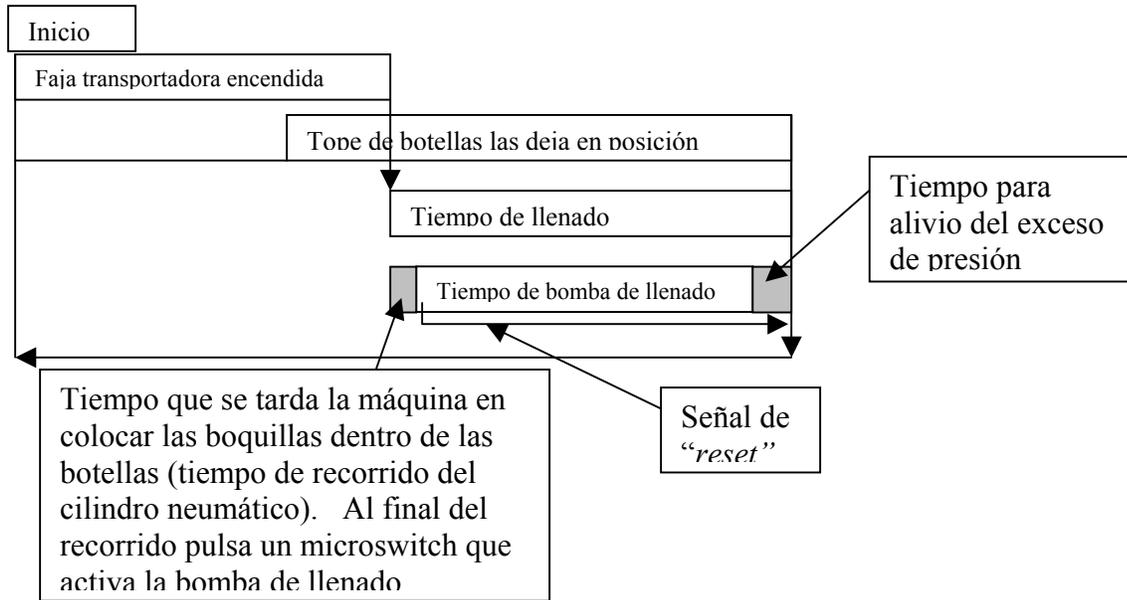
Figura 13 Conexión propuesta



Las señales de los guarda niveles serían eliminadas al eliminar el tanque. Estas señales no son eliminadas en su totalidad, ya que el sistema actual de succión del tanque principal (el tanque de mezclado) cuenta con un conjunto de relé y contactor que controlan la bomba de llenado del tanque secundario. Únicamente se utilizará la señal del nivel inferior (señal de encendido) para encender la bomba durante el tiempo de llenado. La señal del guarda nivel superior (señal de apagado) será eliminada de la máquina y en lugar de la señal electro-mecánica, se trasladará al panel de control de la bomba, sustituyéndola por un temporizador que apagará la bomba antes de que termine el tiempo de llenado* para dejar que el exceso de presión sea consumido.

* Ver nota en página 20

Figura 14 Diagrama de Gant, funcionamiento propuesto de máquina llenadora



Nótese que no está indicada la dependencia de señal entre la faja transportadora y el tiempo de bomba de llenado, ya que estas señales están ubicadas en distintos paneles. La dependencia no es eléctrica sino únicamente mecánica, ya que al bajar el pedestal que sujeta las boquillas (durante el tiempo de llenado), éste acciona un microswitch de rodillo de final de carrera, en este momento se envía la señal al panel de control de la bomba de llenado. La bomba se apagará al finalizar el tiempo que se le asigne a su temporizador.

Es importante hacer mención que se tienen dos temporizadores independientes para el tiempo en el cual se llenan los envases y que el tiempo de la bomba siempre deberá ser por lo menos 3 segundos menor al tiempo de llenado de la máquina. Nunca se debe asignar a la bomba un tiempo mayor al tiempo de llenado*.

* Tiempo de llenado: tiempo durante el cual la máquina coloca las boquillas en posición y espera a que se llenen los recipientes. Al finalizar este tiempo, se retiran las boquillas y el sistema empieza de nuevo su ciclo.

Tiempo de bomba de llenado: tiempo durante el cual está funcionando la bomba de llenado.

Este control lo debe llevar a cabo el programador del sistema, ya que si el tiempo de bomba de llenado es mayor al tiempo de llenado, habrá exceso de presión en el momento de retirar las boquillas; en este instante, las boquillas están abiertas y el sello hermético contra la boca de la botella es muy débil, lo que provocará que salpique violentamente el líquido por un momento mientras las boquillas son retiradas de las botellas.

2.2.3 Recuperación de líquido del tanque de retorno.

Ya que será eliminado el tanque de abastecimiento de líquido, éste mismo puede ser utilizado para tanque de retorno (ver figuras 6, 10 y 12); se deberá colocar bajo el nivel de fondo de las botellas para facilitar la caída del líquido y de la espuma.

Todas las mangueras de retorno irán a dar a este tanque, el cual deberá estar tapado para evitar la contaminación del producto por factores externos o ambientales; la tapa original del tanque viene provista de agujeros por los que las mangueras pueden introducirse.

Debido a la turbulencia que se genera durante la caída del líquido, la espuma se elevará y saldrá de la botella a través de los conductos de retorno de las boquillas especiales, esto será durante el proceso de llenado; debe existir un tiempo de holgura durante el cual, algunas de las botellas ya se han llenado y otras aún no, además, cuando todas las botellas se han llenado debe existir un tiempo adicional que permita que sean extraídas las pequeñas burbujas de aire que están en el fluido turbulento dentro de la botella, para que el contenido de la botella sea 100% líquido sin esperar que se asiente el producto y desaparezca la espuma. Durante este tiempo estará saliendo una espuma muy cargada de líquido, por lo que el tanque de retorno se llenará eventualmente.

Debido a que el tanque de retorno se llenará, será necesario adaptar una bomba de retorno que se encenderá periódicamente para evacuar el líquido y la espuma que se haya acumulado. Para evitar que la bomba esté encendida en seco, se puede conectar con el interruptor principal de la máquina, funcionando siempre que la máquina se eche a andar. Esta bomba de retorno enviará el líquido al tanque principal (o tanque de mezclado) para recircular el líquido, generando así un ciclo completo de recuperación sin derramamiento de líquido.

Preliminarmente se puede ver que los ductos de abasto y de recuperación (internamente en las boquilla diseñada) están conectados libremente cuando la máquina está en reposo, debido a esto será necesario adaptar válvulas de presión al final de las mangueras de retorno para que solamente salga líquido cuando haya un exceso de presión (mayor a la presión de la altura de manguera de abasto la cual es el diferencial de presión por gravedad, aproximadamente 70cm. de columna de agua igual a 7 Kpa). Además, esta válvula ayudará a romper la burbuja de la espuma minimizando el volumen ocupado por ésta (ver figura 10).

2.3 Diseños

Todos los aspectos involucrados en una línea de producción son, sin lugar a dudas, aplicables a cada producto en particular sin poder generalizar. Sin embargo, el diseñador de una línea de producción se encuentra actualmente con muchas opciones anteriormente diseñadas para mecanismos similares que pueden ser aprovechadas, simplemente hay que saber utilizar las herramientas con que se cuenta.

2.3.1 Boquillas

Se recomienda que sean fabricadas de acero inoxidable, esto significa que serán de un costo mayor que las de bronce, el que se oxida formando una capa verdosa, ya que a pesar de su elevada resistencia a la oxidación normal por los efectos del agua, el desinfectante tiene elementos en su fórmula que son muy oxidantes, y no deseamos contaminar el producto con este óxido. Los sellos son muy importantes para eliminar derrames, todos los diseños cuentan con varios empaques tipo *o-ring* y sellos de teflón.

2.3.1.1 Boquillas originales

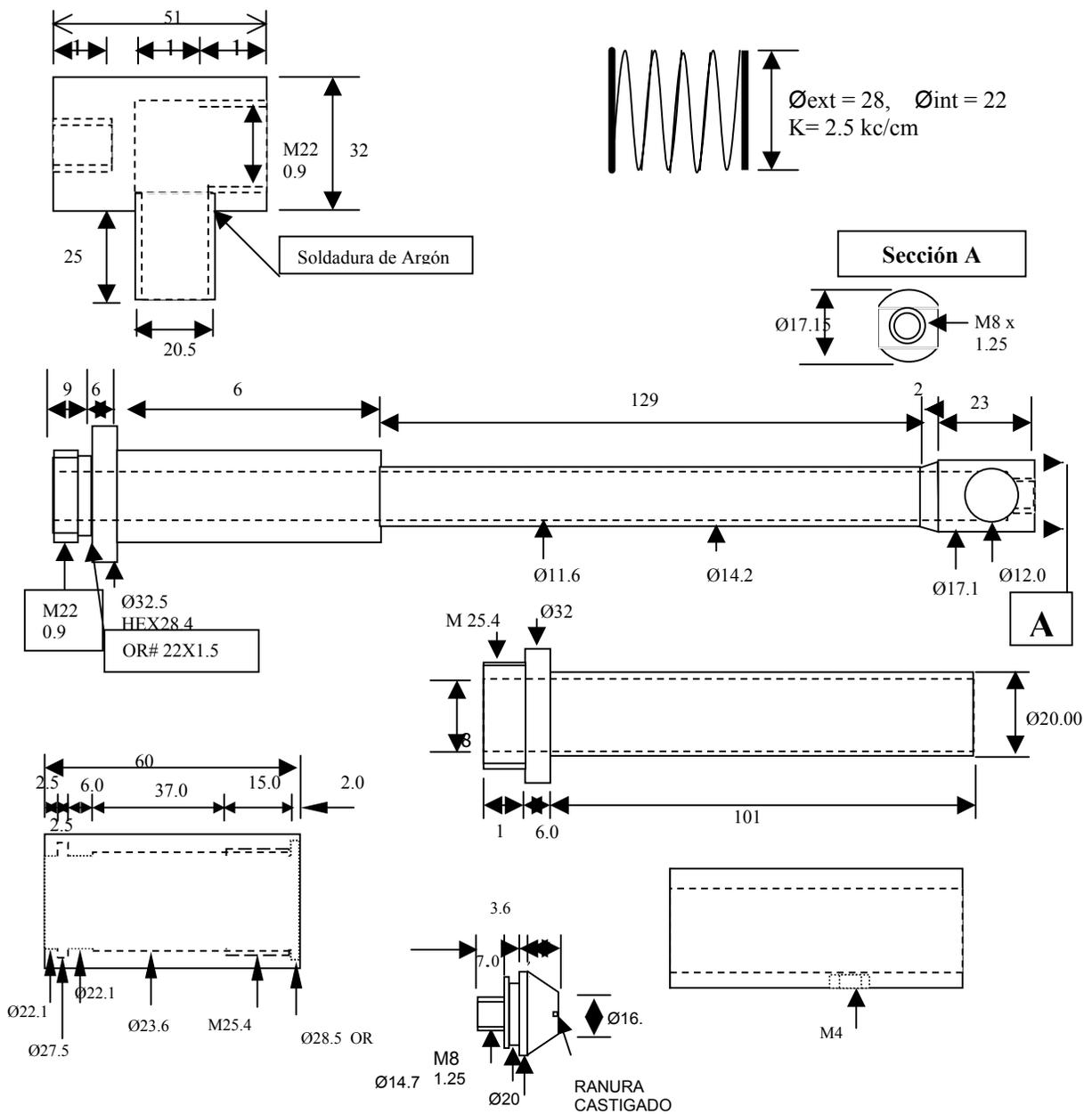
Todos los tipos de boquillas que se muestran a continuación han sido encontrados en diferentes máquinas de llenado de líquidos y en distintas aplicaciones cada una. A partir de estos diseños se escogerá la que mejor se adapte a nuestro proceso.

Los distintos modelos encontrados son adaptables a longitudes diferentes de envases y lo más importante es el diámetro externo del vástago que se debe introducir en la boca del envase, ya que si el envase es de un galón, por ejemplo, tendrá una boca de 30 mm de diámetro, para lo cual es mejor utilizar una boquilla que ayude a llenar con mayor rapidez los envases; por el contrario, una botella de 1 litro tendrá una boca de 22 mm o menos, en donde será imposible utilizar las boquillas de galón pues no entrará el vástago.

2.3.1.1.2 Máquina American Orion

Figura 16 Diseño de boquilla American Orion

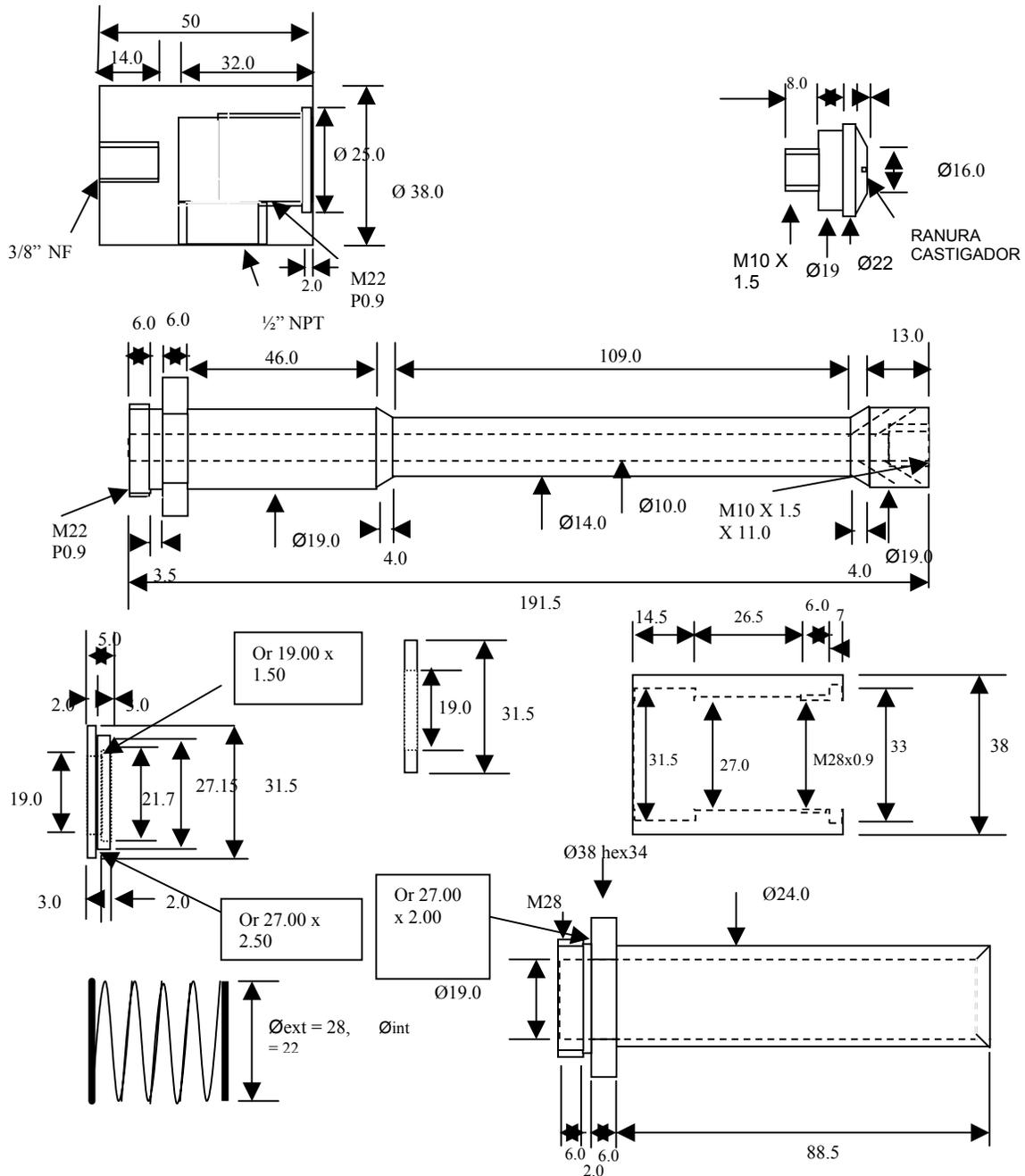
Material del cuerpo principal: acero inoxidable. Escala: 1:1.6 medidas en milímetros



2.3.1.1.3 Máquina Coster

Figura 17 Diseño de boquilla Coster

Material del cuerpo principal: acero inoxidable escala: 1:1.61. medidas en milímetros



2.3.1.2 Adaptación de los distintos modelos a la máquina llenadora

Sin lugar a dudas, el material a utilizar debe ser acero inoxidable por la naturaleza del producto, sea cual fuera el diseño y tamaño.

Los dos primeros diseños, American Fills, y American Orion, están diseñados para envases de boca de 22 mm. Sin embargo, la diferencia que marca la utilización preferente se encuentra en las dimensiones de los ductos de entrada del producto. Nótese en los diagramas de los diseños de las boquillas originales la dimensión del diámetro del ducto de llenado.

La boquilla American Fills con un diámetro interno de 5 mm. no es recomendable para líquidos viscosos. Es útil en cualquier líquido con viscosidad nula como nuestro caso en los desinfectantes (viscosidad cercana al agua, 0 a 2,000 centipoises). De forma diferente, el diseño American Orion, que es utilizable preferentemente para líquidos viscosos como el shampoo (5,000 a 6,000 centipoises), sin embargo esta característica es un factor de mucho peso en el momento de escoger una boquilla, ya que buscamos el mayor caudal que se pueda conseguir.

Si se desean llenar envases grandes, que tengan boca de 30 mm de diámetro, será recomendable usar el diseño de la boquilla Coster o American Orion.

La boquilla Coster no se puede usar en envases de boca menor de 24 mm.

Diámetro del ducto de llenado de la boquilla American Fills: 5 mm.

$$\text{Área del ducto: } (5/2)^2 \times 3.141592654 = 19.635 \text{ mm}^2$$

Diámetro del ducto de llenado de la boquilla American Orion: 11.65 mm.

$$\text{Área del ducto: } (11.65/2)^2 \times 3.141592654 = 106.59 \text{ mm}^2$$

Diámetro del ducto de llenado de la boquilla Coster: 11 mm.

Área del ducto: $(11/2)^2 \times 3.141592654 = 95.033 \text{ mm}^2$

$$\text{Comparación: } \frac{(\text{Área Coster})}{(\text{Área American Fills})} = \frac{95.033}{19.635} = 4.84$$

$$\text{Comparación: } \frac{(\text{Área American Orion})}{(\text{Área American Fills})} = \frac{106.59}{19.635} = 5.42$$

$$\text{Comparación: } \frac{(\text{Área American orion})}{(\text{Área coster})} = \frac{106.59}{95.033} = 1.121$$

Se nota entonces la superioridad del diseño de la boquilla American Orion sobre las demás al tener el menor diámetro externo y la mayor área de ducto de llenado, lo que proveerá mayor caudal que las demás, superando hasta por cinco veces más a la boquilla American Fills, y por un 12% más a la Coster.

Tabla I Características de las boquillas llenadoras originales

Tipo de Boquilla	Diámetro externo mm.	Diámetro interno de ducto mm	Área de ducto mm²	Recomendable para
American Fills	16.00	5.00	19.635	<ul style="list-style-type: none"> - Solo para líquidos acuosos, de viscosidad máxima de 2,000 cp. - Envases pequeños de capacidad máxima de 500 ml. - Boca mínimo 17.00 mm. de diámetro. - Espacio vacío de nivel de producto a boca de envase de 0 a 9 cm
American Orion	20.00	11.65	106.596	<ul style="list-style-type: none"> - Para líquidos de viscosidad máxima de 8,000 cp. - Envases de capacidad máxima de 4000 ml. - Boca mínimo 15.50 mm. de diámetro. <p>Espacio vacío de nivel de producto a boca de envase de 0 a 9 cm</p>
Coster	24.00	11.00	95.033	<ul style="list-style-type: none"> - Para líquidos de viscosidad máxima de 6,000 cp. - Envases de capacidad máxima de 4000 ml. - Boca mínimo 24.00 mm. de diámetro. <p>Espacio vacío de nivel de producto a boca de envase de 0 a 8.5 cm</p>

Se define entonces que la mejor boquilla que se puede utilizar es la boquilla de American Orion, ya que tiene el diseño más pequeño con el caudal más grande, y llenará cualquier envase mucho más rápido que las demás.

La longitud de los vástagos puede variarse si se desea dejar un nivel específico en el envase, sin embargo se recomienda establecer las boquillas con vástagos largos para poder variar los niveles desde cero hasta la longitud deseada. Salvo casos muy especiales, las longitudes de los tres diseños presentados serán mayores, para mayor espacio libre de boca a nivel de producto.

2.3.2 Controlador de bomba de llenado

La bomba de llenado se encuentra en el tanque principal (de mezclado), desde el cuarto donde se ha preparado y mezclado el producto. Esta bomba envía el líquido hasta la máquina llenadora, y es la que provee la presión necesaria en la tubería para llenar los envases más rápido que con la fuerza de la gravedad.

El sistema eléctrico que controla el encendido y apagado automático de la bomba es un mecanismo importante del proceso ya que debe estar sincronizado con el ritmo de la máquina llenadora para que haya abastecimiento de producto suficiente en el momento necesario y para que no exista exceso de presión en la tubería cuando las boquillas estén cerradas.

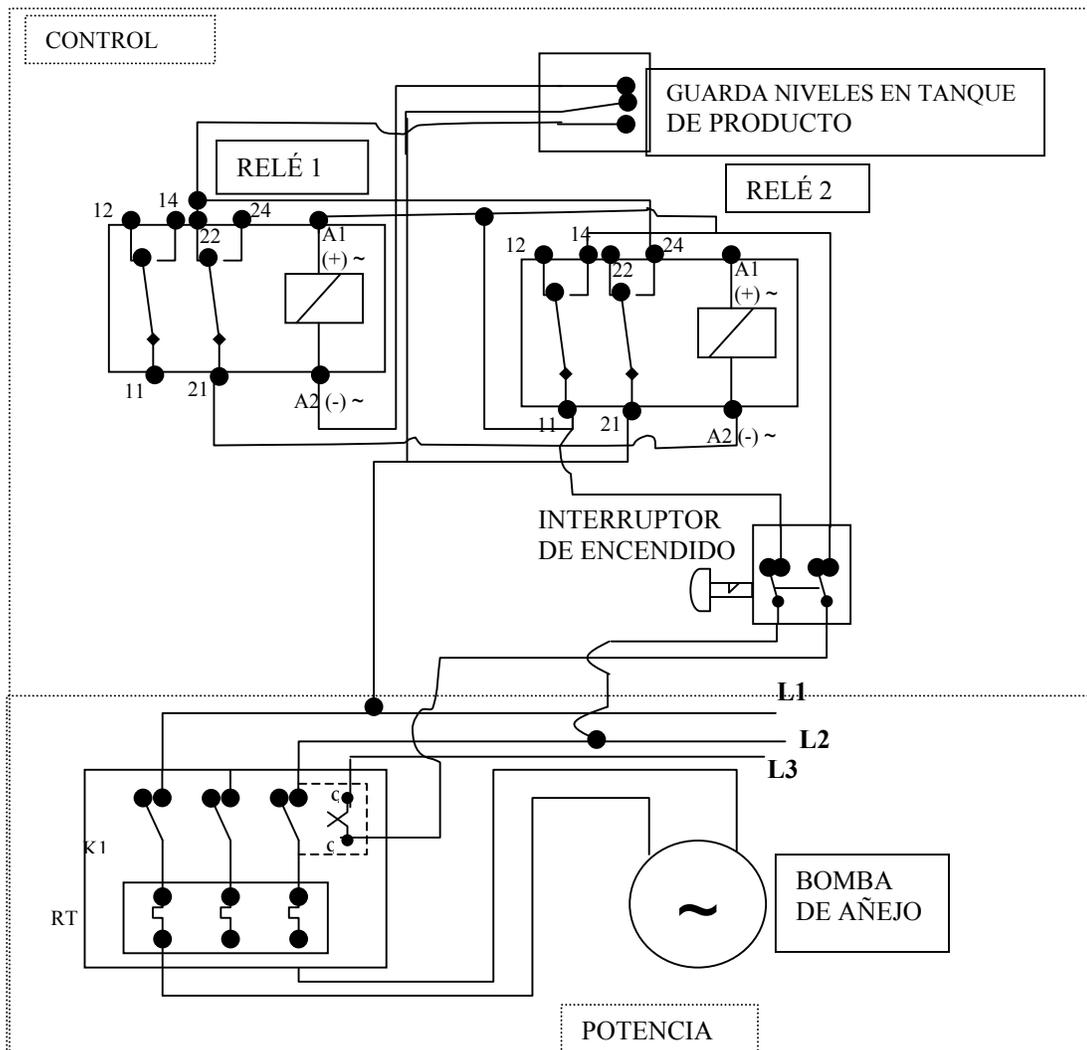
En el caso del diseño actual, el sistema controlador de bomba es necesario para mantener lleno el tanque de abastecimiento, y para que no se derrame al exceder cierto nivel.

2.3.2.1 Controlador actual

No es posible establecer en un solo formato todas las señales y circuitos eléctricos involucrados por lo tanto, se presenta un diagrama de la estructuración física de las conexiones, el cual será mucho más útil y fácil de entender.

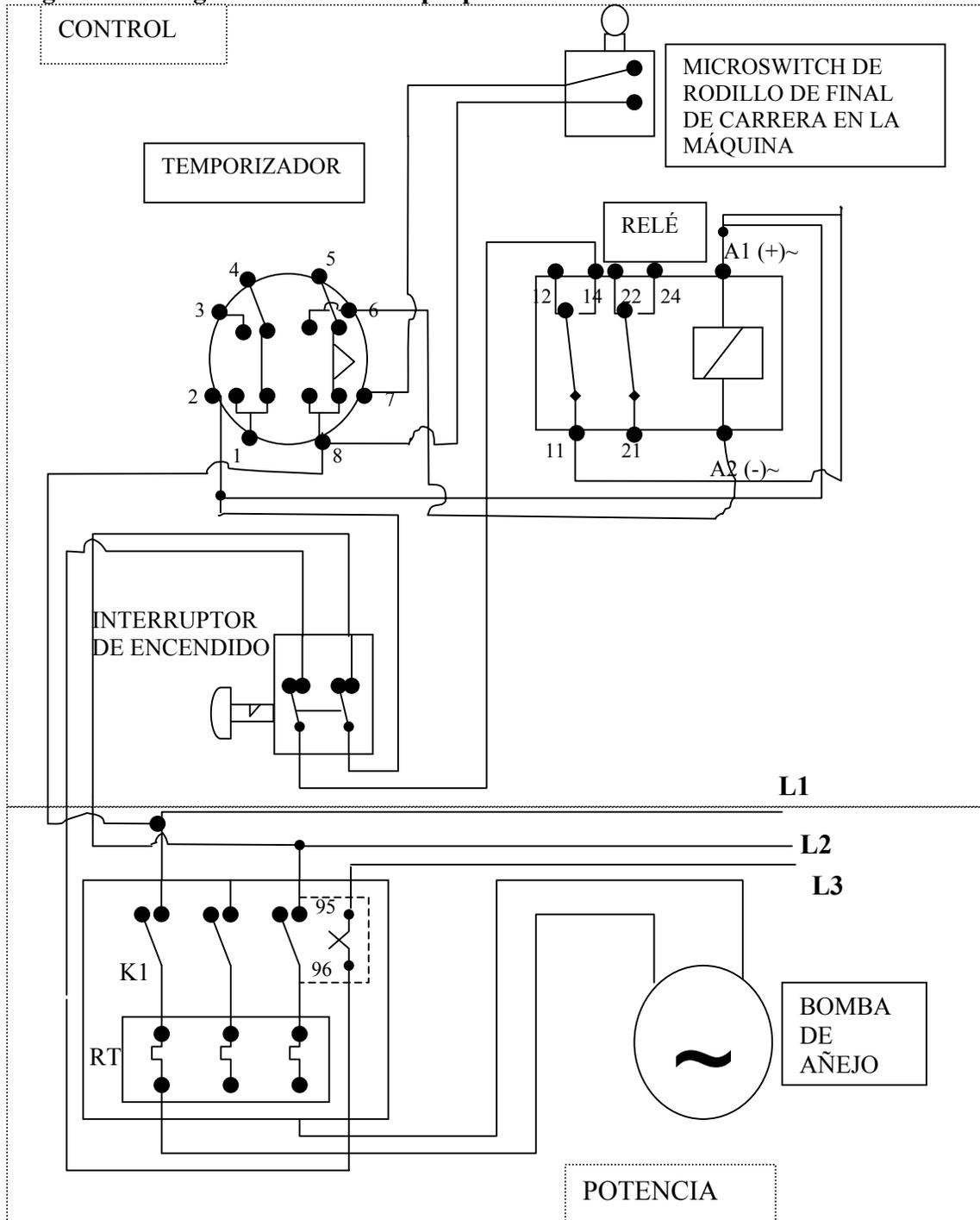
Cuenta con un sistema de dos relees de 8 pines, los cuales trabajan en conjunto para mantener un funcionamiento de guarda niveles, conectados de la siguiente forma:

Figura 18 Diagrama de conexión actual del controlador de bomba de llenado



2.3.2.2 Controlador propuesto

Figura 19 Diagrama de conexión propuesta del controlador de bomba de llenado



Ya no es necesario mantener un control de niveles, por lo tanto es necesario un solo relé que controle la bobina magnética del contactor de la bomba de llenado.

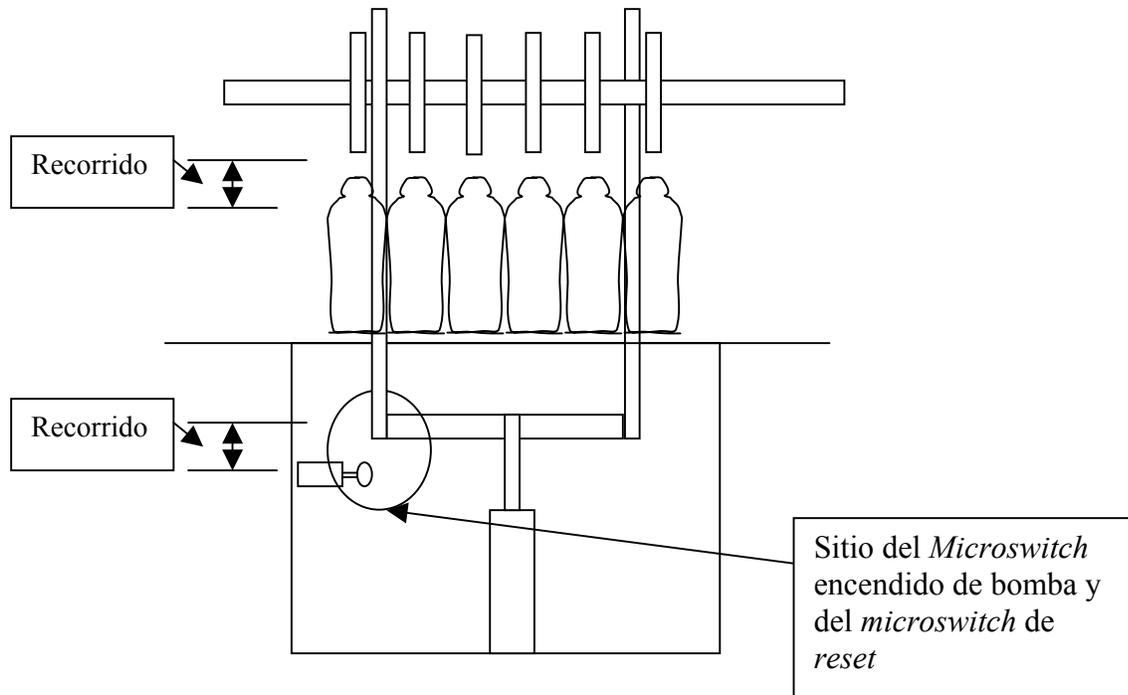
Para controlar el tiempo de llenado se añade un temporizador de 8 pines sencillo con un rango mínimo de 15 segundos y hasta un máximo necesario de 40 segundos, ya que en este rango se puede llenar toda la variedad de capacidades de los recipientes en el mercado si en un futuro se ampliara la gama de capacidades a ofrecer al público.

2.3.2.3 Adaptación de *microswitch*

El cableado existente utilizado por los guarda niveles servirá para el mismo objetivo (encender la bomba) con la variación de la eliminación del guarda nivel superior que deja de ser funcional para apagar la bomba. Para el nuevo diseño, la señal de apagado será emitida por un temporizador que hará la función de apagar la bomba por control electrónico al cumplirse el tiempo necesario que será estimado y regulado por el operador de la máquina. Este tiempo dependerá de la capacidad de botella que se esté llenando.

Los cables de los guarda niveles se conectan a un *microswitch* de rodillo de final de carrera, el cual se coloca físicamente en la parte inferior de la máquina para encender la bomba en el momento en que las boquillas de llenado están colocadas dentro de las botellas y listas para llenar.

Figura 20 Ubicación del *microswitch* controlador de bomba de llenado



Junto a este *microswitch* se encuentra ya ubicado uno que sirve como *reset* de sistema general, el cual no sufre ninguna modificación, siendo un sistema paralelo e independiente en el funcionamiento mismo del recorrido (ver figura 14). La señal de dicho *reset* se emite al momento de pulsarlo y la máquina vuelve a funcionar hasta el momento que se libera.

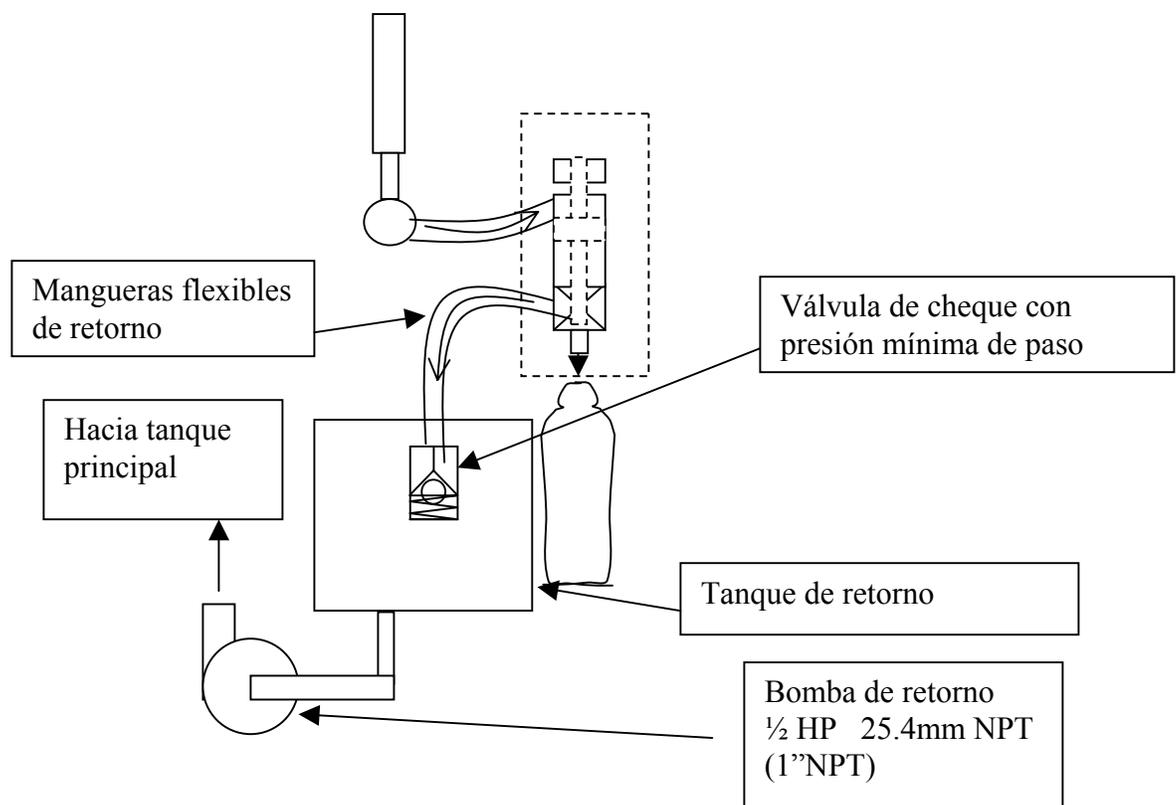
2.3.3 Sistema de retorno

Como ya fue explicado anteriormente, (véase la sección 2.2.3. recuperación de líquido del tanque de retorno) será necesario adaptar un sistema que reciba producto sobrante por la espuma en abundancia que se genera; este sistema no existía en lo absoluto en la estructura anterior, aunque puede ser aprovechado el tanque de abastecimiento, para que sirva como tanque intermedio local para receptáculo de la espuma y líquido recuperado.

2.3.3.1 Sistema de bombeo

Utilizando una bomba de centrífuga plástica de $\frac{1}{2}$ HP, ubicada justo debajo del tanque de retorno se envía el líquido y la espuma hacia el tanque principal a través de una tubería paralela a la tubería de abasto. El funcionamiento de las bombas de centrífuga plástica comercial evita el desgaste por funcionamiento en seco, ya que no existe el contacto directo de partes móviles. La ubicación debajo del tanque evitará tener que cebar la bomba cada vez que se quiera bombear.

Figura 21 Sistema de bombeo de retorno

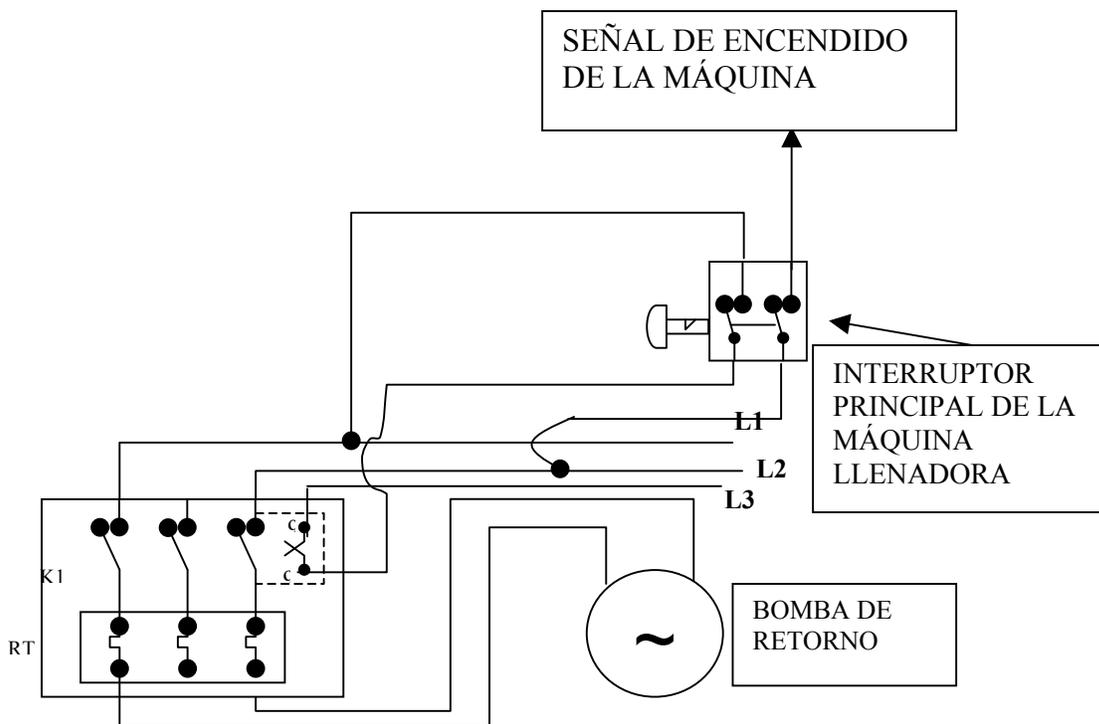


La tubería necesaria será de 25.4 mm (1") y de presión mínima, ya que no habrá llaves ni contra flujos. En el extremo se puede utilizar una manguera flexible para movilizar entre tanques cuando se cambie de un aroma a otro.

2.3.3.2 Sistema eléctrico

En el panel principal de la máquina llenadora puede ubicarse un contactor que puede ser accionado con el arrancador primario de la máquina, esto quiere decir que siempre que se eche a andar la máquina llenadora, la bomba de retorno estará funcionando.

Figura 22 Sistema eléctrico de bombeo de retorno



2.3.4 Túnel de aire caliente para secado y etiquetado

Dentro del diseño de la máquina llenadora, el túnel de aire caliente toma un papel muy importante para determinar la eficacia de la máquina.

Se debe mencionar el túnel de aire caliente en esta etapa previa al diseño de la línea de proceso, debido a que este túnel no solo etiquetará, sino también secará.

Aunque el diseño de las boquillas llenadoras sea el más adecuado para este sistema de llenado de líquidos, no es posible asegurar en un 100% que no existirá derrame de producto; es de esperarse que una mínima parte en alguna ocasión salpique el o los envases, sin embargo, antes de introducir al sistema una operación más de secado de envases que incrementará los costos y reducirá eficiencia, se debe recordar que ya se posee una herramienta para ello. Se deja entonces la operación de limpieza para el final de la línea.

3. REDISEÑO DE LÍNEA DE PROCESO

3.1 Taponado

Como actualmente seguirá colocándose manualmente la tapa en la boca de la botella, la variación estará en la forma de apretar la tapa.

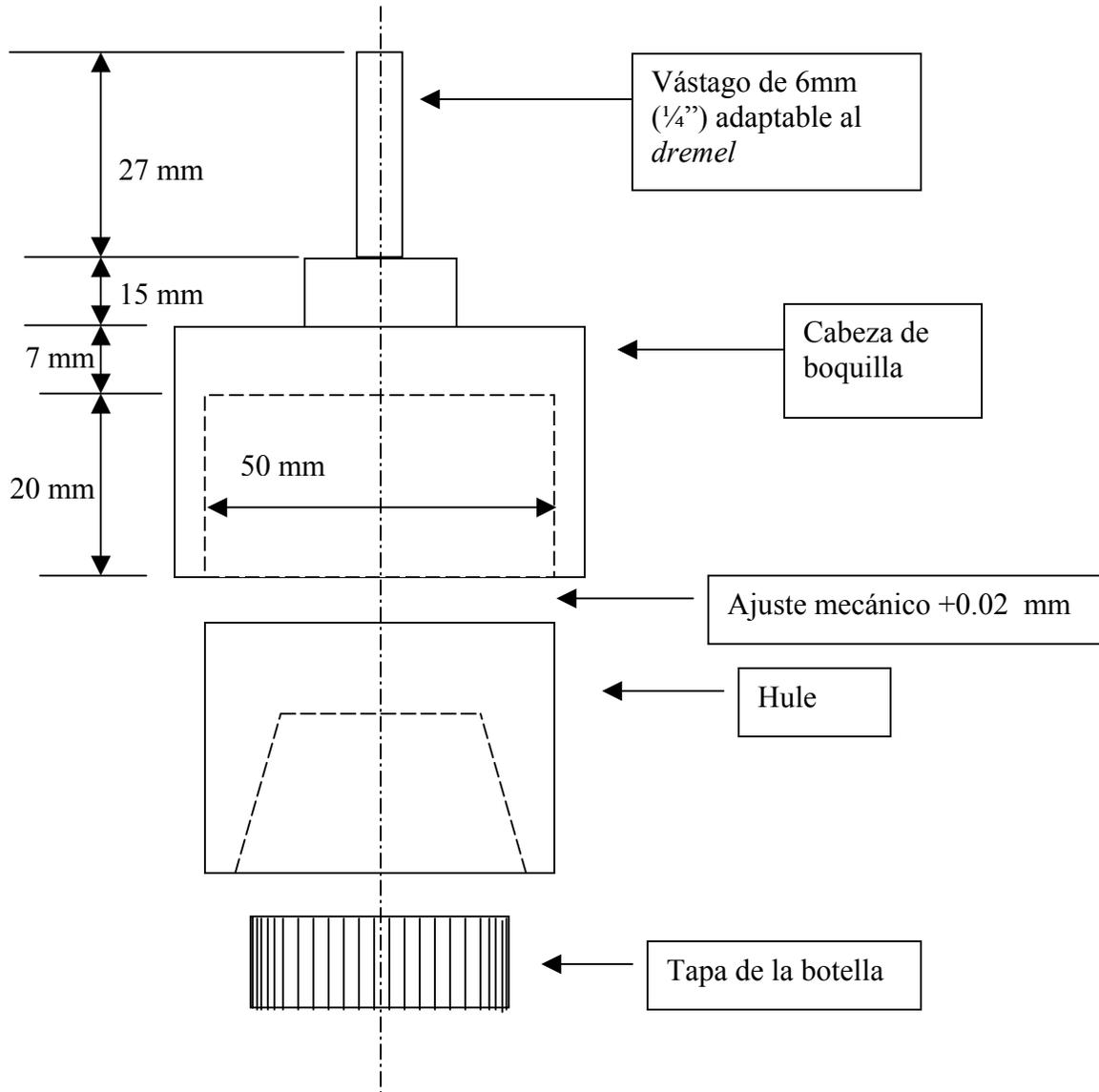
Una máquina taponadora manual es muy costosa y difícil de conseguir en el país, se encuentra únicamente en una sola tienda, la cual provee también los repuestos.

A un costo de 1/3 de su valor normal puede conseguirse un *dremel* neumático, conocido como “pulidor neumático de alta revolución”, con boquilla de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ”) para adaptarle la cabeza de boquilla original de la taponadora, la cual puede también fabricarse en un torno, copiando las medidas originales, siendo de un costo de la mitad de una original. Es aconsejable que el vástago se fabrique de acero endurecible (acero 705 con tratamiento térmico y nitruración) y la cabeza se fabrique de aluminio.

A la cabeza de boquilla de la taponadora se le coloca un hule especial de forma cónica que es el que provee la fricción contra la tapa, ejerciendo presión con el brazo contra la tapa. Este hule es muy barato, no se recomienda fabricarlo pues su costo será mayor. De esta manera se evitará el gran esfuerzo físico del operario, y además evita la formación de ampollas en sus manos.

La cabeza de boquilla se muestra en la figura siguiente, para poder fabricarla.

Figura 23 Cabeza de boquilla de taponadora



3.2 Etiquetado

Descrita en la sección 1.4, es la forma actual de etiquetado que ha subsistido desde la creación de la marca sin haber buscado nuevas opciones. Se proponen dos formas diferentes y más prácticas de etiquetado.

3.2.1 Comparación de otras opciones

Dentro de la industria guatemalteca podemos encontrar una amplia gama de proveedores de etiquetas y sus correspondientes sistemas de etiquetado. Actualmente, se han desarrollado nuevas técnicas de fabricación de etiquetas autoadhesivas y térmicas para aplicaciones extremas de temperatura, materiales resistentes a la luz ultravioleta, los cuales no se decoloran, materiales resistentes a ambientes húmedos y fríos, etc. No es difícil encontrar etiquetas con características propias para envases de desinfectantes.

3.2.1.1 Etiqueta autoadhesiva convencional

Existen varios proveedores en Guatemala de etiquetas autoadhesivas; las proporcionan en rollos (embobinados de 1,000 etiquetas regularmente), los cuales se colocan en máquinas etiquetadoras especiales diseñadas para este tipo de proceso. La empresa ya cuenta con varias máquinas etiquetadoras.

Únicamente es necesario fabricar los moldes en los que se coloque el envase. Se necesita un molde exclusivo para cada tipo de envase. Estos moldes pueden ser fabricados con yeso por cualquier taller de herrería o artesanías. La cavidad debe ser un molde exacto de la forma del envase para que no haya movimiento y la etiqueta sea colocada sobre cada envase siempre en la misma posición.

De acuerdo con la competencia son necesarias dos etiquetas: una frontal para la presentación y una trasera para la información necesaria del producto. Esto implica que para el proceso de etiquetado serán necesarias dos máquinas etiquetadoras con una operaria por máquina. También es necesario transportar los envases etiquetados del área de etiquetadoras al área de llenado, por lo que hay que considerar estas operaciones de empaclado y transporte.

En las botellas de forma cilíndrica no es necesario centrar lateralmente la primera etiqueta, esto hará a esta etiqueta el anverso o parte frontal del envase. La segunda etiqueta deberá ser colocada exactamente en el reverso, lo cual presenta la dificultad de centrado, ya que el envase al ser cilíndrico, no tiene una cara al colocarlo “al revés”; para lograrlo será necesario adaptar una señal de referencia a la primera etiqueta para que la segunda siempre se coloque en el reverso de esta (comúnmente se le conoce como “registro” a esta referencia)

Las etiquetas deben ser colocadas antes del llenado de los envases debido a dos razones:

Primero, no es eficiente sacar las botellas llenas de la línea de proceso para etiquetarlas. Segundo, cualquier derrame de líquido en el proceso de llenado impide que la etiqueta quede bien pegada por los residuos de producto en la superficie del envase, (jabones, limpiadores y desinfectantes que son parte del producto); estos residuos siempre quedarán aunque se intente limpiar.

Si por cualquier causa es necesario colocar una etiqueta en un envase que ha sido manchado con producto, se recomienda “flamear”^{*} el envase, de lo contrario se corre el

^{*} “flamear” es un proceso utilizado en serigrafía, consiste en hacer pasar rápidamente los envases por una llama generalmente por combustión de gas propano para quemar la grasa y cualquier impureza.

riesgo de que la etiqueta se despegue durante su manipuleo, o peor aún, cuando se almacene previo a la venta.

El pedido mínimo para este tipo de etiqueta es de 15,000 unidades por diseño. Por lo tanto la inversión inicial es de 30,000 unidades por presentación (15,000 unidades de parte frontal y 15,000 unidades de parte trasera), esto debido al proceso de producción de las empresas proveedoras y sus costos fijos de operación.

3.2.1.2 Banda termoencogible

Esta opción presenta la mejor presentación y más rápida colocación, haciendo el proceso mucho más rápido, reduciendo las operaciones de varias operarias engomando y pegando etiquetas o dos operarias en dos máquinas etiquetadoras, y el empaque y transporte inevitables de la opción anterior.

Para esta operación solamente es necesaria una persona que coloque manualmente la banda en el envase dejándola en posición.

Una banda termoencogible se puede colocar en la botella exactamente después de haberle colocado la tapa. La faja transportadora existente tiene espacio suficiente para hacer esta operación. Además, con ciertas modificaciones (ver Adaptación de túnel de aire caliente más adelante en este capítulo), el túnel de aire caliente utilizado para secado de las latas de aerosol puede utilizarse para el efecto de termoencogido de la banda.

Una banda completa no necesita ser centrada, y la forma de las botellas le dará la altura correcta, pues todos los envases cilíndricos que existen en la actualidad tienen una sección de mayor diámetro en la parte inferior, lo cual sirve de tope o referencia.

Sin embargo, esta opción es mucho más costosa en cuanto a la inversión inicial, ya que el primer pedido debe ser de un mínimo de 50,000 unidades por presentación,

además del costo fijo de artes por parte de la empresa que fabricará la etiqueta, por lo que esta opción representa una inversión inicial muchas veces mayor que la opción anterior. Después del primer pedido, la inversión de cada pedido es de 50,000 etiquetas por estilo al mismo costo que las etiquetas autoadhesivas de la opción anterior.

Esta opción proporciona los menores costos de operación, minimizando al máximo los desperdicios de etiquetas, además de que los envases no se echan a perder pues las etiquetas no se adhieren a ellos.

3.2.2 Adaptación de accesorios existentes

El objetivo principal del rediseño de la línea es una inversión mínima. Bajo este punto de vista, debemos utilizar las herramientas existentes, únicamente adaptándolas a nuestras necesidades.

3.2.2.1 Adaptación de túnel de aire caliente

El túnel existente obtiene su calor de un quemador de keroseno de 65,000 BTU/hora, sistema que no necesita ser cambiado ya que seguirá siendo útil para la línea de llenado de aerosoles, y a la vez servirá para nuestros propósitos de etiquetado.

Debe ser ampliado verticalmente para que quepan los envases de desinfectante ya que las latas normales son más bajas. Es un trabajo muy sencillo que puede llevar a cabo cualquier hojalatero.

También es necesario mantener el calor del túnel para que sea más eficiente; para este efecto se le pueden adaptar cortinas de tiras de lona en cada extremo para poder guardar mejor el calor y optimizar el sistema.

Para mejorar el encogimiento, si es necesario, se puede regular la velocidad de la faja transportadora (dispositivo ya existente) aumentando o disminuyendo el tiempo que los envases pasen dentro del túnel.

Figura 24 Túnel de aire caliente actual para secado

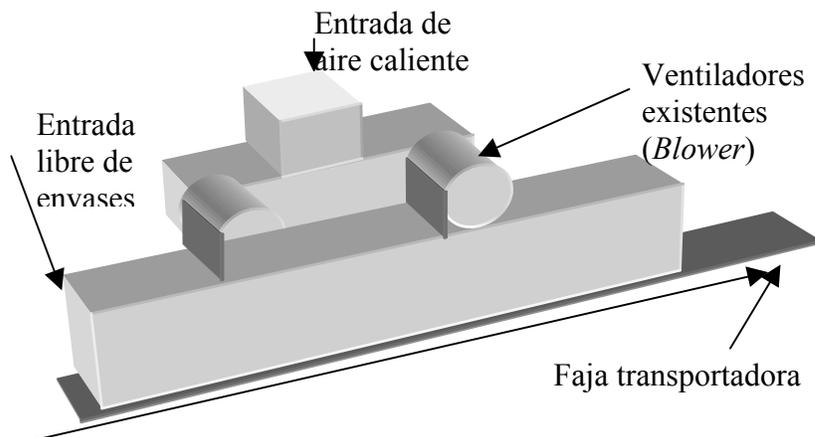
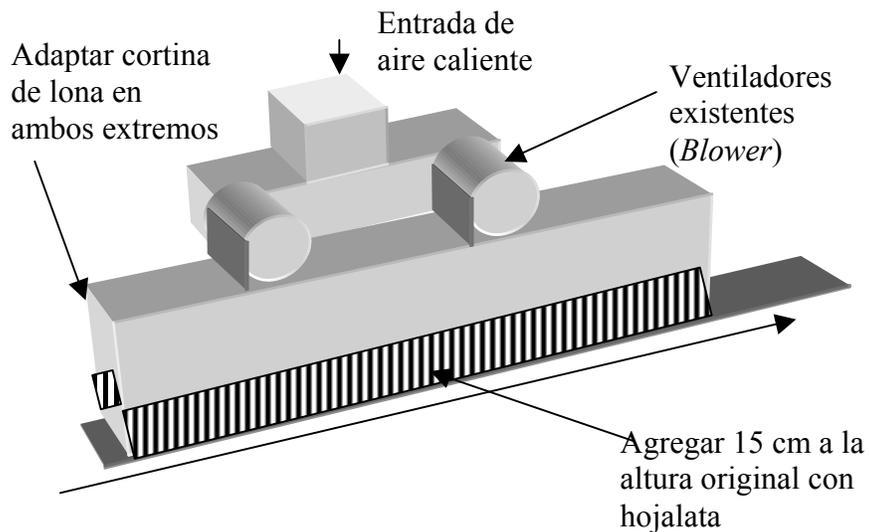


Figura 25 Túnel de aire caliente propuesto para termoencogido de etiqueta



3.3 Empaque del producto terminado

Como parte del diseño de la línea de producción se espera impactar en una nueva presentación para que el producto sea lanzado con buenas expectativas y una nueva imagen. Debido a que se buscan ventas por mayor, será muy importante impresionar al mercado objetivo. Un embalaje atractivo será una buena impresión para todos los mayoristas que manejen bodegas centrales de distribución y sistemas de stock.

3.3.1 Caja corrugada

La caja de cartón corrugado utilizada en la actualidad únicamente necesitaría un cambio de arte de impresión para que valga la pena una introducción al mercado de un producto mejorado y con nueva imagen.

Las dimensiones de la caja no necesitan ser cambiadas, a menos que se diseñen nuevas presentaciones del producto, de ser así, se recomienda una presentación genérica del arte de impresión para que únicamente sea necesaria una ampliación o reducción.

El cartón utilizado de calibre 125, es suficientemente resistente para cualquier capacidad hasta dos litros, ya que se espera que el peso de cada caja sea adecuado para que toda persona pueda levantar y cargar cualquier presentación de producto, de este modo, un calibre mayor incrementará el costo innecesariamente.

3.3.2 Empaque económico en *polistretch*

Una alternativa a los empaques económicos lo presenta el *polistretch* el cual no es más que un polímero de alta densidad muy elástico, utilizado actualmente para empaques de comida rápida y embalaje de paquetes de viaje.

Un paquete de producto con este sistema será fácil de maniobrar si se empaca hasta un máximo de 6 unidades; con más de 6 se vuelve complicado mover el paquete si las piezas están sueltas por dentro.

Una caja de cartón que cuesta alrededor de Q.3.00 puede ser sustituida por un empaque de Q.0.25 con una base de cartón reciclado.

3.3.2.1 Pedestal para empaque en *polistretch*

Para poder hacer los paquetes de producto terminado se necesita colocar los envases en un pedestal que sujete y a la vez sea fácil de manipular. Nos enfrentamos al problema que cuando se está envolviendo el producto, necesitamos cubrir totalmente el paquete, esto incluye la parte de abajo. Sin embargo, mientras no se ha terminado de empacar, los envases siempre estarán flojos, por lo que el pedestal que se propone tiene la parte de abajo descubierta para que se pase *polistretch* por debajo sin ningún problema.

El procedimiento de empaque es el siguiente: (1) Se coloca en los brazos horizontales a modo de gaveta, un cartón corrugado cortado previamente a la medida de la base que necesitemos para los 6 envases que se empacarán. (2) Luego se colocan los envases para que se envuelvan con el *polistretch*. (3) En este proceso se envolverán también los brazos de la “gaveta” del pedestal; sin embargo, al terminar de envolver, se puede retirar el paquete deslizándolo, extrayendo los brazos del pedestal. Con este procedimiento quedará una pequeña área (área trasera del paquete) sin cubrir; para evitar esto, (4) puede dejarse un excedente de *polistretch* cerca para que cuando se extraiga el paquete del pedestal, este excedente se estire manualmente hasta cubrir lo que quede descubierta; (5) Plegar el *polistretch* trasero hacia arriba para poder retirar el paquete; (6) Desdoblar el pliegue de *polistretch* para volver a cubrir la parte descubierta. (Véase la figura 27 para ver gráficamente el procedimiento)

Figura 26 Pedestal especial para empaque de producto con *polistretch*

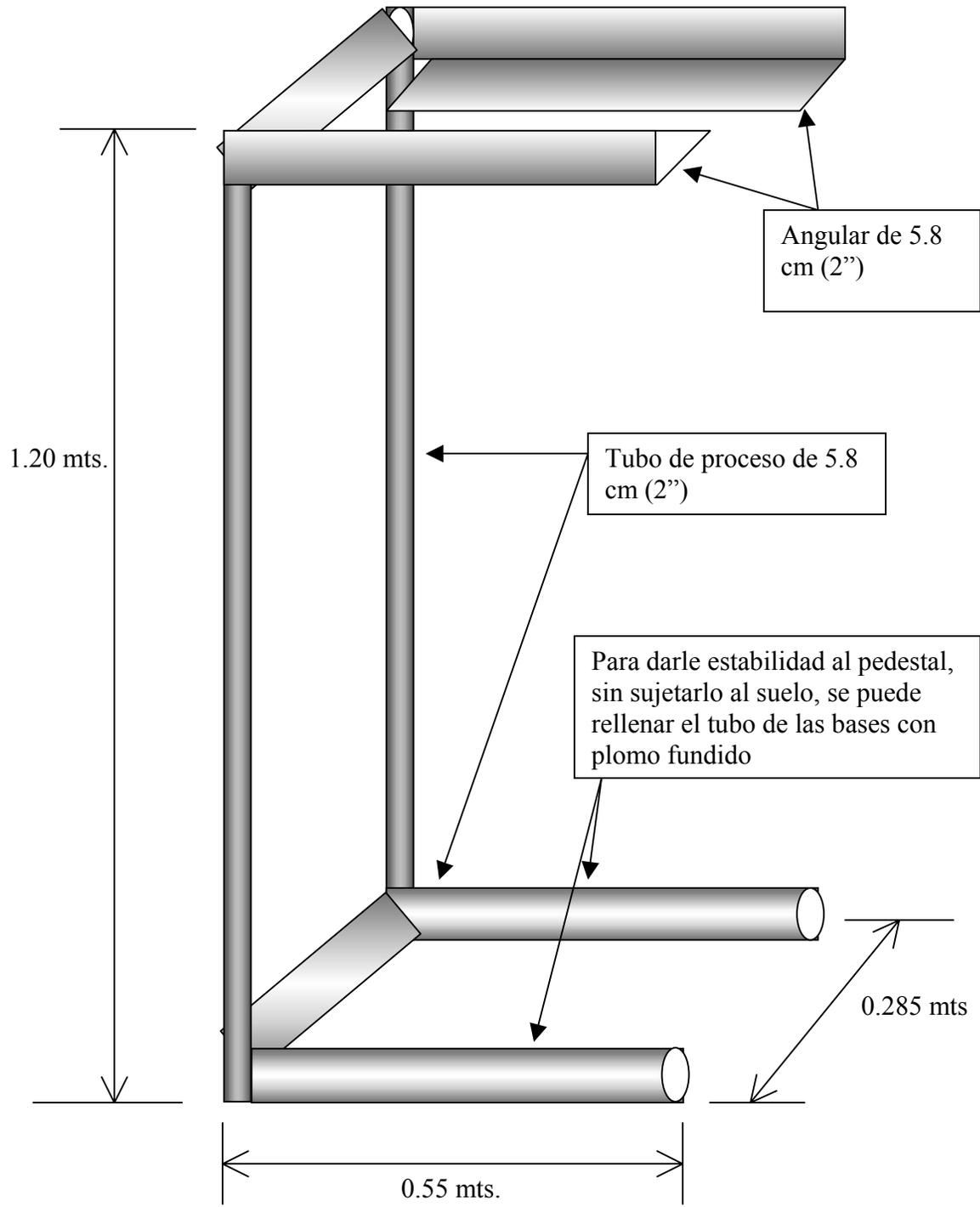
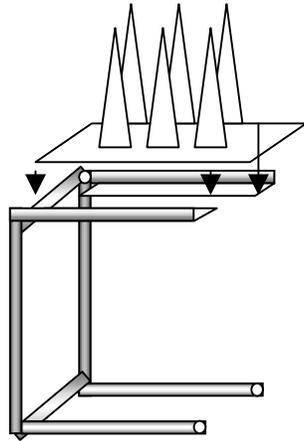
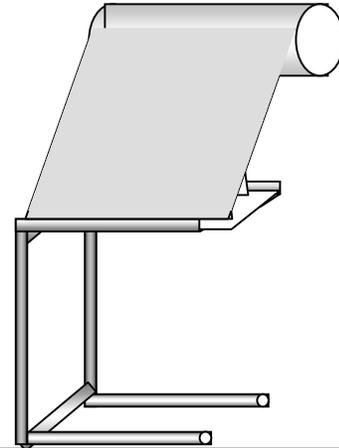


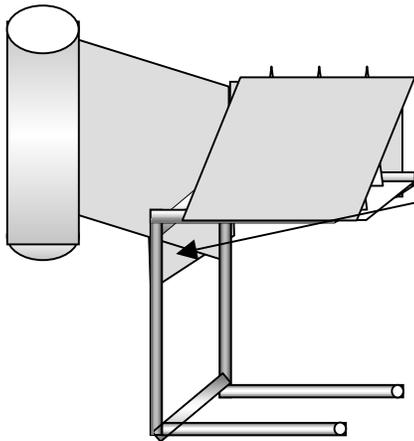
Figura 27 Procedimiento de empaque con pedestal para *polistretch*



(1) Colocación de la base de cartón y (2) los envases

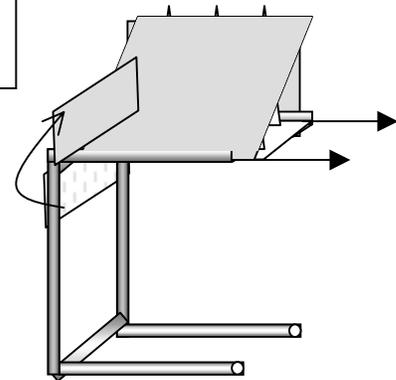


(3) Envolver con *polistretch*

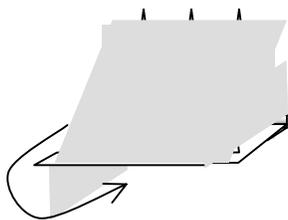


(4) Envolver totalmente

Material excedente para completar el paquete al retirarlo del pedestal



(5) Plegar el material y retirar el paquete como gaveta



(6) regresar el pliegue hacia abajo para completar el paquete

4. DIAGRAMAS DE PROCESO Y BALANCE DE LÍNEAS

La línea de producción en trabajo puede ser evaluada bajo una supervisión de simple observación, sin embargo las herramientas que nos brinda la ingeniería industrial nos ayudan a evaluar las operaciones globales, plasmando en papel los detalles más pequeños que pueden escapar a la vista de un supervisor de producción, quien además de la responsabilidad de calidad, estará preocupado por las demás tareas asignadas. Es por eso que es importante detallar los diagramas de proceso para poder analizar los pasos y procedimientos fuera de las presiones mismas de una tarea de producción para establecer el mejor método y luego mejorarlo.

Los diagramas de procesos proporcionan una descripción sistemática del ciclo de un trabajo o proceso, con suficientes detalles de análisis para planear la mejora de los métodos. Cada miembro de la familia de diagramas de procesos está diseñado para ayudar al analista a formarse una imagen clara del procedimiento existente. Los formatos estandarizados proveen el lenguaje común con el que varias personas podrán tener juntas una representación gráfica de los problemas, con lo que se estimula el intercambio o la polinización cruzada de las ideas¹.

4.1 Operaciones estándar requeridas y tiempos estándar asignables

Todo proceso de producción es una suma de variables, pasos hacia una meta. Cada paso que se toma es una operación y cada puesto de trabajo puede tener una o más operaciones. También dentro del proceso debe haber puestos de trabajo en los cuales se inspeccione la calidad del producto con un estándar para determinar la buena calidad y el buen funcionamiento de la línea de producción.

Las operaciones estándar requeridas en la línea de desinfectantes van desde llenar los envases hasta el empaque de los envases terminados en cajas o paquetes, pasando por el taponado, etiquetado (banda termoencogible, ver sección 3.2.1.2), inspección y limpieza.

4.1.1 Descripción de operaciones estándar

1. **Inspección y colocación de envases:** en la estación 1 se revisa cada envase para asegurarse que no está dañado. El mismo operario coloca el envase en la banda transportadora para que la máquina llenadora empiece su ciclo.

2. **Llenado:** con las nuevas boquillas, la máquina llenadora que corresponde a la estación 2, coloca las boquillas dentro de los envases, al mismo tiempo enciende la bomba de llenado e inmediatamente los empieza a llenar, parando hasta que todas las burbujas de aire han salido.

3. **Transporte:** la banda transportadora saca los envases de la máquina de llenado y los lleva hasta donde se les pondrá la tapa.

4. **Inspección y taponado:** antes de precolocar la tapa, el operario 2 verifica visualmente el contenido de cada envase, sacando de la línea los que tengan bajo el nivel (estos envases se vuelven a colocar desde el principio sin vaciarlos). El mismo operario, con una mano, coloca la tapa en la boca del envase y le da un pequeño giro para encaminarla en la rosca. Con la otra mano aprieta el sellado con taponadora neumática.

5. **Transporte:** la banda transportadora lleva las botellas al puesto donde se colocan las bandas (etiquetas tipo manga) termoencogibles.

6. **Precolocado de etiqueta termoencogible:** en la estación 3 se le coloca a cada envase la banda termoencogible que sirve de etiqueta.

7. **Termoencogido de banda:** mientras se transporta hacia la mesa giratoria, antes del empaque, pasan los envases por un túnel de aire caliente donde las etiquetas se encogen ajustando al cuerpo del envase.

8. **Inspección y empaque:** cada envase se revisa en la estación número 4 para verificar la calidad del contenido, etiqueta y taponado y se coloca en la caja si pasa la inspección; si no pasa, se separa de la línea para reprocesar.

9 **Demora:** el primer envase espera mientras se empacan 12 envases por caja.

9 (b) **Empaque en *polistretch*:** mientras se acumulan 6 unidades, se están empacando 6 unidades en *polistretch* (en este caso no hay demora ya que el tiempo que se usa para hacer paquetes de 6 unidades es equivalente al ritmo de 6 unidades en línea.

10. **Transporte:** el operario de la estación No. 4 toma la caja y la lleva hacia la máquina selladora para sellar la caja, en el caso de paquetes, se lleva directamente hacia el entarimado.

11. **Sellado:** se sella la caja con cinta adhesiva de 2" con máquina automática.

12. **Entarimado:** se recibe la caja al final de la máquina selladora y se coloca en la tarima de producto terminado para que sea llevada a la bodega.

4.1.2 Tiempos estándar de operaciones

El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado².

El modo de toma de tiempos utilizado es el modo *vuelta a cero*. En el cual el reloj muestra el tiempo de cada elemento y automáticamente vuelve a cero para el inicio de cada elemento.

Para determinar los tiempos estándar de operaciones se deben llevar a cabo ciertos cálculos previos, como lo son: toma de tiempos cronometrados y tiempos normales.

Para tener un grado aceptable de confiabilidad ante los datos tomados en la medición de los tiempos cronometrados, se debe hacer un análisis preliminar con 10 mediciones de tiempo en una operación estratégica.

Se ha escogido la segunda operación, la operación de llenado, como la operación demostrativa y representativa de todas las demás, ya que sus características de ejecución son casi invariables después de instalados todos los elementos, dependiendo de factores externos y no de la destreza de un operario.

Para determinar un número adecuado de muestras de tiempo que se tomarán, se recurre a un método estadístico conocido como “Estimación del tamaño de la muestra” en el cual es necesario especificar primero, el intervalo de confianza I y un coeficiente de confianza C ; segundo, con un estimado de M muestras de tiempo (digamos $M = 10$), se calcularán, la desviación estándar s , luego el intervalo de confianza Im (Intervalo real de la muestra de M observaciones requeridas), para finalmente determinar el número ideal de muestras que se debe tomar para estar en el intervalo de confianza requerido mínimo.³

Donde las fórmulas son:

$$(1) \quad s = R/d_2$$

$$(2) \quad I_M = 2t_C(s/\sqrt{M}) ;$$

Si $I_m > I$ se requieren observaciones adicionales y el número total de observaciones requeridas puede estimarse a partir de

$$(3) \quad I = 2(t_C) s/\sqrt{N}$$

$$(4) \quad N = 4(t_C)^2 s^2 / I^2$$

Para nuestro caso particular, se estimó en la operación de llenado, un intervalo de confianza $I = 2$ seg. para llenar 6 envases (esto quiere decir que no deseamos una variabilidad mayor de 4 segundos), y se desea un coeficiente de confianza $C = 0.9$ (esto significa 90% de confianza).

$t_{0.90}$ se obtiene de la tabla de probabilidades para la distribución t de student, para $C = 0.90$ y $M - 1$ grados de libertad. Si $M = 10$, como se sugirió anteriormente, entonces $t_{0.90} = 1.83$ y la ecuación se reduce a:

$$(5) \quad I_{10} = 2(1.83)(s/\sqrt{10}) \quad 1.16 s^2 = 1.16s$$

$$(6) \quad N = 4/(t_{0.90})^2 s^2 / I^2 = 13.4s^2 / I^2$$

Donde $R = \text{Rango} = \text{Dato max} - \text{Dato min}$ y d_2 para $M = 10$ es: $d_2 = 3.078$ según la tabla 6 presentada en el anexo 2.

Se midieron los tiempos de 10 ciclos (Estimando $M = 10$), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II Tiempos cronometrados en operación de llenado para estimar el tamaño de la muestra.

T_i	Tiempo en segundos	T_i	Tiempo en segundos
T_1	19.8	T_6	20.78
T_2	17.22	T_7	18.4
T_3	18.8	T_8	19.8
T_4	20	T_9	18.8
T_5	18.9	T_{10}	17.5

$$\Sigma T = 190 \text{ seg} \quad F = 190/10 = 19.0 \text{ seg.}$$

La desviación estándar de esos diez (10) tiempos es:

$$s = R/d_2 = (20.78 - 17.22) / 3.078 = 3.56 / 3.078 = 1.1566 \text{ seg.}$$

$$R = 3.56; \quad R/F = 3.56 / 19.0 = 0.187368$$

Mediante la ecuación (5) se obtiene:

$$I_{10} = 1.16s^2 = 1.16(1.1566)^2 = 1.55176$$

El cual es menor al especificado para lo que $I_m < I$. Entonces sabemos que necesitamos menos observaciones.

Calculando el número necesario de muestras, de la ecuación (6) tenemos:

$$N = 13.4s^2 / I^2 = 13.4(1.1566)^2 / 2^2 = 4.48 \approx 5$$

De aquí determinamos un número aceptable de 5 muestras de tiempo con las cuales tendremos una confiabilidad del 90% de que el tiempo calculado medio estará dentro de una desviación de ± 2 seg.

4.1.2.1 Formato de toma de tiempos

Para el trabajo de campo en la toma de tiempos, se utilizó el siguiente formato:

Figura 28 Formato de toma de tiempos

NOMBRE DE LA OPERACIÓN:		
TIEMPOS CRONOMETRADOS	TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	% eficiencia del operario:	% eficiencia del proceso:
T ₂	T _n =	T _s =
T ₃		
T ₄		
T ₅		
T _c = $\Sigma T_i / 5$		

En donde T₁ a T₅ son los tiempos medidos con cronómetro en el lugar donde la operación se lleva a cabo.

% eficiencia del operario es la calificación del operario que se encuentra realizando la operación estudiada, ya que si se hace una medición con un operario que sobresale en habilidades por sobre los demás operarios, nuestra medición con cronómetro será de un tiempo mucho menor al tiempo normal que se llevaría cualquier otro. Por lo tanto el % de eficiencia del operario disminuirá tiempo al tiempo normal si es menor de 100%, agregará tiempo al tiempo normal si es mayor al 100%.

T_n es el tiempo normal de la operación. Tiempo normal significa que es el tiempo que se llevaría normalmente la operación.

% eficiencia de la operación es la calificación que se merece la operación en sí por sus dificultades particulares de proceso. Si la operación es muy complicada (porcentaje de eficiencia menor del 100%), agregará tiempo al tiempo normal.

T_s es el tiempo estándar. Cuando se han evaluado las eficiencias características del tipo de operario y de operación, es cuando tenemos el tiempo estándar, el cual es un tiempo confiable para cálculos importantes de la eficiencia de la operación y de la línea.

Calculo de los tiempos estándar de cada operación:

Tabla III Tiempos cronometrados

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Inspección de envases y colocado en la máquina			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T_1	3.87	% eficiencia del operario: 90%	% eficiencia del proceso: 95%
T_2	3.37	$T_n = 3.18 \text{ seg.}$	$T_s = 3.35 \text{ seg.}$
T_3	3.61		
T_4	3.49		
T_5	3.32		
$T_c = \Sigma T_i / 5$	3.53 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: llenado			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T_1	19.20	% eficiencia del operario: 100%	% eficiencia del proceso: 90%
T_2	16.72	$T_n = 17.55 \text{ seg.}$	$T_s = 19.5 \text{ seg.}$
T_3	17.96		
T_4	17.34		
T_5	16.52		
$T_c = \Sigma T_i / 5$	17.55 seg.		

Continuación Tabla III Tiempos cronometrados

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Transporte para sacar los envases de la llenadora		
TIEMPOS CALCULADO POR DATOS DE MÁQUINA. RPM = 130 Radio de polea $r = 2''$ Distancia a recorrer = $20.8''$	TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \%eficiencia$ del operario.	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \%eficiencia$ del proceso
segundos = Distancia a recorrer $\div (RPM \times 2\pi r / 60)$	$T_n = 0.75$ seg.	$T_s = 0.75$ seg.

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Inspección y taponado		
TIEMPOS CRONOMETRADOS	TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \%eficiencia$ del operario.	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \%eficiencia$ del proceso
T ₁	6.51	% eficiencia del operario: 80%
T ₂	5.67	$T_n = 4.76$ seg.
T ₃	6.09	
T ₄	5.88	
T ₅	5.60	
T _c = $\Sigma T_i / 5$	5.95 seg.	
		$T_s = 6.80$ seg.

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Transporte hacia etiquetado		
TIEMPOS CRONOMETRADOS	TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \%eficiencia$ del operario.	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \%eficiencia$ del proceso
T ₁	1.48	% eficiencia del operario: 100%
T ₂	1.28	$T_n = 1.35$ seg.
T ₃	1.38	
T ₄	1.33	
T ₅	1.27	
T _c = $\Sigma T_i / 5$	1.35 seg.	
		$T_s = 1.50$ seg.

Continuación Tabla III Tiempos cronometrados

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Precolocado de etiqueta termoencogible (manga)			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	3.57	% eficiencia del operario: 95%	% eficiencia del proceso: 100%
T ₂	3.11	T _n = 3.10 seg.	T _s = 3.10 seg.
T ₃	3.34		
T ₄	3.22		
T ₅	3.07		
T _c = $\Sigma T_i / 5$	3.26 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Termoencogido de etiquetas			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	3.39	% eficiencia del operario: 100%	% eficiencia del proceso: 100%
T ₂	2.95	T _n = 3.10 seg.	T _s = 3.10 seg.
T ₃	3.17		
T ₄	3.06		
T ₅	2.91		
T _c = $\Sigma T_i / 5$	3.10 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Inspección y empaque			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	5.02	% eficiencia del operario: 100%	% eficiencia del proceso: 90%
T ₂	4.37	T _n = 4.78seg.	T _s = 5.31 seg.
T ₃	4.69		
T ₄	4.54		
T ₅	4.31		
T _c = $\Sigma T_i / 5$	4.78 seg.		

Continuación Tabla III Tiempos cronometrados

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Demora mientras se juntan 12 envases			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \text{\%eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \text{\%eficiencia del proceso}$
T ₁	66.80	% eficiencia del operario: 95%	% eficiencia del proceso: 100%
T ₂	58.18	T _n = 58 seg.	T _s = 58 seg.
T ₃	62.49		
T ₄	60.33		
T ₅	57.46		
T _c = ΣT _i /5	61.05 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Transporte hacia máquina selladora de cajas con caja de 12 unidades			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \text{\%eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \text{\%eficiencia del proceso}$
T ₁	2.76	% eficiencia del operario: 99%	% eficiencia del proceso: 100%
T ₂	2.41	T _n = 2.5 seg.	T _s = 2.5 seg.
T ₃	2.58		
T ₄	2.49		
T ₅	2.38		
T _c = ΣT _i /5	2.525 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Sellado de caja corrugada de empaque con 12 unidades			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \text{\%eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \text{\%eficiencia del proceso}$
T ₁	1.97	% eficiencia del operario: 100%	% eficiencia del proceso: 100%
T ₂	1.71	T _n = 1.80 seg.	T _s = 1.80 seg.
T ₃	1.84		
T ₄	1.77		
T ₅	1.69		
T _c = ΣT _i /5	1.80 seg.		

Continuación Tabla III Tiempos cronometrados

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Entarimado de caja de 12 unidades			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	6.22	% eficiencia del operario: 95% $T_n = 5.4 \text{ seg.}$	% eficiencia del proceso: 90% $T_s = 6.00 \text{ seg.}$
T ₂	5.42		
T ₃	5.81		
T ₄	5.61		
T ₅	5.35		
$T_c = \Sigma T_i / 5$	5.68 seg.		

NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Empaque de 6 unidades con polistretch en pedestal			
TIEMPOS CRONOMETRADOS		TIEMPO NORMAL DE LA OPERACIÓN: $T_n = T_c \times \% \text{eficiencia del operario.}$	TIEMPO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN $T_s = T_n / \% \text{eficiencia del proceso}$
T ₁	64.00	% eficiencia del operario: 80% $T_n = 46.8 \text{ seg.}$	% eficiencia del proceso: 80% $T_s = 58.5 \text{ seg.}$
T ₂	55.74		
T ₃	59.87		
T ₄	57.81		
T ₅	55.05		
$T_c = \Sigma T_i / 5$	58.5 seg.		

Tabla IV Tiempos estándar de operación

OPERACIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR	CAPACIDAD POR HORA
Inspección de envases y colocado en la máquina	3.35 seg.	1074 unids / hr
Llenado	19.5 seg.	184 unids / hr
Transporte para sacar los envases de la llenadora	0.75 seg.	4800 unids / hr
Inspección y taponado	6.80 seg.	529 unids / hr
Transporte hacia etiquetado	1.5 seg.	2400 unids / hr.
Precolocado de etiqueta termoencogible	3.1 seg.	1160 unids / hr.
Termoencogido de etiquetas	3.1 seg.	1160 unids / hr.
Inspección y empaque	5.31 seg.	677 unids / hr.
Demora mientras se juntan 12 envases	58 seg.	62x12 unids/hr.
Transporte hacia máquina selladora	2.5 seg.	1440 unids / hr.
Sellado de caja corrugada	1.8 seg.	2000 unids / hr
Entarimado de caja	6.0 seg.	600 unids / hr.
Empaque con polistretch	58.5 seg.	61x12 unids/hr.

4.2 Diagrama de operaciones

Un diagrama de operaciones de procesos es la representación gráfica del punto en donde los materiales se integran al proceso y de la secuencia de inspecciones y todas las demás operaciones, excepto aquellas que se relacionan con el manejo de materiales. También incluye toda la información conveniente para su análisis como el tiempo requerido y la ubicación⁴.

Los únicos símbolos que se usan en este diagrama son para operaciones e inspecciones y se numeran en secuencia para comenzar con el primer paso en la parte más importante o chasis⁵.

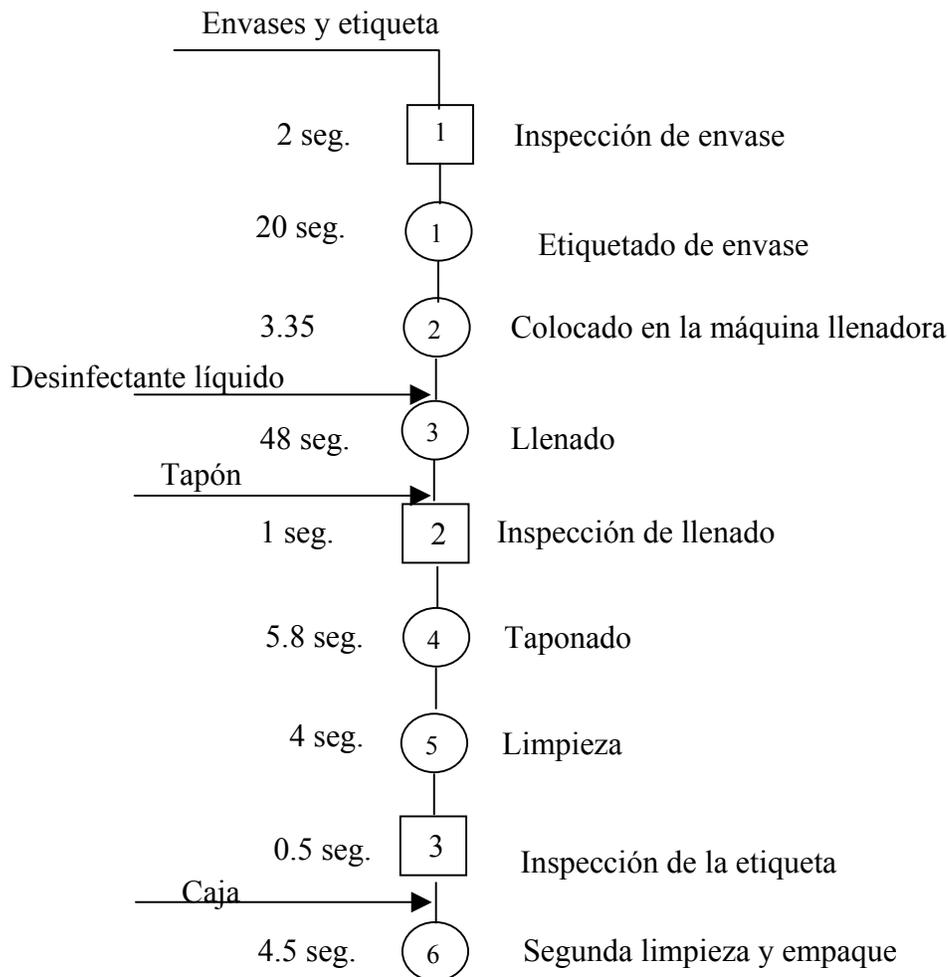
Antes de que sea posible mejorar un proceso de fabricación conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento.

El círculo en un diagrama de proceso se debe interpretar como un símbolo que representa una operación de transformación del producto. El cuadro es un símbolo que representa una inspección, o sea cuando el producto es sometido a una revisión para ver si cumple con algunas especificaciones o no. Únicamente bajo este concepto se debe tomar este símbolo, una revisión rutinaria de un empleado en la línea de producción no significa que tengamos que emplear este símbolo⁶.

4.2.1 Método actual

Figura 29 Diagrama de operaciones de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Actual	HOJA	1/1
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez

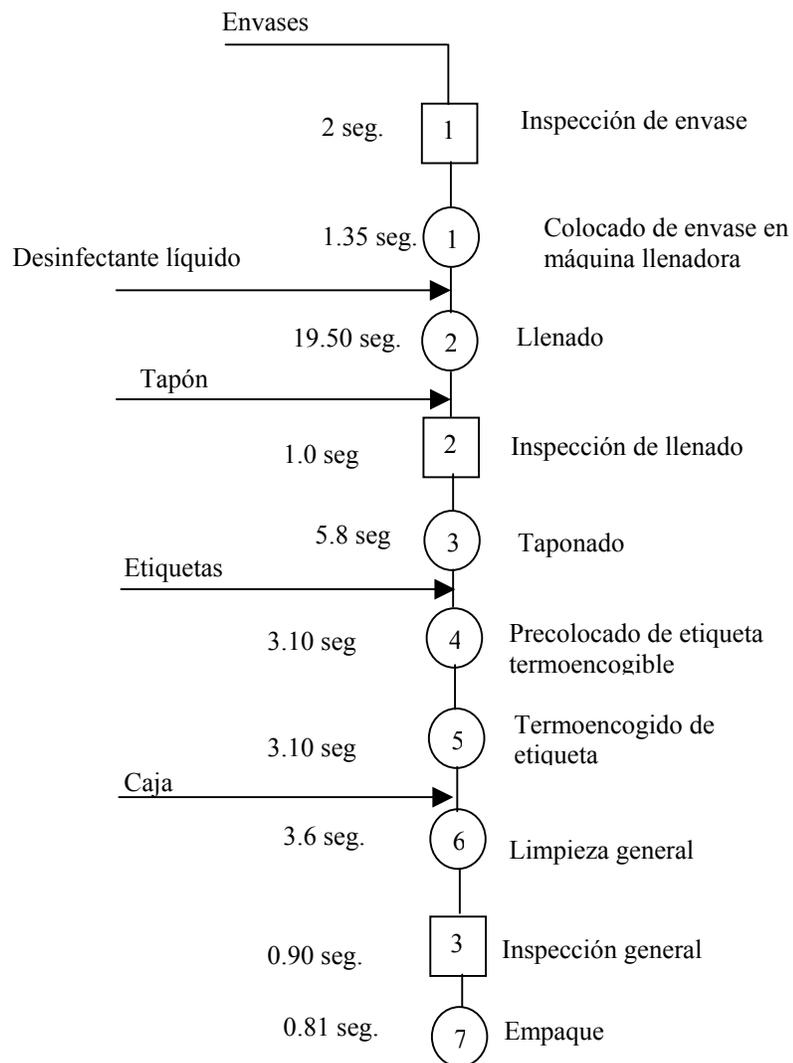


RESUMEN			
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS
○	OPERACIÓN	6	85.65
□	INSPECCIÓN	3	3.5

4.2.2 Método mejorado

Figura 30 Diagrama de operaciones de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Mejorado	HOJA	1/1
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



RESUMEN			
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS
○	OPERACIÓN	7	37.26
□	INSPECCIÓN	3	3.90

4.2.3 Eficiencia comparativa

La comparación de los dos métodos se puede hacer por medio de una simple operación matemática:

$$\text{Eficiencia comparativa} = (\text{Tiempo método mejorado}) / (\text{tiempo método actual})$$

$$\text{Eficiencia comparativa} = (41.16\text{seg}) / (89.15\text{seg}) = 0.4617 \approx 46\%$$

Esto significa que estamos utilizando menos de la mitad del tiempo operativo para realizar la misma labor.

El inverso del dato anterior nos proporciona la razón de mejora por sobre el método actual.

$$1 / (\text{E.C.}) = 1 / (0.4617) = 2.166 \approx 217\%$$

Estamos mejorando la línea a más del doble de eficiencia.

4.3 Diagrama de flujo de proceso

Este diagrama contiene, en general, muchos más detalles que el diagrama de operaciones, y va de lo general del diagrama de operaciones a detalles de operación más particulares; este diagrama no se puede utilizar en procesos de ensamble muy complicados, pues dejaría de cumplir su verdadera misión. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.

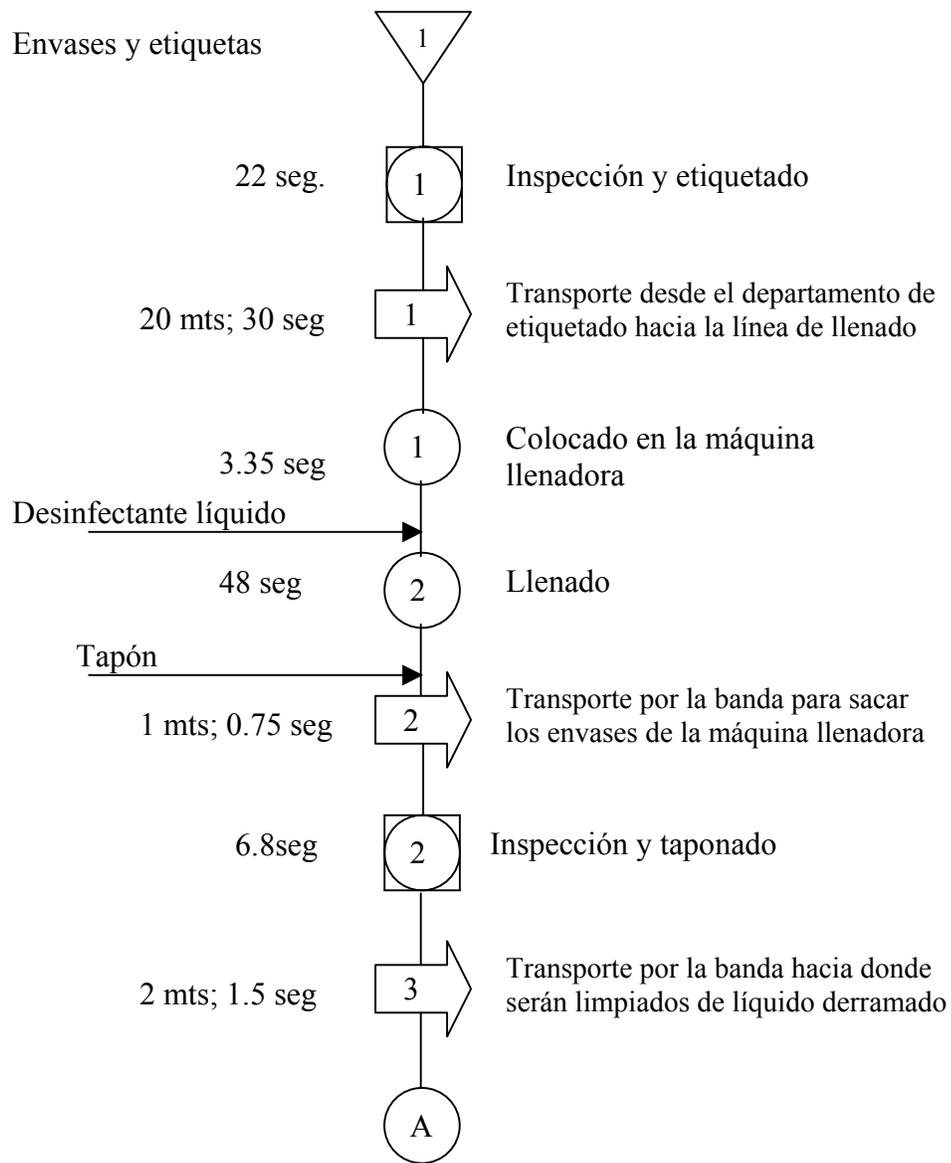
Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta. En él se utilizan otros símbolos además de la operación e inspección; los símbolos de transporte que es una pequeña flecha, el de almacenamiento que es un pequeño triángulo invertido, una demora en el proceso se especifica con una D mayúscula. También existen las operaciones combinadas como operación con inspección, en este caso, el símbolo es un círculo dentro de un cuadrado⁷.

Al analizar el reograma, el analista no deberá perder mucho tiempo volviendo a estudiar las operaciones o inspecciones efectuadas en el componente, cuando ya hayan sido estudiadas. Debe importarle más el estudio de las distancias que las partes que deben recorrer de operación a operación, así como las demoras que ocurrirán⁸.

4.3.1 Método actual

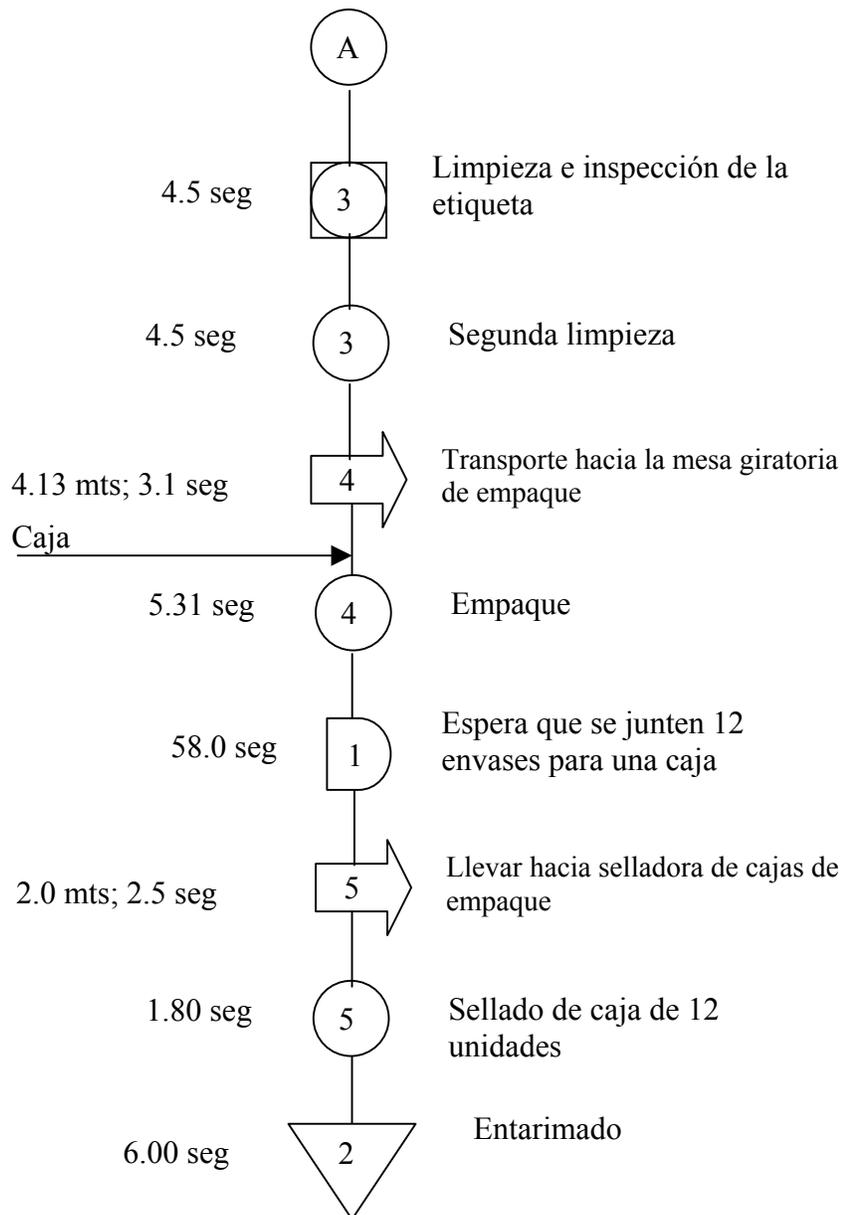
Figura 31 Diagrama de flujo de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Actual	HOJA	1/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



Continuación figura 31 Diagrama de flujo de proceso método actual

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Actual	HOJA	2/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



Continuación figura 31 Diagrama de flujo de proceso método actual

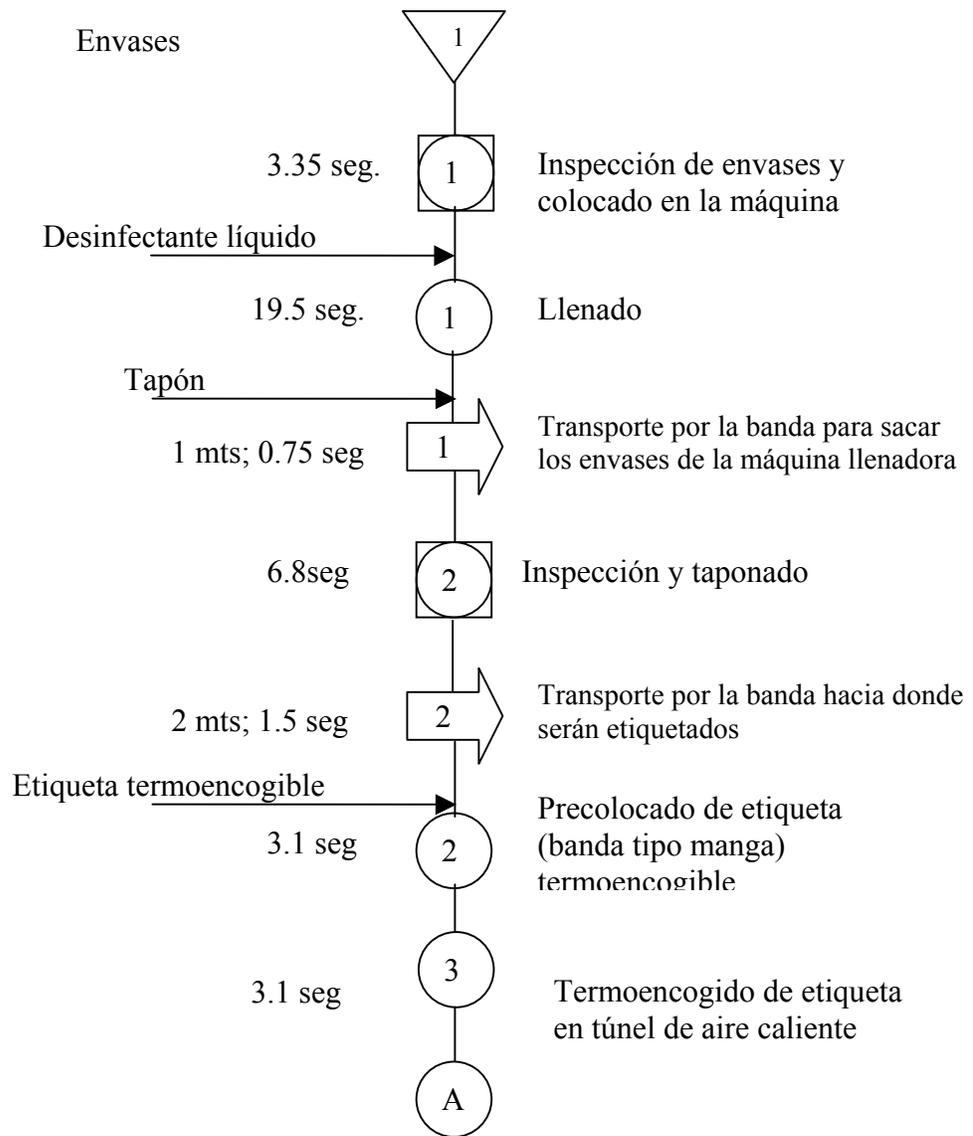
PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Actual	HOJA	3/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez

RESUMEN				
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS	METROS
	OPERACIÓN	5	62.96	--
	INSPECCIÓN	0	0	--
	COMBINADA	3	33.3	--
	TRANSPORTE	5	37.85	29.63
	DEMORA	1	58.00	--
	ALMACENAMIENTO	2	6	--

4.3.2 Método mejorado

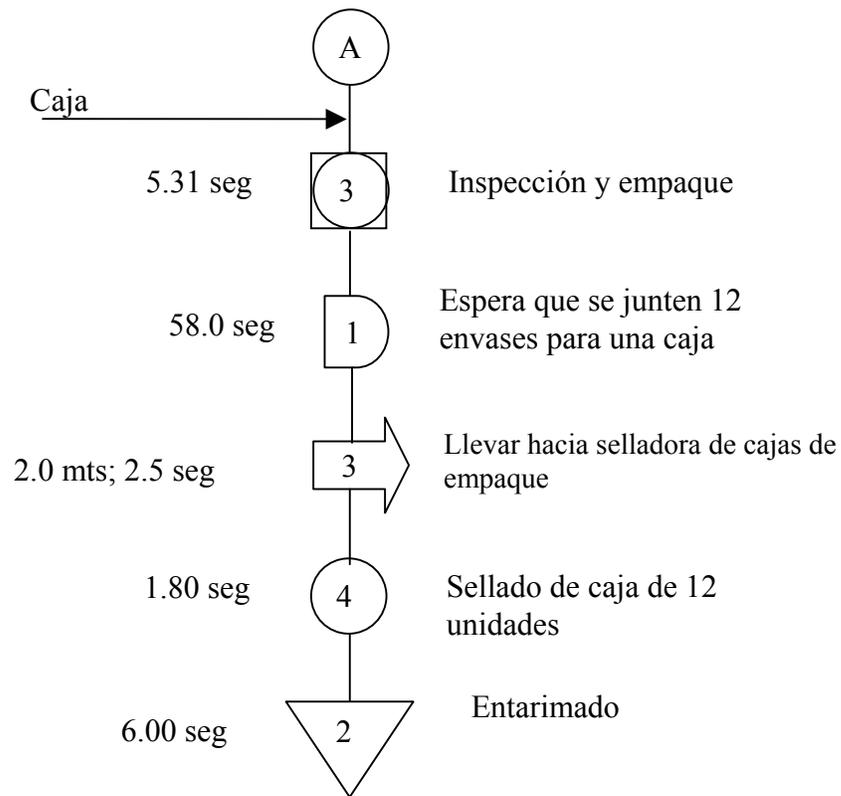
Figura 32 Diagrama de flujo de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Mejorado	HOJA	1/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



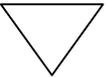
Continuación figura 32 Diagrama de flujo de proceso método mejorado

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Mejorado	HOJA	2/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez



Continuación figura 32 Diagrama de flujo de proceso método mejorado

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Mejorado	HOJA	3/3
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez

RESUMEN				
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	No.	SEGUNDOS	METROS
	OPERACIÓN	4	27.5	--
	INSPECCIÓN	0	0	--
	COMBINADA	3	15.46	--
	TRANSPORTE	3	4.75	5
	DEMORA	1	58	--
	ALMACENAMIENTO	2	6	--

4.3.3 Eficiencia comparativa

Al igual que la comparación de los diagramas de operaciones, la comparación de los dos métodos se puede hacer por medio de una simple operación matemática:

$$\text{Eficiencia comparativa} = (\text{Tiempo método mejorado}) / (\text{tiempo método actual})$$

$$\text{Eficiencia comparativa} = (111.71\text{seg}) / (198.11\text{seg}) = 0.5639 \approx 56\%$$

Esto significa que estamos utilizando alrededor de la mitad del tiempo operativo para realizar la misma labor.

El inverso del dato anterior nos proporciona la razón de mejora por sobre el método actual.

$$1 / (\text{E.C.}) = 1 / (0.5638) = 1.773 \approx 177\%$$

Estamos produciendo en la línea alrededor de 3 cuartas partes más.

$$\text{Mejora comparativa de transportes} = (\text{transporte propuesto}) / (\text{transporte actual})$$

$$\text{Mejora comparativa} = (5) / (29.63) = 0.1687 \approx 16.88\%$$

Estamos utilizando solamente un 16.88% de la distancia que se recorre, ahorrando tiempo y esfuerzo operativo.

Nota importante:

Para la variante de la operación de empaque en polistretch, la demora No.1 se convierte en operación, empaque en pedestal especial para polistretch.

4.4 Diagrama de recorrido

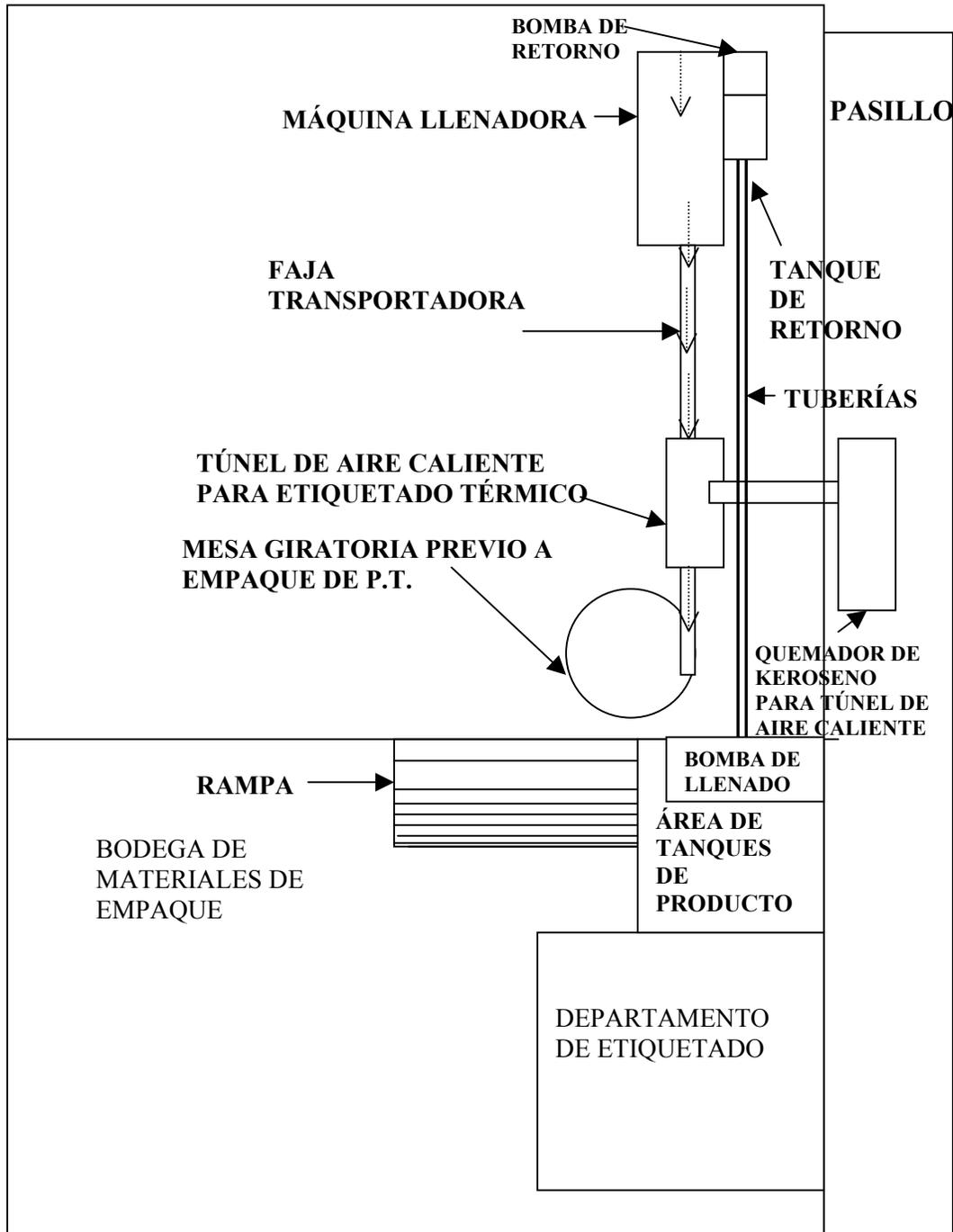
Es el esquema de la representación de piso del edificio que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo de procesos. La ruta del material o del operario que se ha graficado como el recorrido del proceso se sigue en el diagrama de recorrido por medio de líneas punteadas. Cada actividad se localiza e identifica en el diagrama de recorrido por medio de un símbolo y un número que corresponden al diagrama de flujo de procesos. La dirección del movimiento se muestra con flechas que apuntan en la dirección del flujo o recorrido.

El diagrama de recorrido se convierte en un anexo necesario de cualquier diagrama de flujo de procesos en el que el movimiento sea un factor importante, ya que muestra los retrocesos, los recorridos excesivos y los congestionamientos de tráfico, al tiempo que sirve de guía para una mejor distribución⁹.

Aunque en los diagramas de operaciones y de flujo de proceso suministran la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación, no es una representación objetiva en el plano del curso del trabajo. Algunas veces esta información sirve para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que pueda acortarse un transporte es necesario ver o visualizar dónde hay sitio para agregar una instalación o dispositivo que permita disminuir la distancia. Asimismo, es útil considerar posibles áreas de almacenamiento temporal, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

4.4.1 Plano en planta del área de producción

Figura 33 Plano en planta del área de producción



4.4.2 Diagrama de recorrido

Figura 34 Diagrama de recorrido de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Actual	HOJA	1/1
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez
REFERIRSE AL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES			

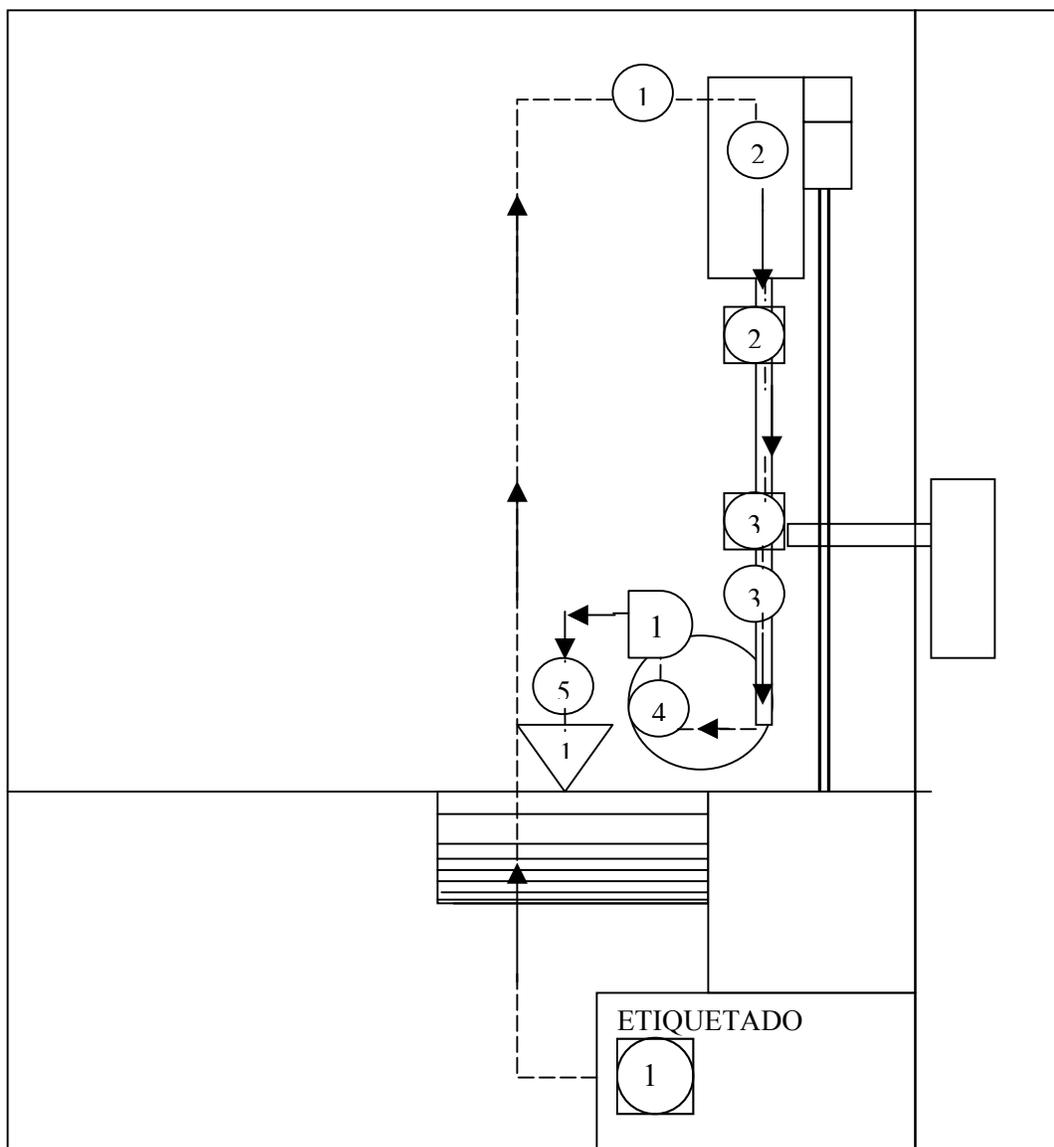
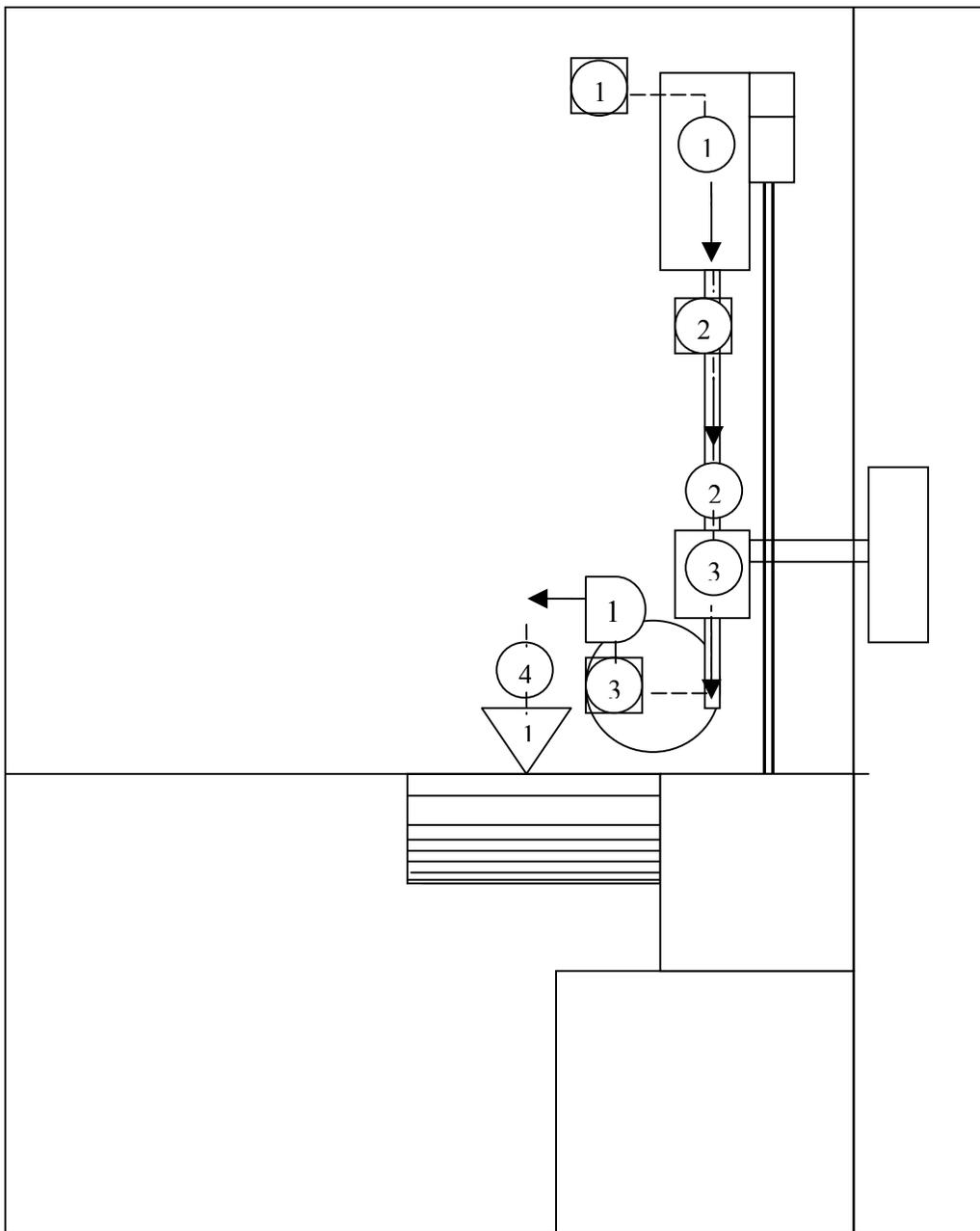


Figura 35 Diagrama de recorrido de proceso

PROCESO	Envasado de desinfectantes	FECHA	Abril de 2004
MÉTODO	Mejorado	HOJA	1/1
EMPRESA	Globalpak	ANALISTA	Erick Quiñónez
REFERIRSE AL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES			



4.5 Balance de líneas

Una vez conocidas las operaciones estándar, los mejores procedimientos, mejorados los recorridos y conocidos los tiempos estándar de operaciones, no queda más que balancear la línea de producción.

El problema de balancear la línea consiste en garantizar que todas las operaciones consuman las mismas cantidades de tiempo y que dichas cantidades basten para lograr la tasa de producción esperada; ésta última se convierte a una medida de tiempo por pieza que se conoce con los siguientes nombres: *factor de balance*, *tiempo de balanceo*, *tiempo de ciclo* o *tiempo de estación*. Este factor de balance es igual al recíproco de la tasa de producción, es decir, es igual a 1 dividido entre la tasa de producción.

Rara vez se logra el balance perfecto, siempre hay algún tiempo extra en, por lo menos, una operación. Sin embargo, se puede asignar algún otro trabajo al operario que tenga que equilibrar algún tiempo ocioso; este trabajo puede consistir en transportar el material a la línea, hacer inspecciones adicionales a la operación, aplicar lubricante, poner etiquetas o tarjetas, e incluso realizar operaciones más largas, cuando se deja que el trabajo se acumule en la estación. Debido a lo difícil que resulta dividir las operaciones de las máquinas, es todavía más difícil efectuar el balanceo de las líneas de formado o de fabricación que el de las de ensamble, en las que el tiempo se puede dividir en muchos lugares y los trabajadores se moverán de acuerdo con ello.

Por lo general, el término *banco* (o amortiguador) indica la acumulación del material que espera para pasar por una operación. Los bancos son comunes en los casos en que se deben realizar cantidades irregulares de trabajo a las piezas. Asimismo, los bancos se utilizan en las secciones de la línea donde las piezas se manejan como un lote o una carga, en los cuales los materiales se entregan o se retiran de la línea a intervalos

irregulares o bien, donde una máquina o estación de trabajo se emplea también, en forma periódica para alguna otra pieza o producto.

Los bancos se pueden ubicar directamente en la línea, o puede estar en una derivación al lado de la línea, sobre anaqueles de la línea o en una banda transportadora de reserva. Todos estos arreglos resultan mucho mejor que retirar el banco a algún otro punto de almacenaje.

Métodos para lograr el balance para operaciones de ensamble:

- Dividir las operaciones y proporcionar los elementos.
- Combinar las operaciones y equilibrar los grupos.
- Hacer que se muevan los operarios.
- Mejorar las operaciones.
- Colocar el material en el banco y operar las máquinas más lentas en horas extras.
- Mejorar el desempeño del operario, en particular, en la operación de cuello de botella.

De acuerdo con lo anterior, el balance de la línea de desinfectantes se deberá llevar a cabo combinando las operaciones estándar por estaciones de trabajo (para tener una visión clara de las operaciones estándar, referirse al DFP método mejorado):

Estación 1: comprende las operaciones de inspección de botella y colocado.

Estación 2: comprende las operaciones propias de la máquina llenadora.

Estación 3: inspección de llenado y taponado.

Estación 4: etiquetado termoencogible.

Estación 5: inspección de etiquetado, empaque, transporte hacia la selladora, sellado y entarimado.

Los tiempos estándar de operación de cada estación de trabajo pueden observarse en diagramas de proceso, específicamente en el DFP método mejorado.

Los tiempos por estación son los siguientes:

Estación 1: 3.35 seg.

Estación 2: 19.5 seg.

Estación 3: 6.8 seg.

Estación 4: 3.1 seg.

Estación 5: debido a que se encuentra un banco de 12 unidades cíclico en esta estación, el tiempo asignable es el siguiente:

$$(5.31+58+2.5+1.8+6)/12 = 73.61/12 = 6.17 \text{ seg.}$$

El balance de una línea abarca la realización de lo siguiente:

1. La tasa de producción.
2. Las operaciones necesarias y las consideraciones sobre la secuencia que se necesiten.
3. El tiempo necesario para realizar cada operación y, de preferencia, cada uno de sus elementos.

Estos puntos se convierten en prerrequisitos. Para que funcione la línea, se debe diseñar de acuerdo con una tasa de producción dada; para que trabaje como una unidad, los tiempos de operación deben ser tales que permitan que el material fluya de manera equilibrada. Aquí es donde demuestran su valor los estudios de tiempos, los tiempos de movimientos predeterminados como los que se obtienen de las mediciones de métodos y tiempos, los datos de tiempo estándar y la capacidad de la máquina. Resultan fundamentales para establecer una línea balanceada, excepto en los casos en los que se calcula el tiempo total y se deja que los operarios se encarguen de balancear la operación por sí mismos. El balance de los trabajadores se puede llevar a cabo en las operaciones sencillas que llevan su ritmo, así como en los lugares en donde exista alguna forma de incentivo de grupo. Aunque funciona en muchas situaciones, por lo regular, éste provoca bancos de protección demasiado grandes y no se puede considerar como un método preciso para balancear la línea¹⁰.

Como fue mencionado antes, el primer paso para balancear una línea de producción es conocer la tasa de producción requerida; sin embargo en esta ocasión no será éste el factor determinante del número de operarios necesarios, sino el enfoque será diferente.

Se buscará una línea balanceada con el mínimo de operarios posible, dejando en la operación más rápida a un solo operario quien definirá el ritmo de la línea.

Se calcula entonces la tasa de producción con la operación con el menor tiempo estándar.

La operación que utiliza menos tiempo y es de eficiencia superior es la estación No. 4 a la cual se el asignará automáticamente un solo operario quien determinará el ritmo de producción.

Índice de producción esperado = $IP_{\text{esperado}} = (\text{Número de operarios} \times \text{eficiencia planeada}) / TS_{\text{estación}}$

En donde el número de operarios será 1 y la eficiencia planeada se calcula sobre la base del tiempo disponible según la jornada de trabajo y el tiempo real aprovechado.

Tiempo disponible: Jornada ordinaria diurna especial = 44 horas semanales en cinco días a la semana.

Tiempo ocioso: dos descansos diarios de 15 minutos =
 $(15 \text{ min/desc}) (2 \text{ desc/día}) (5 \text{ días/semana}) (1 \text{ hora}/60 \text{ min}) =$
 $= 2.5 \text{ horas} / \text{ semana}$

Tiempo de arranque diario para llenar la línea: 15 minutos
 $15 \text{ minutos} / \text{ día} \times (5 \text{ días} / \text{ semana}) \times (1 \text{ hora} / 60 \text{ minutos})$
 $= 1.25 \text{ horas} / \text{ semana.}$

Tiempo real de trabajo = (tiempo disponible – Descansos –Tiempo de arranque)

$$T_{\text{real}} = T_d - D - T \text{ Arr.}$$

$$T_{\text{real}} = 44 - 2.5 - 1.25$$

$$T_{\text{real}} = 40.25 \text{ horas} / \text{ semana}$$

$$\text{Eficiencia planeada } EP = T_{\text{real}} / T_{\text{disponible}} = 40.25 / 44 = 0.9147$$

Eficiencia planeada EP es del 91%

Podemos entonces calcular el índice de producción esperado:

$$IP_{\text{esperado}} = (\text{número de operarios}) \times (\text{eficiencia planeada}) / TS_{\text{estación}}$$

$$IP_{\text{esperado}} = (1) \times (0.91) / 3.1 \text{ seg. (3.1 seg. Es el tiempo estándar de la estación 4)}$$

$$IP_{\text{esperado}} = 0.295 \text{ unids / seg.} \times (3600 \text{ seg / 1 hora})$$

$$IP_{\text{esperado}} = \mathbf{1062 \text{ unids / hora}}$$

Los siguientes datos son los cálculos llevados a cabo para el balance de líneas, conocido ya el índice de producción esperado, en donde: TS es el tiempo estándar por estación; NOE es el número de operarios por estación; OP + L es el dato del tiempo total que lleva cada estación con el tiempo balanceado, y se busca en esta casilla a la operación más lenta.

$$NOE = IP / EP \times TS_{\text{cada estación}}$$

$$NOE_1 = 0.295 / 0.91 \times 3.35 = 1.08 \text{ operarios}$$

$$NOE_2 = 0.295 / 0.91 \times 19.5 = 6.32 \text{ operarios}$$

$$NOE_3 = 0.295 / 0.91 \times 6.80 = 2.20 \text{ operarios}$$

$$NOE_4 = 1 \text{ (ya hemos asignado un solo operario a esta operación)}$$

$$\text{Comprobando: } NOE_4 = 0.295 / 0.91 \times 3.10 = 1.004 \text{ operarios}$$

$$NOE_5 = 0.295 / 0.91 \times 6.17 = 2.00 \text{ operarios}$$

Tabla V Balance de líneas

ESTACION	TS (seg)	NOE	OP + L = (tiempo balanceado) = TS/NOE
1	3.35	1	3.35
2	19.5	6	3.25
3	6.8	2	3.40
4	3.10	1	3.10
5	6.17	2	3.08
Total	38.92	12	

Ritmo de línea por minuto o índice de producción real:

$$IP_{\text{real}} = (\#OP + L) \times 60 / TS = 2 \times 60 / 6.80 = 17.6 \text{ unids / minuto}$$

$$\times (60 \text{ min} / 1 \text{ hora}) = 1058 \text{ unids / hora}$$

$$\times (1 \text{ hora} / 3600 \text{ seg}) = 0.2939 \text{ unids / segundo}$$

Eficiencia real lograda

$$= IP_{\text{real}} / IP_{\text{esperado}} \times EP$$

$$= 1058 / 1062 \times 0.91 = 0.906$$

Por lo tanto, la eficiencia real lograda es de: **91%**

Nota importante:

Los operarios de la estación No. 2 representan al número de boquillas llenadoras necesarias y no representan a empleados humanos.

Si se desea duplicar la línea de producción, se puede duplicar el número de boquillas sin afectar el caudal de la bomba llenadora, ya que dicho caudal es suficiente para llenar hasta 15 botellas en los mismos 19 segundos, si se utiliza el mismo tipo de boquillas que se está proponiendo.

Entonces podemos utilizar la siguiente fórmula:

Número de operarios en el sistema:

$$NOS = IP / E \times \Sigma TS$$

$$= 0.2939 / 0.91 \times 38.92 = 12.57$$

Que coincide con la sumatoria de operarios calculada por estaciones, de los cuales, seis corresponden a las boquillas de la máquina llenadora, y seis más corresponden a los operarios a contratar.

La operación de termoencogido de banda, la lleva a cabo el túnel de aire caliente el cual no representará atraso alguno al ritmo de línea, pues este puede ser ajustado mediante la temperatura del quemador ya instalado.

Los transportes no representan tampoco retrasos, pues la línea siempre estará llena y es una faja transportadora quien lleva los envases a cada estación sin perder tiempo.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Cualquier máquina diseñada necesita un programa de mantenimiento que determine la frecuencia de revisión y de recambio de piezas de tal manera que su funcionamiento siempre sea óptimo.

Así como un automóvil necesita recambio de aceite cada cierto límite de kilómetros recorridos, necesitará recambio de pastillas de frenos, cojinetes, rótulas, etc. Además, el propietario del vehículo debe saber que su automóvil puede presentar falla o simplemente descomponerse, para lo cual debe estar prevenido con el conocimiento de la herramienta que necesitará para cambiar un neumático pinchado o una bujía húmeda. Así, una máquina necesita mantenimiento y un sistema de recambios y reconstrucción o reemplazo que le permita seguir funcionando. Todo esto puede ser previsto y programado.

5.1 Mantenimiento

Organizar las actividades de mantenimiento puede tener mayor éxito cuando se toman como base principios sólidos y cuando la forma de organización satisface las pruebas de la lógica, la comunicación y el equilibrio¹¹.

Principio de puntualidad. Los puntos de control de la programación deben estar a intervalos de frecuencia suficiente de manera que los problemas se detecten oportunamente para que el trabajo se termine a tiempo¹².

La línea de producción de desinfectantes puede subdividirse en máquinas:

1. Sistemas de bombeo.
2. Máquina llenadora.
3. Faja transportadora y mesa giratoria.
4. Sistema de secado y etiquetado al calor.

5.1.1 Programa de mantenimiento preventivo

Conforme el equipo se vuelve más complejo, las consecuencias de permitir que suceda una descompostura se vuelven más graves. La preocupación más importante de los directivos es el riesgo de seguridad que se presenta cuando una máquina se descompone mientras la está usando un operario. Además, cuanto más automatizado sea el proceso, es más probable que la máquina se dañe más. Otro efecto serio es que se interrumpa la producción o la programación de las operaciones, lo cual puede traer como consecuencia, que se presenten problemas de relación con los clientes e incluso, que se pierdan pedidos¹³.

El mantenimiento preventivo consiste en la planeación sistemática, programación y terminación a tiempo del trabajo de mantenimiento necesario que se diseña para garantizar la mayor disponibilidad de equipo e instalaciones, prolongar la vida útil de los activos de capital y reducir los costos. Este trabajo abarca inspección, limpieza, lubricación, reemplazo y reparación y se programa por año para realizarse a intervalos planeados regulares¹⁴.

Antes de poder definir un programa de mantenimiento preventivo se debe conocer cuáles son las piezas de desgaste, cuáles sufren el mayor esfuerzo y cuales sufrirán

primero de falla por fatiga, para tener un stock completo de repuestos y los datos específicos de los proveedores de los mismos para aquellos repuestos que sean demasiado costosos para tener en inventario. Para evitar que la línea de producción sufra contratiempos inoportunos no se debe esperar a que ocurra la falla por fatiga, sino establecer el tiempo de vida útil de las piezas de desgaste y entonces programar el momento justo en que deba hacerse un cambio o una reconstrucción.

El siguiente dato importante a conocer será la jornada (o jornadas) de trabajo que la máquina estará trabajando. La jornada ordinaria diurna especial que Globalpak ha establecido, se supone será la que la empresa mantenga, la cual establece nueve horas diarias diurnas de lunes a jueves y ocho horas diurnas el día viernes, para un total de cuarenta y cuatro horas semanales de trabajo.

Las piezas de desgaste se encuentran principalmente en la máquina llenadora en la que se enumeran las siguientes:

1. Electro-válvulas: dos válvulas neumáticas 5/2 de 1/4" NPT, accionamiento eléctrico 110V, recuperación por muelle. Las que tienen una vida útil (calculada por el fabricante) de 0.5 millones de accionamientos. A un promedio de 80 accionamientos por hora, y un promedio de uso de 9 horas diarias, 5 días a la semana, 50 semanas al año quiere decir que tendremos una vida útil de cada electro-válvula de: 2.7 años. Sin embargo, no se puede saber en qué momento fallará una de ellas, por lo que es una inversión mínima el tener una sola electro-válvula en stock de repuestos.
2. Boquillas: aunque el sistema especial de estas las hace indispensables, no se puede tener un stock de boquillas en descanso, ya que sería una inversión dormida, sin embargo, la falla de una de ellas no significará el paro de la máquina, pues las demás pueden seguir trabajando mientras es reparada o reemplazada una de ellas. La vida útil de las boquillas está indefinida, puede decirse que durarán mucho más que el resto de piezas si el uso es normal. Para

un correcto funcionamiento de las boquillas, se deberá tener los siguientes repuestos:

- a. Resortes: que mantienen las boquillas selladas y proveen la presión suficiente en la boca del envase para un correcto llenado, será necesario un stock de 6 resortes. Diámetro exterior de 2.5 cm, grosor de alambre de 2 mm y constante de resorte $K=2$ kgs/cm
 - b. Empaques: tipo o-rin, deberá tenerse un stock de al menos 5 unidades de cada tipo:
 - i. Diámetro: 22 grosor: 1.5
 - ii. Diámetro: 25 grosor: 1.5
 - iii. Diámetro: 14.10 grosor: 1.60
3. Mangueras: tipo Taygón, de 1", un stock mínimo de 15 metros.
 4. Válvulas de cheque: de ½" de acero inoxidable con muelle para presión mínima de 60 cm H₂O (0.851 psi ó 0.06 kgs/cm²), deberá tenerse un mínimo de 1 y un máximo de 3 unidades para stock, para reemplazar en una emergencia y reparar la que se averíe.
 5. Bujes de bronce Ø4cm x Ø2.54 cm para las guías.
 6. Cilindros neumáticos: tienen la misma vida útil que las electro-válvulas, aunque son indispensables, no es rentable tener stock de estos insumos. Se prepara el recambio cada 2 años:

- a. Dos cilindros de $\text{Ø}2.54$ cm (1") y 15 cm (6") de recorrido; 10 kgs/cm² (150 psi) max. $\frac{1}{4}$ "npt.
 - b. Un cilindro $\text{Ø}7.62$ cm (3") y 50 cm (20") de recorrido; 10 kgs/cm² (150 psi) max.. y $\frac{1}{4}$ "npt.
7. Racores neumáticos: un mínimo recomendado de 10 unidades $\frac{1}{4}$ "npt – 6 mm ($\frac{1}{4}$).
8. Abrazaderas: diez unidades son suficientes para reponer o cambiar en las mangueras taygón. 25 mm de diámetro.
9. *Microswitch* de rodillo de final de carrera: 110/220 V. con conexiones NO y NC. la máquina utiliza dos unidades, sería una inversión suficiente y mínima de 1 unidad de repuesto en stock, sin embargo, es una pieza de desgaste, debiendo programarse el recambio cada vez que se cambien las electroválvulas por programa preventivo.
10. Temporizadores: de 110/220 V. de ocho pines. Utilizando un total de 4 unidades. Tienen una vida útil de un millón de actuaciones, esto equivale a 5 años de funcionamiento, será absolutamente necesario únicamente una unidad para stock.
11. Relés: el sistema utiliza 4 relés, 110 V, ocho pines, los cuales tienen una vida útil de 1 millón de actuaciones, por lo que equivale a 5 años de funcionamiento. Al igual que los temporizadores se estima un stock máximo de una unidad.
12. Contactores: se utilizan dos unidades, los cuales tienen una vida útil de 0.75 millones de accionamientos, equivalentes a 4 años de trabajo.

13. Bomba de llenado: el fabricante garantiza una vida útil de 5 años de funcionamiento normal (normal equivale a 3 horas continuas diarias). Debido al accionamiento constante, el desgaste será acelerado. No es posible determinar el desgaste de la bomba, sin embargo se recomienda una revisión cada mes, y un pronóstico de reemplazo total en un año.

14. Un motor de 110V, ½ HP, para la faja transportadora. La faja forma parte de la estructura básica de la máquina, con un desgaste mínimo a considerarse de igual manera que las boquillas.

Para establecer cualquier trabajo de mantenimiento preventivo se deben determinar tres factores, que son: (1) el contenido del trabajo, la descripción de las operaciones por hacer y la secuencia de estas; (2) la frecuencia, la cantidad de horas naturales o de máquina entre las repeticiones sucesivas del trabajo y (3) la programación, el o los días elegidos en un periodo de 12 meses para que se realice el trabajo.

Será necesario que el encargado el mantenimiento preventivo tenga de antemano todos los materiales que utilizará, especialmente si se planifican reemplazos de equipos.

El modelo de ficha técnica de inspección de mantenimiento preventivo que se presenta en esta oportunidad deberá copiarse para reutilizar cuantas veces sea necesario; se recomienda elaborar talonarios numerados.

Figura 36 Ficha de asignación de mantenimiento preventivo diario

GLOBALPAK			No.	
GPpak			Fecha:	
Asignación de mantenimiento preventivo DIARIO				
1. No. DE EQUIPO: #1	2. NOMBRE DEL EQUIPO: Línea de producción de desinfectantes	3. FECHA DE VENCIMIENTO: Diario	4. TIEMPO PLANEADO: 15 minutos	
5. ENCARGADO: supervisor de departamento		(indique con un chequeo <input checked="" type="checkbox"/> si el estado es aceptable o una equis <input type="checkbox"/> si se reporta defecto) Todas las actividades diarias se realizarán antes de trabajar y una vez durante el trabajo.		
No.	Actividad	Chequeo	lubricación	Observaciones
1	Limpieza y revisión visual de rodillos, sprokets, poleas y fajas y guías.			
2	Revisión visual y por tacto, de la temperatura de los motores de bombas y fajas.			
3	Limpieza previa a trabajar y posterior a la jornada de trabajo de toda la máquina para librarla de polvo y residuos de producto.			
F. _____ Realiza la inspección		Tiempo utilizado:		Aprobado: Jefe de mantenimiento

Figura 37 Ficha de asignación de mantenimiento preventivo semanal

GLOBALPAK GPpak Asignación de mantenimiento preventivo SEMANTAL				No.	
				Fecha:	
1. No. DE EQUIPO: #1	2. NOMBRE DEL EQUIPO: Línea de producción de desinfectantes	3. FECHA DE VENCIMIENTO:	4. TIEMPO PLANEADO: 45 minutos		
5. ENCARGADO: supervisor de departamento		(indique con un cheque [<input checked="" type="checkbox"/>] si el estado es aceptable o una equis [<input type="checkbox"/>] si se reporta defecto)			
No.	Actividad	Chequeo	Lubricación	Observaciones	Tiempo utilizado
1	Limpieza profunda de guías y fajas.				
2	Lubricación de guías con aceite ligero tipo 3 en 1.				
3	Reposición de aceite en unidad de mantenimiento neumática.				
4	Inspección de fajas y cadenas, lubricación y engrase.				
5	Inspección visual de piezas de desgaste				
Observaciones y recomendaciones					
F. _____ Realiza la inspección		Tiempo utilizado:		Aprobado: Jefe de mantenimiento	

Figura 38 Ficha de asignación de mantenimiento preventivo mensual

GLOBALPAK GPpak Asignación de mantenimiento preventivo MENSUAL				No.	
				Fecha:	
1. No. DE EQUIPO: #1	2. NOMBRE DEL EQUIPO: Línea de producción de desinfectantes	3. FECHA DE VENCIMIENTO:	4. TIEMPO PLANEADO: 60 minutos		
5. ENCARGADO: supervisor de departamento		(indique con un cheque [<input checked="" type="checkbox"/>] si el estado es aceptable o una equis [<input type="checkbox"/>] si se reporta defecto)			
No.	Actividad	Chequeo	Lubricación	Observaciones	Tiempo utilizado
1	Desmontar fajas transportadoras para limpieza y lubricación.				
2	Limpieza y lubricación de guías.				
3	Limpieza de motores eléctricos de bombas y fajas con aerosol de líquido limpiador dieléctrico.				
4	Inspección visual de relés, contactores y temporizadores.				
5	Inspección completa de quemador: limpieza, purga de tanque de combustible, revisión de bujía y foto celda de seguridad				
6	Inspección visual, auditiva y por tacto de cojinetes, bujes y guías metálicas.				
7	Inspección visual y auditiva de motores de bombas y fajas transportadoras y mesa giratoria.				
Observaciones y recomendaciones					
F. _____ Realiza la inspección		Tiempo utilizado:		Aprobado: Jefe de mantenimiento	

Figura 39 Ficha de asignación de mantenimiento preventivo anual

GLOBALPAK GPpak Asignación de mantenimiento preventivo ANUAL			No. Fecha:	
1. No. DE EQUIPO: #1	2. NOMBRE DEL EQUIPO: Línea de producción de desinfectantes	3. FECHA DE VENCIMIENTO:	4. TIEMPO PLANEADO: 180 minutos	
5. ENCARGADO: supervisor de departamento		(indique con un cheque <input checked="" type="checkbox"/> si el estado es aceptable o una equis <input type="checkbox"/> si se reporta defecto)		
No.	Actividad	Chequeo	Observaciones	Tiempo utilizado
1	Revisión de bombas. Observar cuidadosamente el desgaste y eficiencia para evaluar la necesidad de reemplazo.			
2	Cambio de sistema de tuberías: toda tubería que no sea de acero inoxidable deberá ser reemplazada.			
3	La tubería de acero inoxidable deberá ser lavada con abundante agua caliente, a por lo menos 80°C. y luego esterilizada con hipoclorito de sodio en agua 10 ppm.			
4	Revisión de sistema de cableados: establecer el buen funcionamiento, continuidad de las líneas y que no se han sobrecalentado.			
5	Revisión de relevadores, temporizadores, contactores e interruptores.			
Insumos:				
Observaciones y recomendaciones				
F. _____ Realiza la inspección		Tiempo utilizado:	Aprobado: Jefe de mantenimiento	

5.1.2 Mantenimiento reconstructivo programado

Todas las facetas del mantenimiento, como se conoce hoy en día, tienen relación unas con otras, sin embargo hay que diferenciar los tipos de trabajos de mantenimiento.

El mantenimiento reconstructivo programado consiste básicamente en un programa de mantenimiento preventivo que utiliza los pronósticos de vida útil de cada pieza y mecanismo para que sean reemplazados.

La primera diferencia primordial con el mantenimiento preventivo está en la frecuencia del servicio que se programa, pues el mantenimiento reconstructivo no posee un calendario por máquina sino por pieza o mecanismo, los cuales cumplirán su vida útil a intervalos desiguales dentro de un mismo sistema.

La segunda gran diferencia consiste en tratar únicamente con los mecanismos de desgaste que son indispensables para el funcionamiento básico de la máquina, esto quiere decir que su falla detendrá por completo su funcionamiento.

Ya que habrá piezas de desgaste que aunque lleguen a presentar falla por fatiga o por colapso, no detendrán por completo el funcionamiento de la máquina; estas piezas únicamente serán consideradas en el programa de mantenimiento preventivo.

El responsable de esta programación deberá contar con las hojas técnicas de cada máquina para poder calcular el tiempo de reconstrucción y luego programar el mantenimiento. Las partes mecánicas, a diferencia de las partes eléctricas y electrónicas, por lo común no vienen provistas de hojas técnicas, sin embargo la experiencia de campo ayudará al responsable del mantenimiento a determinar dentro de

los primeros dos meses de trabajo el tiempo de vida útil de cada una de las piezas de la máquina.

Dentro de cada máquina, los mecanismos de desgaste que merecen un mantenimiento reconstructivo son los siguientes*:

1. Sistema de bombeo:

- a. Dos bombas selladas de aspas de teflón,
- b. Un relé y
- c. Un temporizador.

2. Máquina llenadora:

- a. Un cilindro neumático: Ø7.62 cm, 50 cm carrera.
- b. Dos electro-válvulas 5/2 de ¼”(6mm) 110V recuperación por muelle.
- c. Dos Buges Ø25.4mm
- d. 1 motor 110V

* Las piezas de desgaste están ampliamente descritas en la sección 5.1.1. Programa de mantenimiento preventivo.

3. Sistema de secado y etiquetado al calor.

- a. Bujía
- b. Filtro de aire

El funcionamiento correcto de la línea de producción dependerá de la exactitud del cálculo del encargado de mantenimiento para el mantenimiento reconstructivo programado.

Sistema de reemplazo anual.

Todas las piezas de la lista a continuación, serán reemplazadas cada año de uso continuo:

1. En sistemas de bombeo

- a. Relé
- b. Mangueras de flujo de producto.
- c. Válvula de cheque de bomba de llenado.

2. En maquina llenadora:

- a. Electroválvulas
- b. O-rines de las boquillas llenadoras.
- c. Mangueras de flujo de producto.

Sistema de reemplazo cada dos años:

1. En sistema de bombeo

a. Bombas

2. En máquina llenadora:

a. Electro válvulas

d. Cilindros neumáticos de Ø2.54 cm x 15 cm.

e. Microswitch de final de carrera.

Sistema de reemplazo cada 4 años.

1. En maquina llenadora

a. Bujes de bronce de las guías

b. Sprockets de motor de faja transportadora interna

c. Cojinetes en faja transportadora

d. Cilindro neumático de Ø7.62 cm x 50 cm.

e. Unidad de mantenimiento neumática.

f. Sistema completo de mangueras y racores neumáticos.

g. Válvulas de cheque en mangueras de flujo de producto.

2. En sistema de secado y etiquetado al calor
 - a. Cambio completo del quemador, el cual puede ser adquirido a través de empresas importadoras, principalmente a través del catálogo de GRAINGER*.

5.2 Análisis y mejora continua

Aunque el diseño presentado se presume sea lo más eficiente posible, es entendido que siempre habrá propuestas diferentes que pueden o no ser mejores. De acuerdo con los avances que con el tiempo surgirán será necesario saber una ruta de mejora que nos ayude a evaluar al sistema propuesto de acuerdo con los principios básicos sobre los cuales fue concebida la idea original.

El aspecto primordial del diseño sugerido es mejorar la eficiencia y le siguen los que se enumeran a continuación:

1. Limpieza del empaque,
2. Limpieza del área de producción,
3. Disminución o eliminación total del desperdicio de producto,
4. Materiales de empaque y presentación mejores y más económicos,
5. Minimizar los desperdicios de materiales de empaque por defectos de proceso.

* GRAINGER: Empresa internacional dedicada a la exportación de toda clase de herramientas, maquinarias, accesorios o equipos industriales para industrias o particulares.

5.2.1 Método de evaluación por análisis de procesos

El método recomendado para evaluar el sistema de producción consiste básicamente en estudiar de una en una todas las operaciones estándar (puntos de proceso uno a uno), borrando de la mente la forma tradicional y ubicando la operación en el ámbito moderno.

En otras palabras, aplicar una reingeniería personalizada a cada operación estándar, siguiendo los siguientes pasos:

1. Observación en cada estación de trabajo
2. Detección de problemas
3. Haya o no problemas actuales, imaginar los problemas potenciales
4. Borrar del sistema el procedimiento estándar establecido
5. Imaginar un procedimiento estándar nuevo que cumpla con las expectativas principales enumeradas anteriormente (véase página anterior, sección 5.2 análisis y mejora continua, numerales 1 al 5) y que elimine cualquier problema vigente o potencial.
6. Prueba piloto
7. Análisis de eficiencia de la nueva operación con el resto de procedimientos estándar.
8. Implementación, solamente si cumple con las dos condiciones del inciso 5.

5.2.2 Recomendaciones

No cualquier operario o encargado de mantenimiento o supervisor podrá evaluar los sistemas establecidos sin cometer errores por decisiones tomadas a la ligera. Es por eso que se presentan las siguientes recomendaciones para que sirvan de principios básicos al técnico que será responsable del mantenimiento y mejora continua.

1. El informe primario que recibe el mecánico asignado para una revisión de mantenimiento correctivo es una descripción hecha por el supervisor u otra persona que no ha estado en contacto directo con la máquina, por lo tanto, la información no suele ser confiable, y no hay que creer que lo que dice es exactamente así.
 - a. Para recabar información útil, se debe acudir a la persona que está operando la máquina, o quien descubrió el fallo.
 - b. Aunque ésta es la información más confiable, hay que recordar que el operario común no es mecánico, por lo que no debemos tomar al pie de la letra lo que él dice que está fallando.
 - c. Pedir al operario una descripción del comportamiento de la máquina previo a presentar el fallo y posterior al mismo para hacer una imagen mental de las posibles causas.
2. Los problemas más frecuentes de fallo que se reportan son ocasionados por causas sencillas como:
 - a. Falta de presión adecuada de aire. Revise en los manómetros que la presión esté entre los 95 psi y los 110 psi.

- b. Válvulas de aire cerradas.
 - c. Interruptores o espigas desconectadas.
 - d. Falta de combustible en el quemador
3. En ocasiones, las causas sencillas de problemas grandes, aunque poco frecuentes son:
- a. Cables flojos en las borneras,
 - b. Basuras en tuberías que obstruyen y afectan el funcionamiento de las válvulas de cheque, ocasionando que el producto se regrese o se vacíen las bombas.
 - c. Mangueras quebradas o retorcidas.
4. Cuando el sistema temporizado de la máquina llenadora presente fallos se deben revisar primero los dos microswitches ubicados en la parte inferior de la máquina, ya que un doble accionamiento (o ninguno) podría estar ocurriendo porque estos estén flojos o en posición incorrecta. Si el microswitch está bien colocado, desmontarlo para revisar su funcionamiento.
5. Si el microswitch está en perfecto estado, revisar los demás componentes en el siguiente orden:
- a. Temporizadores
 - b. Relés

- c. Contactores
 - d. Lubricación general
 - e. Borneras
 - f. Cableado
 - g. Botoneras e interruptores.
 - h. Bobinas de las electroválvulas (temperatura y accionamiento)
 - i. Mecanismos internos de las electroválvulas.
6. El encargado de programar la máquina para las distintas capacidades de envases debe tener presente y muy claro que el tiempo de la bomba de llenado deberá siempre ser inferior al tiempo de llenado en la máquina, ya que de lo contrario el producto será salpicado violentamente cuando se retiren las boquillas llenadoras y la bomba siga funcionando.

CONCLUSIONES

1. El mecanismo de llenado proporcionado por las boquillas especiales con retorno de producto, ha eliminado por completo el derrame y pérdida del mismo. Esto significa que el 20% de producto derramado anteriormente, no se pierde más. Al igual, al eliminar los derramamientos de producto ya no se desperdician etiquetas, y la línea de producción conserva un mejor aspecto.
2. Dentro de los distintos modelos de boquillas llenadoras encontradas, se escogió el modelo de la máquina American Orion, el cual es comparativamente mejor que las demás, obteniendo hasta cinco veces más caudal que la boquilla American Fills; y aunque tiene casi el mismo caudal que el modelo Coster, su ventaja sobre ésta es que tiene menor diámetro de vástago, lo cual la hace utilizable en más aplicaciones y tamaños de boca de envase.
3. La adaptación del túnel de aire caliente, que antes se utilizaba únicamente para secado de latas de aerosol, provee doble conveniencia: Primero, aunque ya no habrá derrames de líquidos, cualquier indicio de humedad, será eliminado. Segundo, se aprovecha el calor para etiquetar con bandas termoencogibles. Además, se puede catalogar como conveniente el hecho de que ya existe el sistema y no se necesita una inversión adicional.

4. Al introducir el uso de la taponadora neumática, se obtiene la ventaja de que un operario puede trabajar en este puesto mucho más tiempo que antes, ya que la operación de taponado manual requiere que haya rotación constante de personal debido al desgaste físico que sufre el operador en la mano al tener que hacer el esfuerzo de apretar la tapa, causando cansancio y a la vez, provocando ampollas en las manos.
5. Las etiquetas termoencogibles demostraron ser la mejor opción de etiquetado, ya que aunque tienen el mismo valor que las etiquetas autoadhesivas convencionales, provocan menos desperdicio en producción por no desperdiciarse en envases malos, ni se corre el riesgo de que la etiqueta se pegue torcida; por consiguiente, su costo de producción es menor.
6. El empaque de producto terminado en “polistretch” ha demostrado ser el más económico teniendo un costo diez veces menor que una caja de cartón corrugado. Además, se aprovecha el tiempo del operario, ya que el tiempo que demoraba esperando el producto para ponerlo dentro de una caja, ahora lo utiliza para hacer los paquetes mientras se acumulan envases en la mesa giratoria.
7. Con el sistema propuesto se mejora la línea a un 217% en operaciones (véase página 66); a un 177% en tiempo global de producción (véase página 74); y se realiza solamente un 16.88% del transporte que antes se realizaba (véase página 74).
8. De acuerdo con las pérdidas de tiempo diarias, los descansos y demoras, se estimó una eficiencia esperada del 88%, logrando una eficiencia real del 91% sobre tiempo laboral planeado.

RECOMENDACIONES

1. Los diseños de boquillas presentados en la sección 2.3 están fabricados por empresas dedicadas exclusivamente con este propósito. Se pueden fabricar las boquillas en un taller de máquinas herramientas, con mucho cuidado y paciencia, sin embargo, será mejor si se cotizan en una empresa que conozca de éste tipo de dispositivos, con métodos y maquinaria moderna, como lo es la soldadura de Argón, por ejemplo, que ayuda a evitar el desperdicio de material muy costoso por utilizar un trozo macizo de acero inoxidable para hacer una pieza, entre otros detalles.
2. La colocación de las válvulas de presión en el extremo de las mangueras de retorno de las boquillas no debe dejarse pasar por alto. Es muy importante ya que estas válvulas evitan que la tubería de abasto se vacíe mientras la máquina está en reposo.
3. Es necesario recordar que la programación de los temporizadores de llenado debe realizarse con el cuidado de que el tiempo de la bomba de llenado siempre sea menor que el tiempo total de llenado para que la presión de la bomba sea liberada antes de retirar las boquillas, y no salpique producto.
4. Una mejora muy importante que puede llevarse a cabo es la anulación del tanque y bomba de retorno, instalando en su lugar una flauta receptora. De este modo, todas las mangueras de retorno estarán conectadas a la flauta y esta última se conecta directamente al tubo de retorno. Sin embargo, será necesario instalar una bomba más potente y de un sistema de lóbulos de desplazamiento positivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Maynard, H. B., **Manual del Ingeniero Industrial**. (4ª. ed. México: McGraw Hill,1998). p. 3.3.
2. Ibid., p. 4.13.
3. Krik, Edward V. **Ingeniería de métodos**. (México: Limusa, Wiley, 1985). P. 241 – 246
4. Maynard, op. cit., p. 3.3
5. Ibid., p 3.5
6. Sergio Antonio Torres, **Ingeniería de plantas**. (Guatemala: s.e. 1998). p.122
7. Ibid., p.124
8. Benjamín W. Nievel, **Ingeniería Industrial: Métodos, tiempos y movimientos**. (México: Editorial Alfaomega, 2000). P. 278
9. Marvin E. Mundel., **Estudio de tiempos y movimientos**. (México: CECSA, 1984). p. 185
10. Maynard, op. cit., p. 13.108 –13.110
11. Maynard, op. cit., p. 10.127
12. Loc. cit.
13. Maynard, op. cit. p. 10.132
14. Loc. cit.

BIBLIOGRAFIA

1. Alvarez Maldonado, Erick Jony. Implementación del mantenimiento productivo total, para incrementar la productividad y efectividad global de equipos en una planta industrial de alimentos. Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2001.
2. Barnes, Ralph M. Motion and Time Study. s.l.: s.e.,1968.
3. Doty, Leonard A. Work methods and measurement for management. Delmar publishers inc. 1989.
4. Koenig, Daniel T. Ingeniería de manufactura, Productividad y optimización, s.l.: Publicaciones Marcombo, 1990.
5. Konz, Stephan. Diseño de sistemas de trabajo. México: Ed. LIMUSA, 1989.
6. Nievel, Benjamin W. Estudio de tiempos y movimientos. 8a. ed., México: Ed. Homewood, 1988
7. Niebel, Benjamin W. Ingeniería Industrial: Estudio de tiempos y movimientos. Ed. Alfaomega.

APÉNDICES

Apéndice 1

Figura 40 Máquina llenadora de latas de aerosol



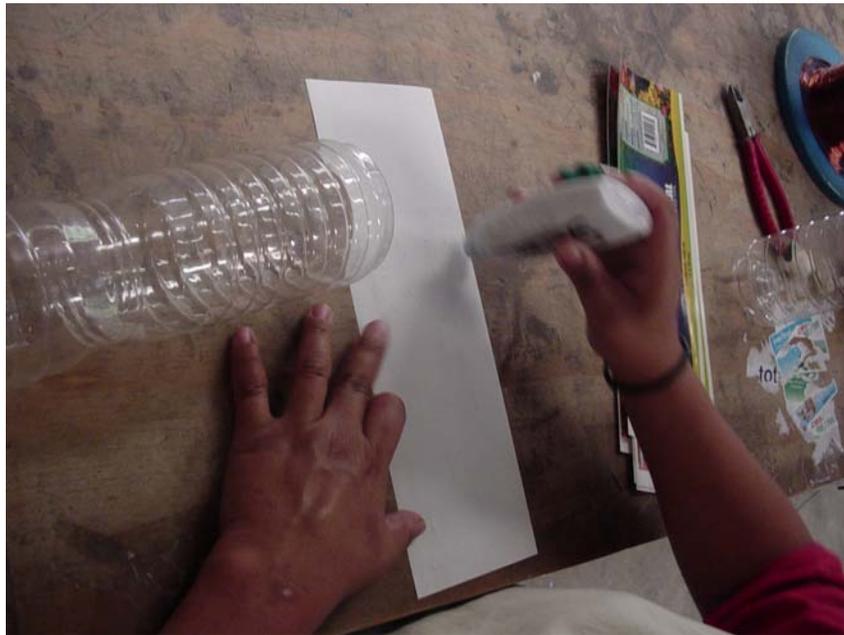
Apéndice 2

Figura 41 Máquina llenadora de desinfectantes original



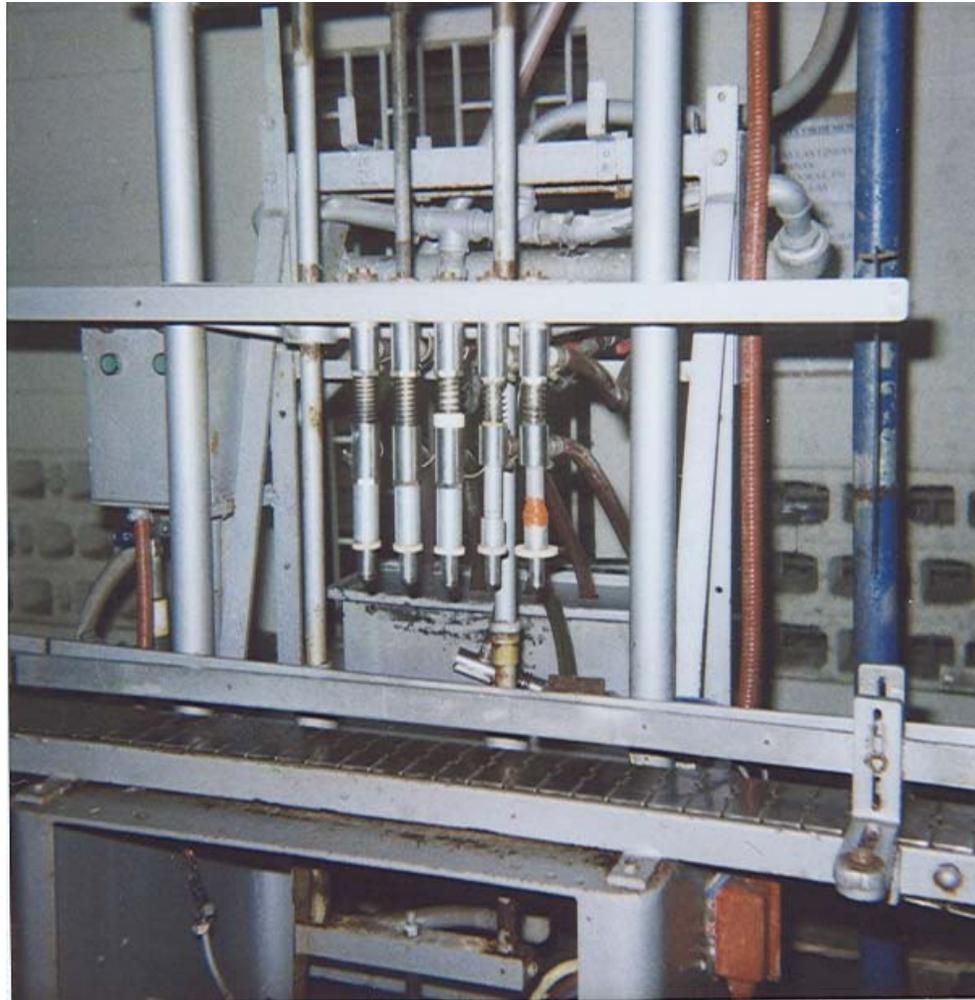
Apéndice 3

Figura 42 Etiquetado con etiqueta de engomado manual



Apéndice 4

Figura 43 Máquina llenadora modificada



Apéndice 5

Figura 44 Etiquetado con banda termoencogible



ANEXOS

Anexo 1

Tabla VI Valores a partir de la distribución t de Student, para $C = 0.90$

M	g.l.	T
5	4	2.13
6	5	2.02
7	6	1.94
8	7	1.90
9	8	1.86
10	9	1.83
15	14	1.76
20	19	1.73
25	24	1.71
30	29	1.70
Más de 30	---	1.65

Fuente: Krik, Edward V. Ingeniería de métodos. Apéndice D.

Anexo 2

Tabla VII Factores d_2 para estimar la desviación estándar a partir del rango de la muestra

$$S = R/d_2$$

M	d_2
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.8847
9	2.970
10	3.078
11	3.173
12	3.258
13	3.336
14	3.407
15	3.472
16	3.532
17	3.588
18	3.640
19	3.689
20	3.735

* Estos factores se basan en la suposición de que las muestras se extraen de una población normal. (Krick, 1982. Apéndice E)

Fuente: Krik, Edward V. Ingeniería de métodos. Apéndice E.