



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

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE *SHAMPOO*
EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**

Karen Janet Lara Juárez

Asesorado por el Ing. Oscar Orlando Sapón Rodríguez

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO
EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

KAREN JANET LARA JUÁREZ

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ORLANDO SAPÓN RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

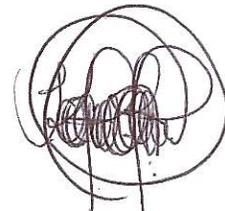
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE *SHAMPOO* EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de mayo de 2012.



Karen Janet Lara Juárez

Guatemala, 25 de junio del 2013

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**, elaborado por la estudiante Karen Janet Lara Juárez, con carné 2001-13799, previo obtener el título de Ingeniera Mecánica Industrial.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO, agregando que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Oscar Orlando Sapón Rodríguez
Ing. Mecánica Industrial
Colegiado No. 6775

Ing. Oscar Orlando Sapón Rodríguez
Colegiado No. 6775
ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**, presentado por la estudiante universitaria **Karen Janet Lara Juárez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2014.

/mgp

Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 7 de mayo de 2014
Ling.21/14

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Karen Janet Lara Juárez**, con número de carné: **2001-13799** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**.

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rosa Amelia González Domínguez'.

Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística

Cc. Archivo



REF.DIR.EMI.071.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**, presentado por la estudiante universitaria **Karen Janet Lara Juárez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 224.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE SHAMPOO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COSMÉTICOS**, presentado por la estudiante universitaria Karen Janet Lara Juárez, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 15 de mayo de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

**Dios y a la santísima
Virgen María**

Por ser la luz y guías de mi camino.

Mi madre

Silvia Juárez, por darme la vida.

Mis abuelos

Guillermo Juárez y Graciela Pérez de Juárez
por haberme educado con amor y enseñarme
los valores del trabajo y la responsabilidad.

Mi padre

Carlos Lara, por su amor y apoyo incondicional.

Mis hermanos

Alan, Alex, Erick, Edgar, Byron, Alejandra y
Andrés porque sin ellos mi vida no tendría
sentido.

Mis amigos

Rebeca, Gaby, Marlon y Ana Silvia porque
nunca dejaron de creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis.....	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
1.1. Venta directa	1
1.1.1. Modalidades de la venta directa	2
1.1.1.1. Venta puerta a puerta	2
1.1.1.2. Venta por reunión en domicilio	3
1.1.1.3. Venta en lugares de trabajo.....	3
1.1.1.4. Venta por demostración.....	3
1.1.1.5. Venta en viajes o excursiones	4
1.2. Datos generales de la empresa.....	4
1.2.1. Historia del surgimiento de la empresa.....	4
1.2.2. Clasificación del edificio.....	6
1.2.3. Organigrama general.....	6
1.3. Misión	8
1.4. Visión.....	8
1.5. Actividad productiva	8
1.5.1. Productos cosméticos.....	9
1.5.2. Productos de limpieza	10
1.6. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).....	10

1.6.1.	Conceptos básicos	11
1.6.1.1.	Equipo de protección personal	11
1.6.1.2.	Saneamiento e higiene.....	13
2.	SITUACIÓN ACTUAL	15
2.1.	Diagramas de procesos	16
2.1.1.	Diagrama de operaciones	16
2.1.2.	Diagrama de flujo	18
2.1.3.	Diagrama de recorrido.....	21
2.2.	Equipos primarios y secundarios	22
2.2.1.	Equipos primarios.....	22
2.2.1.1.	Llenadora	22
2.2.1.2.	Banda transportadora.....	23
2.2.1.3.	Taponadora.....	24
2.2.2.	Equipos secundarios	24
2.2.2.1.	Balanza	24
2.2.2.2.	Sopleteadora.....	25
2.2.2.3.	Codificadora	26
2.3.	Productividad	28
2.3.1.	Capacidad instalada.....	28
2.3.2.	Personal en la línea.....	30
2.3.3.	Cálculo de productividad	30
2.4.	Deficiencias en el proceso	31
2.4.1.	Identificación de puntos de mejora.....	31
2.4.2.	Reclamos de calidad	32
2.4.3.	Manejo de desechos	32
2.5.	Mantenimiento.....	33
2.5.1.	Plan de mantenimiento preventivo	33
2.6.	Identificación del problema a resolver	34

3.	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO	35
3.1.	Automatización	35
3.1.1.	Tipos de automatización	36
3.1.2.	Ventajas y desventajas de la automatización	38
3.1.3.	Criterios a tomar en cuenta antes de automatizar ..	39
3.2.	Factores para la toma de decisión.....	39
3.3.	Opciones del mercado.....	43
3.4.	Costo de equipo	46
3.5.	Análisis financiero.....	47
3.5.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	48
3.5.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	50
3.5.3.	Relación beneficio/costo	51
3.6.	Descripción del equipo	52
3.6.1.	Mesa de alimentación/acumulación.....	53
3.6.2.	Llenadora.....	53
3.6.3.	Taponadora	54
3.7.	Especificaciones técnicas.....	54
3.8.	Planos del equipo	55
3.9.	Estudio de tiempos	61
3.9.1.	Identificación de las principales actividades del proceso.....	61
3.9.2.	Determinación del tiempo estándar	61
3.10.	Diagramas de procesos mejorados	62
3.10.1.	Diagrama de operaciones.....	63
3.10.2.	Diagrama de flujo.....	64
3.10.3.	Diagrama de recorrido	67
3.11.	Productividad.....	68
3.11.1.	Capacidad.....	68
3.11.2.	Personal en línea.....	69

3.11.3.	Cálculo de productividad	69
3.11.4.	Análisis comparativo de productividad	70
4.	MONTAJE E IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA	73
4.1.	Cronograma de actividades	73
4.2.	Preparación del área donde se realizará el montaje (días 1 – 7).....	74
4.2.1.	Definición de la mano de obra.....	74
4.2.2.	Definición de la herramienta y equipo que se utilizará para la instalación	75
4.3.	Montaje de línea automática (días 8 – 9)	75
4.3.1.	Guía de procedimientos de montaje.....	76
4.4.	Instalación de líneas de proceso y servicio	77
4.4.1.	Electricidad.....	78
4.4.1.1.	Clases de corriente eléctrica a utilizar	78
4.4.2.	Aire comprimido	78
4.4.2.1.	Suministro del aire comprimido	79
4.4.2.2.	Unidad de mantenimiento.....	80
4.5.	Pruebas preliminares (día 10)	80
4.5.1.	Calibración del equipo (días 10 – 11).....	82
4.5.1.1.	Llenadora	82
4.5.1.2.	Taponadora.....	84
4.6.	Definición del programa de mantenimiento (días 12 – 13).....	85
4.6.1.	Limpieza y sanitización	85
4.6.2.	Mantenimiento preventivo	86
4.6.2.1.	Inspección y limpieza	86
4.6.2.2.	Engrase y lubricación	88
4.6.2.3.	Reajuste de piezas.....	89

4.6.2.4.	Mantenimiento preventivo eléctrico	90
5.	SEGUIMIENTO DE MÉTODO PROPUESTO	91
5.1.	Capacitación de personal	91
5.1.1.	Producción más Limpia	91
5.1.2.	Buenas Prácticas de Manufactura	92
5.1.3.	Uso del equipo.....	93
5.2.	Mejoras obtenidas en el proceso.....	93
5.2.1.	Reclamos de calidad	94
5.2.2.	Manejo de desechos.....	94
5.3.	Acciones correctivas.....	94
5.3.1.	Mantenimiento correctivo.....	95
5.3.1.1.	Fallas más comunes y soluciones	96
5.3.2.	Stock de repuestos	98
5.3.2.1.	Piezas más importantes	98
5.3.2.1.1.	PLC	99
5.3.2.1.2.	Cilindros dosificadores y sus componentes	99
5.3.2.1.3.	Sensores	100
5.3.2.1.4.	Boquillas	101
5.3.2.1.5.	Cilindros neumáticos ..	102
5.3.2.1.6.	Tarjetas electrónicas ..	102
5.3.2.1.7.	Gomas torqueadoras..	103
5.3.2.1.8.	Fajas de goma.....	104
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	APÉNDICES	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Instalaciones de planta Choacorrall.....	5
2.	Organigrama general	7
3.	Comportamiento de la demanda.....	15
4.	Diagrama de operaciones.....	17
5.	Diagrama de flujo.....	19
6.	Diagrama de recorrido	21
7.	Codificadora InkJet	27
8.	Llenadora volumétrica.....	44
9.	Taponadora automática	45
10.	Línea automática Kaps-All.....	46
11.	Mesa acumuladora	55
12.	Llenadora lado A.....	56
13.	Llenadora lado B.....	57
14.	Taponadora lado A	58
15.	Taponadora lado B	59
16.	Mesa acumuladora	60
17.	Diagrama de operaciones mejorado	63
18.	Diagrama de flujo mejorado.....	65
19.	Diagrama de recorrido	67
20.	Guía de calibración llenadora	83
21.	Guía de calibración de taponadora.....	84
22.	Tablero de mando y componentes neumáticos	87
23.	Boquillas	87

24.	Pistones de llenado A	88
25.	Engrase y lubricación de taponadora	89
26.	Pistones de llenado B	89
27.	Ajuste de piezas taponadora	90
28.	Guías de mesas	90
29.	Manecilla de ajuste	96
30.	Perillas de ajuste	97
31.	Panel de control.....	97
32.	Sensores de conteo de envase	98
33.	Cilindro dosificador	100
34.	Boquilla.....	101
35.	Ensamble de gomas de la taponadora	103

TABLAS

I.	Cuadro resumen envasado y empaque de <i>shampoo</i> en máquina simplex	18
II.	Cuadro resumen envasado y empaque de <i>shampoo</i> en máquina simplex	20
III.	Incremento gasto de planta	41
IV.	Costo equipo Pack Leader	47
V.	Costo equipo Kaps-All	47
VI.	Flujo de caja equipo Pack Leader	49
VII.	Flujo de caja equipo Kaps-All	50
VIII.	Código de llenado.....	54
IX.	Tiempo estándar.....	62
X.	Cuadro de resumen envasado y empaque de <i>shampoo</i> en llenadora automática	64

XI.	Cuadro de resumen envasado y empaque de <i>shampoo</i> en llenadora automática.....	66
XII.	Análisis de productividad	71
XIII.	Cronograma de actividades	73
XIV.	Programa de mantenimiento preventivo 2014	85
XV.	Programa de capacitaciones PML	92
XVI.	Programa de capacitación BPM 2014.....	93
XVII.	Formato de orden de trabajo.....	95
XVIII.	<i>Stock</i> de repuestos para cilindros	99
XIX.	<i>Stock</i> de repuestos para boquillas	102
XX.	<i>Stock</i> de repuestos	105

GLOSARIO

Detergente	Sustancia que tiene la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo.
<i>Diving Nozzles</i>	Boquillas de llenado.
<i>Filling unit code</i>	Unidad de llenado.
<i>Liner</i>	Sello antifugas para envases, el cual se coloca en la boquilla del mismo.
<i>Multi-stroke</i>	Ritmo de llenado del equipo, número de envases que se llenarán por unidad de tiempo.
Punto de rocío	Temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.
<i>Push boton</i>	Botón de encendido.
Sopletear	Aplicar aire caliente con una secadora industrial.
<i>Stock</i>	Inventario.

Termoencogible

Característica de algunos materiales que al aplicar calor se estira y se fija al envase.

Torquear

Enroscar.

RESUMEN

Generalmente para empezar con la aplicación de un programa de Producción más Limpia una empresa debe verificar y apoyarse en los conceptos de Buenas Prácticas de Manufactura, las cuales al ser evaluadas periódicamente permiten tener un panorama amplio del comportamiento de los procesos y detectar en cuáles se hace necesario hacer un cambio.

Al efectuar un análisis del proceso, basado en Producción más Limpia, se ha determinado que en la línea de envasado de productos diarios, presentación litro, es indispensable mejorar el proceso productivo. Esto debido a que la capacidad instalada de la misma está bajo el nivel requerido por la demanda, por lo cual el proceso se ha convertido en uno caótico que pone en riesgo la calidad del producto final.

Para cubrir con la creciente demanda de esta línea se debe realizar una mejora significativa del proceso. La automatización representa la mejor opción, ya que se busca, no solo aumentar la producción, sino mantener los estándares de calidad y disminuir los costos de producción, entre otros.

Con la puesta en marcha de una línea automática de envasado se ha logrado incrementar la productividad del proceso, han disminuido los reclamos de calidad y se tiene mayor control del manejo de los desechos del mismo, dando como resultado un proceso más eficiente y productivo.

OBJETIVOS

General

Automatizar el proceso de envasado de *shampoo* para incrementar la productividad de la línea.

Específicos

1. Evaluar el proceso actual de envasado de *shampoo* en litro e identificar los puntos críticos del mismo.
2. Investigar las opciones que ofrece el mercado para la automatización del proceso de envasado y evaluar qué equipo se acopla mejor al proceso productivo.
3. Implementar una línea fija de envasado y empaque de *shampoo* en litro.
4. Determinar las condiciones necesarias para la instalación y montaje del nuevo equipo.
5. Definir un programa de mantenimiento preventivo del equipo para garantizar el buen funcionamiento y la fiabilidad.
6. Elaborar un programa de capacitación y adiestramiento en el manejo adecuado del equipo para lograr un desempeño óptimo.

Hipótesis

Hipótesis nula

H_0 : Con la implementación de un equipo automático de llenado se incrementará la productividad en la línea de envasado de *shampoo* en litro.

Hipótesis alternativa

H_1 : Con la implementación de un equipo automático de llenado no se incrementará la productividad en la línea de envasado de *shampoo* en litro.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales de globalización y segmentación internacional de los mercados son cada vez más acentuadas y como estrategia para enfrentar este escenario, la automatización representa una alternativa a considerar.

Al decidir sobre las tecnologías a emplear nunca debe asumirse que la automatización es la mejor opción, ya que esta supone una gran inversión en activos productivos, lo que conduce al incremento de los costos fijos; también puede suponer un aumento de los costos de mantenimiento y una disminución de la flexibilidad de los recursos. Sin embargo, en el caso de que la rentabilidad sea lo suficientemente alta, los beneficios de la automatización sobrepasarán sus inconvenientes. Entre los beneficios se encuentran la mayor productividad de la mano de obra, una consistente calidad superior, ciclos de fabricación más cortos, aumento de la capacidad, reducción de los inventarios, mayores ventas y la posibilidad de repartir los costos fijos entre un mayor número de artículos.

Los altos volúmenes de fabricación característicos de las plantas enfocadas hacia productos, incrementan la rentabilidad y hacen que la automatización sea una opción atractiva. Cuando se dedica una línea de producción a un determinado producto, los flujos de ésta simplifican la gestión de los materiales, descienden los costos de mano de obra y existe una tendencia a eliminar los inventarios.

Por tal motivo, la automatización de procesos se ha convertido en un medio fundamental para mejorar el rendimiento y la eficacia de las funciones operacionales de una empresa moderna.

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La venta directa es la actividad productiva a la cual se ha dedicado LÊCleire desde hace más de 14 años, por lo que a continuación se detalla en qué consiste este tipo de negocio y sus principales componentes.

1.1. Venta directa

Es la comercialización de bienes de consumo y servicios directamente a los clientes, mediante el contacto personal de un vendedor independiente fuera de un local comercial.

Los productos que se venden por este medio incluyen: cosméticos y productos de cuidado del cutis; artículos de tocador; enseres domésticos; especialidades para el hogar; productos de limpieza para el hogar y para vehículos; productos alimenticios y de nutrición; juguetes, libros y productos educativos, así como ropa, joyería y accesorios de moda, por mencionar algunos.

Los consumidores se benefician de la venta directa por la comodidad y el servicio que provee, incluso la demostración y explicación personal de productos, la entrega a domicilio y las garantías de satisfacción. Además mejora la infraestructura de distribución minorista de la economía y provee a los consumidores de una práctica fuente de productos de calidad a precios accesibles.

Para que un negocio de venta directa opere de forma eficaz debe contar con un producto o servicio que acepte este tipo de venta o distribución. El precio del mismo debe ser uniforme y este producto o servicio deberá conseguirse exclusivamente en el canal directo y deberá contar con un adecuado sistema de pago, además de una excelente calidad y con *stock* suficiente para atender las necesidades del mercado.

En la venta directa las personas encargadas de comercializar el producto reciben nombres característicos según los casos: representantes, consultoras, distribuidoras, consejeros, asesoras. También se debe contar con nombres diferenciados para las campañas, reuniones, compensaciones, premios, sistemas de incentivos, programas de capacitación.

Entre las mayores empresas de venta directa a nivel mundial se encuentran: Amway Corporation, Avon Cosmetics, Herbalife Ltd., Mary Kay Inc., Tupperware Brands Corp., y Natura Cosméticos S. A., entre otras.

1.1.1. Modalidades de la venta directa

Existen 5 formas de llevar a cabo la venta directa: venta puerta a puerta, venta por reunión en domicilio, venta en lugares de trabajo, venta por demostración y venta en viajes o excursiones.

1.1.1.1. Venta puerta a puerta

Es aquella en la que el vendedor, sin previo aviso, se presenta en el domicilio del posible comprador, mostrándole las características y ventajas del producto que pretende vender. En este tipo de venta el vendedor puede dirigirse indiscriminadamente a todos los domicilios de una determinada zona.

En aquellas situaciones en las que el individuo no se encuentre en su domicilio, el vendedor optará por dejar un aviso de visita y un catálogo. En ciertos casos, se establece un contacto telefónico para pedir la cita y determinar en qué momento y día puede el vendedor visitar al cliente potencial en su domicilio. En otros casos, el cliente potencial recibe vía postal de forma gratuita y si compromiso, un sobre de información sobre los productos en cuestión acompañado con un cupón de respuesta que el individuo puede enviar en caso de aceptar. Esta última forma consigue niveles de respuestas muy bajos.

1.1.1.2. Venta por reunión en domicilio

El vendedor concierta una cita previa con un posible cliente, quien a su vez, reúne en su domicilio a amigos y familiares que también pueden estar interesados en el producto. Llegando el día de la cita el vendedor simplemente mostrará el producto y hará una demostración del mismo a todos los presentes.

1.1.1.3. Venta en lugares de trabajo

El vendedor deberá gozar de un permiso previo de la empresa. Esta vez presenta al trabajador de la empresa los productos en determinados momentos de su jornada en los cuales este no se encuentra trabajando.

1.1.1.4. Venta por demostración

Se organiza una sesión de demostración del producto. Si se trata de productos de cocina, esta sesión recibe el nombre de degustación, en la cual se preparan ciertos alimentos para demostrar el funcionamiento del producto.

1.1.1.5. Venta en viajes o excursiones

Dichas excursiones son subvencionadas en parte por el fabricante o distribuidor. Se realiza una presentación de los productos con el objetivo de conseguir que los asistentes realicen un pedido.

1.2. Datos generales de la empresa

LêCleire es una empresa 100 % nacional, que desde hace 13 años se dedica a la comercialización de productos cosméticos a través de la venta directa, ofreciendo a sus clientes variedad de artículos, tanto en la rama de uso diario o cosmético, como de productos de limpieza.

1.2.1. Historia del surgimiento de la empresa

El origen de LêCleire se remonta al año 1973, cuando surgió el sueño de fundar una empresa de venta de relojes franceses y anteojos de sol, inicialmente la empresa se fundó con el nombre comercial de A.F.I (Agencia Francesa de Importación) y estaba ubicada en el tercer nivel del edificio Briz en la zona 1. En 1979 se fundó ADISA (Agencia de Importación Sociedad Anónima), que tuvo bastante éxito en la comercialización de relojería francesa gracias a su sistema de distribución exclusiva para Centroamérica.

ADISA se encontraba en pleno crecimiento cuando la fábrica de relojes cerró sus operaciones en Francia, por lo que se dio inicio a la distribución de una nueva línea de perfumería y tratamientos faciales marca Encore. En esa época la forma de comercializar los productos era a través de venta directa dura, con vendedores a comisión que ofrecían los productos de oficina en oficina y se otorgaba el crédito directamente al consumidor. Sin embargo, ese

sistema no resultó rentable para la comercialización de cosméticos y fue en 1988 cuando surgió la idea de la venta directa de cosméticos a través de catálogo, pero aún se creía que no era el momento oportuno para poner en práctica esta forma de comercialización.

Fue hasta 1999 que se realizó un estudio de mercado sobre productos de venta directa y las oportunidades que el mercado guatemalteco ofrecía. Logrando determinar que la venta de productos cosméticos a través de catálogo representaba el mejor canal de distribución. Fue entonces como surgió, en 1999, LêtCleire en las instalaciones del edificio Monte Carlo de la zona 1. Inicialmente la compañía empezó fabricando sus productos en una casa particular ubicada en la colonia Nueva Montserrat zona 4 de Mixco. En el 2004 sus instalaciones fueron trasladadas a una bodega de 1 000 metros cuadrados ubicada en la colonia La Comunidad zona 10 de Mixco.

El crecimiento y la aceptación de los clientes obligaron a buscar una nueva instalación y fue en el 2009 que LêtCleire unificó sus operaciones en la planta de Choacorrál, ubicada en el km. 26,5, número 0-87, aldea Choacorrál, San Lucas Sacatepéquez, siendo esta la planta más grande de cosméticos de Guatemala con 8 500 metros de construcción.

Figura 1. **Instalaciones de planta Choacorrál**



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

1.2.2. Clasificación del edificio

La planta de LêtCleire está dividida en dos áreas, las cuales cuentan con instalaciones de distintas categorías.

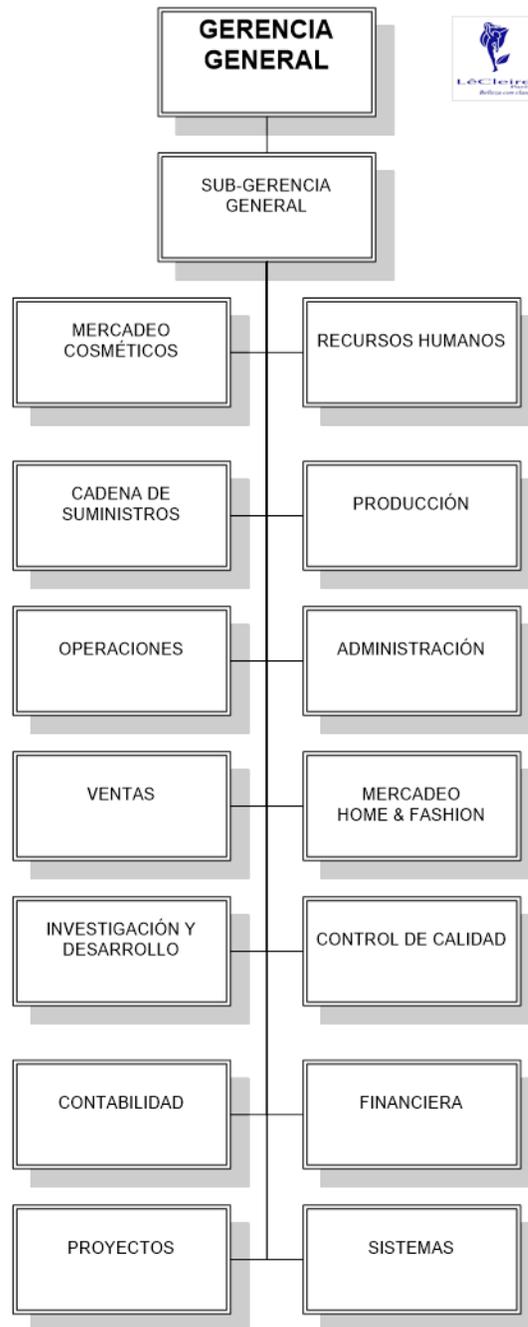
- Área administrativa. Cuenta con un edificio categoría 1, ya que este está construido de concreto.
- Área operativa. Comprendida por bodega de materias primas, bodega de material de empaque, planta de producción, bodega de producto terminado, picking y transportes, cuenta con edificios de categoría 2.

1.2.3. Organigrama general

LêtCleire está conformada por 15 gerencias bajo el mando de una Gerencia General, es decir que cuenta con una estructura organizacional vertical, ya que están bien definidos los niveles de responsabilidad y poder en una dirección y disminución de niveles de autonomía y autoridad en el orden.

A continuación se muestra un esquema de la estructura de las gerencias que actualmente dirigen la empresa.

Figura 2. Organigrama general



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

1.3. Misión

“Somos una empresa que brinda la satisfacción total de nuestros clientes, con un servicio de excelencia, produciendo y comercializando fragancias, productos de belleza, salud y uso personal de alta calidad, a través de venta directa por catálogo y ofreciéndoles la oportunidad de establecer un negocio propio.

Contamos con personal altamente capacitado, identificado con nuestra visión, con energía de trabajo, entusiasmo, iniciativa y creatividad para lograr los objetivos de nuestra organización; trabajando en equipo, en un ambiente agradable, basado en la comunicación, confianza y respeto mutuo”¹.

1.4. Visión

“Ser la empresa líder en mercadeo directo del área Centroamericana y del Caribe, a través de la satisfacción total de nuestros clientes”².

1.5. Actividad productiva

En LêCleire se fabrican variedad de productos, tanto cosméticos como de limpieza, los cuales son comercializados a través de la venta directa por catálogo. Para ello el proceso inicia desde la transformación de la materia prima hasta el empaque final.

¹ Laboratorio Sinergia Internacional, S. A. Sistema de gestión de calidad. p.10.

² Ibíd.

1.5.1. Productos cosméticos

Se conoce como producto cosmético toda sustancia o preparado destinado a ser puesto en contacto con las diversas partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistema capilar y piloso, uñas, labios y órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto, y/o corregir los olores corporales, y/o protegerlos o mantenerlos en buen estado.

Los cosméticos, como productos, pueden ser presentados de diversas maneras. Ya sean como cremas (productos para la piel y las uñas), polvos (maquillaje para el rostro), líquidos (productos para la piel), como gel (productos para el cabello y dientes), entre otras presentaciones.

Los cosméticos como categoría general incluyen también los productos para el cuidado de la piel, tales como cremas, lociones de hidratación, y productos de tratamiento para reparar u ocultar imperfecciones (acné, arrugas, ojeras, etc.).

La gama de productos cosméticos que LÊCleire ofrece al público mediante la venta de catálogo, no solo se enfoca al cuidado de la piel sino también a la higiene de niños y bebés, dividiendo el producto en las siguientes líneas:

- Línea corporal: lociones, cremas corporales
- Línea capilar: *shampoo*, geles para el cabello
- Línea facial: cremas faciales, mascarillas y maquillaje
- Línea infantil: productos para el cuidado de bebés

1.5.2. Productos de limpieza

Los productos de limpieza tienen como finalidad facilitar el proceso de limpieza y eliminar la suciedad de modo eficaz, ya que la limpieza no es solamente una cuestión estética, es higiene, seguridad y bienestar.

Los productos de limpieza que ofrece LêCleire se dividen en:

- Línea domisanitaria: productos para uso doméstico y en sanitarios (jabón líquido, limpiadores en general), de vidrios, desengrasante, multiuso, lustra-muebles, suavizantes, desinfectantes, blanqueadores, insecticidas, cera líquida, desodorizador de ambientes y detergentes.
- Línea automotora: desengrasante, silicona, aromatizante, *shampoo* automotor.

1.6. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Según el Informe 32 de la OMS las Buenas Prácticas de Manufactura o BPM son un conjunto de normas, procedimientos, controles y condiciones que proveen y garantizan el logro de condiciones de higiene y limpieza, que son implementados antes, durante y después del proceso de producción y en las instalaciones de la planta o establecimiento, con el fin de garantizar la calidad e inocuidad de los productos.

A continuación se presenta una breve descripción de los conceptos que se manejan en el día a día dentro de la empresa, lo que permite garantizar la calidad del producto final.

1.6.1. Conceptos básicos

Como tal, las BPM no solo versan sobre el proceso productivo en sí, sino sobre una serie de condiciones y elementos que se relacionan con la calidad final de la producción, tales como:

- Personal
- Instalaciones físicas
- Instalaciones sanitarias
- Servicios a planta
- Equipo y utensilios
- Procesos
- Almacenaje y distribución
- Limpieza y saneamiento
- Control de plagas

Con la aplicación de un programa de BPM se minimizan los riesgos de contaminación a través de la concientización de los empleados de todo nivel, apoyo de niveles gerenciales y de supervisión en la exigencia de hábitos y condiciones de trabajo seguros, además de ser de gran utilidad para mantener una buena productividad.

1.6.1.1. Equipo de protección personal

Se entiende por equipo de protección personal cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. El equipo de protección personal además de proteger a los trabajadores, evita el contacto directo con

los productos que se están elaborando, reduciendo así los riesgos de contaminación.

El equipo de protección personal que se utiliza en la planta de producción está conformado por:

- Cofia: es un tipo de gorro que se utiliza para sujetar parcialmente el cabello y así evitar que éste entre en contacto con el producto que se esté elaborando.
- Uniforme: la función principal del uniforme es proteger al operario del contacto con el producto y así evitar la contaminación del mismo.
- Guantes de látex: los guantes evitan el contacto directo de las manos con los productos en proceso y materiales.
- Guantes para altas temperaturas: estos protegen al operario de quemaduras en el momento de llevar a cabo el proceso de fabricación.
- Gabacha: se utiliza para evitar que el uniforme se moje o se manche y así mantenerlo en condiciones óptimas de limpieza.
- Zapatos desechables: son bolsas para colocarlas sobre los zapatos y se utilizan en el momento de ingresar a áreas críticas dentro de la planta para evitar que queden rastros de suciedad en el piso y así proteger el ambiente de contaminación.

- Tapones de oídos: se utilizan para evitar dañar la capacidad de audición de los operarios, ya que se utilizan dispositivos que generan ruidos muy fuertes, como bombas neumáticas y motores.
- Mascarilla: está diseñada para proteger al operario contra contaminantes no peligrosos presentes en el sitio de trabajo.
- Lentes: son un tipo de anteojos protectores que son utilizados para evitar la entrada de objetos, agua o químicos en los ojos.

1.6.1.2. Saneamiento e higiene

La limpieza no es más que remover la suciedad, residuos orgánicos e inorgánicos, tierra, desperdicios o mugre presentes en un objeto, utensilio o superficie, arrastrando o inactivando microorganismos presentes.

El saneamiento, en cambio, significa desinfectar, es decir matar microorganismos, o reducir su número hasta niveles que no representen peligro. Para sanitizar o desinfectar generalmente se emplean productos químicos o calor. Tiene como objetivo inactivar y reducir al máximo la cantidad de microorganismos vivos en instalaciones, equipo, utensilios y superficies de trabajo, disminuyendo los riesgos de contaminación de los productos.

Debe tomarse en cuenta que el uso continuo de ciertas soluciones desinfectantes podrá dar lugar al desarrollo de microorganismos resistentes. Por ello, deben usarse principalmente métodos de desinfección por calor y alternar el empleo de la desinfección con productos químicos. Es importante saber que ningún procedimiento de desinfección puede dar resultados satisfactorios si no le precede antes una limpieza completa.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Mensualmente se manejan alrededor de 400 conceptos en la cartilla de ventas, dentro de los cuales una de las líneas de producto que ha presentado mayor crecimiento en ventas es la presentación de litro de la línea capilar (ver figura 3) pues ha registrado un incremento promedio anual del 102%. Esta línea de productos conforma 40 ítems y representa un 10 % de uso de la planta total.

Figura 3. **Comportamiento de la demanda**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

La presentación en litro representa la mejor opción para el consumidor, ya que con una única compra cubre las necesidades de toda la familia. Al tomar en cuenta la relación calidad/precio para esta línea de productos se ha determinado que es indispensable mejorar el proceso productivo, pues al

hacerlo más eficiente se logra mantener la calidad a la cual se tiene acostumbrado al cliente final sin lastimar el precio de venta. Por otra parte, de seguir con un proceso manual se corre el riesgo de no cubrir las ventas programadas.

2.1. Diagramas de procesos

Los diagramas son representaciones gráficas, que reúnen todos los hechos necesarios, relacionados con la operación o el proceso en forma clara, a fin de que se puedan examinar de modo crítico y así implantar el método más práctico, económico y eficaz.

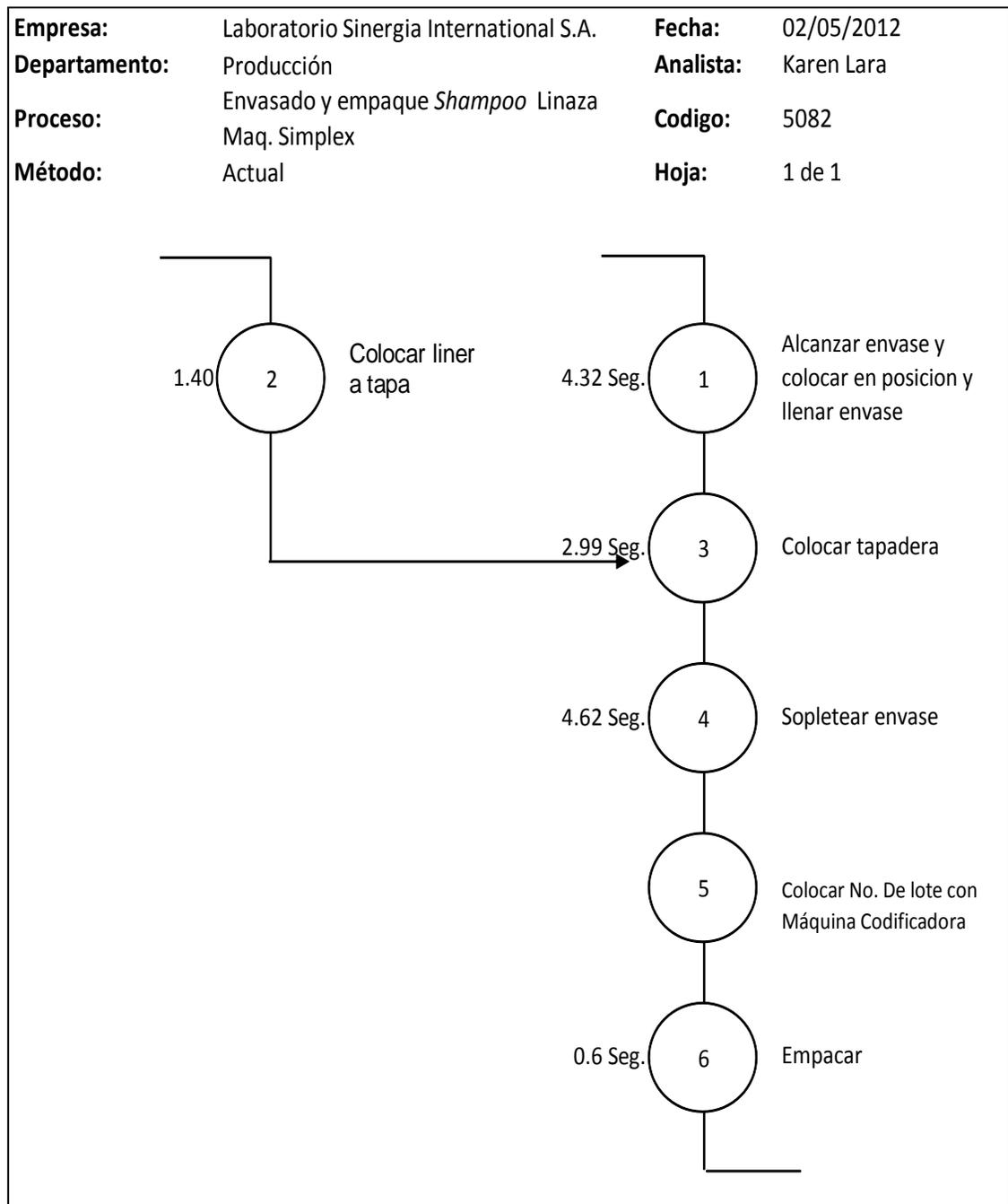
2.1.1. Diagrama de operaciones

El proceso inicia al pedir despeje a Control de Calidad, es decir, la autorización para envasar el producto, para ello se debe contar con el área de trabajo limpia, el equipo desinfectado y con el material de empaque en la línea.

Se verifica que la máquina llene el envase según la medida del estándar, si es necesario deberá limpiarse cualquier residuo de producto que haya quedado en el mismo, tapar, la tapa se prepara previamente introduciendo en la misma un *liner*, el cual sirve de sello para evitar fuga de producto; se sopletea la etiqueta hasta que quede sin arrugas, se codifica y se empaca en canastas que contendrán 26 unidades cada una.

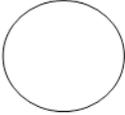
Posteriormente las canastas se estiban entarimas, siendo cada una de cuatro niveles, de seis canastas cada nivel.

Figura 4. Diagrama de operaciones



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Tabla I. **Cuadro resumen envasado y empaque de *shampoo* en máquina simplex**

RESUMEN			
OPERACIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (Seg.)
OPERACIÓN		6	13,93
TOTAL		6	13,93

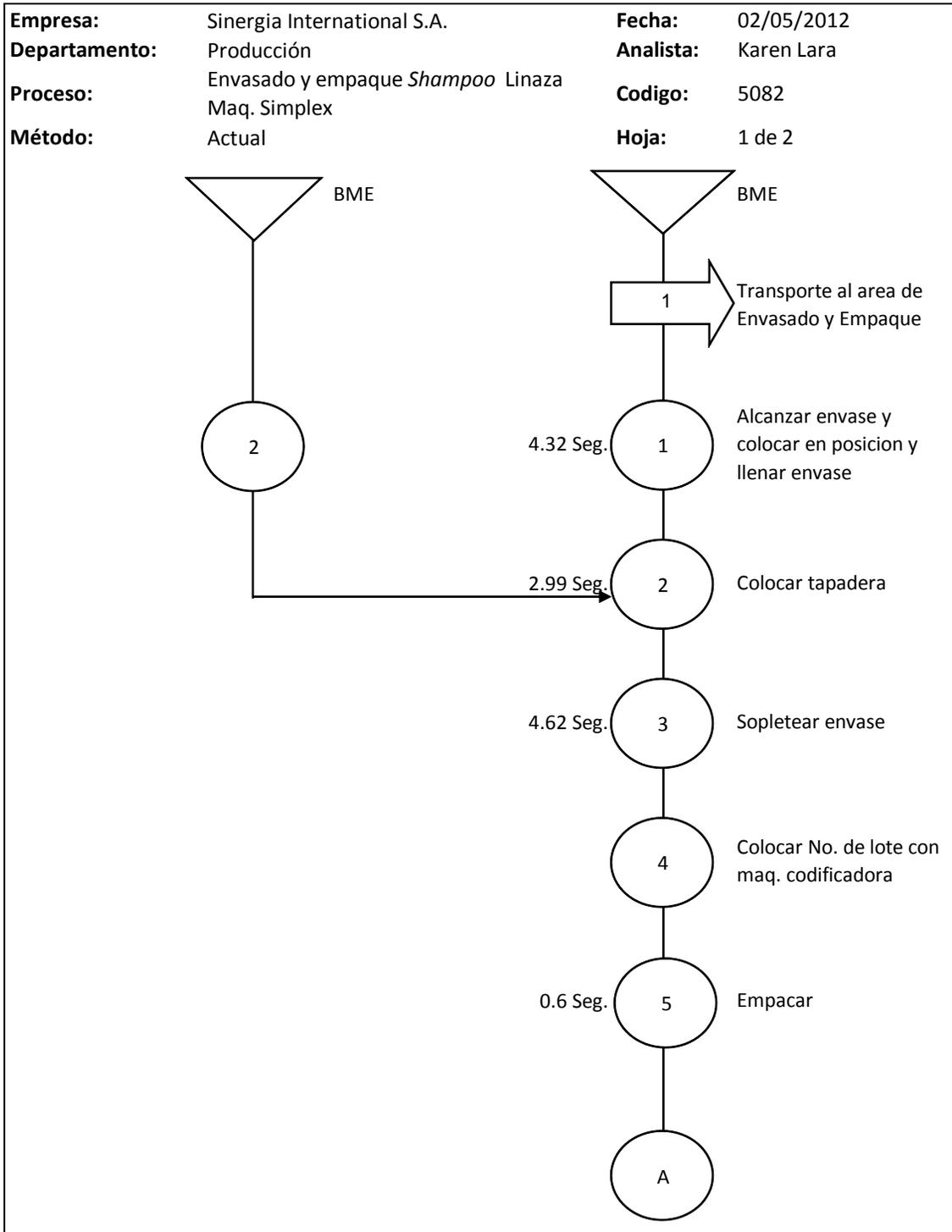
Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

2.1.2. Diagrama de flujo

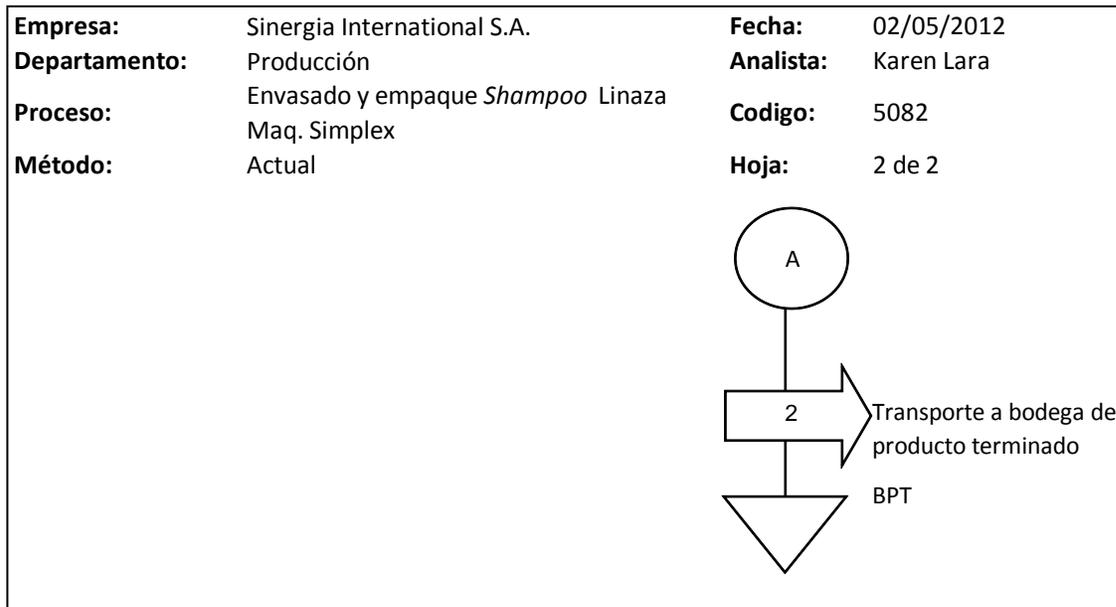
Este proceso consta de dos partes, la primera se da en el área de graneles en donde el encargado de línea debe buscar y verificar cada uno de los toneles que conforman el lote a envasar y llevarlo a la línea de empaque. Al mismo tiempo en la bodega de material de empaque se prepara el material para envasar el granel y es despachado al área de empaque y envasado por medio de un elevador.

El encargado de línea recibe el material y lo ubica en la línea de empaque. Luego inicia el proceso de envasado que se indicó en el punto 2.1.1.1. Después de empacado y entarimado el producto se procede a llevarlo a bodega de producto terminado.

Figura 5. Diagrama de flujo

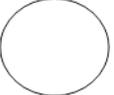
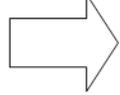


Continuación de la figura 5.



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A

Tabla II. **Cuadro resumen envasado y empaque de *shampoo* en máquina simplex**

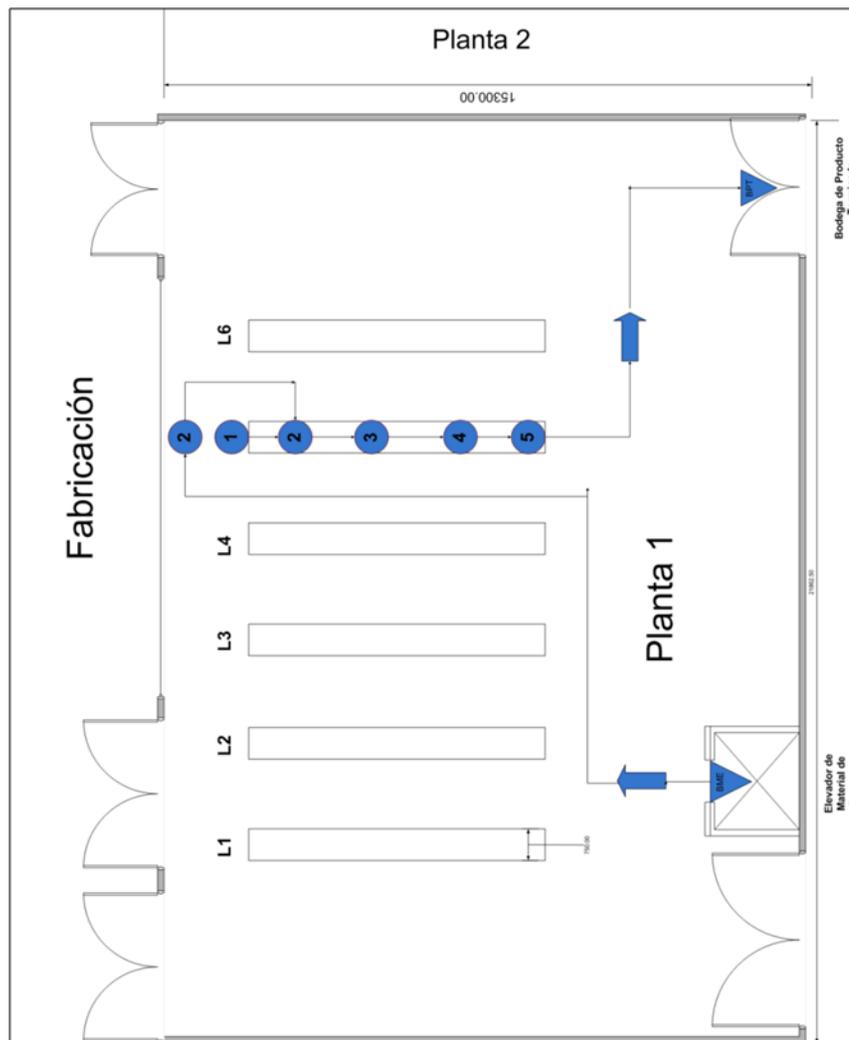
RESUMEN			
OPERACIÓN	CANTIDAD	DIST. (m)	TIEMPO (Seg.)
	6	--	13,93
	2	-	-
	2	--	--
TOTAL	10	-	13,93

Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

2.1.3. Diagrama de recorrido

Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica en donde se muestra la circulación del proceso; utilizando los mismos símbolos empleados en el diagrama de flujo de operaciones.

Figura 6. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

2.2. Equipos primarios y secundarios

Son todos los equipos que utilizan los operarios para llevar a cabo el proceso de llenado, ya sea que estos intervengan directa o indirectamente con el producto. A continuación se hace una breve descripción del equipo utilizado en la línea de envasado de litro.

2.2.1. Equipos primarios

Son todos los equipos que tienen contacto directo con el producto durante el proceso de envasado. Para este proceso se tienen tres equipos primarios, llenadora, banda transportadora y taponadora.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los equipos primarios utilizados en el proceso.

2.2.1.1. Llenadora

El método de llenado que utiliza la máquina llenadora es el de llenado volumétrico de líquidos. En este sistema el producto es cargado por succión de gravedad en el cilindro de producto, donde se ha ajustado la medida para luego distribuir el producto, a través de una válvula de tres vías, al contenedor. Este sistema es muy preciso y repetible lo que garantiza que la cantidad de llenado se mantendrá constante durante todo el proceso.

El diseño de esta máquina permite la manipulación de diversos fluidos, líquidos y cremas, con un máximo de 400 000 centipoises de viscosidad. La máquina controla automáticamente el flujo exacto de cambio durante el ciclo de llenado y recarga.

Las principales características de esta máquina son:

- Velocidad: hasta 26 centímetros por minuto (con polea estándar) y hasta 55 centímetros por minuto (con polea de alta velocidad).
- Volumen de llenado: hasta 45 onzas.
- Precisión de llenado: hasta 2,1 % del volumen de llenado (determinada por el volumen del producto y la apertura del contenedor).
- Dimensiones: 44,5 centímetros de altura por 56,5 centímetros de ancho por 82 centímetros de longitud.
- Peso neto: 165 libras aproximadamente (90 kilos).

2.2.1.2. Banda transportadora

Tiene como objetivo trasladar el producto durante el proceso de empaque, para ello cuenta con un sistema de transmisión de motor y reductor acoplado, con poleas y faja. Este sistema permite que la banda gire a bajas revoluciones (aproximadamente 30 – 40 revoluciones por minuto).

El sistema de encendido está comandado por medio de un variador de frecuencia activado por *push boton* y selectores para el encendido y apagado. Este sistema permite desplazar la banda a velocidades variables. El voltaje de encendido es 220 voltios monofásico.

Dimensiones: banda de 6 pies, siendo ésta de material de PVC; la mesa es de acero inoxidable con tensores en los extremos para tensar la banda, tiene una longitud de 7 metros, con una altura de 78 y 60 centímetros de ancho.

2.2.1.3. Taponadora

Es un dispositivo manual que tiene como función torquear la tapa en los envases. El sistema de funcionamiento es accionado, por medio de aire comprimido, al presionar la base del inserto de la taponadora contra la tapa del envase. La cantidad de torque es generada por una perilla que tiene una escala de 1 a 10 que al girarla genera el torque necesario.

2.2.2. Equipos secundarios

Son los equipos que no entran en contacto directo con el producto, pero son de vital importancia para el control y acabado del mismo. Para este proceso se cuenta con tres equipos secundarios, balanza, sopleteadora y codificadora.

A continuación se presenta una breve descripción de los equipos secundarios utilizados en el proceso.

2.2.2.1. Balanza

La balanza permite ajustar la cantidad que debe llevar el envase y de esa forma asegurar que el contenido del mismo se mantenga constante durante el proceso. Las principales características de este equipo son:

- Funcionamiento mediante pilas o corriente alterna

- Contiene soporte de seguridad
- Apagado automático
- Capacidad de 2 000 gramos
- Legibilidad de 0,1 gramos
- Desviación estándar de 0,1 gramos
- Linealidad de $\pm 0,1$ gramos
- Rango de tara hasta capacidad por sustracción
- Tiempo de estabilización de 3 segundos
- Dimensiones 192 por 54 por 210 milímetros

2.2.2.2. Sopleteadora

La sopleteadora o pistola de aire caliente se utiliza para darle un mejor acabado a la apariencia de la manga termoencogible del envase. Este dispositivo cuenta con una potencia que puede llegar hasta 540 grados centígrados a 120 voltios. La velocidad promedio del flujo de aire es de 914 metros por minuto con un volumen promedio de 0,65 metros cúbicos por minuto. La combinación de estos factores representa un alto rendimiento del equipo.

Las características principales de este dispositivo son:

- Tamaño: longitud de 20 centímetros por una anchura de 13 centímetros por una altura de 24 centímetros
- Diámetro de la boquilla de 3 centímetros
- Peso neto 3,5 libras
- Longitud de protector de la boquilla de 10,6 centímetros
- Longitud del cable eléctrico de 1,82 centímetros

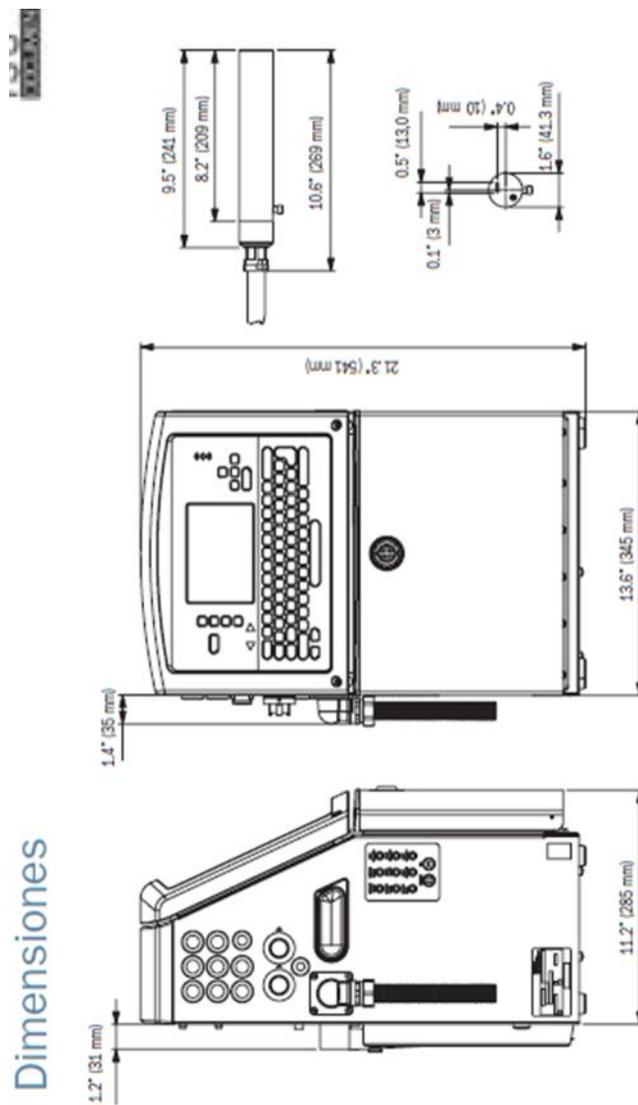
2.2.2.3. Codificadora

La codificadora se utiliza para identificar el producto con el número de lote al que pertenece, para ello se imprime en la parte inferior del envase dicho número. Las principales características de este equipo son:

- Puede imprimir de 1 a 5 líneas de impresión a velocidades de hasta 278,6 metros por minuto.
- La altura de los caracteres varía de 2 milímetros a 8,2 milímetros, dependiendo de la fuente.
- El rango para la distancia de proyección va de 5 milímetros a 15 milímetros, siendo la óptima de 12 milímetros.
- El teclado tiene un estilo de membrana con retroalimentación táctil, incluidas 72 teclas numéricas, alfabéticas y de funciones especiales. Diseño de estilo PC, que se aproxima a la convención internacional de PC.
- Pantalla LCD de 5,7 pulgadas, retroiluminada, azul fuerte de 320 por 240.
- Consola de acero inoxidable de 541 milímetros de alto, 345 milímetros de ancho y 285 milímetros de fondo.
- Cabezal térmico de impresión con un diámetro de 41,3 milímetros y una longitud de 240,5 milímetros.
- Umbilical del cabezal ultra flexible con una longitud de 3 metros, diámetro de 23 milímetros.

- Suministro eléctrico nominal 100-120 / 200-240 voltios de corriente alterna a 50/60 hertz, 120 watts.
- Peso aproximado 39,68 libras.

Figura 7. **Codificadora InkJet**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

2.3. Productividad

Es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es decir, la relación de la capacidad instalada y el personal que interviene directamente en el proceso de envasado.

De esta forma se puede ver la productividad no como una medida de la producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino como una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos logrados.

2.3.1. Capacidad instalada

Es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección, puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos, etc. Se puede medir en cantidad de bienes y servicios producidos por unidad de tiempo.

Actualmente se tiene que en una jornada de trabajo (9 horas) se pueden fabricar 12 000kilogramos de granel simultáneamente y se puede envasar un lote de 6 000 unidades, a un ritmo estándar de 14 unidades por minuto.

Con este método el proceso genera un costo por unidad de Q15,75. A continuación se presenta como está conformado el costo de una unidad producida:

Costo de granel	Q 6,83
Costo de mano de obra directa	Q 0,16
Costos indirectos de fabricación	Q 4,26
Costos de operación	<u>Q 4,50</u>
Costo total proceso actual	Q15,75

Además se tiene que el precio de venta por unidad es de Q45,00, por lo que se puede calcular la utilidad de esta línea de producto de la siguiente forma:

$$\text{Utilidad} = \frac{\text{precio} - \text{costo total}}{\text{precio}} \times 100$$

$$\text{Utilidad} = \frac{Q45,00 - Q15,75}{Q45,00} \times 100$$

$$\text{Utilidad} = 65 \%$$

Con estos datos se tiene que actualmente se pueden producir en un año 2160000 unidades de producto terminado, por lo que la utilidad anual generada por esta línea de producto está dada de la siguiente forma:

$$\text{Ingreso anual} = Q45,00 \times 2160000$$

$$\text{Ingreso anual} = Q97\,200\,000,00$$

$$\text{Utilidad anual} = Q63\,180\,000,00$$

2.3.2. Personal en la línea

Actualmente, para llevar a cabo el proceso de envasado de litro, se requiere que la línea de trabajo esté conformada por ocho personas, quienes se ubican de la siguiente forma:

- 1 para llenar
- 1 para colocar tapa
- 1 para tapar
- 2 para sopletear
- 1 para colocar sticker de código de barras
- 1 para empacar
- 1 encargado de línea y abastecedor

2.3.3. Cálculo de productividad

Para el cálculo actual del proceso de envasado de *shampoo* en litro se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Capacidad instalada}}{\text{No. operarios} * \text{tiempo trabajado}}$$

Se tiene que:

Capacidad instalada: 6 000 unidades

Operarios en línea: 8

Tiempo: 9 horas

$$\text{Productividad} = \frac{6\,000 \text{ unidades}}{8 \text{ horas por } 9 \text{ hombres}}$$

$$\text{Productividad} = 83 \text{ unidades por hora hombre}$$

2.4. Deficiencias en el proceso

Las deficiencias en el proceso son todos aquellos factores que entorpecen el flujo de este y que a su vez alteran la calidad del producto final, dando como resultado inconformidad en el consumidor.

2.4.1. Identificación de puntos de mejora

Estos son los puntos en los que deberá ejercerse mayor control para asegurar la calidad del producto. Tomando como referencia los diagramas de procesos presentados anteriormente, se tiene que básicamente existen dos puntos que presentan mayor deficiencia en el proceso, uno durante la preparación del material y el otro ya en línea.

El primero se da en el momento de colocar el *liner* en la tapa, ya que es un proceso completamente manual y al no colocarse adecuadamente puede provocar derrame del producto. El segundo se da en el momento de sopletear la etiqueta del envase, que no solo provoca un cuello de botella en el proceso al acumular gran cantidad de producto en espera, si no que al aplicar calor a la etiqueta se corre el riesgo de que esta se eche a perder, incurriendo en aumento de costos por lote fabricado al utilizar mayor cantidad de material de empaque.

Cabe mencionar que al ser lotes de producción numerosos, el manejo de material de empaque provoca desorden en el área de trabajo y acumulación de desechos por largos períodos de tiempo, ya que son corridas que abarcan el tiempo completo de una jornada laboral.

2.4.2. Reclamos de calidad

Los referentes a este producto son por derrame, debido a que la tapa no está colocada adecuadamente o por la falta de *liner* en la misma. Según los registros anuales de control de calidad el porcentaje actual de reclamos por derrame de producto es del 0,05 %, alrededor de 2 540 unidades de las ventas totales.

2.4.3. Manejo de desechos

Los desechos generados por el proceso consisten en envoltorios del material de empaque que generalmente son bolsas plásticas, envases en mal estado y residuo de producto.

El residuo de producto resulta del lavado del equipo, ya que este queda en las mangueras que alimentan la tolva y en la misma llenadora. Además antes de iniciar el proceso de llenado se purga la manguera lo que genera aproximadamente 50 kilogramos de desecho, un 0,83 % del granel a envasar, los cuales son depositados en un recipiente plástico de esa capacidad para luego ser desechados.

La totalidad de los residuos del producto son desechados en una fosa séptica, mientras que la basura generada durante el proceso es colocada en los recipientes correspondientes.

2.5. Mantenimiento

Actualmente en la planta de producción se cuenta con un programa de mantenimiento que garantiza una operación y funcionamiento del equipo continuo, confiable y seguro.

2.5.1. Plan de mantenimiento preventivo

El equipo de la línea de llenado de *shampoo* es sometido a operaciones de mantenimiento periódicamente, según calendarización. Las operaciones que se llevan a cabo son:

Llenadora (cada 2 meses)

- Pintura (desarmada)
- Cambio de faja
- Chequeo de aceite del reductor

Banda transportadora (cada 4 meses)

- Cambio de faja
- Chequeo de aceite del reductor
- Chequeo de mandos eléctricos
- Chequeo de banda
- Chequeo de la transmisión del reductor al motor

Codificadora

- Limpieza automática de cabezal (1 vez por semana)

2.6. Identificación del problema a resolver

Después de analizar la situación actual del proceso de envasado de *shampoo* en litro se ha llegado a la conclusión de que el problema a resolver es la capacidad instalada de esta línea. Esto debido a que la capacidad de producción con la que se cuenta actualmente ya no es suficiente para cubrir la demanda de este producto, pues con este método solamente se pueden producir 2 160 000 unidades al año, que es una cantidad mucho menor que la requerida el año anterior según la figura 3.

Si se toma como referencia el aumento que ha tenido la demanda en los últimos 5 años, con un incremento promedio del 102 % anual, se tiene que para este año la demanda para esta línea de productos sería de 6 528 843 unidades, es decir más del 300 % de lo que actualmente puede producirse, lo que significa que de no tomarse una decisión inmediata el proceso puede llegar a colapsar generando pérdidas para la empresa.

Antes de dar solución a este problema se deberán analizar varias opciones y se tomará como óptima aquella que no solo se adapte de mejor manera al proceso productivo, sino que garantice el menor tiempo de recuperación de la inversión para la empresa.

3. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

Como se mencionó en el capítulo anterior es de vital importancia generar un cambio en el proceso de envasado de la línea de *shampoo* en litro y para ello deberán evaluarse varias opciones de mejora antes de tomar la decisión que mejor se adecúe a los resultados esperados.

3.1. Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Las industrias relacionadas con la automatización son básicamente la industria manufacturera y la industria de procesos. La industria manufacturera se caracteriza por la presencia de máquinas herramienta de control numérico por ordenador como núcleo de sistemas de fabricación flexible. En esta industria, destaca el uso de estaciones robotizadas en tareas de soldadura al arco o por puntos, pintura, montaje, de forma que en la actualidad la necesidad de automatización es elevada si se desea ofrecer productos de calidad en un entorno competitivo.

Uno de los temas principales a resolver en este tipo de industria es la planificación y gestión de la producción: asignación de tareas a máquinas,

diseño de la disponibilidad de la planta, sistemas flexibles que fabriquen diversos productos, políticas de planificación cercanas a la optimización.

En cuanto a la industria de procesos, existen fábricas de productos de naturaleza más o menos continua, como la industria petroquímica, cementera, de la alimentación y farmacéutica. Dentro del proceso de fabricación de estas industrias, se investiga en nuevas tecnologías, para la obtención de nuevos catalizadores, bioprocesos, membranas para la separación de productos, microreactores, etcétera. En este tipo de industria, destacan la aplicación de algoritmos de control avanzado, por ejemplo, el control predictivo, o la formación experta de operarios de salas de control mediante simuladores.

Respecto a las necesidades de automatización, la industria de procesos tiene un nivel consolidado en cuanto a salas de control con sistemas de control distribuido, y el uso de autómatas programables para tareas secuenciales o para configurar sistemas redundantes seguros ante fallos, entre otros elementos. Conviene destacar que la automatización contribuye al control automático del proceso y a relevar de esta tarea al operario, si se considera que lo que interesa es la sustitución de la persona por un ente automático.

En suma, la automatización de un proceso industrial, (maquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen funcionamiento.

3.1.1. Tipos de automatización

Existen algunos tipos de automatización en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el

esquema que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. La automatización según el caso puede ser:

- Fija: es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los PLC'S o controladores lógicos programables. Se caracteriza por una fuerte inversión inicial para equipo de ingeniería; altos índices de producción es relativamente inflexible en adaptarse a cambios en el producto. La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.
- Programable: al igual que en la automatización fija, debe efectuarse una fuerte inversión en equipo general, genera índices bajos de producción para la automatización fija, presenta flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto. Es conveniente para la producción en lotes.
- Control numérico computarizado: un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a máquinas de herramientas de control numérico, entre las que se pueden mencionar las fresadoras CNC, tornos CNC y máquinas de electro – erosionado.
- Flexible: el mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los robots industriales que en forma más genérica se les denomina como celdas de manufactura flexible. El sistema de manufactura flexible resulta de un nuevo enfoque de la producción que con la aplicación de la tecnología ha creado sistemas altamente

automatizados. Es una filosofía de la producción que se basa en el control efectivo del flujo de materiales a través de una red de estaciones de trabajo muy versátiles y es compatible con diferentes grados de automatización. Está integrado por máquinas herramientas enlazadas mediante un sistema de manejo de materiales automatizado operado automáticamente con tecnología convencional o al menos por un CNC (control numérico por computador).

3.1.2. Ventajas y desventajas de la automatización

Entre las ventajas que aporta la implementación de un sistema automatizado a una empresa se pueden mencionar:

- Incremento de la productividad de la mano de obra
- Incremento de la calidad
- Reducción del ciclo de fabricación
- Incremento de capacidad
- Incremento de ventas
- Reducción de inventarios

Como desventajas se tiene que:

- Incremento de costos fijos
- Incremento de mantenimiento
- Reducción de flexibilidad de recursos

3.1.3. Criterios a tomar en cuenta antes de automatizar

La automatización al ser una opción de costos excesivos tiene que pasar por un largo proceso de planificación que refleje una meditación profunda de parte de la Alta Gerencia en concordancia con los departamentos Administrativo, Planificación de la Producción y Mantenimiento. Las principales causas que hacen pensar en implantarla son:

- Liberación de recursos humanos para que realicen tareas que requieran mayores conocimientos.
- Eliminación de trabajos desagradables y/o peligrosos.
- Mayor exigencia en la precisión.
- Diseños cada vez más complejos.
- Tiempos de entrega cada vez más reducidos.
- Minimizar errores.
- La diversidad de productos hace necesario la tendencia a estructuras de producción más flexibles.

La automatización no se debe aplicar cuando no exista una predisposición por parte de todo el cuerpo laboral (gerencial, operativo y administrativo), ya que la implantación de nuevas tecnologías requiere de nuevas estructuras organizativas y nuevas formas de comunicación interdependiente.

3.2. Factores para la toma de decisión

Luego de analizar la situación actual del proceso de envasado y empaque de *shampoo* en litro se encontró que deberá aumentarse la capacidad instalada de dicho proceso y antes de considerar la implementación de un equipo automático, partiendo de la demanda de producto requerida para este año (ver

capítulo 2) se evaluarán dos alternativas de solución, siendo la primera la posibilidad de tener tres líneas para el envasado de este producto, en una jornada de trabajo de 9 horas, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Personal por línea =	8 operarios
Personal total =	24 operarios
Capacidad por línea =	6 000 unidades/día
Capacidad total =	18 000 unidades/día
Producción anual =	6 480 000 unidades
Costo por unidad =	Q15,75

Estos cálculos se efectuaron con base a las fórmulas utilizadas en el capítulo 2.

Aunque el costo por unidad se mantiene, y con ello el porcentaje de utilidad, el incremento de la capacidad instalada no es suficiente para cubrir la demanda calculada para este año, que es de 6 528 843 unidades, como se mencionó en el capítulo anterior. Por otra parte, al tener tres líneas para el mismo producto no se aportaría mejora alguna al proceso, pues solamente se triplicarían las condiciones actuales teniendo las mismas deficiencias mencionadas en el capítulo 2, por lo cual esta no representa una opción de mejora.

Otro factor a considerar es el espacio físico dentro de las instalaciones, pues para tener tres líneas con dicho producto, deberán utilizarse las líneas ya existentes, ya que no se cuenta con espacio para el montaje de tres líneas nuevas, además que se sacrificarían los procesos de las demás líneas de

productos, poniendo en riesgo el cumplimiento de la demanda de las mismas, demanda que ha demostrado un crecimiento a ritmo similar al de la línea en cuestión.

Como segunda alternativa se tiene la implementación de tres turnos para la línea de envasado de *shampoo*, quedando los turnos como se muestran a continuación:

- Turno diurno: horario de lunes a sábado de 6:00 a 13:00 horas
- Turno vespertino: horario de lunes a sábado de 13:00 a 20:00 horas
- Turno nocturno: horario de lunes a sábado de 20:00 a 2:00 horas

Para cada turno se necesitan 8 operarios en línea, por lo que se deberá contratar personal para línea de envasado, para fabricación y control de calidad teniendo un total de 20 plazas nuevas, lo que genera un incremento de gasto de planta de Q716 800.00 anuales, integrado de la siguiente forma:

Tabla III. Incremento gasto de planta

Plaza	Sueldo	Cantidad	Total mensual	Total anual
Auxiliar de envasado	Q2 530,00	16	Q40 480,00	Q566 720,00
Auxiliar de fabricación	Q2 830,00	2	Q5 660,00	Q79 240,00
Inspector de control de calidad	Q2 530,00	2	Q5 060,00	Q70 840,00
			Q51 200,00	Q716 800,00

Fuente: elaboración propia.

De las 20 horas disponibles se tiene en total 18,5 horas efectivas de trabajo en las cuales se pueden producir como máximo, según el ritmo de producción actual de 14 unidades por minuto, un total de 15 540 unidades diarias, teniendo una producción total anual de 5 594 400 unidades a un costo unitario de Q15, 75. Al igual que la propuesta anterior, la producción anual queda por debajo de la demanda proyectada para este año.

Estas alternativas representan soluciones a corto plazo, pero para el crecimiento a largo plazo se busca una solución más estable, ya que esta demanda seguirá sufriendo cambios con el paso del tiempo, lo que supone que para el próximo año se tendrá una demanda mayor y no se logrará cumplir con la proyección de la misma.

Por lo que se considera que la implementación de un equipo automático de llenado y tapado representa la mejor opción, pues con una sola línea para este proceso con una inversión inicial manejable se logrará incrementar la productividad y con ello la capacidad instalada a largo plazo para responder a demandas de venta en constante crecimiento, como se muestra en la figura 3. Además de reducir el contacto directo del operario durante el proceso para tener mayor control de las actividades críticas que influyen en la calidad del producto final.

Como se mencionó anteriormente los reclamos se dan por el derrame del producto y esto en la mayoría de los casos es porque la tapa no ha sido bien colocada, por la falta de *liner* en la misma o que ésta no tenga el torque adecuado; estas actividades son completamente manuales y se debe considerar que la fatiga que sufre el operario con el paso del tiempo provoca que no se realicen las actividades correctamente.

Además, aunque se cumple con las normas de Buenas Prácticas de Manufactura aún puede mejorarse en cuanto a la adecuada utilización de los insumos y el manejo de los desechos al concluir el proceso. Es por eso que la propuesta de mejora no solo se enfoca en el incremento de la capacidad instalada y la mejora de la productividad, sino que busca introducir los conceptos de Producción más Limpia en el proceso.

Al implementar un equipo automático, la automatización que se aplicará al proceso será parcial, ya que el equipo realiza varias operaciones en secuencia y de forma autónoma, pero necesita de la intervención humana para poner y retirar piezas, en este caso la colocación del envase.

Al modificar el proceso con la puesta en marcha de un equipo automático se puede reducir la mano de obra y a la vez simplificar el trabajo, se obtendrá mayor eficiencia y se reducirá la cantidad de piezas defectuosas, lo que se refleja en mayor calidad.

3.3. Opciones del mercado

Antes de tomar una decisión con respecto al equipo a utilizar es necesario considerar las opciones que ofrece el mercado para el envasado de productos viscosos y cuál se adapta mejor a las necesidades de producción.

Después de estudiar varias propuestas obtenidas en una feria de exposición de equipo, se escogieron dos opciones que son las más convenientes para las necesidades de la empresa, las cuales son descritas a continuación.

Opción “A”

Llenadora volumétrica de líquidos automática, modelo FL-101 Pack Leader

Figura 8. Llenadora volumétrica



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Características:

- Capacidad de llenado: 20-1 000 centímetros cúbicos
- Suministro eléctrico: 220/380 voltios, 50-60hertz, trifásico
- Consumo de energía: 1,5 kilowatts
- Presión de aire: 4 a 6 kilogramos
- Dimensiones: 3 por 0,95 por 1,77 metros
- Peso neto: 850 kilogramos

Figura 9. **Taponadora automática**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Taponadora automática, modelo CP-101 Pack Leader

- Suministro eléctrico: 220/380 voltios, 50/60 hertz, trifásico
- Consumo de energía: 1,5 kilowatts
- Presión de aire: 4 a 6 kilogramos
- Dimensiones: 3 por 0,95 por 1,77 metros
- Peso neto: 650 kilogramos

Opción B

Línea automática para el envasado de productos viscosos Kaps-All, conformada por:

- Mesa alimentadora de envase, modelo FS-U-48
- Llenadora, modelo VOL-32-8
- Taponadora modelo A6
- Mesa acumuladora modelo FS-A-48
- Suministro eléctrico: 110 voltios
- Presión de aire: 90 a 100 libras por pulgada cuadrada
- Dimensiones: 7,34 por 1,25 por 2 metros

Figura 10. **Línea automática Kaps-All**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

3.4. **Costo de equipo**

A continuación se muestran los componentes de cada uno de los equipos que han sido evaluados para la implementación y el costo que representarán al momento de llevar a cabo una inversión.

Opción A

Tabla IV. **Costo equipo Pack Leader**

COMPONENTE	PRECIO
Llenadora	USD 43 900,00
Taponadora	USD 40 000,00
Precio Total	USD 83 000,00

Fuente: elaboración propia.

Opción B

Tabla V. **Costo equipo Kaps-All**

COMPONENTE	PRECIO
Mesa alimentadora	USD 6 755,00
Llenadora	USD 75 381,50
Taponadora	USD 50 714,00
Mesa acumuladora	USD 6 585,00
Precio Total	USD 139 435,50

Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis financiero

Tiene por objeto determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la ejecución del proyecto, los costos totales de operación del proceso productivo y el monto de los ingresos que se aspira recibir en cada uno de los periodos de vida útil. Los datos que son registrados en los componentes

del estudio financiero son el resultado de los estudios previos de mercado, técnico y organizacional.

Este análisis es el que encierra el término cuantitativo y financiero del proyecto, pues resulta de suma importancia que cada elemento que lo conforma cuantifique la inversión necesaria para emprender el proyecto, como son la inversión requerida, capital de trabajo y gastos preoperativos y la integración de la información financiera resumida en los estados financieros proyectados.

De tal manera se debe considerar, antes de tomar la decisión de compra, los beneficios económicos que se obtendrán al implementar una mejora en el proceso, para ello según la política de la empresa el proyecto deberá evaluarse con una tasa de oportunidad del 20 %, tomando como base la demanda calculada para este año, es decir 6 528 843 unidades.

Posteriormente se realizará un análisis con una tasa de oportunidad del 18 % y una del 22 %, para determinar que tanto puede sacrificarse el proyecto. Los análisis a utilizarse para determinar cuál será la mejor opción son el valor presente neto, la tasa interna de retorno y la relación beneficio costo.

3.5.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Cuando el resultado obtenido del análisis es mayor que el valor de la inversión inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Opción A

Personal requerido = 12 operarios

Producción diaria requerida = 18 136 unidades

Capacidad instalada = 26 730 unidades

Tabla VI. Flujo de caja equipo Pack Leader

OPCION A					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingreso	Q293 797 935,00	Q359 086 365,00	Q424 374 795,00	Q489 663 225,00	Q554 951 655,00
Mano de obra	-Q406 854,00	-Q406 854,00	-Q406 854,00	-Q406 854,00	-Q406 854,00
Costo de granel	-Q44 591 997,69	-Q54 501 330,51	-Q64 410 663,33	-Q74 319 996,15	-Q84 229 328,97
Costos indirectos	-Q9 009 803,34	-Q11 011 981,86	-Q13 014 160,38	-Q15 016 338,90	-Q17 018 517,42
Costos de operación	-Q33 492 964,59	-Q40 935 845,61	-Q48 378 726,63	-Q55 821 607,65	-Q63 264 488,67
Costo anual	-Q87 501 619,62	-Q106 856 011,98	-Q126 210 404,34	-Q145 564 796,70	-Q164 919 189,06
Beneficio anual	Q206 296 315,38	Q252 230 353,02	Q298 164 390,66	Q344 098 428,30	Q390 032 465,94
Inversión	Q649 214,38				
vida útil	5 años				
tasa	20 %				
VAN (20 %)	Q841 661 015,83				
VAN (18 %)	Q884 767 063,84				
VAN (22 %)	Q801 748 838,13				

Fuente: elaboración propia.

Opción B

Personal requerido = 6 operarios

Producción diaria requerida = 18 136 unidades

Capacidad instalada = 26 730 unidades

Tabla VII. **Flujo de caja equipo Kaps-All**

OPCION B					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
unidades/año	Q293 797 935,00	Q359 086 365,00	Q424 374 795,00	Q489 663 225,00	Q554 951 655,00
mano de obra	-Q203 427,00	-Q203 427,00	-Q203 427,00	-Q203 427,00	-Q203 427,00
Granel	-Q44 591 997,69	-Q54 501 330,51	-Q64 410 663,33	-Q74 319 996,15	-Q84 229 328,97
Costos indirectos	-Q9 009 803,34	-Q11 011 981,86	-Q13 014 160,38	-Q15 016 338,90	-Q17 018 517,42
costos de operación	-Q33 492 964,59	-Q40 935 845,61	-Q48 378 726,63	-Q55 821 607,65	-Q63 264 488,67
costo anual	-Q87 298 192,62	-Q106 652 584,98	-Q126 006 977,34	-Q145 361 369,70	-Q164 715 762,06
Beneficio anual	Q206 499 742,38	Q252433 780,02	Q298 367 817,66	Q344 301 855,30	Q390 235 892,94
Inversión	Q1 090 644,96				
vida útil	5 años				
tasa	20 %				
VAN (20 %)	Q841 827 956,51				
VAN (18 %)	Q884 961 784,28				
VAN (22 %)	Q801 889 949,20				

Fuente: elaboración propia.

Este análisis indica que con cualquiera de las dos opciones se recuperará la inversión y se obtendrá la rentabilidad deseada. Además al evaluar el proyecto a una tasa menor y una mayor se obtienen buenos resultados, lo que indica que los beneficios del proyecto serán mayores a los que se suponen.

3.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Opción A

$$\text{TIR} = 31\,799\%$$

Opción B

TIR = 18 956%

En este caso la herramienta de análisis indica que la mejor opción es la “A”, equipo Pack Leader, ya que al ponerla en marcha generará mayor rentabilidad que la opción.

3.5.3. Relación beneficio/costo

El proceso de la relación beneficio-costo involucra, ya sea explícita o implícitamente, un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos de una o más acciones con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse bajo esta lógica, aquellos dónde los beneficios superan el costo son exitosos, caso contrario fracasan.

Para la opción A se tiene una relación beneficio/costo de 2,36, y para la opción B de 2,37; indicando este análisis que tanto la opción es la “A” como la “B” generarán utilidades para la empresa. Además se tiene, con cualquiera de las dos opciones una reducción significativa del costo unitario, quedando de la siguiente forma:

Para la opción A:

Costo de granel	Q 6,83
Costo de mano de obra directa	Q 0,08
Costos indirectos de fabricación	Q 1,99
Costos de operación	<u>Q 4,50</u>
Costo total	Q13,40

Para la opción B:

Costo de granel	Q 6,83
Costo de mano de obra directa	Q 0,04
Costos indirectos de fabricación	Q 2,00
Costos de operación	<u>Q 4,50</u>
Costo total	Q13,37

Como se observa con el equipo de la opción "A" se tiene una reducción en el costo de Q2,35 por unidad producida, mientras que con la opción "B" se reduce el costo de cada unidad producida en Q2,38.

Los datos obtenidos del análisis financiero indican que cualquiera de las dos opciones evaluadas proporcionará beneficios a la empresa en materia económica, pero al analizar el proceso como tal se definió que la opción "B" es la que mejor se adapta a las condiciones actuales de la planta y será la opción a implementar.

3.6. Descripción del equipo

Como se mencionó anteriormente el equipo que se instalará consta de cuatro componentes que son:

- Mesa de alimentación/acumulación
- Llenadora
- Taponadora

A continuación se detallan las características de los mismos.

3.6.1. Mesa de alimentación/acumulación

La mesa de alimentación está diseñada para dividir los envases en filas individuales y transferirlas en forma ordenada hacia la línea de llenado. Todas las piezas que conforman este equipo son piezas estándar lo que permite que no sea necesario manejar un *stock* de repuestos.

Mientras que la mesa de acumulación ha sido diseñada para ser ubicada al final de la línea de producción; recibe los envases después de que han sido llenados, tapados y etiquetados y tiene la ventaja de que funciona como una estación de empaque en la que más de un operario puede colaborar para mover el producto terminado.

3.6.2. Llenadora

Este equipo ha sido diseñado para el llenado de envases o botellas insertando un volumen idéntico a cada recipiente. Además permite el manejo de productos con diferentes características y el volumen puede modificarse según el requerimiento. Al cambiar el ajuste del volumen, todos los pistones pueden ser controlados por el sistema del servidor.

Cuenta con un control digital integrado con PLC y un panel de control que permite ajustar la cantidad de envases a llenar, el volumen de llenado y la velocidad de la faja transportadora. Para establecer la cantidad de envases a utilizar se programará el número de pistones a través de un selector electrónico por medio de la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Código de llenado**

Número de boquillas	2	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Selector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

También cuenta con un diseño de antigoteo que permite que la superficie de la banda transportadora permanezca limpia y que el producto tenga un acabado perfecto.

3.6.3. Taponadora

La taponadora está diseñada para orientar y clasificar las tapas, colocarlas sobre los envases y sellarlos de forma uniforme. El equipo estándar trabaja con envases metálicos, de cristal o plástico, hasta de un galón de capacidad; y con tapas que van desde 13 milímetros hasta 70 milímetros de diámetro.

Dependiendo del tipo y tamaño de la tapa se calibrará el torque que se aplicará, para asegurar que no habrá derrame de producto. El rango de torque va de 0 libras por pulgada a 40 libras por pulgada.

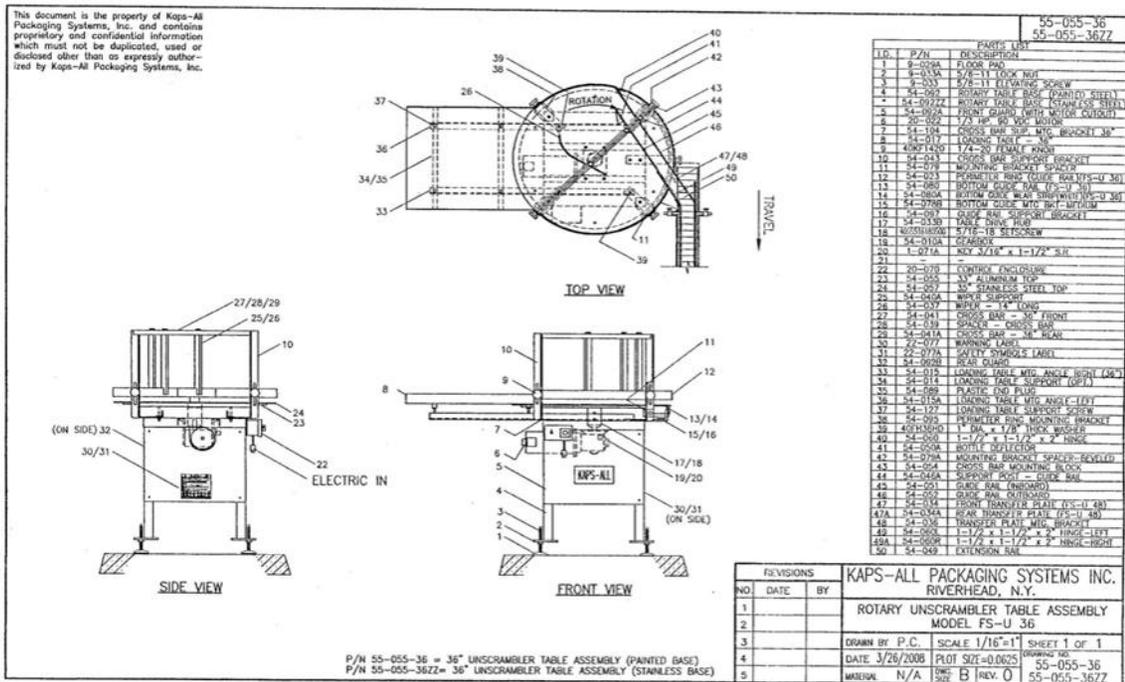
3.7. Especificaciones técnicas

Este equipo está diseñado para trabajar con un suministro eléctrico de 110 voltios y requiere aproximadamente de 90 a 100 libras por pie cuadrado de aire comprimido.

3.8. Planos del equipo

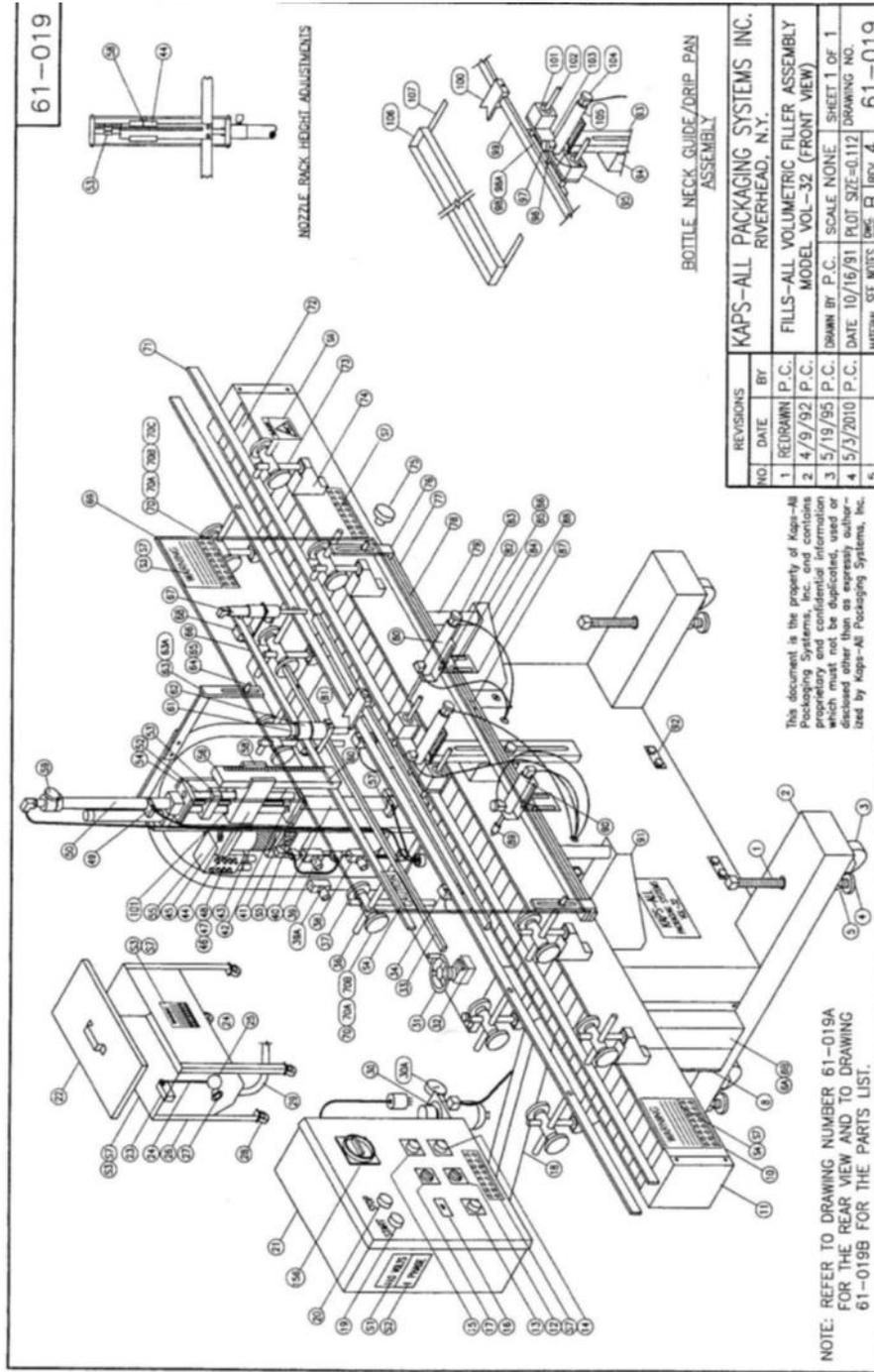
A continuación se presentan los planos de los principales componentes de la línea automática, los cuales incluyen una lista de las partes que los conforman.

Figura 11. Mesa acumuladora



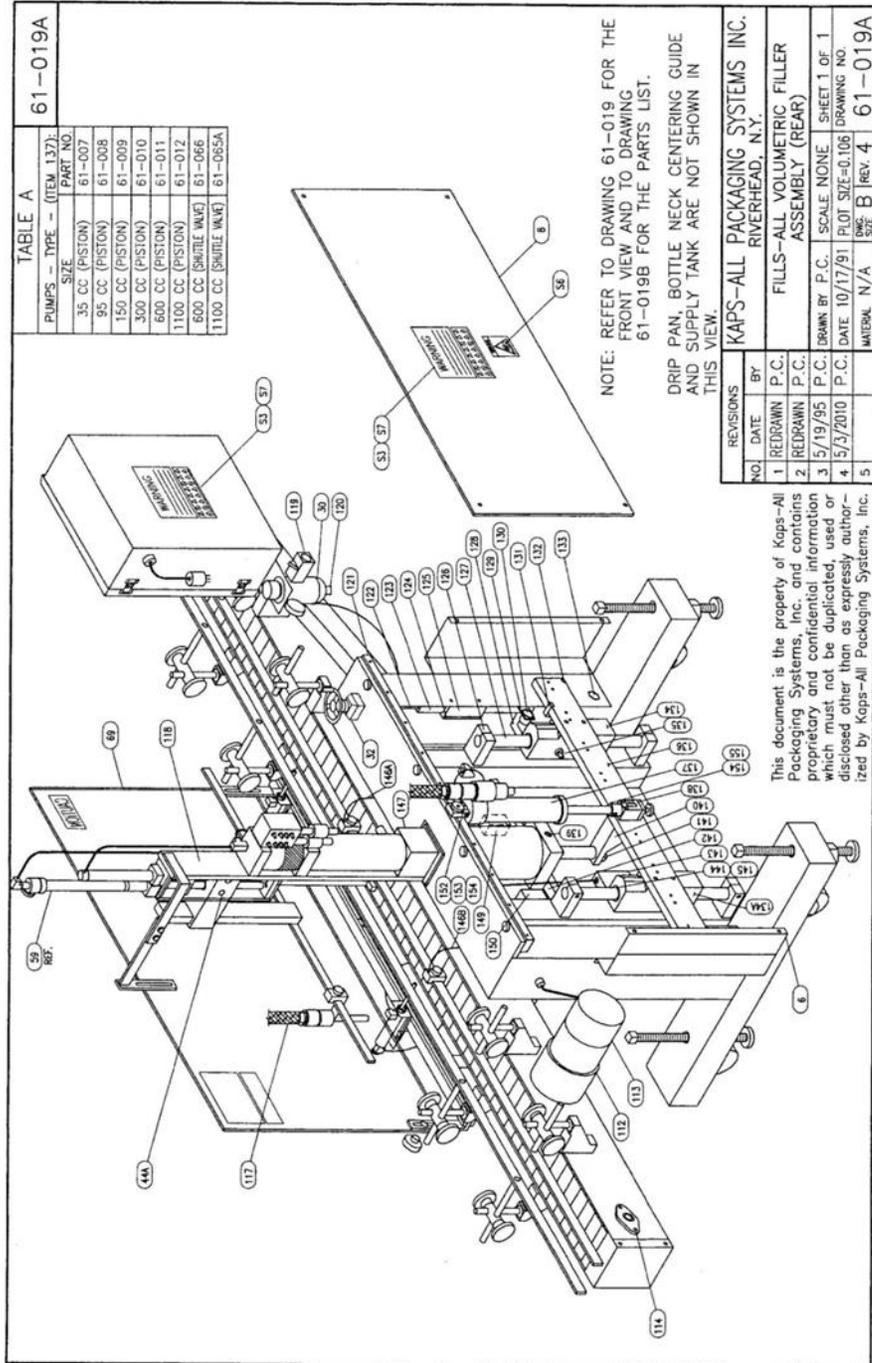
Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Figura 12. Llenadora lado A



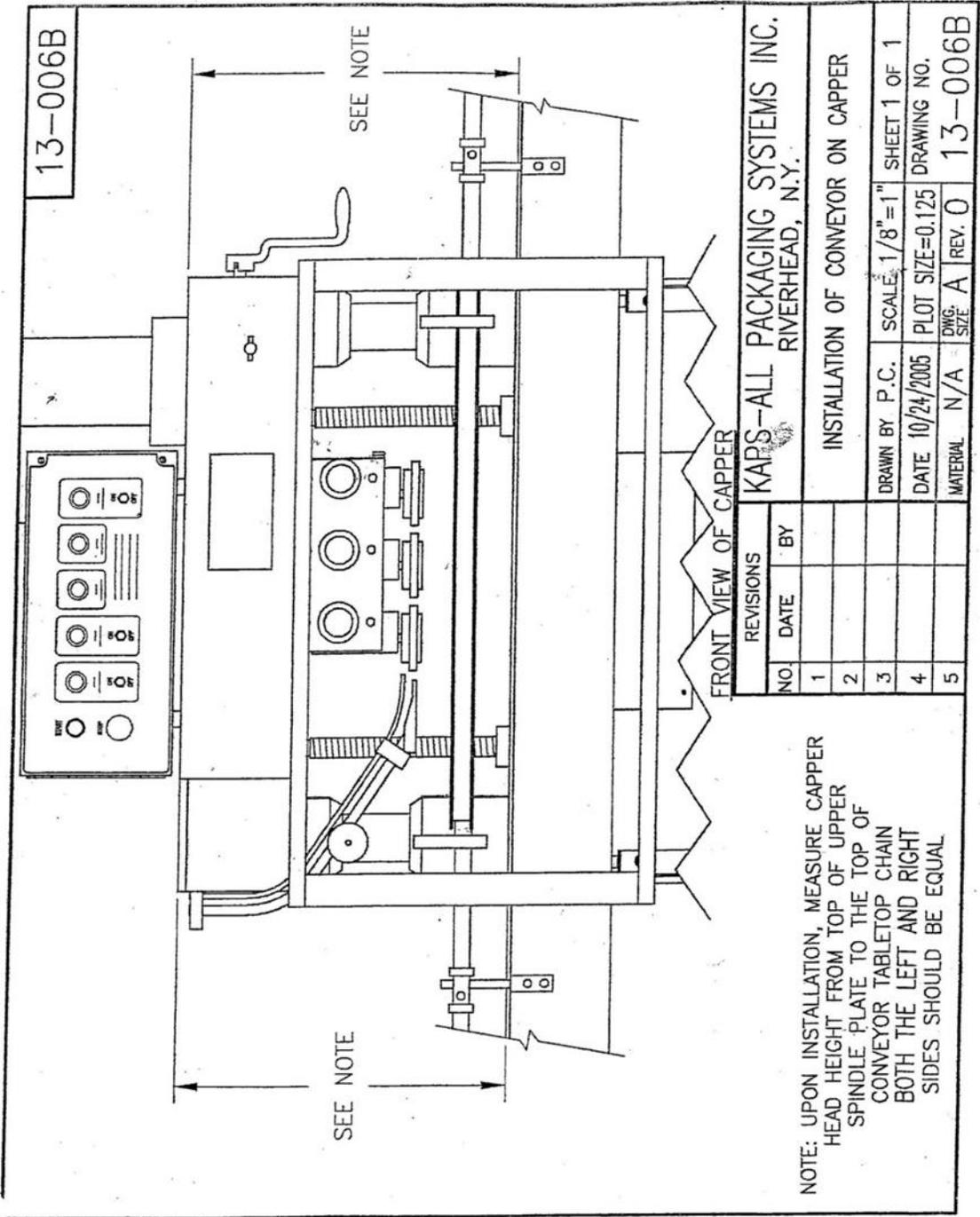
Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Figura 13. Llenadora lado B



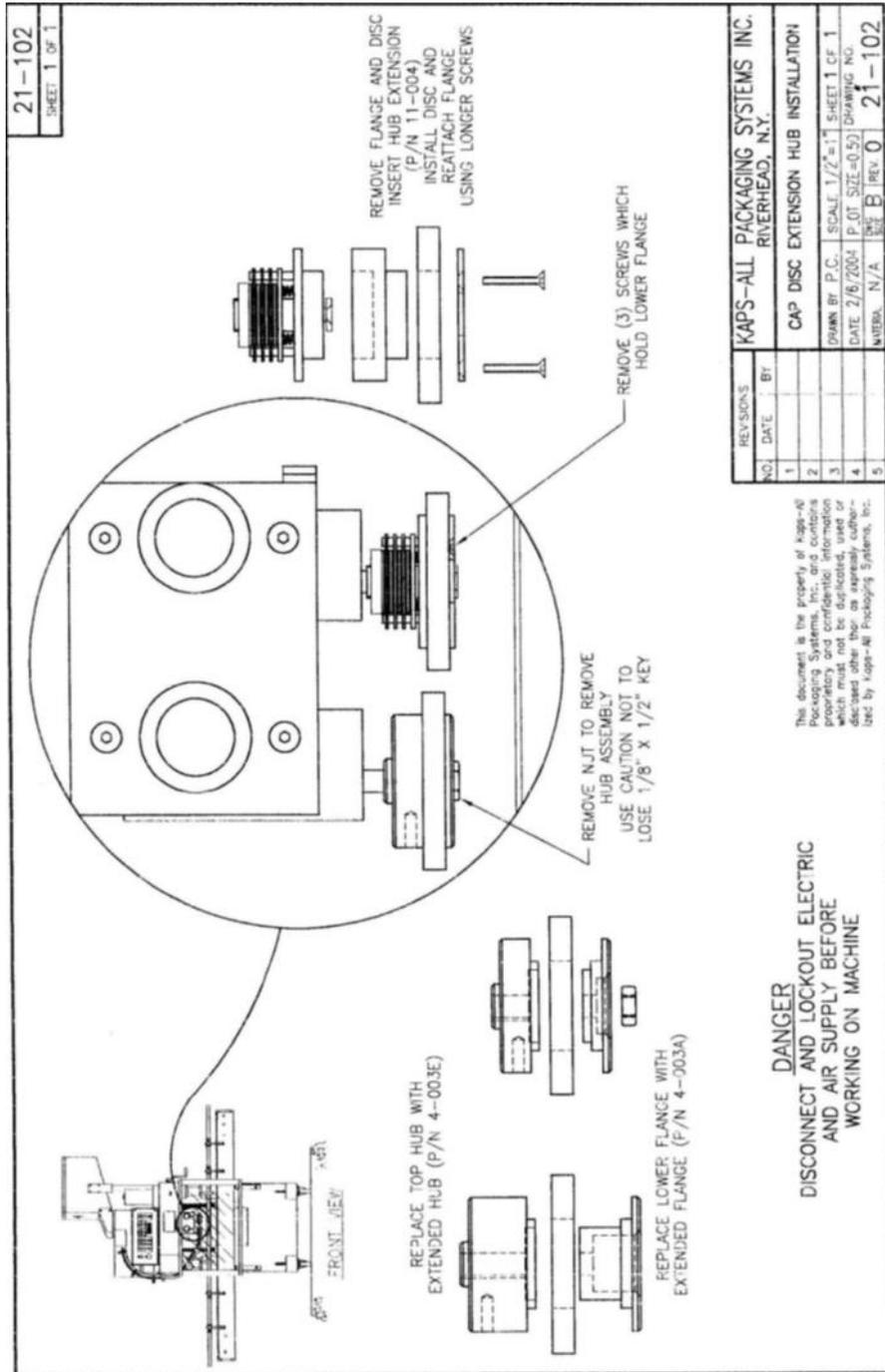
Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Figura 14. Taponadora lado A



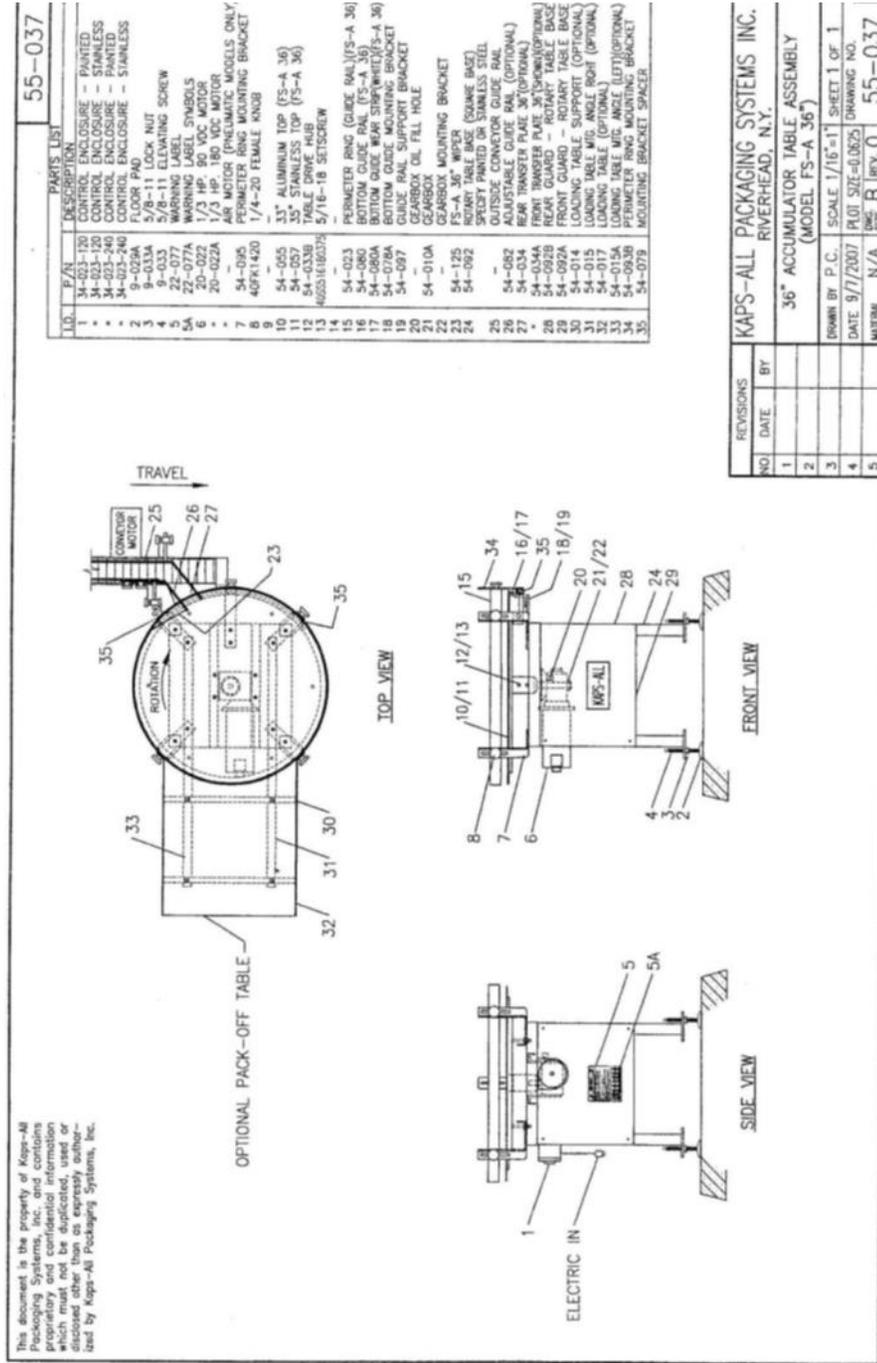
Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Figura 15. Taponadora lado B



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Figura 16. Mesa acumuladora



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

3.9. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada ajustándolo a tolerancias preestablecidas. Este análisis se realizará sobre las actividades humanas que forman parte del proceso.

3.9.1. Identificación de las principales actividades del proceso

Las actividades a considerar para realizar el estudio de tiempos son aquellas que pueden ocasionar algún atraso en el proceso y son llevadas a cabo por operarios.

Luego de observar el nuevo proceso se ha determinado que las actividades que formarán parte del análisis son:

- Preparación de tapa
- Colocado de envases en mesa alimentadora
- Llenado (automático)
- Tapado (automático)
- Empaque

3.9.2. Determinación del tiempo estándar

Los datos tomados para el estudio de tiempos se encuentran detallados en el apéndice 1.

Tabla IX. **Tiempo estándar**

Operación	Tc	Factor de Valoración	Tn	Suplementos	Ts (seg.)
Colocar <i>liner</i> a tapa	2,21	1,15	2,55	1,12	2,85
Alcanzar envase y colocar en mesa	3,07	1,08	3,31	1,10	3,64
Llenar envase	0,66	1,15	0,76	1,14	0,86
Colocar tapadera	0,70	1,15	0,81	1,14	0,92
Empacar	0,40	1,15	0,46	1,19	0,55

Fuente: elaboración propia.

Se tiene que el tiempo para el envasado y empaque de una unidad de *shampoo*, con la línea automática es de 8,83 segundos.

3.10. Diagramas de procesos mejorados

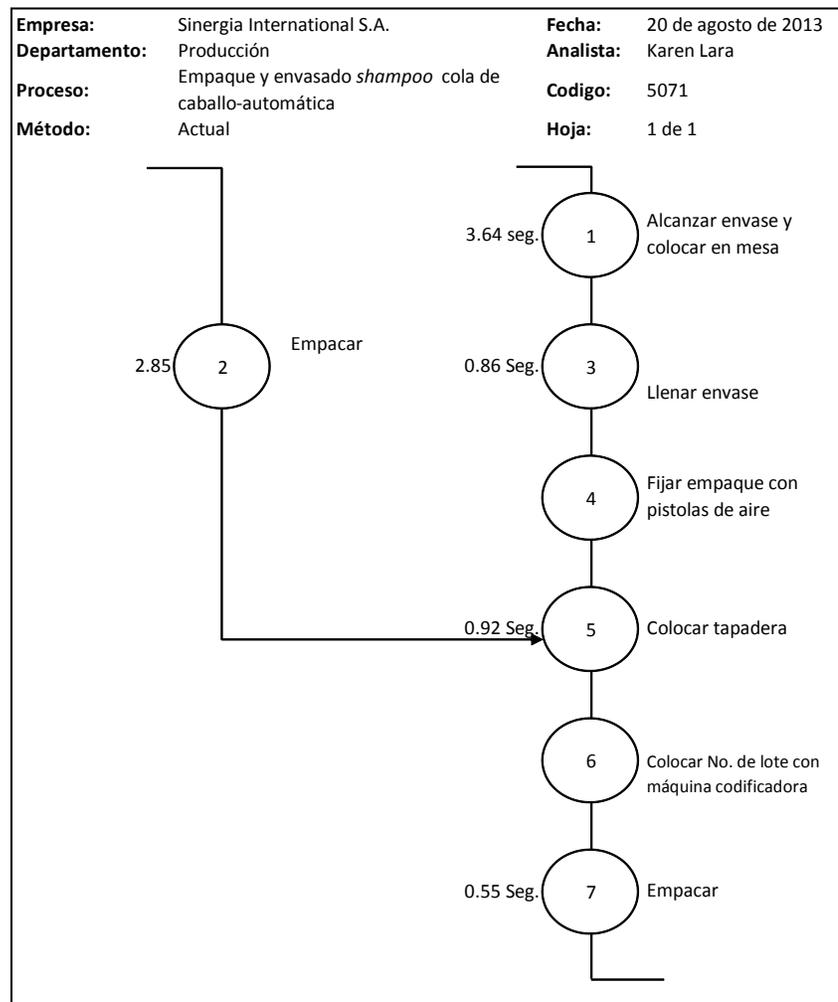
Al analizar el nuevo proceso de llenado de litro se ha notado una mejora significativa en el rendimiento de la línea, así como del manejo del producto, reduciendo al mínimo el contacto del operario con el mismo.

Básicamente el proceso es llevado a cabo por el equipo y el personal operativo funciona como auxiliar del mismo ya que solamente se encarga de la preparación del material y de verificar el adecuado funcionamiento del equipo.

3.10.1. Diagrama de operaciones

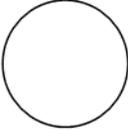
A continuación se muestra el diagrama de operaciones del proceso de envasado de *shampoo* en litro después de poner en marcha el equipo automático, el cual refleja una disminución significativa del tiempo invertido en este proceso.

Figura 17. Diagrama de operaciones mejorado



Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Cuadro de resumen envasado y empaque de *shampoo* en llenadora automática**

RESUMEN			
OPERACIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (Seg.)
OPERACIÓN		7	5.98
TOTAL		7	5.98

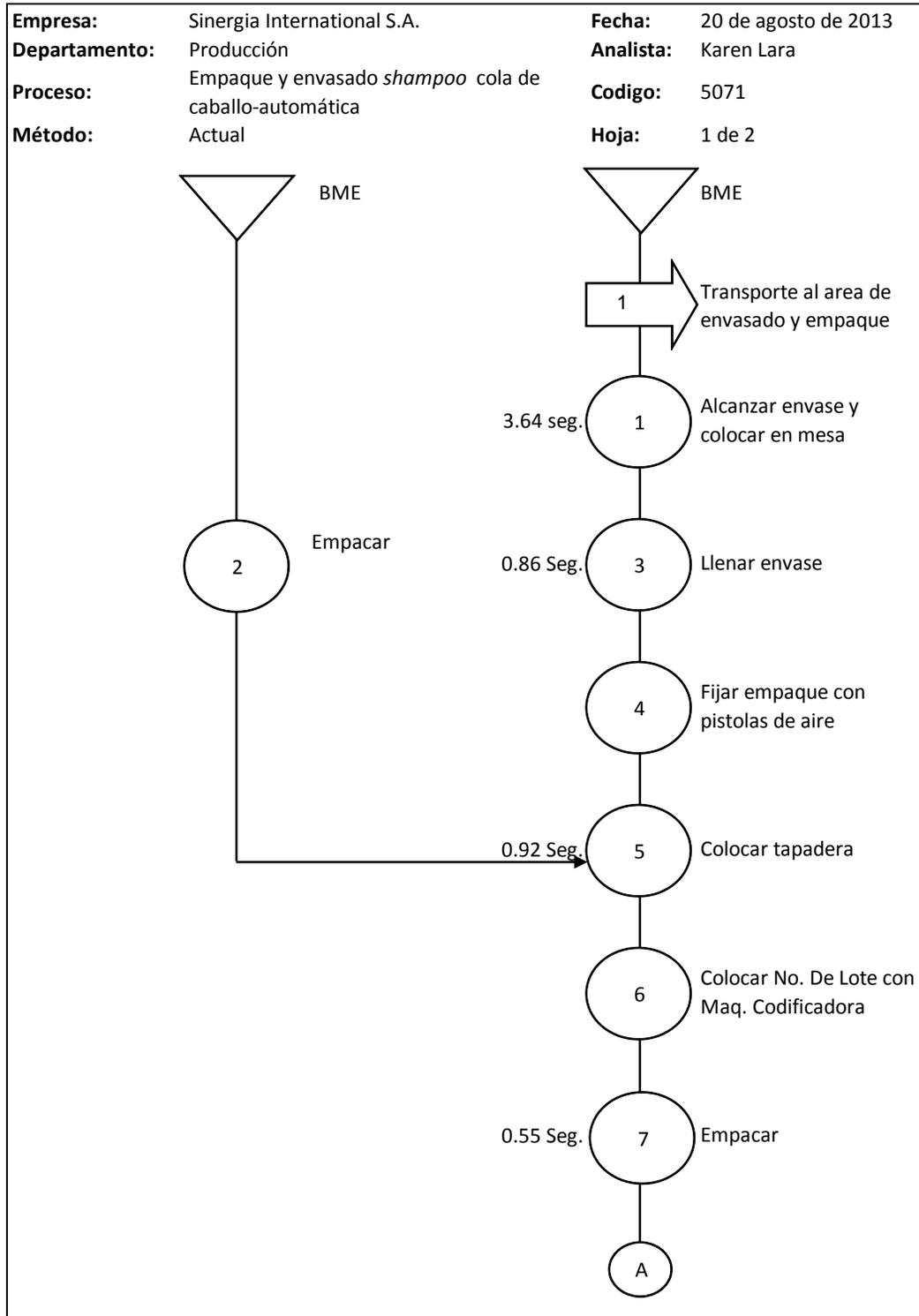
Fuente: elaboración propia.

3.10.2. Diagrama de flujo

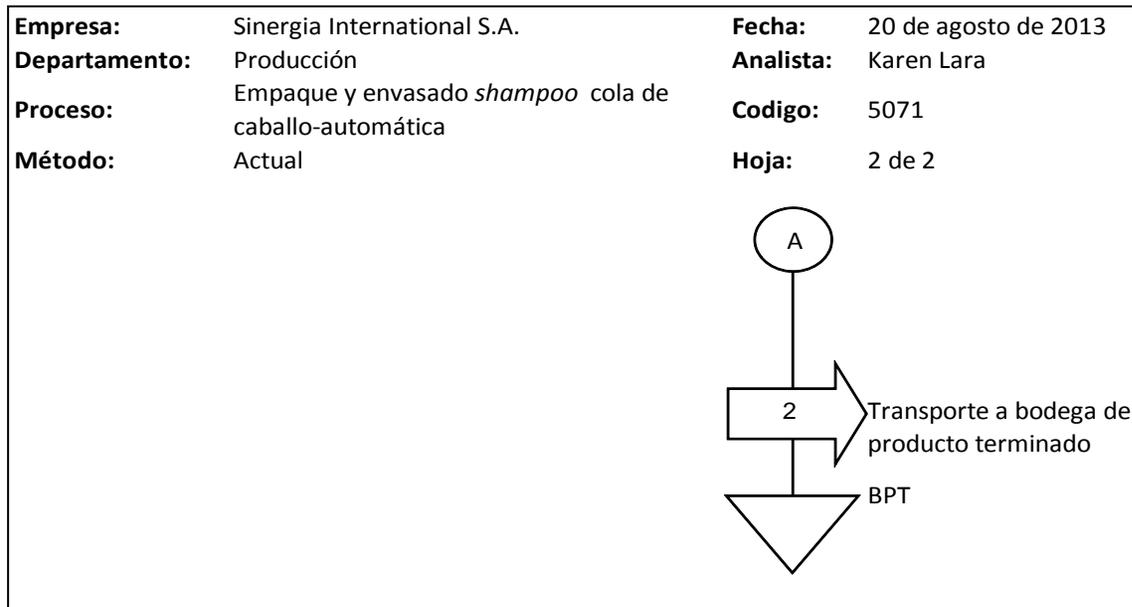
En el siguiente diagrama se muestra el flujo del proceso mejorado, el cual se lleva a cabo de una forma más ordenada, puesto que la mayor parte del proceso es elaborado por la línea automática y esto permite que el flujo del material de empaque tanto como el del proceso mismo sea más constante, lo que resulta en una disminución del tiempo total.

Cabe mencionar que anteriormente el proceso empezaba cuando el encargado de línea se dirigía a buscar los toneles que conformaban el total del granel a envasar, esta operación se ha eliminado por completo ya que con el nuevo método solamente deberá conectarse el equipo automático al tanque que contiene el producto.

Figura 18. Diagrama de flujo mejorado

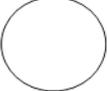
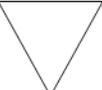


Continuación de la figura 18.



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Cuadro de resumen envasado y empaque de *shampoo* en llenadora automática**

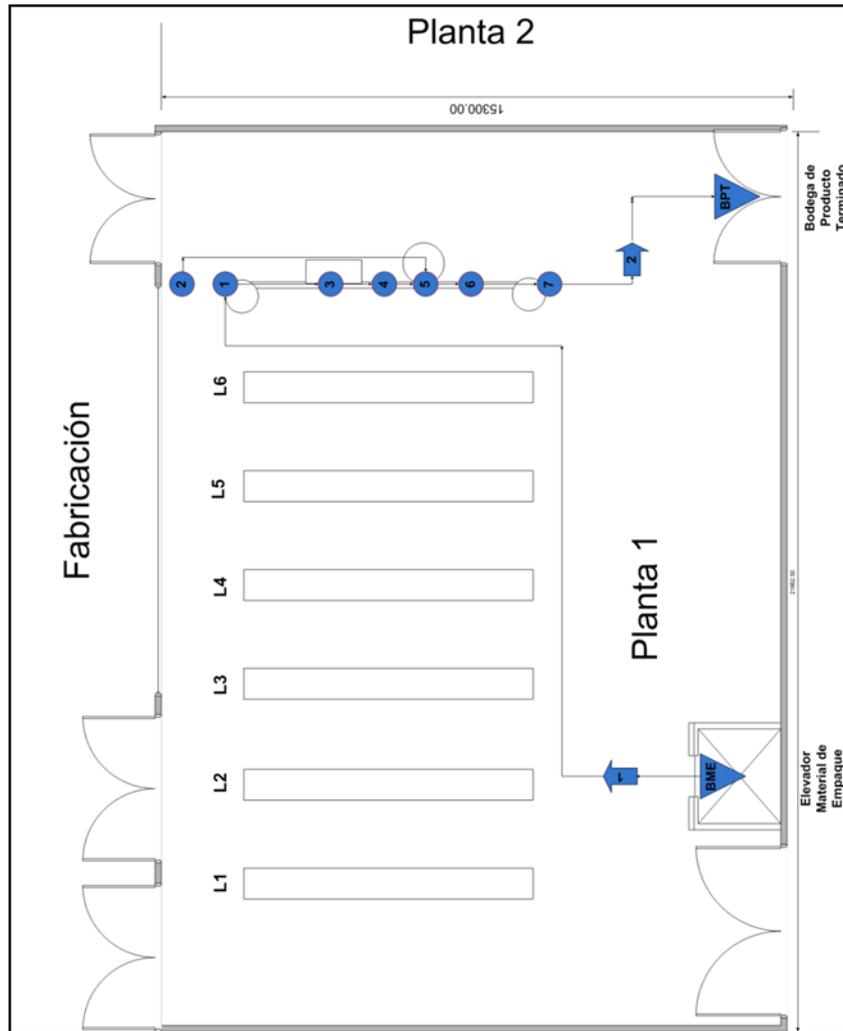
RESUMEN			
OPERACIÓN	CANTIDAD	DIST. (m)	TIEMPO (Seg.)
	7	--	5.98
	2	-	-
	2	--	--
TOTAL	11	-	5.98

Fuente: elaboración propia.

3.10.3. Diagrama de recorrido

Al implementar el nuevo método de envasado de *shampoo* se genera un flujo continuo desde el despacho de materiales hasta la entrega del producto terminado a bodega, como se muestra en el diagrama de recorrido.

Figura 19. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

3.11. Productividad

Con la puesta en marcha del equipo automático se darán cambios en relación a las unidades producidas con el nuevo proceso, lo que lleva a realizar un análisis de productividad del método mejorado, tomando en consideración la capacidad instalada del equipo y el personal que formará parte del proceso.

3.11.1. Capacidad

Con la puesta en marcha de la línea automática la capacidad instalada de la línea se ha incrementado en un 206 %, es decir que pueden envasarse hasta 18 360 unidades en una jornada de trabajo de 9 horas, a un costo unitario de Q13,50, el cual está conformado de la siguiente manera:

Costo de granel	Q 6,83
Costo de mano de obra directa	Q 0,05
Costos indirectos de fabricación	Q 2,12
Costos de operación	<u>Q 4,50</u>
Costo total	Q13,50

Con este costo puede mantenerse el precio de venta de Q45,00 y la utilidad generada será:

$$\text{Utilidad} = \frac{\text{precio} - \text{costo total}}{\text{precio}} \times 100$$

$$\text{Utilidad} = \frac{Q45,00 - Q13,50}{Q45,00} \times 100$$

Utilidad = 70 %

Por lo tanto, al implementar un equipo automático en el proceso de envasado de *shampoo* en litro, no solamente se aumenta la capacidad instalada de la línea, si no que se aumenta la utilidad en un 5 % según el cálculo presentado en el capítulo 2.

3.11.2. Personal en línea

Para determinar el número de operarios necesarios en la línea se hizo un balance de línea, cuyos cálculos se encuentran en el apéndice1.

Los datos obtenidos son:

- 2 personas para colocar el envase en la mesa alimentadora
- 1 persona para controlar el llenado
- 1 persona para controlar el tapado
- 2 personas para empacar
- 2 personas colocando *liner* en la tapa

Teniendo como resultado final que en la línea trabajaran 8 personas, pero quedan distribuidas de forma diferente al método anterior.

3.11.3. Cálculo de productividad

Con el método mejorado se tiene que:

- Capacidad: 18 360 unidades
- Personal en línea: 8 operarios

- Jordana: 9 horas

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Capacidad instalada}}{\text{No. operarios} * \text{tiempo trabajado}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{18\ 360 \text{ unidades}}{8 \text{ hombres por } 9 \text{ horas}}$$

$$\text{Productividad} = 255 \text{ unidades por hora-hombre}$$

3.11.4. Análisis comparativo de productividad

Al comparar los procesos de envasado, como se muestra en la tabla XII, lo primero que se percibe es que la cantidad de operarios en la línea permanece igual, sin embargo el factor que cambia por completo el resultado es la capacidad del equipo automático, la cual permite que la productividad de la línea se incremente en un 200 %, ya que de 85 unidades por hora-hombre pasa a 255 unidades por hora-hombre, esto a un 75 % de eficiencia.

Esta productividad permite producir hasta el triple de unidades que normalmente se producían en una jornada de trabajo, con lo cual se necesitará menos tiempo para cubrir la demanda del producto en cada período de facturación. Además, al hacer más eficiente el uso del equipo se tiene la capacidad de respuesta al crecimiento proyectado para las ventas en un período mayor a 5 años.

Tabla XII. **Análisis de productividad**

FACTORES PARA TOMA DE DECISIÓN	1 LINEA	3 LINEAS	AUTOMATIZACION
NÚMERO DE OPERARIOS EN LÍNEA	8	8	8
PRODUCTIVIDAD (unidades por hora-hombre)	83	83	255
COSTO UNITARIO	Q15,75	Q15,75	Q13,50
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (unidades al día)	6 000	18 000	64 800
CAPACIDAD DE RESPUESTA AL CRECIMIENTO	NINGUNA	MENOR A 1 AÑO	MAYOR A 5 AÑOS
INVERSIÓN	NINGUNA	NINGUNA	Q1 090 644,96
TIEMPO DE RECUPERACIÓN	--	--	MENOR A 1 AÑO

Fuente: elaboración propia.

Como muestra la tabla XII, al evaluar los escenarios propuestos es notable la ventaja que proporciona el montaje de un equipo automático, pues como se ha mencionado se necesita de una solución a largo plazo que permita a la línea crecer en producción al ritmo del constante crecimiento de la demanda.

Además otra ventaja que se obtiene con la implementación de un equipo automático es que este puede adaptarse a otro tipo de producto. Con esto se puede crecer en otra línea de producto en caso fuera necesario incrementar la producción de un producto determinado.

4. MONTAJE E IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Los datos obtenidos en el capítulo 3 son presentados a gerencia para la aprobación del proyecto, con lo cual se dará el trámite de compra, el cual toma alrededor de 30 días hábiles.

4.1. Cronograma de actividades

Una vez adquirido el equipo deberá acondicionarse el área adecuada para el montaje del mismo. A continuación se presenta una secuencia de pasos sugerida para llevar a cabo la implementación del nuevo método, tomando como base el cronograma de actividades de la tabla XIII.

Tabla XIII. Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	DIAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Preparación del área a utilizar	■														
Montaje de línea automática								■							
Pruebas preliminares										■					
Calibración de llenadora										■	■				
Calibración de taponadora										■	■				
Establecer un programa de mantenimiento												■	■		
Implementación												■	■	■	

Fuente: elaboración propia.

4.2. Preparación del área donde se realizará el montaje (días 1–7)

El área donde se instalará el equipo se encuentra dentro del área de envasado y empaque, pero antes de proceder al montaje del mismo deberá acondicionarse el área con los requerimientos de energía eléctrica que proponga el fabricante, así como una línea de suministro de producto adecuada para el equipo.

4.2.1. Definición de la mano de obra

Este elemento tiene como misión transformar los materiales en una pieza, parte o producto final. Constituye el valor del esfuerzo aportado al proceso ya sea este de forma directa o indirecta.

Para llevar a cabo cualquier operación de montaje y calibración de equipo, modificación o cualquier cambio dentro de una empresa, la participación del personal propio es de vital importancia, ya que sus conocimientos sumados a los nuevos equipos permiten tener un buen arranque y servicio de mantenimiento de los mismos.

Es por ello que el montaje y la instalación de la línea de *shampoo* quedarán a cargo del personal del área de mantenimiento del Departamento de Producción, contando con tres auxiliares de mantenimiento con conocimientos tanto de mecánica como de electricidad.

4.2.2. Definición de la herramienta y equipo que se utilizará para la instalación

Una herramienta es un objeto elaborado a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica que requiere una aplicación correcta de energía. En un proyecto de montaje de equipos se utilizan todo tipo de máquinas herramientas como lo son: equipos de movimiento (grúas, montacargas, pallet, polipastos), equipos de corte (oxicorte, pulidoras, corte de plasma, sierras) y diversos tipos de soldadura.

Para llevar a cabo la instalación del equipo es necesario contar con la siguiente herramienta:

- Tarimas de madera
- Pallets
- Ganchos
- Llaves
- Desarmadores
- Cables eléctricos
- Canaletas
- Equipo eléctrico

4.3. Montaje de línea automática (días 8–9)

Para evitar inconvenientes futuros se ha diseñado una guía para el montaje y la instalación del nuevo equipo atendiendo las recomendaciones del fabricante. Esta guía se presenta a continuación.

4.3.1. Guía de procedimientos de montaje

- Los planos y especificaciones técnicas proporcionados por los diseñadores y fabricantes de los componentes del equipo, se interpretan para conocer con claridad y precisión cómo realizar el montaje del mismo.
- Los requerimientos dimensionales de forma y posición de las superficies de acoplamiento y funcionales y las especificaciones técnicas necesarias de cada pieza se comprueban para conseguir las condiciones de los acoplamientos y ajustes de montaje.
- Las piezas o equipos se disponen y ordenan en función de la secuencia de montaje.
- El montaje se realiza siguiendo los procedimientos establecidos, utilizando las herramientas adecuadas, garantizando que no se produzca deterioro ni merma de las cualidades de los elementos y equipos durante su manipulación para colocarlos en su posición definitiva.
- Los fluidos empleados para el engrase y lubricación del equipo montado se distribuyen adecuadamente en calidad y cantidad y en los lugares requeridos, y se comprueba su presencia en los circuitos previstos.
- Las operaciones de regulación y ajuste de las piezas montadas se realizan según procedimientos establecidos, empleando las herramientas adecuadas para la comprobación o medición de los parámetros.

- Las pruebas funcionales y de seguridad del equipo montado se realizan comprobando los valores de las variables del sistema y se reajustan para corregir las disfunciones observadas.
- Debe verificarse que los elementos de transporte utilizados en el proceso estén en perfectas condiciones de uso y estos deben de manejarse bajo estrictas normas de seguridad.
- Las operaciones de mejora de proceso introducidas y observadas durante las operaciones de montaje se registran y se informan debida y oportunamente.
- La secuencia de montaje se establece a partir de planos e instrucciones técnicas del proyecto optimizando el proceso en cuanto a método y tiempo.
- Crear un medio y modo de transporte y manipulación de componentes y equipos atendiendo a las condiciones de seguridad de las máquinas y las personas.

4.4. Instalación de líneas de proceso y servicio

Para el adecuado funcionamiento del equipo, este deberá contar con un suministro eléctrico y aire comprimido de acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionadas por el proveedor. A continuación se describen dichas instalaciones.

4.4.1. Electricidad

Se cableará a los puntos designados según el plano de instalación eléctrica. Para llevar a cabo el cableado eléctrico se utilizarán cables según el consumo del equipo. Para corriente 110 voltios (13 – 20 amperios) cable #12 y para corriente 220 voltios trifásico (20 – 35 amperios) cable #10.

4.4.1.1. Clases de corriente eléctrica a utilizar

Según el manual, el consumo eléctrico del equipo es de corriente 110 voltios y 220 voltios trifásico quedando la instalación de la siguiente manera:

- Mesa alimentadora 110 voltios
- Llenadora 110 voltios
- Taponadora 220 voltios trifásico
- Mesa acumuladora 110 voltios

4.4.2. Aire comprimido

Según las especificaciones del equipo para tener un adecuado funcionamiento de la llenadora y la taponadora se deberá tener una presión de aire constante de 90 libras por pulgada cuadrada. Para ello se cuenta con un compresor de tornillo de 50 caballos de fuerza, el cual utiliza dos tornillos para comprimir el aire dentro de una cámara.

Para evitar el daño de los tornillos, el aceite es insertado para mantener todo el sistema lubricado, el mismo se mezcla con el aire en la entrada de la cámara y se transporta al espacio entre los dos tornillos rotatorios. Al salir de la cámara, el aire y el aceite pasan a través de un largo separador de aceite

donde el aire pasa listo a través de un orificio filtrador. El aceite se enfría y se reutiliza, mientras que el aire va al tanque de reserva para ser utilizado en el sistema.

4.4.2.1. Suministro del aire comprimido

Para que el suministro de aire sea constante, el sistema está compuesto como se describe a continuación.

Tanque pulmón: este es indispensable para la operación de los compresores, ya que permite eliminar las pulsaciones en el flujo debido al ciclo de compresión, proporciona capacidad de almacenamiento, permite eliminar la humedad del aire y evita ciclos cortos de carga y descarga del compresor.

Sistema de Secado: en el secador refrigerado, el aire saturado caliente proveniente del compresor es refrigerado inicialmente mediante la interacción con el aire que ya ha sido refrigerado mediante la implementación de calor aire-aire. Esta primera etapa permite reducir la carga térmica del sistema de refrigeración y además eleva la temperatura del aire seco comprimido, previniendo la condensación en el exterior durante la distribución. El aire, aún saturado, continúa el proceso de secado al entrar a un intercambiador de calor aire-refrigerante, donde es disminuida la temperatura hasta el punto de rocío.

El agua condensada es retirada en un separador de múltiples etapas y el condensado es drenado por una válvula automática. El proceso termina cuando el aire libre de humedad es utilizado para enfriar el aire comprimido saturado a la entrada del sistema de refrigeración.

Tuberías o líneas de distribución: el aire es transportado desde el compresor hasta el consumo del equipo por medio de una línea de tubería principal. Estas redes pueden instalarse en un circuito abierto o en un circuito cerrado, en este caso se trata de un circuito cerrado, ya que éste permite distribuir el aire de manera uniforme y con menor caída de presión.

4.4.2.2. Unidad de mantenimiento

Se cuenta con dos unidades de mantenimiento, colocadas cada una de ellas en la entrada de aire de la llenadora y la taponadora. La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

Filtro de aire comprimido: este dispositivo tiene como finalidad extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada.

Regulador de presión: su principal objetivo es mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. Cabe mencionar que la presión primaria siempre debe ser mayor que la secundaria.

Lubricador de aire comprimido: tiene como propósito lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión.

4.5. Pruebas preliminares (día 10)

Después que todos los equipos principales y periféricos hayan sido conectados eléctricamente y que las líneas de proceso y de servicios se

encuentren finalizadas, se procede a hacer las pruebas de arranque de los mismos.

Es recomendable que, antes de arrancar, se realicen algunas revisiones para asegurar que los equipos están en condiciones apropiadas. En el caso de los equipos mecánicos, que tengan aplicados sus lubricantes, que puedan moverse sin mucha resistencia en forma manual, que no tengan fricciones que detengan su movimiento, o ruidos que indiquen que tienen alguna pieza floja o algún objeto extraño dentro de los mismos, que los movimientos de los equipos no pongan en riesgo la seguridad de las personas al operarlos.

En el caso de los equipos y componentes eléctricos y electrónicos es necesario asegurar el apriete de las conexiones, que los circuitos estén configurados e identificados según los diagramas, que se tengan las protecciones eléctricas bien dimensionadas a las cargas que se utilizarán y adecuadas al tipo de proceso.

A los equipos que trabajen con aire comprimido es recomendable subirle la presión por medio de la unidad de mantenimiento o regulador de presión hasta la indicada por el fabricante.

Cuando ya se hizo lo anterior se arrancan los equipos sin producto, en forma individual, para evaluar su funcionamiento y se determina si alcanzan el desempeño especificado, si los valores de consumo de amperaje están dentro del rango, si su funcionamiento afecta o no a sus alrededores.

Cuando todos los equipos del área de montaje se encuentran arrancados se vuelve a evaluar su funcionamiento en conjunto. Si algún problema se

detecta en cualquiera de las evaluaciones, habrá que detener él o los equipos inmediatamente hasta determinar la causa del mismo y corregirla.

Terminando todas las pruebas preliminares teniendo asegurado que los equipos, líneas de proceso y líneas de servicio estén en condiciones para operar adecuadamente, sin peligro para el personal operativo y para el personal de mantenimiento, se procede a capacitar al personal que operara y mantendrá a los nuevos equipos en funcionamiento, en las secuencias de arranque y paro en las precauciones al momento de operar y en cualquier otro aspecto que se considere necesario para asegurar que el equipo se opere correctamente y con las precauciones correspondientes.

4.5.1. Calibración del equipo (días 10 – 11)

El equipo ha sido diseñado conforme a las necesidades de producción de la planta, para ello se le entregaron al fabricante muestras del envase a utilizar para el envasado de *shampoo*, con ello determinaron parámetros de referencia para la calibración de los equipos.

4.5.1.1. Llenadora

Para la calibración inicial se tomarán como datos de partida los parámetros de referencia indicados por el fabricante, los cuales se encuentran en una guía que permite calibrar el equipo para realizar pruebas iniciales con agua y posteriormente adecuarla para el producto a procesar, en este caso *shampoo*.

Figura 20. **Guía de calibración llenadora**

KAPS-ALL PACKING SYSTEMS INC.
LLENADORA VOLUMETRICADE PISTON
HOJADE CONTROL DEL OPERADOR

ENVASE	1	2	3
PRODUCTO	AGUA	SHAMPOO	
DESCRIPCION DEL ENVASE	BOTELLA DE PLAS TICO BLANCO 10" ALTURA X 3" ANCHO, CUELLO 30mm 1 LITRO	BOTELLA DE PLAS TICO BLANCO 10" ALTURA X 3" ANCHO, CUELLO 30mm 1 LITRO	
TAMAÑO DE BOQUILLA	3/4" X 2"	3/4" X 2"	
CANTIDAD DE PISTONES /BOQUILLAS	8	8	
CAPACIDAD DEL PIS TON	1100 CC	1100 CC	
CELDA FOTOELECTRICA "LLENO"	3.4	3.4	
CELDA FOTOELECTRICA "VACIO"	3.6	3.6	
ALTURA DE BOQUILLAS	24.4	24.4	
TOPE DE BOQUILLAS	20.0	17.0	
CODIGO DE LLENADO	6	6	
CORRIDA DE LLENADO	1	1	
CONTROL DE BOQUILLAS	ON	ON	
CORRIDA DEL PISTON	189.0	179.0	
VELOCIDAD DE LLENADO DEL PIS TON	LINEA AMARILLA-0	LINEA AMARILLA-0	
VELOCIDAD DE DES CARGA RAPIDA DEL PIS TON	LINEA ROJA-9	LINEA ROJA-6	
VELOCIDAD DE SUBIDA DE BOQUILLAS	0	0	
PRESION DE AIRE PSI	90	90	
VELOCIDAD DE BANDA	75	70	
ALTURA DEL RIEL DE LA BANDA	0.0	0.0	
NOTAS	LA CELDA FOTOELECTRICA DEBERÁ AJUS TARSE SI EL ENVASE ESTA ETIQUETADO	LA CELDA FOTOELECTRICA DEBERÁ AJUS TARSE SI EL ENVASE ESTA ETIQUETADO	

Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

4.5.1.2. Taponadora

Al igual que con la llenadora, para la calibración inicial de la taponadora se tomarán como datos de partida los parámetros de referencia indicados por el fabricante, como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Guía de calibración de taponadora

KAPS-ALL PACKING SYSTEMS INC.
TAPONADORA
HOJA DE CONTROL DEL OPERADOR

ENVASE	1	2	3
	BOTELLA DE PLAS TICO 1 LITRO 10" ALTURA X 3" ANCHO, CUELLO 30mm TAPA PLAS TICA PRESS- TOP		
Discos de torque	Juego 1 28-045W Juego 2 y 3 28-055W		
Faja sujetadora de envase -superior	05-7510W		
Faja sujetadora de envase -inferior	05-7510W		
Altura de la faja sujetadora superior (mm)	Entrada 28 Salida 30		
Altura de la faja sujetadora inferior (mm)	Entrada 200 Salida 202		
Ancho faja sujetadora (mm)	41		
Cap chute strippers	STD 6 1/8"		
Cap chute fingers	LM		
Cap chute finger spring	DURO		
Cap chute tongue	T-1		
Altura tongue holder (mm)	26.0		
Ancho primer estabilizador de tapa (rie)	1" SP (8 vueltas)		
Altura primer estabilizador (mm)	25		
Ancho segundo estabilizador de tapa (rie)	1" w/ 2 springs (8 vueltas)		
Altura segundo estabilizador (mm)	31		
Altura del cabezal de la taponadora	15		
Inclinación de la tapa (mm)	28.5		
Apertura del riel de la tapa (mm)	18		
Velocidad del sujetador	50		
Velocidad del disco	68		
Velocidad de banda	26		
Velocidad del alimentador	34 máximo		
Ancho primer disco (mm)	51.5		
Ancho segundo disco (mm)	53		
Ancho tercer disco (mm)	53		

Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

4.6. Definición del programa de mantenimiento (días 12 – 13)

El programa de mantenimiento que actualmente se lleva a cabo para los equipos en planta consta de dos partes, la primera es la limpieza y sanitización diaria y la segunda es el programa de mantenimiento preventivo como tal, el cual se lleva a cabo cada tres meses según calendarización, por lo que al momento de poner en marcha el nuevo equipo deberá asignársele fecha de mantenimiento en el programa ya existente.

Tabla XIV. Programa de mantenimiento preventivo 2014

DROGUERÍA SINERGIA INTERNACIONAL, S. A.														
CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2014														
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO														
ACTIVIDAD	Mantto.		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Int.	Ext.												
MANTENIMIENTOS GENERALES														
Línea llenado de <i>Shampoo</i>	X			X			X			X			X	

Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

A continuación se sugieren una serie de actividades a llevarse a cabo para dar un adecuado mantenimiento al equipo y con ello garantizar el buen funcionamiento del mismo.

4.6.1. Limpieza y sanitización

Una forma de limpieza de la máquina es el sistema de limpieza CIP (cleaning in place, por sus siglas en inglés). Este sistema generalmente implica pasar a través de la máquina una solución de limpieza o desinfectante, como si se tratara de un producto, con la diferencia que no es necesario colocar

envases para llenar, todo el residuo es recogido en un recipiente para desechos.

Previo a utilizar la solución de limpieza se bombeará agua, preferiblemente caliente, a través de la máquina, la cual lavará gran parte de los restos de producto que hayan podido quedar en la misma. Al terminar de lavar con agua se procederá a utilizar una solución de limpieza y desinfección, la cual puede ser alcohol, o la solución correspondiente según el programa de uso de soluciones desinfectantes. Esta operación se lleva a cabo en un máximo de 25 minutos.

4.6.2. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de falla y mantener en un nivel determinado a los equipos. En este caso se planifica trimestralmente como ya se indicó anteriormente.

Las actividades a llevar a cabo dentro del mantenimiento del equipo comprenden la inspección y limpieza, engrase y lubricación, reajuste de piezas, hasta el mantenimiento eléctrico.

4.6.2.1. Inspección y limpieza

Revisar la electroválvula, para ver si tiene fuga de aire, si tuviera fuga se reemplaza por una nueva. Para quitarla se utiliza un desarmador plano y se quitan dos tonillos que la sujetan a la base de la máquina. Revisar mangueras de aire, si están rajadas o deterioradas se cambian. Revisar la unidad de mantenimiento para verificar que está midiendo bien la presión. De lo contrario cambiarlo.

Figura 22. **Tablero de mando y componentes neumáticos**



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Limpiar boquillas de llenado se desarman y se limpian con alcohol.

Figura 23. **Boquillas**

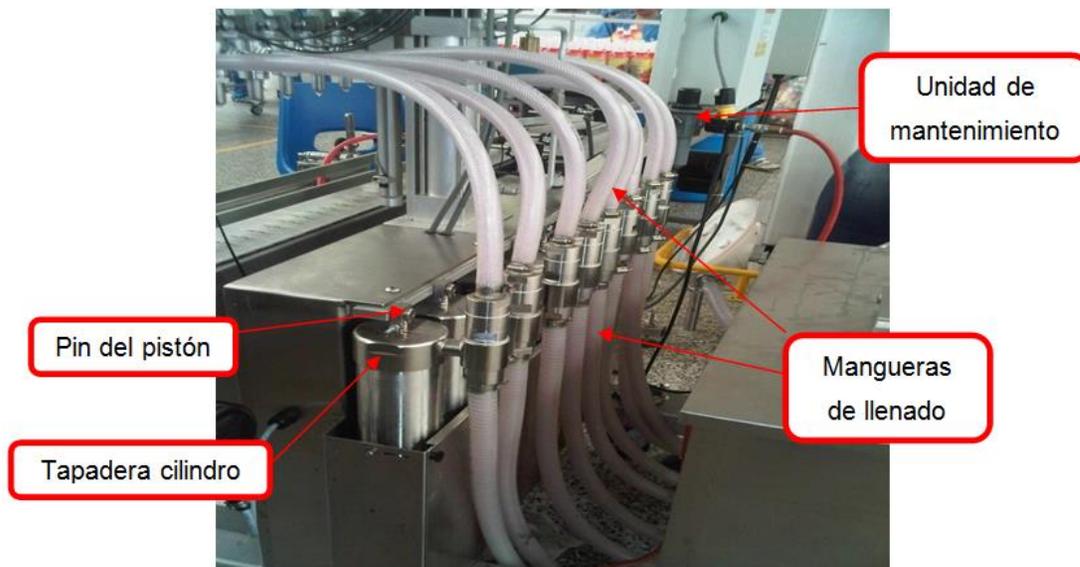


Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Revisar empaques de los pistones de llenado, desarmar los pistones desenroscando las tapaderas que llevan los cilindros en los extremos, sacar los

pistones quitando los pines que lo sujetan a la base de la máquina. Revisar mangueras de llenado, si están deterioradas o rajadas se cambian de lo contrario solo se limpian internamente con alcohol.

Figura 24. **Pistones de llenado A**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

4.6.2.2. Engrase y lubricación

Una de las partes del equipo que necesita engrase y lubricación es la taponadora, donde se deben revisar y engrasar cojinetes, chumaceras, engranes y cadenas de transmisión. Estos mecanismos están en la parte interna de la máquina, y para alcanzarlos se deberá quitar una tapadera utilizando para ello un desarmador de cruz.

Figura 25. **Engrase y lubricación de taponadora**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

En la llenadora de debe revisar y engrasar el eje de subida y bajada del mecanismo de pistones de llenado.

Figura 26. **Pistones de llenado B**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

4.6.2.3. Reajuste de piezas

En la taponadora se debe ajustar la doble banda que sujeta los envases, ver el estado de las bandas y si están desgastadas se procederá a cambiarlas. Ajustar las gomas de torque de las tapas, verificar el estado y si están desgastadas se deben cambiar. También se deben ajustar las guías de alimentación de tapas.

Figura 27. **Ajuste de piezas taponadora**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Para la mesa, tanto de alimentación, como de acumulación se ajustarán las guías que se muestran en la figura 28.

Figura 28. **Guías de mesas**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

4.6.2.4. Mantenimiento preventivo eléctrico

En el tablero de mandos eléctricos, de la llenadora y la taponadora, se debe revisar el estado de las botoneras, selectores y las luces, si están quebrados o quemados se debe proceder a cambiarlos y apretar las borneras. Esto con el propósito de evitar cualquier tipo de falla en el equipo y reducir el riesgo de algún incidente durante el proceso.

5. SEGUIMIENTO DE MÉTODO PROPUESTO

Para garantizar el éxito de la puesta en marcha del nuevo método es necesario capacitar y adiestrar al personal operativo en las diversas tareas a realizar durante el proceso de envasado de *shampoo*. Se debe tener en cuenta que conforme el proceso se vaya estandarizando se encontrarán fallas y aciertos que permitirán mejorar aún más el proceso.

5.1. Capacitación de personal

A través del programa de capacitación se busca que el personal operativo perfeccione sus habilidades en el manejo del equipo automático y amplíe sus conocimientos en los temas de Buenas Prácticas de Manufactura y Producción más Limpia, y con ello obtener un proceso más eficiente.

5.1.1. Producción más Limpia

El objetivo de esta capacitación es que el participante no solamente conozca los principios de Producción más Limpia, si no que los ponga en práctica a lo largo de todo el proceso productivo. Para ello se calendarizarán varios ciclos de capacitación que incluirán a todo el personal de la planta.

Después de concluir con cada ciclo de capacitación el personal será evaluado para determinar el grado de comprensión del tema, además podrán proponer más mejoras para cada uno de los procesos que se llevan a cabo dentro de la planta de producción.

Tabla XV. Programa de capacitaciones PML

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN-PML 2014				
	TEMA	FECHA	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES
PML	Antecedentes	1 al 4 de abril	Todo el personal operativo	
	Objetivos y metas			
	¿Qué es PML?			
	¿Qué son los desechos y las emisiones?	1 al 4 de julio	Todo el personal operativo	
	Factores que originan los desechos			
	Colecta de datos			
	Clasificación de desechos	3 al 7 de noviembre	Todo el personal operativo	
	Minimización de desechos			

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Buenas Prácticas de Manufactura

Por ser las normas generales de la empresa existe un programa anual de capacitación de BPM. Estas capacitaciones se imparten cada mes con el fin de reforzar el conocimiento de los operarios en dicho tema y corregir posibles fallas en los procesos productivos. Además es requerimiento del Ministerio de Salud tener un programa de capacitación constante para el personal que participa en el proceso productivo de cosméticos.

A continuación se muestra el programa de capacitaciones relacionadas con Buenas Prácticas de Manufactura a llevarse a cabo durante el año 2014.

Tabla XVI. Programa de capacitación BPM 2014

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN-BPM 2014				
	TEMA	FECHA	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES
BPM	Conceptos básicos	24 al 28 de febrero	Todo el personal operativo	
	Higiene personal	24 al 28 de marzo		
	Procedimientos	21 al 25 de abril		
	Manejo de papelería	26 al 30 de mayo		
	Control microbiológico	23 al 27 de junio		
	Uso y mantenimiento de equipo	28 al 31 de julio		
	Conceptos básicos	25 al 29 de agosto		
	Higiene personal	22 al 26 de septiembre		
	Procedimientos	27 al 31 de octubre		
	Manejo de papelería	24 al 28 de noviembre		

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Uso del equipo

Esta capacitación será impartida por el jefe de mantenimiento para que el personal operativo conozca no solo el funcionamiento del equipo, sino que también aprenda a manejarlo y así evitar paros innecesarios por el mal uso del equipo. El tiempo de esta capacitación se estima en un día.

5.2. Mejoras obtenidas en el proceso

Además del aumento en la producción se han obtenido mejoras tanto en el tema de la calidad del producto, como en la ejecución del proceso ya que con la

implementación del nuevo método se reduce significativamente la manipulación directa del producto por parte del operario.

5.2.1. Reclamos de calidad

Al implementar el nuevo sistema de llenado los reclamos de calidad por derrame de producto han disminuido considerablemente, ya que de 0,05 % ha bajado a 0,005 %, sobre las ventas totales.

5.2.2. Manejo de desechos

La reducción del tiempo empleado para envasar un lote de producto ha permitido tener mayor control sobre los desechos generados en el proceso, ya que éstos son retirados de manera constante de la línea, lo que permite tener un proceso más ordenado y limpio.

Con respecto a los desechos del granel, al momento de utilizar un ducto para la alimentación del equipo se ha eliminado el riesgo de derrame por mangueras rotas y se ha identificado que por cada lote envasado solamente se generan 25 kilogramos de desecho. Todo este desecho se sigue depositando en una fosa séptica asignada para ello.

5.3. Acciones correctivas

Una acción correctiva es aquella que se lleva a cabo para eliminar la causa de un problema. Las correcciones atacan los problemas, las acciones correctivas sus causas.

5.3.1. Mantenimiento correctivo

Comprende el mantenimiento que se lleva a cabo con el fin de corregir los defectos o fallas que se han presentado inesperadamente en los equipos. Para tener control y registro de las actividades que se llevan a cabo como mantenimiento correctivo se utiliza el formato que se muestra a continuación.

Tabla XVII. Formato de orden de trabajo

FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO

FO-PRD-424

EQUIPO / MAQUINARIA		No. ORDEN DE TRABAJO	
UBICACIÓN ESPECÍFICA DE LA MAQUINARIA /EQUIPO		FIRMA DE AUTORIZACIÓN JEFE DE PLANTA	
RESPONSABLE SERVICIO	Interno <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/>	NOMBRE EMPRESA	
TIPO DE MANTENIMIENTO	Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>		
FECHA INICIO TRABAJO		FECHA FINALIZACIÓN TRABAJO	
TIEMPO INICIO		TIEMPO FINAL	
TÉCNICO			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EFECTUADO			
FECHA PRÓXIMA REVISIÓN:		NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO DE ACEPTACIÓN TRABAJO	
FIRMA TÉCNICO			

Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

5.3.1.1. Fallas más comunes y soluciones

Falla 1. La tapa del envase no baja completamente

Solución: Bajar el riel que dispensa las tapas y ajustar los discos del sistema de torque. Ver figura 27.

Falla 2. Variación de peso.

Solución: Cuando la variación del peso se presenta en forma general se debe girar la manecilla de ajuste de volumen en sentido horario, hasta llegar al peso requerido

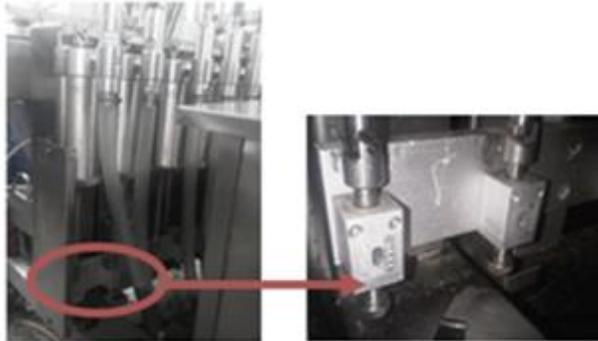
Figura 29. **Manecilla de ajuste**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Cuando la variación de peso es por cilindro individual, se aumenta o se disminuye la cantidad por medio de unas perillas de ajuste que tienen los cilindros en la parte inferior.

Figura 30. **Perillas de ajuste**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Falla 3.No bajan las boquillas de llenado

Solución: Chequear que la perilla 1 *Diving Nozzles* esté encendida, la perilla 2 *multi-stroke* se encuentre en 1 y la perilla 3 *filling unit code* se encuentre en 6. Y confirmar que los sensores de entrada y salida estén colocados correctamente. Ver figuras 31 y 32.

Figura 31. **Panel de control**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

Figura 32. **Sensores de conteo de envase**



Fuente: Laboratorio Sinergia International, S. A.

5.3.2. **Stock de repuestos**

Desde el punto de vista técnico entre más piezas de repuestos se tengan disponibles, más se asegura la disponibilidad de los equipos; desde el punto de vista económico entre menos piezas hayan almacenadas menor será el capital inmovilizado que se tendrá.

Por eso es importante identificar cuáles son las piezas más importantes y críticas para el desempeño correcto del equipo y determinar cuántas piezas se tendrán para cada una.

5.3.2.1. **Piezas más importantes**

A continuación se detallan las piezas más importantes del equipo y cuál deberá ser el *stock* mínimo de repuestos a tener en planta, esto según análisis del proceso y disponibilidad económica.

5.3.2.1.1. PLC

Se trata de un equipo electrónico que ha sido diseñado para programar y controlar el proceso en tiempo real, por lo tanto sin esta pieza el equipo no funciona. Debido al costo y lo muy poco probable que esta pieza falle queda a criterio de la empresa tener por lo menos una pieza en *stock*.

5.3.2.1.2. Cilindros dosificadores y sus componentes

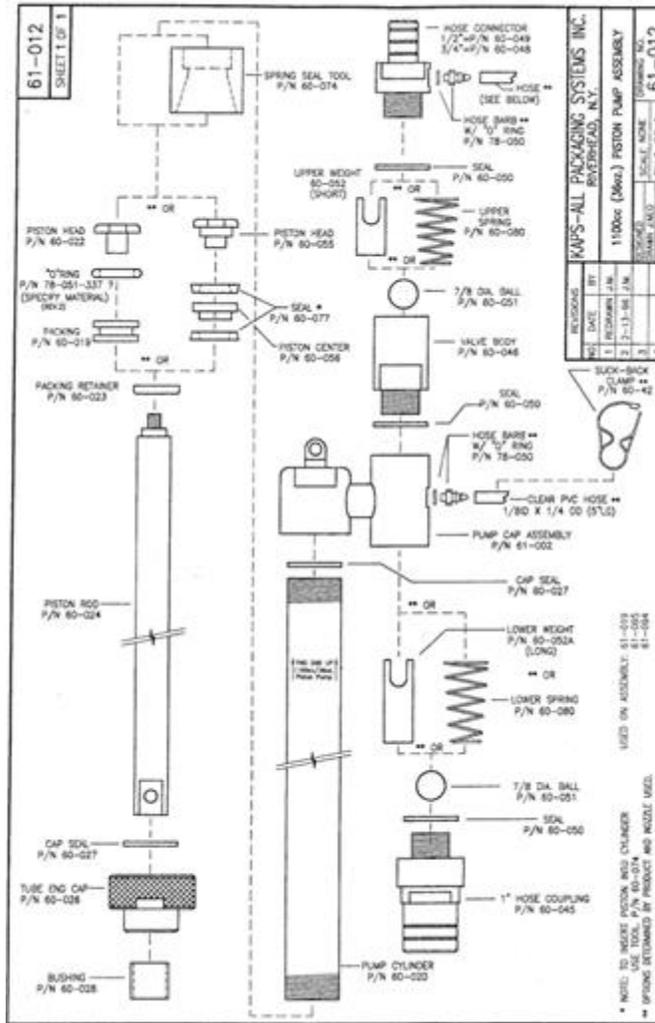
Por el uso y deterioro de estas piezas es necesario cambiar los sellos y los resortes, que aparecen en la figura 27, una vez por año. Para ello se tiene que el *stock* mínimo deberá ser el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. **Stock de repuestos para cilindros**

CODIGO	CANTIDAD EN STOCK	PRECIO
60-077	24	USD 240,00
60-050	33	USD 240,00
60-027	24	USD 240,00
60-080	24	USD 480,00
TOTAL DE INVERSIÓN		USD 1 200,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Cilindro dosificador



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

5.3.2.1.3. Sensores

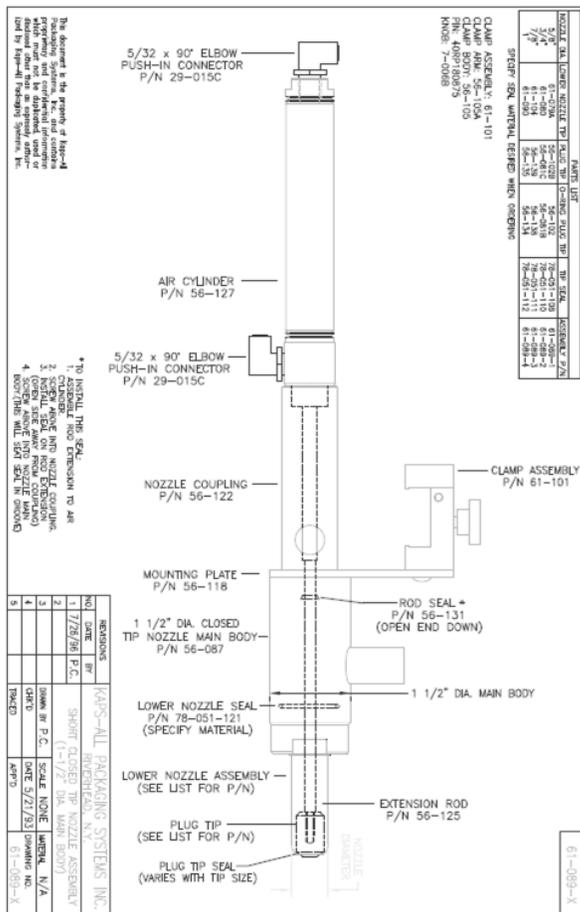
Esta pieza permite chequear y contar el envase para su respectivo llenado, ya que deberán estar los 8 envases en posición de lo contrario las boquillas no bajarán a llenar el envase. Estos sensores son de fibra óptica y

tienen una longitud de 2 metros (entrada) y 3 metros (salida). El stock mínimo será de 2 piezas, con un precio de USD 155,00 cada uno.

5.3.2.1.4. Boquillas

Las boquillas son de acero inoxidable y es necesario cambiar cada 6 meses los sellos internos, que se ven en la figura 34.

Figura 34. Boquilla



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Para ello se tendrá el *stock* que se presenta a continuación.

Tabla XIX. **Stock de repuestos para boquillas**

CODIGO	CANTIDAD EN STOCK	PRECIO
78-051-121	16	USD 160,00
56-131	16	USD 96,00
56-102B	16	USD 80,00
78-051-108	16	USD 96,00
29-015C	4	USD 12,00
TOTAL DE INVERSIÓN		USD 444,00

Fuente: elaboración propia.

5.3.2.1.5. Cilindros neumáticos

Estos cilindros permiten la entrada y salida de los envases para su llenado y se cambiarán cada año. De estas piezas será necesario tener un *stock* de una para cada cilindro, teniendo una inversión de USD 496,00.

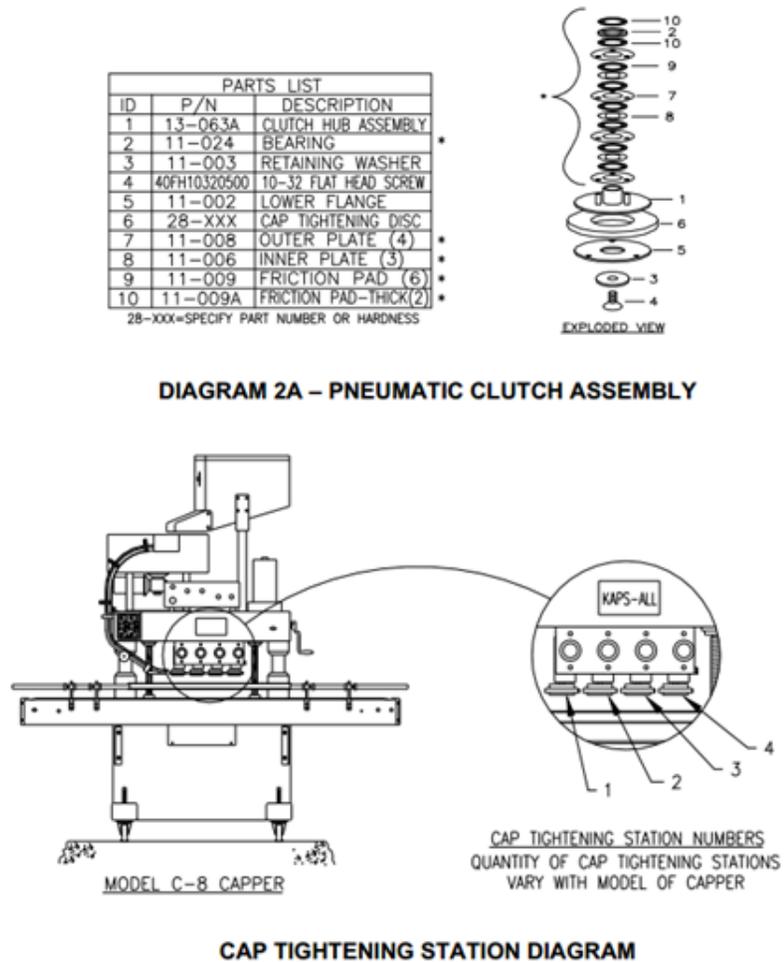
5.3.2.1.6. Tarjetas electrónicas

La tarjeta electrónica controla la corriente eléctrica para que funcione el equipo, la cual puede ser 220 voltios o 110 voltios corriente alterna o directa. Para mayor seguridad se recomienda tener en *stock* 2 piezas, con un precio de USD 165,00 cada una.

5.3.2.1.7. Gomas torquedoras

La función de estas gomas es sostener la tapa y luego fijarla al envase con el torque requerido. Estas deberán cambiarse cada tres meses. A continuación se presenta un diagrama del ensamble de las gomas en la taponadora.

Figura 35. Ensamble de gomas de la taponadora



Fuente: Laboratorio Sinergia Internacional, S. A.

Del listado de la figura 35 se requiere un *stock* de 6 piezas por cada elemento teniendo un precio de USD 12,00 cada uno, a excepción de los discos de los cuales serán necesarios 12 que tienen un precio de USD 14,00 cada uno.

5.3.2.1.8. Fajas de goma

Las fajas de goma se utilizan para estabilizar el envase en el momento en que éste pasa a través del riel de la tapa y posteriormente al torque para que no se caiga (ver figura 27). Se deberán cambiar cada 4 meses. El *stock* mínimo recomendado es de 8 piezas, teniendo un costo de USD 10,00 cada una.

Para el inventario de repuestos deberá hacerse una inversión anual de USD 3 676,00, aproximadamente Q28 753,16 según el tipo de cambio. Cabe mencionar que todos los datos presentados anteriormente fueron proporcionados por el proveedor.

A continuación se muestra una tabla del total de repuestos que deberán tenerse en *stock* para poder atender cualquier eventualidad y darle un servicio completo al equipo durante un año de funcionamiento. Se debe tomar en cuenta que cada vez que se le de mantenimiento a los componentes de la línea automática se deberá revisar el inventario de repuestos para programar la compra de los insumos que hagan falta y no incurrir en gastos innecesarios

Tabla XX. **Stock de repuestos**

TOTAL DE REPUESTOS		
Cilindros dosificadores y sus componentes		
CODIGO	CANTIDAD EN STOCK	PRECIO
60-077	24	USD 240,00
60-050	33	USD 240,00
60-027	24	USD 240,00
60-080	24	USD 480,00
Sensores		
--	2	USD 310,00
Boquillas		
78-051-121	16	USD 160,00
56-131	16	USD 96,00
56-102B	16	USD 80,00
78-051-108	16	USD 96,00
29-015C	4	USD 12,00
Cilindros neumáticos		
--	8	USD 496,00
Tarjetas electrónicas		
--	2	USD 330,00
Gomas torquedoras		
13-063A	6	USD 72,00
11-024	6	USD 72,00
11-003	6	USD 72,00
40FH10320500	6	USD 72,00
11-002	6	USD 72,00
28-XXX	12	USD 168,00
11-008	6	USD 72,00
11-006	6	USD 72,00
11-009	6	USD 72,00
11-009A	6	USD 72,00
Fajas de goma		
--	8	USD 80,00
TOTAL DE INVERSIÓN		USD 3676,00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Antes de implementar alguna mejora al proceso se identificaron dos puntos en los cuales se debe tener mayor control, estos son la colocación del *liner* en la tapa por parte del operario y el sopleteado de la etiqueta, ya que en este punto se genera un cuello de botella al acumular grandes cantidades de producto en espera.
2. Al realizar el estudio se encontraron en el mercado dos opciones que se ajustaban al proceso productivo, siendo estas una llenadora y taponadora individuales y una línea automática para el envasado de productos viscosos. Al evaluar económicamente las dos opciones se tomó la decisión de invertir en la implementación de una línea automática para el envasado de productos en litro, ya que esta se ajusta mejor a las necesidades productivas de la planta.
3. Antes de optar por el montaje de una línea fija para el envasado de *shampoo* se evaluó la posibilidad de tener tres líneas simultáneas para este producto, pero los resultados obtenidos no reflejaron mejoras significativas, por lo que al implementar una línea fija de envasado y empaque de *shampoo* se mejoró el tiempo de producción, ya que de manejar un ritmo de 14 u/min se ha logrado incrementar a 34 unidades por minuto, es decir un 142,46 %.

4. Con la implementación del nuevo método se logró incrementar la productividad del proceso de 83 unidades por hora-hombre a 255 unidades por hora-hombre, es decir un 200 %, esto a partir del incremento de la capacidad instalada de la línea, ya que de 6 000 unidades diarias aumentó a 18 360 unidades, lo que significa un incremento del 206 %. Además con este nuevo proceso se reduce el costo por unidad de Q15,75 a Q13,50, es decir 14,28 %, lo cual se ve reflejado en un incremento en las utilidades generadas por esta línea de producto del 5 %.

5. Al adquirir el equipo todas las actividades referentes al mantenimiento del mismo fueron incluidas dentro del programa anual de mantenimiento preventivo, en donde se calendarizaron los servicios para esta línea cada 3 meses, de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.

6. Tomando como referencia las recomendaciones del fabricante la capacitación para el uso del equipo se llevará a cabo en un día normal de trabajo (9 horas) y se retroalimentará al personal según la rotación del mismo. Además se seguirá con el ciclo de capacitaciones de Buenas Prácticas de Manufactura, las cuales se deberán incorporar al nuevo proceso de envasado para garantizar la calidad del producto final.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la posibilidad de cambiar la bomba de alimentación del tanque de llenado por una bomba adecuada para el manejo de productos viscosos, dado que el equipo existente no tiene la capacidad necesaria para el bombeo requerido por la nueva línea.
2. Realizar periódicamente pruebas en el equipo para determinar qué otro producto puede envasarse en el mismo y de esta manera lograr mayor aprovechamiento de los recursos.
3. Evaluar la utilización de un sello térmico para el envase, lo que garantizaría la inexistencia de derrame de producto y al mismo tiempo se reduciría personal en línea, haciendo más eficiente el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA ESTRADA, Freddy Antonio. *Montaje y mantenimiento de una línea de enlatado, en una planta de producción de embutidos*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 88 p.
2. Centro de Actividad Regional para la Producción más Limpia. *Producción más limpia ¿Qué es?* [en línea]. <http://www.cprac.org/es/sostenible/produccion/maslimpia>.(Consulta: 18 de octubre del 2012).
3. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. *Manual de Producción más Limpia. Introducción a la producción más limpia*. [en línea] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. <http://www.cgpl.org.gt>. (Consulta: 18 de octubre del 2012).
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Pantoja Magaña, José (rev.). 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p. ISBN9701046579
5. MÉNDEZ DE LEÓN, Renato Alfredo. *Instalación de una línea de producción y envasado de refrescos artificiales en una empresa que envasa agua purificada*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 152 p.

6. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Política Nacional de Producción Más Limpia*. [en línea] http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=176&Itemid=198. (Consulta: 16 de enero del 2013).
7. MOLINA CABRERA, Rafael Alexander. *Montaje de una inyectora de crema presurizada de pasteles, de la planta Bimbo de Centroamérica S.A.* Trabajo de graduación Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 97 p.
8. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*. García Díaz, María Dolores (trad.). 9a ed. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor 1996. 880 p.
9. OROZCO GARCÍA, Irma Jeannette. *Producción más limpia aplicada a los procesos e implementación del manejo de inventarios de materia prima y producto terminado, en una planta productora de insumos para el cabello y productos de limpieza*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 160 p.
10. Programa Buenos Aires produce más limpio. *Producción más limpia, concepto y antecedentes*. [en línea]. http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/archivos/prod_limpia/guia/2_produccionmaslimpia_capitulo01.pdf. (Consulta 3 de noviembre del 2012).

11. REYES MARROQUÍN, Sergio Alejandro. *Evaluación de la eficiencia en una línea de envasado en una industria de cosméticos*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 126 p.

12. SALGUERO DEL VALLE, Fabiola María. *Montaje y mantenimiento preventivo de una máquina empacadora de frascos de productos líquidos no estériles en un laboratorio farmacéutico*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 121 p.

13. TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. 2a ed. Guatemala: Editorial Universitaria, 2008. 256 p

APÉNDICES

Apéndice1: Estudio de tiempos

Estudio de tiempos							
Producto:	Envasado y empaque shampoo linaza con simplex				Código:	5082	
Presentación:	1 litro						
Nota: Tiempos en segundos							
OPERACIONES (TIEMPOS CROMOMETRADOS)							
Observaciones	Alcanzar envase y colocar en posición	llenar envase	Colocar tapadera	Sopletear envase	Empacar	Colocar lainer a tapa	
1	0,51	2,66	1,90	3,18	1,73	1,17	
2	0,66	2,52	2,29	3,60	1,54	1,05	
3	0,85	2,65	2,03	3,27	1,53	1,11	
4	0,61	2,67	2,10	3,10	1,36	1,16	
5	0,67	2,75	2,24	3,20	1,88	1,17	
6	0,51	2,71	2,21	3,71	1,99	1,07	
7	0,79	2,61	2,58	3,69	1,91	1,09	
8	0,53	2,72	2,53	3,67	1,87	1,13	
9	0,73	2,56	2,47	3,28	1,92	1,01	
10	0,71	2,58	2,03	3,22	1,89	1,04	
11	0,56	2,67	2,53	3,45	1,77	0,91	
12	0,53	2,69	2,40	3,73	1,67	1,11	
Totales	7,66	31,79	27,31	41,1	21,06	13,02	
No. de observaciones	12	12	12	12	12	12	
Promedio	0,64	2,65	2,28	3,43	1,76	1,09	
No. de unidades	1	1	1	1	4	1	
Promedio final	0,64	2,65	2,28	3,43	0,44	1,09	

Fuente: elaboración propia.

TIEMPO ESTÁNDAR
(segundos)

Operación	Tc	Factor de valoración	Tn	Suplementos	Ts
Alcanzar envase y colocar en posición y llenar envase	3,29	1,15	3,79	1,14	4,32
Colocar tapadera	2,28	1,15	2,62	1,14	2,99
Sopletear envase	3,43	1,15	3,95	1,17	4,62
Empacar	0,44	1,15	0,51	1,19	0,60
Colocar lainer a tapa	1,09	1,15	1,25	1,12	1,40
					13,93

Fuente: elaboración propia.

Tc: tiempo cronometrado promedio

Tn: tiempo normal

Ts: tiempo estándar

Estudio de tiempos

Producto: Empaque y envasado shampoo cola de caballo-automática
Presentación: 1 litro

Código: 5071

Nota: Tiempos en segundos

OPERACIONES (TIEMPOS CRONOMETRADOS)					
Observaciones	Alcanzar envase y colocar en mesa	Llenar envase	Colocar tapadera	Empacar	Colocar lainer a tapa
1	3,10	5,33	4,98	2,00	2,10
2	3,12	5,77	5,99	1,35	2,25
3	2,99	5,53	6,90	1,29	2,35
4	3,24	5,00	5,80	1,80	2,10
5	3,19	5,28	5,10	1,71	2,16
6	3,06	5,00	5,06	1,74	2,14
7	2,89	5,30	5,17	1,60	2,17
8	2,97	5,01	5,23	1,55	2,15
9	2,96	5,40	5,80	1,49	2,36
10	3,01	5,00	5,10	1,65	2,27
11	3,11	5,25	5,90	1,70	2,29
12	3,14	5,30	6,40	1,45	2,17

Totales	36,78	63,17	67,43	19,33	26,51
No. de observaciones	12	12	12	12	12
Promedio	3,07	5,26	5,62	1,61	2,21
No. de unidades	1	1	1	4	1
Promedio final	3,07	5,26	5,62	0,40	2,21

Fuente: elaboración propia.

TIEMPO ESTANDAR
(segundos)

Operación	Tc	Factor de Valoración	Tn	Suplementos	Ts
Colocar liner a tapa	2,21	1,15	2,55	1,12	2,85
Alcanzar envase y colocar en mesa	3,07	1,08	3,31	1,1	3,64
Llenar envase	0,66	1,15	0,76	1,14	0,86
Colocar tapadera	0,70	1,15	0,81	1,14	0,92
Empacar	0,40	1,15	0,46	1,19	0,55
					8,83

Fuente: elaboración propia

Tc: tiempo cronometrado promedio

Tn: tiempo normal

Ts: tiempo estándar

BALANCE DE LÍNEA

Datos

Producción requerida: 6 000 unidades

Tiempo asignado: 180 minutos

Eficiencia esperada: 75 %

Operación	Ts	Ritmo	NOT	NORS	NORI	Ritmo Obtenido (aproximado al entero superior)	Ritmo Obtenido (aproximado al entero inferior)	NOP	Ritmo
Alcanzar envase y colocar en mesa	3,64	17	2,70	3,00	2,00	51	34	2	34
Llenar envase	0,86	70	0,64	1,00	0,00	70	0	1	70
Colocar tapadera	0,92	66	0,68	1,00	0,00	66	0	1	66
Empacar	0,55	109	0,41	1,00	0,00	109	0	2	218
Colocar lainer a tapa	2,85	22	2,11	3,00	2,00	66	44	2	44

Fuente: elaboración propia

NOT = número de operadores teórico

NORS = número de operadores reales aproximado al entero superior

NORI = número de operadores reales aproximado al entero inferior

NOP = número de operadores personalizado

Producción total: 6 120 unidades

Determinación del número de operadores necesarios para cada operación

$$IP = \frac{\text{Unidades a fabricar}}{\text{Tiempo disponible de cada operador}}$$

$$NO = \frac{T_s * IP}{E}$$

$$IP = \frac{6\,000 \text{ unidades}}{10\,800 \text{ segundos}}$$

$$IP = 0,56 \text{ unidades por segundo}$$

En donde:

IP = índice de producción

NO = número de operarios

Ts = tiempo estándar de operación

E = eficiencia esperada

Proceso: empaque de shampoo cola de caballo

No.	Descripción de actividades	Actividad	Tiempo estándar (segundos)	Numero de operarios necesarios
1	Alcanzar envase y colocar en mesa	●	3,64	2
2	Llenar envase	●	0,86	1
3	Fijar empaque con pistola de aire	●	--	--
3	Colocar tapadera	●	0,92	1
5	Codificar con máquina codificadora	●	-	-
6	Empacar	●	0,55	2
7	Colocar lainer a tapa	●	2,85	2
8	Encargado de línea	-	-	1

Ritmo estándar:	34 unidades por minuto
Numero de operarios:	9

2.34

Producción:	6 120 unidades
Tiempo Invertido:	180 minutos

Fuente: elaboración propia.

