



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

**INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE
BOTELLAS, A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO,
EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA “LA CORONA”.**

Manuel Alejandro Hernández Solórzano

Asesorado por el Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE
BOTELLAS A TRAVÉS DE UN RECONDICIONAMIENTO MECÁNICO,
EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA "LA CORONA".**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL ALEJANDRO HERNÁNDEZ SOLÓRZANO
ASESORADO POR EL ING. HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



TITULO
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	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

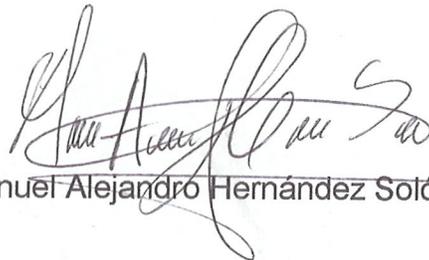
DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR:	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR:	Ing. Aldo Estuardo García Morales
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS, A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO, EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA “LA CORONA”,

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2009.



Manuel Alejandro Hernández Solórzano

Guatemala, 25 de agosto de 2010

Ingeniero
César Urquizú, Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación titulado "INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO, EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA "LA CORONA", elaborado por el estudiante Manuel Alejandro Hernández Solórzano, con número de carné 200412589.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Hernández Solórzano es un aporte al importante tema de la ingeniería de métodos.

Con base en lo anterior, ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que el presente trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran, extiendan el título respectivo al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi consideración.

Atentamente,



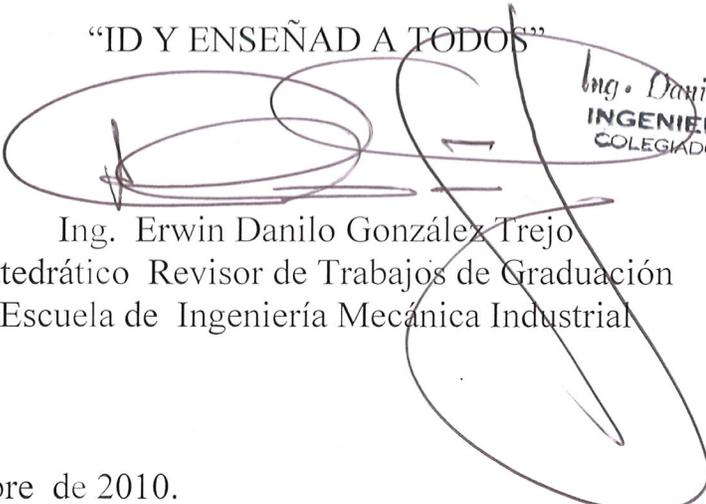
Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
Colegiado No. 2069

Hernán Leonardo Cortés Urioste
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 2,069



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO, EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA "LA CORONA"**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Hernández Solórzano**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO No. 6.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2010.

/mgp



REF.DIR.EMI.016.011

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 **INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS, A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO, EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA “LA CORONA”**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Hernández Solórzano**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, febrero de 2011.

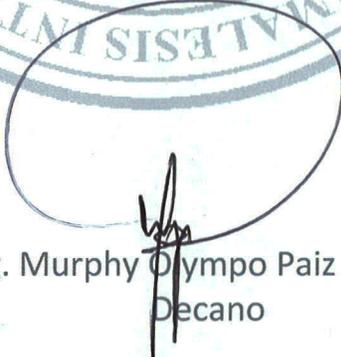
/mgp



DTG. 041.2011.

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: **INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS, A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO, EN LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA "LA CORONA"**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Hernández Solórzano**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 8 de febrero de 2011.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Fuente de sabiduría, por estar siempre a mi lado, guiando mi camino y permitirme lograr una meta más.
- Virgen María** Gracias por tantas bondades y tu protección.
- Mis padres** Rony Hernández y Elvia Solórzano, con amor y gratitud, por todo el sacrificio, dedicación, apoyo, consejos y por ser un ejemplo grande en mi vida.
- Mis abuelitos** Elvia Esthela, Manuel de Jesús, Francisco y Hermelinda (+), por su sabios consejos, apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado.
- Mis hermanos** María Judith, Rony Francisco, Claudia María, que este logro les sirva de ejemplo en su vida.
- Mis tíos** Manuel, Karina, Julia, Enma, Flory, Fito, Carla, Oscar, por sus ejemplos de lucha.
- Mis amigos** Por todas las vivencias compartidas a lo largo de mi carrera.

Mi familia

Agradecimientos eternos.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mi asesor** Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste, por el tiempo dedicado y su ayuda en la elaboración de este trabajo.
- La USAC** Por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en esta casa de estudios.
- Embotelladora**
“La Corona” Por permitirme realizar este trabajo de graduación dentro de sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1 ANTECEDENTES GENERALES	
1.1 Historia de la empresa	1
1.2 Descripción general de la planta	2
1.3 Conceptos fundamentales	3
1.3.1 Eficiencia	3
1.3.2 Reacondicionamiento mecánico	5
1.4 Breve descripción del proceso de producción	5
1.4.1 Tratamiento de agua	6
1.4.2 Insumos	8
1.4.3 Producción	8
1.4.4 Área de bodega de producto terminado	9
1.5 Recurso humano	9
1.6 Máquina llenadora	10
2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL EN LA MÁQUINA LLENADORA	
2.1 Condiciones de operación	13
2.1.1 Sistema mecánico	13
2.1.2 Sistema neumático	14

2.1.3	Sistema eléctrico	15
2.2	Condiciones de mantenimiento	17
2.3	Estudio de mercado	17
2.3.1	Análisis	17
2.3.2	Gráficos	20
2.3.3	Resultados	24
2.4	Análisis del ritmo de producción	25
2.4.1	Capacidad de llenado	26
2.4.2	Capacidad de llenado teórica	27
2.4.3	Impacto de los paros de producción	28
2.5	Estudio de costos por unidad producida	29
2.5.1	Costo por falta de aprovechamiento	29
2.5.2	Costo de mano de obra directa	30
2.5.3	Costo por unidad producida	30
2.6	Evaluación de eficiencias	32
2.6.1	Máquina	32
2.6.2	Mano de obra directa	33
2.6.3	Insumos	35
2.6.4	Producción	36
2.7	Estudio de tiempos de la máquina	36
2.7.1	Tiempo de colocación de la botella	47
2.7.2	Tiempo de llenado	49
2.7.3	Tiempo de traslado de la botella	53
2.7.4	Tiempos de paros	55

3 PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO EN LA MÁQUINA LLENADORA

3.1	Reacondicionamiento mecánico	57
-----	------------------------------	----

3.1.1	Finalidad	57
3.1.2	Desmontaje de la máquina	58
3.1.2.1	Lubricación	58
	3.1.2.1.1 Tipos de lubricantes	59
3.1.2.2	Neumática	65
	3.1.2.2.1 Componentes neumáticos	66
	3.1.2.2.2 Calibración neumática	74
3.1.2.3	Piezas mecánicas	76
3.1.2.4	Sistema eléctrico	80
3.2	Aumento de eficiencia	85
3.2.1	Balance de línea	85
	3.2.1.1 Sistema hombre-máquina	85
	3.2.1.2 Ergonomía	88
	3.2.1.3 Movimientos	91
	3.2.1.4 Ambiente físico	96
3.2.2	Seguridad e higiene	100
	3.2.2.1 Identificación de riesgos	100
	3.2.2.2 Saneamiento	103
	3.2.2.2.1 Maquinaria	104
	3.2.2.2.2 Tuberías	105
	3.2.2.3 Indumentaria apropiada del trabajador	106
3.2.3	Ritmo de producción	107
	3.2.3.1 Eficiencia	107
	3.2.3.2 Productividad	108
3.2.4	Tiempos	110
3.2.5	Volumen de agua en el llenado de botella	110
3.3	Diseño de formatos de control	111
3.3.1	Producción	111
3.3.2	Mantenimiento	114

4 IMPLEMENTACIÓN

4.1	Plan de mantenimiento	117
4.1.1	Planificación del mantenimiento	118
4.1.2	Identificación de posibles fallas	124
4.1.3	Fichas técnicas para control	127
4.1.4	Costo de mantenimiento	128
4.1.4.1	Mano de obra	129
4.1.4.2	Bodega de repuestos	129
4.2	Buenas prácticas de manufactura (BPM)	130
4.3	Señalización industrial	132
4.4	Integración de capacitación a empleados	135
4.4.1	Buenas prácticas de manufactura	135
4.4.2	Seguridad e higiene en el trabajo	138
4.4.3	Mantenimiento a la maquinaria	139
4.4.4	Funcionamiento óptimo en el proceso	140
4.4.5	Manejo de formatos de control	140
4.5	Análisis de resultados	140
4.5.1	Económico	141
4.5.2	Eficiencia	141

5 IMPACTO AMBIENTAL QUE CAUSAN LAS BOTELLAS DE AGUA PURA

5.1	PET (polietileno tereftalato)	143
5.1.1	Compuestos que lo conforman	144
5.1.2	Impacto ambiental	146
5.1.2.1	Contaminación	146
5.1.3	Medidas de mitigación	147
5.1.3.1	Reciclaje	147
5.2	Extracción industrial de agua	151

5.2.1	Impacto ambiental	152
5.2.1.1	Erosión de suelos	152
5.2.1.2	Contaminación de agua	153
5.2.2	Medidas de mitigación	155
5.2.2.1	Reforestación	155
5.2.2.2	Retro excavación	156
5.2.2.3	Análisis de laboratorio	156
6	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	
6.1	Formulación de auditorías de seguimiento	157
6.1.1	Objetivo	157
6.1.2	Metodología a utilizar	157
6.1.3	Periodicidad	158
6.1.4	Comportamiento de los niveles de producción	158
6.1.4.1	Eficiencia	159
6.1.4.2	Reproceso	159
6.2	Historial de mantenimientos	160
6.2.1	Acciones correctivas	160
6.2.2	Acciones preventivas	160
6.3	Implementación de sistemas de mejora continua para garantizar el proceso.	161
	CONCLUSIONES	169
	RECOMENDACIONES	171
	BIBLIOGRAFÍA	173
	ANEXOS	175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Factores de eficiencia	4
2.	Organigrama	9
3.	Encuesta	19
4.	Factores del costo de producción	31
5.	Electroválvulas	66
6.	Diagrama de funcionamiento de actuadores	67
7.	Partes de un cilindro de simple efecto	68
8.	Funcionamiento de un cilindro de simple efecto	69
9.	Partes de un cilindro de doble efecto	70
10.	Funcionamiento de un cilindro de doble efecto	71
11.	Unidad de mantenimiento neumático	74
12.	Partes de la cadena	78
13.	Mecanismo piñón cadena	79
14.	Reductor de velocidad	80
15.	Partes de un motor monofásico	82
16.	Partes de la bomba hidráulica	84
17.	Funcionamiento de una bomba hidráulica	84
18.	Diagrama Hombre-Máquina	87
19.	Ajuste de la superficie de trabajo	89
20.	Tapete ergonómico	90
21.	Símbolos del diagrama bimanual	92
22.	Diagrama bimanual	95

23.	Modelo de reporte de trabajo	112
24.	Modelo de formato para órdenes de producción	113
25.	Modelo de formato de control de materias primas	114
26.	Modelo para control de mantenimiento mensual	115
27.	Modelo de formato para solicitud de repuestos y materiales	116
28.	Modelo de formato para control de historial del equipo	116
29.	Diagrama de fallas de la máquina llenadora	125
30.	Diagrama de fallas de la torre de llenado y del sistema de transmisión	126
31.	Ficha técnica de control	128
32.	Rótulos de evacuación	133
33.	Rótulos de prohibición	133
34.	Rótulos de advertencia	134
35.	Rótulos de obligatoriedad	134
36.	Estructura química del poliéster	144
37.	Estructura del ácido tereftálico	145
38.	Estructura del etilenglicol	145
39.	Desperdicios PET	147
40.	Proceso de metanólisis	149
41.	Proceso de contaminación del agua subterránea	154
42.	Diagrama de Ishikawa	163

TABLAS

I.	Costo de producción por unidad	31
II.	Tiempos en la etapa de llenado	33
III.	Tiempos en la etapa de posicionado de botellas	34

IV.	Tiempos en la etapa de taponado de botellas	34
V.	Tiempos en la etapa de traslado de botellas	35
VI.	Calificación de la actuación	41
VII.	Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales	44
VIII.	Número de ciclos a observar, criterio General Electric	45
IX.	Tiempos cronometrados en colocación de las botellas	47
X.	Calificación de la actuación en colocación de la botella	47
XI.	Calificación de los suplementos de descanso en colocación de la botella	48
XII.	Tiempos cronometrados en llenado de botellas	49
XIII.	Calificación de la actuación en llenado de botellas	49
XIV.	Calificación de los suplementos de descanso en llenado de botellas	50
XV.	Tiempos cronometrados en taponado de botellas	51
XVI.	Calificación de la actuación en taponado de botellas	51
XVII.	Calificación de los suplementos de descanso en el taponado de botellas	52
XVIII.	Tiempos cronometrados en traslado de las botellas	53
XIX.	Calificación de la actuación en el traslado de las botellas	53
XX.	Calificación de los suplementos de descanso en el traslado de las botellas botellas	54
XXI.	Resumen de tiempos estándar	54
XXII.	Clasificación NLGI	61
XXIII.	Especificaciones NLGI 2	62
XXIV.	Especificaciones ISO 150	64
XXV.	Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad	65
XXVI.	Especificaciones de aceite lubricante SAE 10	73

XXVII.	Características del motor 1	81
XXVIII.	Características del motor 2	81
XXIX.	Características de la bomba hidráulica	83
XXX.	Rango de decibeles que puede soportar una persona en el trabajo	98
XXXI.	Rangos de tiempos y eficiencias	110
XXXII.	Comparación de energía del PET y otros derivados del petróleo	151

GLOSARIO

Bomba	Es un dispositivo empleado para elevar y/o transferir líquidos y gases.
Calibración	Sistema de medición, representados por una medición material y los valores conocidos a un patrón de referencia.
Corrosión al cobre	Tendencia de un producto derivado del petróleo a corroer aleaciones de cobre.
DPMO	Se utiliza en seis Sigma para referirse a los defectos por millón de unidades producidas.
Eficiencia	La razón de tiempo real sobre tiempo permitido total.
Mantenimiento	Conjunto de actividades destinadas a garantizar el óptimo funcionamiento y prolongar la vida útil de los equipos.

NLGI	National Lubricating Grease Institute, Instituto Nacional de Grasas y Lubricantes. Es una de las escalas para clasificar la consistencia de las grasas lubricantes.
Pellets	Se refiere a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.
Potencia	Es la actividad terapéutica real de un principio activo y que se mide por pruebas adecuadas de laboratorio, comparadas en iguales condiciones con estándares apropiados.
Punto de inflamación	Es la temperatura más baja a la cual los productos derivados del petróleo forman vapores, bajo condiciones experimentales específicas.
SAE	Society of Automotive Engineers, Sociedad de Ingenieros Automotrices. Es una entidad encargada de dictar o establecer ciertas normas para productos o componentes en el área mecánica.

Therbligs	Movimientos fundamentales efectuados por las manos.
Tiempo estándar	Tiempo normal de trabajo más un suplemento.
Tolerancia	Porcentaje de incremento en el tiempo de operación de una actividad.
Untuosidad	Propiedad que tienen los líquidos de adherirse a la superficie de los cuerpos sólidos.
Viscosidad	Es la propiedad de un líquido, lubricantes, por la cual se ofrece resistencia al movimiento o flujo.

RESUMEN

La empresa embotelladora de agua pura “La Corona”, surgió de la idea del señor Mario Roberto Morales Ortiz. La planta inició su funcionamiento a partir del 11 de abril del año 2005, quedando a cargo de la señora Ana Rebeca Morales, actual administradora de la empresa, la empresa se dedica al embotellado de agua pura, llenado de garrafones, embolsado de agua pura y refrescos de diversos sabores.

El uso adecuado del tiempo proporciona un aumento de la eficiencia en los procesos industriales, es por ello que se analiza cada una de las operaciones que conforman la actividad productiva del embotellado de agua pura, en la que todos aquellos factores que son necesarios para su funcionamiento han sido tomados en cuenta.

Se muestra el funcionamiento de la máquina llenadora y la eficiencia del sistema de operación. La metodología empleada para esta evaluación, consistió en verificar los puntos mecánicos y de producción que están dentro del proceso. En la evaluación se incluye: condiciones de operación, de mantenimiento, ritmo de producción, cálculo de costos, evaluación de eficiencias y estudio de tiempos.

La manera que se propone para aumentar la eficiencia en la máquina llenadora es mediante un reacondicionamiento mecánico. Este determinará la manera de realizar un mantenimiento completo, para que la misma se mantenga en óptimas condiciones, trabajando con una alta eficiencia. Se analiza también los métodos ergonómicos para que el operario contribuya al desempeño adecuado del proceso.

Para que esto se lleve de una mejor manera, se propone modelos de formatos para el control de producción y de mantenimiento, que ayudarán a tener un registro de las actividades realizadas. Para hacer más efectivo este reacondicionamiento mecánico, se debe llevar a cabo un plan de mantenimiento, que identificará partes, componentes y fechas entre otros datos de la máquina llenadora, con lo que se logrará un mejor control de la máquina, evitando interrupciones que perjudiquen a la empresa por no tomar las acciones pertinentes al momento de identificar un problema de la máquina.

Si bien es cierto, para que este aumento de eficiencia se lleve a cabo, se debe proporcionar capacitación a los empleados para que contribuyan al adecuado funcionamiento de la empresa, con temas sobre buenas prácticas de manufactura (BPM), seguridad e higiene en el trabajo, manejo y mantenimiento de la máquina, manejo de los formatos propuestos e información sobre métodos ergonómicos.

La producción de botellas con agua pura, provoca daño al medio ambiente, pero este deterioro se puede mitigar, ejecutando algunas medidas precautorias para disminuir estos problemas, los que son ocasionados fundamentalmente por la extracción de agua y la acumulación de botellas PET (polietileno tereftalato) en basureros.

A medida que se avanza en el presente trabajo, se comprende de mejor forma el estudio de las eficiencias por etapas del proceso productivo y del reacondicionamiento mecánico que se propone. Para ayudar a mantener y mejorar estas propuestas, se sugiere el uso de metodologías de mejora continua, que permiten aumentar la productividad dentro de cada departamento, dentro de las que se incluyen el método Kaizen, el método 5's, el método seis Sigma y el de *Ishikawa*.

OBJETIVOS

GENERAL

Incrementar la eficiencia de una máquina llenadora de botellas, a través de un reacondicionamiento mecánico.

ESPECÍFICOS

1. Identificar qué problemas son los más frecuentes en el funcionamiento de la máquina llenadora de botellas.
2. Desarrollar planes de acción para el personal de la empresa cuando ocurra alguna falla en el proceso de producción.
3. Determinar cómo afecta la eficiencia el desarrollo de planes de mantenimientos preventivos o correctivos, aplicando ingeniería de métodos.
4. Establecer el tiempo eficiente en el llenado de botellas de agua pura.
5. Estimar los costos que un mal funcionamiento en la máquina de llenado genera.
6. Evaluar el rendimiento de la máquina llenadora de agua pura.

7. Implementar auditorías para mantener un buen control en la producción.
8. Conocer los daños provocados al medio ambiente por la producción de botellas con agua pura.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran variedad de pequeñas empresas que se dedican al embotellado de agua pura. Es un problema evidente, que desde el inicio, hasta la comercialización del producto, el proceso se ha realizado de una manera empírica, lo que genera dificultades de control, el cual es necesario para el adecuado funcionamiento de toda empresa.

El trabajo eficiente produce que una empresa salga a flote en su economía. Con base en las exigencias y competencias que existen en el mercado, es importante tener toda la maquinaria en buenas condiciones, a fin de lograr un alto nivel de eficiencia y productividad.

El trabajo de embotellado de agua pura se realiza acorde con la demanda de los clientes, situación en la cual se debe tener un buen desempeño en la producción, evitando retrasos y costos innecesarios para la empresa, debido a un mal funcionamiento. Por lo tanto, es de vital importancia crear y establecer las condiciones necesarias para poder realizar un control sobre el mantenimiento, cada cierto período de tiempo, manteniendo la maquinaria en óptimas condiciones, contribuyendo así, a lograr los objetivos organizacionales, que eviten tiempos perdidos por fallas.

También debe tomarse en cuenta el impacto ambiental que se tiene al producir botellas de agua pura, debido a que las botellas PET constituyen uno de los mayores contaminantes del ambiente y del agua que es la materia prima principal del proceso, objeto de estudio.

Hoy en día es imprescindible el uso de la maquinaria, por lo que el empleo de instrumentos que faciliten el modo de operar determinado proyecto ha provocado el crecimiento constante en la existencia de maquinarias. La utilización de herramienta adecuada trae como consecuencia, la disminución de productos defectuosos y el aumento en cantidad y calidad de la producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Historia de la empresa

La planta purificadora de agua y refrescos “La Corona”, se inicia con la inquietud de su propietario don Mario Roberto Morales Ortiz, a raíz de que en los años comprendidos de 1962 a 1968 estuvo funcionando una fábrica de helados propiedad del padre de don Mario Roberto, don Rufino Morales. Para ese entonces se veía un futuro muy prometedor para los productos envasados, se tomó la decisión de hacer funcionar dicha fábrica, pero ahora convertida en purificadora, perforando el pozo en el año 1998.

El nombre de la planta purificadora se decidió por medio de una votación dentro de los miembros de la familia, habiéndosele nombrado “La Corona”, debido que el nombre lo poseía un terreno propiedad de don Rufino, quién había fallecido un año antes de iniciar labores, y en honor a él y al nombre del terreno que tanto le gustaba y quería se nombró así.

De ahí en adelante vino el proceso de investigación para el funcionamiento y requerimientos para dicha planta, las gestiones se iniciaron en instituciones como el Ministerio de Salud Pública, y luego de abocarse a varias empresas y personas dedicadas a este trabajo, se consigue que una empresa hiciera las primeras máquinas para el funcionamiento de la planta.

Teniendo la licencia y los registros autorizados, se busca a las empresas que puedan proporcionar la materia prima para los diferentes procesos. La planta empieza a funcionar con normalidad a partir del 11 de abril del año 2005, quedando encargada de dicha planta la hija de don Mario Morales, la señora Ana Rebeca Morales. Desde esa fecha hasta la actualidad la planta ha funcionado con altibajos, debido a la falta de mantenimiento de las empresas que proporcionaron las máquinas, viéndose en la necesidad los encargados de la planta de hacer muchas veces dichos trabajos.

1.2 Descripción general de la planta

La planta purificadora de agua y refrescos “La Corona”, se encuentra ubicada en el km 167.5 ruta nacional 19 Jalapa-Jutiapa, estando a 1,362 metros sobre el nivel del mar.

El área disponible con el que cuenta es: área total: 4,789.27 m², área del proceso de purificación: 196.41 m², área del tanque de almacenamiento de agua cruda: 199.23 m², área de bodega de producto terminado: 164.29 m² y área verde: 80.80 m².

En dicha planta se trabaja en el embotellado de agua pura en presentación de botellas de 600 ml y garrafón (18.9 lts), como también en el embolsado de agua pura y refrescos de diversos sabores.

1.3 Conceptos fundamentales

A continuación se explicarán los temas más importantes que intervendrán dentro de este trabajo de graduación, los cuales ayudarán para una mejor comprensión de los temas tratados.

1.3.1 Eficiencia

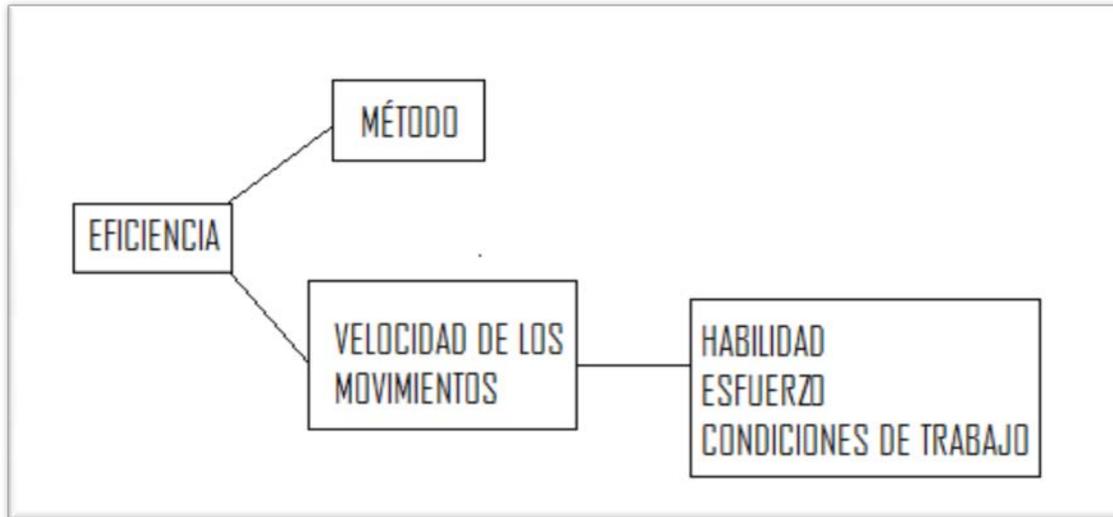
Definiciones

- Es la capacidad disponible en horas-hombre y horas-máquina para lograr la productividad se obtiene, según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente.
- Grado de rendimiento en que se realiza un trabajo con respecto a una norma preestablecida (tiempo tipo o estándar).
- Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.

Factores de Eficiencia

Un análisis de los factores relacionados con la eficiencia del trabajo lleva al siguiente esquema:

Figura I. Factores de eficiencia.



Fuente: Roberto García Criollo. Estudio del Trabajo.
Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Pág. 181.

Sin duda, la eficiencia depende en primer lugar, de los métodos de trabajo que se emplean. En segundo lugar, y a igualdad de métodos, la eficiencia es resultado de la velocidad de los movimientos que efectúe el trabajador. Para medir la velocidad de los movimientos del trabajador intervienen las técnicas de medición del trabajo.

Fórmulas para la medición de eficiencias:

- Porcentaje de eficiencia = $\left(\frac{\text{Capacidad Usada}}{\text{Capacidad Disponible}} \right) * 100$
- Eficiencia = $\left(\frac{\text{Utilidades}}{\text{Costos}} \right) * 100 > 1$

Para que un producto sea considerado eficiente, la relación (en porcentaje) entre utilidad y costo debe ser mayor que 1.

-
$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Recursos}}$$

1.3.2 Reacondicionamiento mecánico

Es un proceso de mantenimiento mediante el cual se aplica primero un mantenimiento correctivo planificado, en donde se procede a realizar la reparación y mantenimiento total del equipo cuando se dispone del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

Luego se procede a ejecutar un plan de seguimiento, que incluya el mantenimiento preventivo en el que se realicen inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación y calibración, que deben realizarse en forma periódica, con el fin de prever la fallas, manteniendo el equipo en óptimas condiciones.

1.4 Breve descripción del proceso de producción

En los siguientes incisos, se describirán las etapas y factores que intervienen en el proceso de embotellado de agua pura en la planta embotelladora “La Corona”.

1.4.1 Tratamiento de agua

De acuerdo con el origen del agua, así serán los procesos que se deben considerar para la planta purificadora de agua. Estos sistemas, por lo general se pueden clasificar en dos grandes grupos, los que requieren ósmosis inversa y los que no la requieren. Hay casos en donde el agua solo presenta una dureza alta y los sólidos totales se encuentran dentro de los límites aceptados y solo un suavizador es necesario. De acuerdo con las características del agua del pozo de la planta “La Corona”, los métodos que se aplican son los siguientes:

Proceso de purificación o cloración: el agua se almacenará en el tanque de concreto, la que será clorada con hipoclorito de sodio al 5% en el momento que se bombea del pozo a dicho tanque. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. No se necesita añadir mucho cloro, una concentración de 0.5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar virus, después de un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos. La concentración de cloro es verificada mediante el método de Ortolidina.

Proceso por filtración de carbón: el agua pasa a columnas con carbón activado. El carbón activado ha sido seleccionado considerando las características fisicoquímicas del agua, obteniendo eficiencia en la eliminación de cloro, sabores y olores característicos del agua de pozo, así como una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos categorizados como productos químicos dañinos de origen moderno, tales como: pesticidas, herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorinados, aunque en el caso del agua de este pozo, es muy poco probable encontrar dichos contaminantes.

Filtros de sedimentos: la función de este filtro es detener las impurezas grandes (sólidos hasta 30 micras), que contiene el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle lo turbio al agua. Estos filtros se regeneran periódicamente, dándoles un retrolavado a presión, para ir desalojando las impurezas retenidas al momento de estar filtrando.

Filtro pulidor: la función de este filtro es detener las impurezas pequeñas (sólidos hasta 5 micras). Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA). Después de este paso se puede tener un agua cristalina. Según especificaciones, dicho filtro contiene un elemento filtrante de 1 micrón.

Filtro para remoción de hierro: debido a que el análisis de contenido de hierro muestra valores muy altos, es necesario la instalación de un filtro de remoción de hierro antes de la etapa UV (ultravioleta).

Luz ultravioleta: este tratamiento funciona como un germicida, ya que anula la vida de las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que viene en el agua, mediante la luz ultravioleta. Los microorganismos no pueden proliferar ya que mueren al contacto con la luz y el agua al salir de la tubería del rayo ultravioleta se encuentra libre de gérmenes vivos.

Almacenamiento: el agua ya purificada se almacena en dos tanques de acero inoxidable previo a su envasado final, ya sea en botellas PET (polietileno tereftalato) o en garrafón.

1.4.2 Insumos

El insumo es un bien consumible utilizado en el proceso productivo de otro bien. Este término equivale en ocasiones al de materia prima. Los insumos usualmente son denominados: factores de producción, o recursos productivos.

Entre los insumos necesarios para la producción de agua pura en botellas de 600 ml. se tienen:

Materias primas: envase PET (polietileno tereftalato) de 600 ml etiquetado, tapa rosca, agua purificada, termoencogible.

Mano de obra: se cuenta con un total de 6 personas que laboran dentro de la empresa.

Energía: se trabaja con un voltaje de 110/220 voltios, proporcionada por el servicio eléctrico, y también se cuenta con una planta generadora eléctrica en caso de emergencia

Máquina llenadora: Se posee una máquina llenadora con capacidad de llenar 8 botellas al mismo tiempo, semi-automática.

1.4.3 Producción

La empresa se encarga de producir refrescos y agua pura, en diversas presentaciones tales como: botellas con agua en presentación de 600 ml, garrafones con agua de 18.9 lts; y bolsas con agua, así como la presentación de refrescos en bolsa en varios sabores (naranja, uva, mandarina).

Estos, luego de su producción son distribuidos en diferentes rutas programadas para poderlos llevar a los puntos de venta, para que luego sean vendidos al consumidor final.

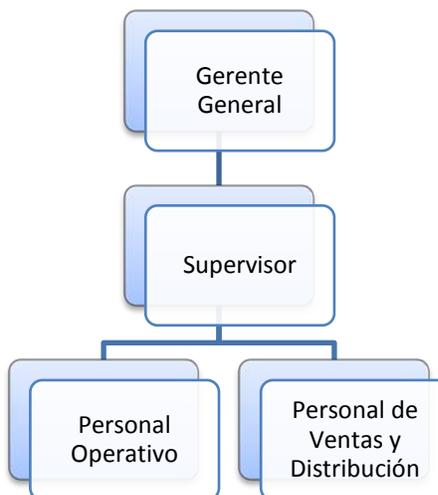
1.4.4 Área de bodega de producto terminado

La planta cuenta con una bodega de producto terminado, la cual posee 164.29 m², y que está dividida, para almacenar cada producto por separado, los cuales son: garrafones de agua pura, botellas de agua pura y bolsas de agua pura y refrescos.

1.5 Recurso humano

La planta purificadora, cuenta con personal capacitado, véase el siguiente organigrama:

Figura 2. **Organigrama**



Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

Descripción de los puestos

- **Gerente General:** es la persona encargada de que la empresa marche hacia adelante, dirigiéndola para que sea competente en el mercado.
- **Supervisor:** es la persona encargada de supervisar al personal operativo y de ventas, con el fin de que se pueda tener un buen manejo de personal y una buena coordinación dentro de la empresa.
- **Personal Operativo:** es el encargado de llevar a cabo la producción dentro de la planta.
- **Personal de Ventas y Distribución:** es el personal que se encarga de distribuir el producto a los distintos puntos de venta, para que pueda llegar al cliente.

1.6 Máquina llenadora

El objetivo de esta máquina es llenar botellas PET (polietileno tereftalato) de 600 ml con agua purificada, para luego proceder a su venta en el mercado local. La máquina llenadora es alimentada por una banda transportadora, que le suministra botellas PET (polietileno tereftalato) y que cuenta con un cilindro de simple efecto (neumático), el cual se encarga de detener el avance de los envases.

Cuando los envases están en posición, la torre de boquillas desciende sobre las botellas, hasta una determinada altura, entonces el interruptor de alimentación activa la bomba diafragma, la que eleva la presión impulsando el fluido al interior de las botellas. El tiempo de duración del ciclo se controla manualmente por medio de un interruptor que activa el funcionamiento de la máquina llenadora.

Una vez concluido el proceso de llenado, la torre de boquillas sube a su posición inicial por medio de un cilindro neumático y se reanuda el movimiento de la banda transportadora, luego las botellas llenas con agua pasan al proceso de taponado, en donde el operador sella las botellas manualmente.

La máquina llenadora cuenta con un sistema de recirculación, que realiza la función de devolver al tanque de llenado el agua purificada que sobra, cuando una botella llega a su límite de capacidad.

Finalmente, cabe mencionar que la energía que se utiliza para el funcionamiento de la máquina llenadora es de 220 voltios, y para controlar los movimientos mecánicos de los sistemas se usa aire comprimido, a partir de un compresor.

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL EN LA MÁQUINA LLENADORA

2.1 Condiciones de operación

Las condiciones de operación de la máquina llenadora no son las mejores, ya que su funcionamiento es ineficiente y no trabaja a su capacidad total, por otro lado, se tiene poca información sobre las especificaciones de cada uno de sus componentes, lo cual trae problemas para su mantenimiento.

2.1.1 Sistema mecánico

Un sistema mecánico es un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, que permiten producir, transmitir, regular o modificar movimiento. Cada operador cumple una función específica dentro del sistema. Este sistema en la máquina llenadora, posee componentes, los cuales son todos aquellos elementos que relacionados forman un sistema mecánico y que veremos en detalle a continuación:

Lubricación: se encuentra en mal estado, especialmente en los lugares con mayor funcionamiento, debido a que no se realizan cambios continuos.

Reductor de velocidad: se encuentra funcionando apropiadamente.

Banda transportadora: se observa una mala lubricación y falta de mantenimiento, lo que evita un buen funcionamiento.

Torre de llenado: es un sistema mecánico, que tiene como función subir y bajar los pistones de llenado de agua pura, para que se puedan accionar en el preciso momento. Este sistema tiene un bajo nivel de lubricación, lo que ocasiona un funcionamiento lento y forzado.

Material de construcción de la máquina llenadora: esta maquinaria posee acero al carbono en partes exteriores y acero inoxidable, en las partes que tienen contacto directo con el agua.

2.1.2 Sistema neumático

En la actualidad, la necesidad de automatizar la producción no afecta únicamente a las grandes empresas, también a la pequeña industria. La fuerza neumática puede realizar muchas funciones mejor y más rápidamente, de forma más regular y sobre todo durante más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga. El costo del aire comprimido es relativamente económico frente a las ventajas y la productividad que representa,

El uso de componentes neumáticos, ofrece una de las soluciones más sencillas y rentables, dada su adaptabilidad a un amplio número de industrias. A continuación, se conocerá con detalle las condiciones en que se encuentran los componentes neumáticos, utilizados en la máquina llenadora de botellas:

Cilindro de doble efecto: su funcionamiento es ineficiente, ya que posee fugas de aire, esto debido a la falta de mantenimiento

Cilindro de simple efecto: presenta un deterioro total por falta de mantenimiento

Electroválvula: su funcionamiento es continuo.

Unidad de mantenimiento neumático: cumple con la función de filtrar y lubricar el aire, su funcionamiento es ineficiente, presenta un deterioro parcial, por falta de mantenimiento.

Mangueras: no poseen fugas, se encuentran en buenas condiciones.

2.1.3 Sistema eléctrico

Un sistema eléctrico está compuesto por elementos, líneas e instalaciones, que en conjunto, forman el sistema de transporte de energía, y que también transforman la energía eléctrica en mecánica, está es muy utilizada en pequeñas y grandes industrias, para el funcionamiento adecuado de maquinarias, logrando así ser más eficientes.

Se posee un voltaje 110/220 v, la cual es proporcionada por el servicio municipal eléctrico, teniendo una planta generadora de electricidad para ser usada en casos de emergencia, como medida precautoria.

A continuación se conocerá los componentes eléctricos, que posee la máquina llenadora:

Motor monofásico 1

Este motor se encuentra en funcionamiento, ya que este le proporciona movimiento a la banda transportadora de la sección 1, que es donde se llenan las botellas con agua pura.

Motor monofásico 2

Este motor se encuentra varado, ya que está desconectado. Es el que debiera proporcionar movimiento a la banda transportadora de la sección 2, que es la banda que transporta las botellas llenas.

Bomba de agua

Se encuentra funcionando de manera adecuada, proporcionando una fuerza de empuje para que el agua pura, pueda subir al tanque de almacenamiento de la máquina llenadora.

Interruptores

Un interruptor eléctrico es utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

2.2 Condiciones de mantenimiento

La empresa en la actualidad no posee ningún plan de mantenimiento, por lo tanto no se tiene ningún documento que respalde la maquinaria en su buen funcionamiento, por lo que se deduce porque se le ha aplicado a la maquinaria un mantenimiento correctivo, lo cual causa pérdidas innecesarias de dinero y tiempos muertos, contribuyendo así a un deficiente rendimiento en la producción de botella con agua de 600 ml.

2.3 Estudio de mercado

La realización de un estudio de mercado proporcionará información sobre los clientes, la competencia, las prácticas habituales de trabajo en el sector, etc. Estos datos le serán de mucha utilidad a la empresa, para evitar caer en los errores propios de la inexperiencia.

Entre las distintas formas de recopilar información de interés, se pueden citar Internet, prensa y publicaciones especializadas, organismos oficiales, asociaciones de empresarios, cámaras de comercio, encuestas, etc.

2.3.1 Análisis

Para realizar el análisis del estudio de mercado, se conoce la cantidad promedio de clientes que se atienden actualmente, por lo que se aplicará la siguiente fórmula para saber el número necesario a encuestar, a fin de tener una muestra confiable.

$$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 p q}$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra.
- Z valor crítico que depende del nivel de confianza elegido.
- p probabilidad de éxito, o proporción esperada.
- q $1 - p$, probabilidad de fracaso.
- N es el tamaño de la población.
- E es la precisión o el error.

Para un nivel de confianza de 95%, el valor de Z encontrado en la tabla de la distribución normal, es 1.96.

Cuando los valores de “p” y de “q” no se conozcan, es conveniente considerar el caso más crítico, es decir, aquel que produce el máximo tamaño de la muestra, lo cual ocurre para $p = 50\%$ y $q = 50\%$

Con un error de 5% y con una población de 400 clientes, se tiene:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(400)}{(400)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{384.16}{1.9604}$$

$n = 195.96 = 196$, el tamaño de la muestra

Figura 3. Encuesta

ENCUESTA

Instrucciones: En las siguientes preguntas de selección múltiple, favor de marcar con una X la respuesta que usted seleccione.

1. Sexo

Masculino Femenino

2. Edad

18 – 30 31 – 40 41 – 50 mayor de 50

3. ¿Conoce la marca de agua pura "La Corona"?

SI NO

4. ¿Qué es lo que busca cuando compra botellas de agua pura?

Calidad Precio Imagen Nada

5. ¿Qué tipo de presentación de agua pura vende más?

Bolsita Botella

6. ¿Qué marcas de agua pura vende en presentación de botellas?

Salvavidas La Corona Aqua Naiss Otras

7. ¿Qué cantidad de botellas con agua pura vende en la semana?

0 – 10 11 – 15 16- 20 más de 20

8. ¿Con que frecuencia le visitan nuestros vendedores la visitan?

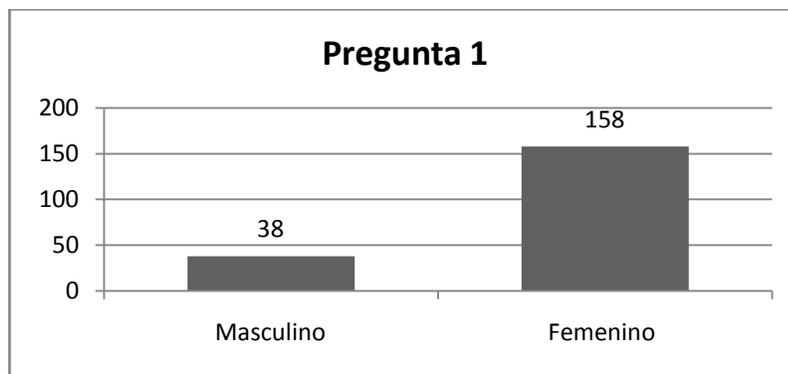
1 vez al mes 2 veces al mes 3 veces al mes 4 veces al mes

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

2.3.2 Gráficos

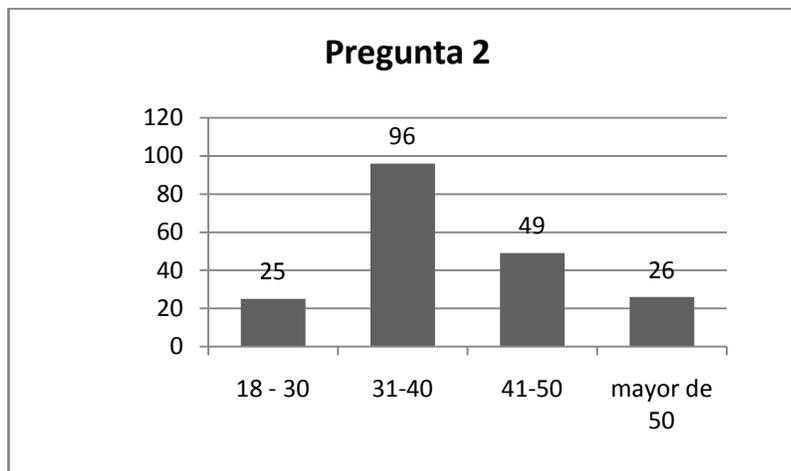
Pregunta 1: Sexo de las personas encuestadas.

Masculino	Femenino
38	158



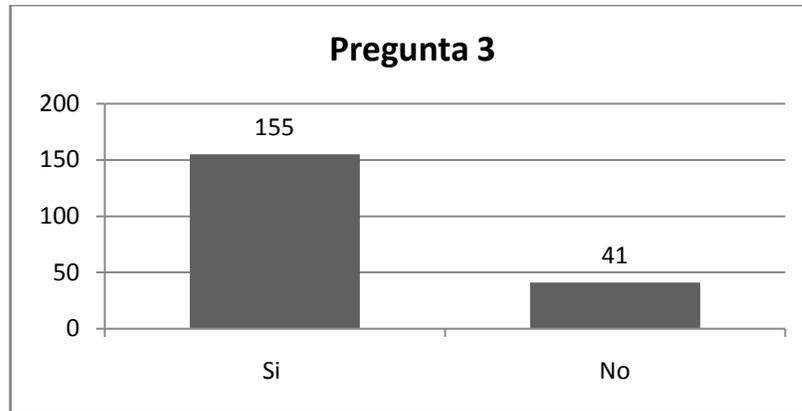
Pregunta 2: Edad

18 - 30	31-40	41-50	mayor de 50
25	96	49	26



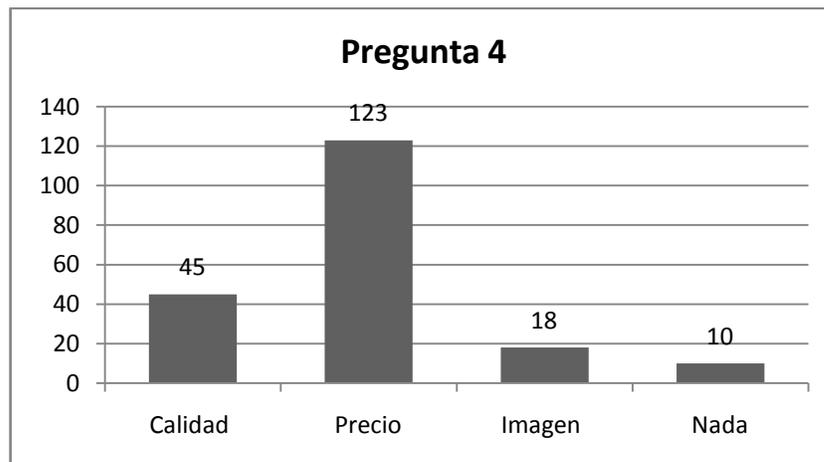
Pregunta 3: ¿Conoce la marca de agua pura “La Corona”?

Si	No
155	41



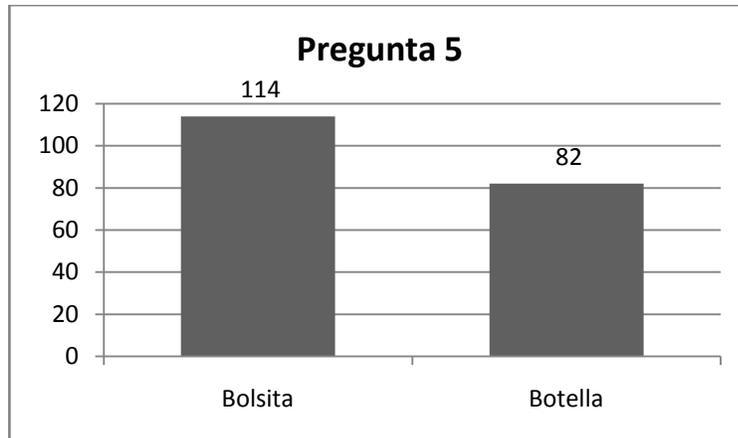
Pregunta 4: ¿Qué es lo que busca cuando compra botellas de agua pura?

Calidad	Precio	Imagen	Nada
45	123	18	10



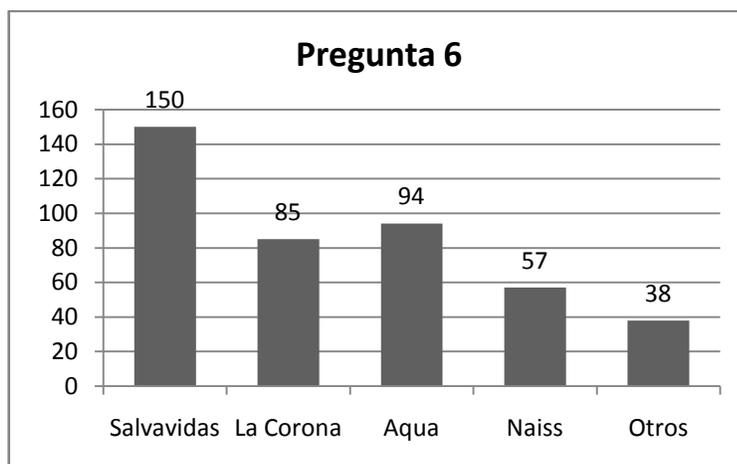
Pregunta 5: ¿Qué tipo de presentación de agua pura vende más?

Bolsita	Botella
114	82



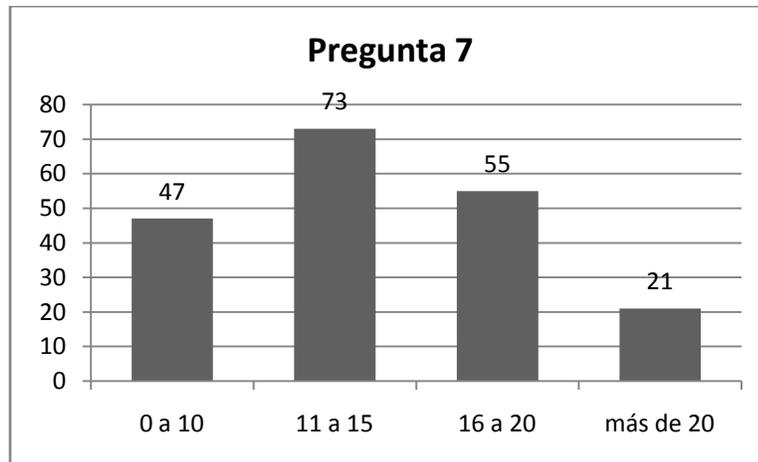
Pregunta 6: ¿Qué marcas de agua pura vende en presentación de botellas?

Salvavidas	La Corona	Aqua	Naiss	Otros
150	85	94	57	38



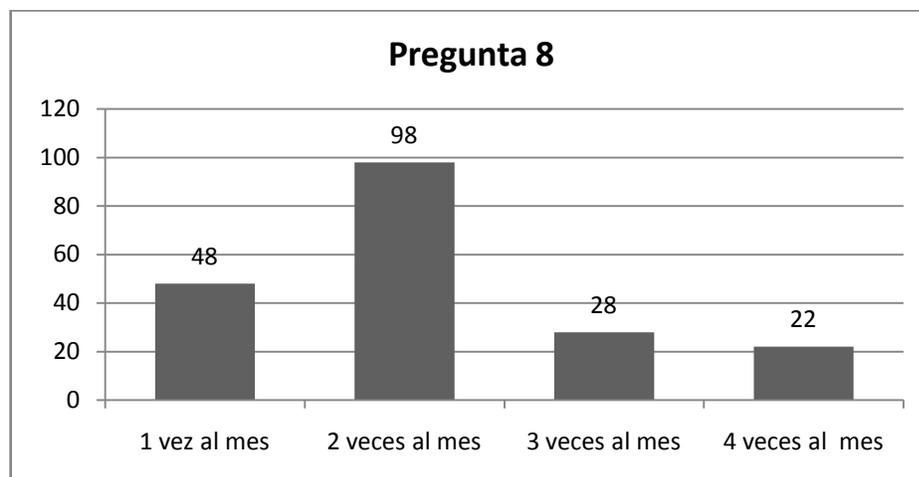
Pregunta 7: ¿Qué cantidad de botellas con agua pura vende en la semana?

0 a 10	11 a 15	16 a 20	más de 20
47	73	55	21



Pregunta 8: ¿Con qué frecuencia le visitan nuestros vendedores?

1 vez al mes	2 veces al mes	3 veces al mes	4 veces al mes
48	98	28	22



2.3.3 Resultados

Al realizar este estudio se pudo obtener información, con respecto al mercado en el que se trabaja actualmente. A continuación se presenta la interpretación de los resultados:

Pregunta 1: la mayoría de personas encuestadas fueron mujeres, ya que son las que se dedican a atender las tiendas en los barrios, aldeas, y municipios de Jalapa, pues los hombres se dedican a diversas actividades.

Pregunta 2: la edad de las personas que atienden estos negocios oscila entre los 31 y los 40 años, ya que a esta edad, la mayoría de personas necesita un mayor ingreso familiar, por diversos motivos.

Pregunta 3: la mayoría de personas encuestadas conoce la marca, lo que permite a la empresa seguir creciendo en el mercado posicionándose de una mejor manera, haciéndose más competitiva.

Pregunta 4: dado que la situación económica de las personas es difícil, la mayoría prefiere comprar las botellas de agua pura más barata, dándole poca importancia a la calidad, a la presentación y a otros aspectos.

Pregunta 5: en las tiendas encuestadas, las bolsitas con agua pura predominan en las ventas, ya que estas son de bajo costo, aunque generan menos utilidad que una botella con agua pura.

Pregunta 6: la competencia dentro del mercado de botellas de agua pura es fuerte, ya que existen diversas empresas dedicadas a esta producción, algunas de las cuales poseen un reconocido prestigio, que hace que las personas las prefieran.

Pregunta 7: se pudo conocer que las personas promedian ventas de 11 a 20 botellas por semana, esto debido que la bolsita de agua posee mayor presencia dentro de los consumidores.

Pregunta 8: los vendedores de embotelladora La Corona, visitan a los clientes en promedio de dos veces por semana. Debido al poco personal con que se cuenta no da tiempo de cubrir las rutas establecidas, lo que hace que se pierda el mercado ya ganado por la marca, en la venta de botellas de agua pura.

2.4 Análisis del ritmo de producción

El ritmo de producción da a conocer la velocidad con que se está trabajando la producción, ya que esto determina la capacidad que se puede llegar a producir en un determinado tiempo. A continuación se muestra la capacidad real con la que trabaja la máquina llenadora y la capacidad teórica.

2.4.1 Capacidad de llenado

En la actualidad la máquina llenadora, llena 10 botellas de agua de 600 ml. a la vez, de las cuales no todas se llenan al mismo ritmo, unas botellas tardan más que otras, lo que es ocasionado por una mala calibración, obteniendo así un bajo nivel de eficiencia.

Para conocer el tiempo de llenado de botella, se tomó el tiempo que se emplea para posicionar las botellas manualmente y el tiempo que toma llenar las botellas con agua pura, ya que dependiendo de la velocidad de posicionado, así se accionará la máquina llenadora.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tiempo de llenado = 13.9 segundos en 10 botellas

Tiempo de colocación de botellas = 14.7 segundos en 10 botellas

Tiempo total por cada 10 botellas: 13.9 seg + 14.7 seg.= 28.6 segundos.

Capacidad de llenado real = 20.97 botellas/minuto

= **21 botellas/minuto**

2.4.2 Capacidad de llenado teórica

La máquina llenadora tiene la capacidad de llenar 12 botellas de agua con 600 ml, cada vez que se utiliza, pero por desperfectos mecánicos, y mala calibración no suele utilizarse al máximo, ya que es una máquina fabricada en Guatemala y por la falta de manuales para conocer su verdadera velocidad de llenado, se utiliza el tiempo de la válvula mejor calibrada de la torre de llenado, para tomar un patrón de tiempo eficiente, que servirá para calibrar a las demás válvulas de llenado.

Para conocer el tiempo teórico de colocación de la botella, en la máquina llenadora se realizó un estudio de movimientos, en el que se utilizaron los operarios más eficientes en esta operación, ya que esta etapa se realiza manualmente.

A continuación se muestran los tiempos teóricos de la operación:

Llenado de 12 botellas llenas de 600 ml = 8.26 seg.

Colocación de botellas = 10.7 seg.

Tiempo total por cada 12 botellas = 18.96 seg.

Capacidad de llenado teórico por minuto = **38 botellas/minuto**

2.4.3 Impacto de los paros de producción

El impacto de los paros innecesarios en la producción se aprecia en el hecho de que se mantiene la maquinaria encendida sin funcionamiento y se utiliza más tiempo para producir, todo lo cual perjudica la programación provocando mayores gastos a la administración de la empresa. Estos paros se deben a:

- Trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o especificaciones del producto
- Tiempo improductivo imputable al trabajador (demoras personales, retrasos inevitables, fatiga)
- Tiempo improductivo por deficiencias de la dirección (retrasos de materia prima)
- Tiempo suplementario debido a métodos ineficaces de producción (mal estudio de métodos, mala distribución de maquinaria)
- Mal funcionamiento de la máquina
- Realización de movimientos innecesarios, en la colocación de botellas

2.5 Estudio de costos por unidad producida

La determinación de costos es una parte importante para lograr el éxito en cualquier negocio. Con ello se puede conocer a tiempo si el precio al que se vende lo que se produce permite lograr la obtención de beneficios esperado, luego de cubrir todos los costos de funcionamiento de la empresa. Los costos interesan cuando están relacionados directamente con la productividad de la empresa, es decir, interesa particularmente el análisis de las relaciones entre los costos, los volúmenes de producción y las utilidades.

2.5.1 Costo por falta de aprovechamiento

No aprovechar al máximo el funcionamiento de la máquina llenadora, trae consigo un costo relativamente insignificante a simple vista, pero con el paso del tiempo, acumula una pérdida hacia la empresa.

Se puede mencionar que actualmente se llenan 10 botellas de agua pura cada vez que se activa la máquina llenadora, dejando dos válvulas de llenado sin utilizar, debido a desperfectos por falta de mantenimiento. Dichas válvulas podrán utilizarse cuando se les aplique un reacondicionamiento mecánico y logren así ser más productivas durante el proceso de embotellado.

2.5.2 Costo de mano de obra directa

Este costo es el que interviene directamente en la transformación o elaboración de la materia prima, sin cuya aplicación no podemos hacer el producto. La forma como se maneja dentro de la empresa es mediante un pago único, que corresponde al salario mínimo, el cual es de Q. 1,680.00.

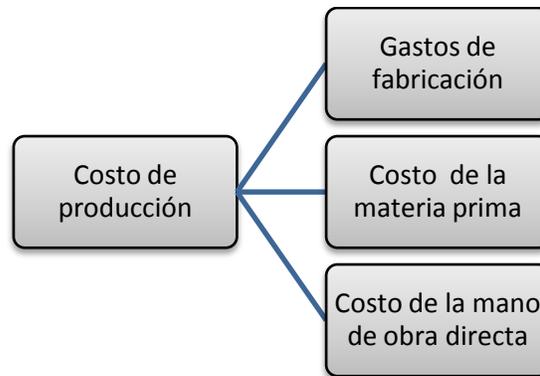
2.5.3 Costo por unidad producida

Es el valor que la empresa debe invertir para producir una botella de agua pura, acá intervienen los costos directos de la producción, como lo son: gastos de fabricación, costo de la materia prima y costo de la mano de obra directa. A continuación se muestran los factores que intervienen en este costo:

- **Gastos de fabricación:** agrupa las erogaciones necesarias para lograr esa transformación, tales como: espacio físico, herramientas y equipo de planta.
- **Costo de la materia prima:** los materiales constituyen un gran porcentaje del costo total de cada producto. En consecuencia, su selección y uso apropiado es de suma importancia. Una selección adecuada del material da al cliente un producto terminado más satisfactorio, reduce el costo de la pieza acabada y contrae los costos por desperdicio, lo que permite vender el producto a un precio menor.

- **Costo de la mano de obra directa:** se refiere a la inversión que se hace en el esfuerzo humano, siendo indispensable para transformar la materia prima.

Figura 4. **Factores del costo de producción.**



Fuente: Libro de Contabilidad de Costos.

En la siguiente tabla, se dan a conocer los costos de producción de una botella de agua pura, según los elementos que la componen:

Tabla I. **Factores del costo de producción.**

	Costo por Unidad
Botella	Q. 0.50
Agua pura	Q. 0.31
Tapón	Q. 0.15
Gastos de fabricación	Q. 0.30
Costo de mano de obra	Q. 0.32
Costo Total	Q. 1.58/unidad

Fuente: Embotelladora La Corona.

2.6 Evaluación de eficiencias

Conocer las eficiencias del proceso de llenado de botellas de agua, permite obtener información vital para la empresa, como por ejemplo, saber si se están utilizando de manera adecuada la maquinaria, el recurso humano y los insumos, y si se están cumpliendo con los requerimientos necesarios de producción.

Para esta evaluación se utiliza la fórmula de eficiencia que a continuación se muestra.

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = \left(\frac{\text{Capacidad Usada}}{\text{Capacidad Disponible}} \right) * 100$$

2.6.1 Máquina

Conociendo las capacidades de llenado tanto teóricas como las actuales se pueden calcular la eficiencia que la máquina brinda, basándose únicamente en la etapa de llenado, ya que acá es donde interviene la máquina llenadora en el proceso, porque las demás etapas se realizan manualmente.

En la siguiente tabla se muestra los tiempos real y teórico del proceso de llenado.

Tabla II. **Tiempos en la etapa de llenado**

	Tiempo (seg)	Velocidad llenado
REAL (10 botellas)	13.9	0.71 bot / seg
TEORICO (12 botellas)	8.26	1.45 bot / seg.

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.71 \text{ bot/seg}}{1.45 \text{ bot/seg}} * 100 = 48.96 \%$$

Eficiencia de la máquina = 48.96 %

2.6.2 **Mano de obra directa**

En la eficiencia de la mano de obra directa, se manejan las etapas del proceso de embotellado que son: posicionado de las botellas en la máquina llenadora, taponado de las botellas llenas y traslado de las mismas, lo cual se realiza de forma manual.

En las siguientes tablas se realizan los cálculos pertinentes para conocer las eficiencias de las distintas etapas del proceso, tomando como tiempos reales, los tiempos que actualmente se emplean para realizar dichas actividades. Los tiempos teóricos se obtienen de la aplicación de nuevos métodos de trabajo.

- Eficiencia en el posicionado de botellas en la máquina llenadora

Tabla III. **Tiempos en la etapa de posicionado de botellas**

	Tiempo (seg)	Posicionado de botellas
REAL (10 botellas)	14.61	0.68 bot / seg
TEORICO (12 botellas)	10.7	0.93 bot / seg.

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{0.68 \text{ bot/seg}}{0.93 \text{ bot/seg}} \right) * 100 = 73.11\%$$

Eficiencia en posicionado de botella = 73.11 %

- Eficiencia en el taponado de la botellas con agua

Tabla IV. **Tiempos en la etapa de taponado de botellas**

	Tiempo (seg)	Taponado de botellas
REAL (10 botellas)	27.59	0.36 bot / seg
TEORICO (12 botellas)	23.6	0.51 bot / seg.

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{0.36 \text{ bot/seg}}{0.51 \text{ bot/seg}} \right) * 100 = 70.5 \%$$

Eficiencia en taponado de botella = 70.5 %

- Eficiencia en el traslado de botellas con agua

Tabla V. **Tiempos en la etapa de traslado de botellas**

	Tiempo (seg)	Traslado de botellas
REAL (10 botellas)	43.86	0.23 bot / seg
TEORICO (12 botellas)	38.14	0.31 bot / seg.

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{0.23 \text{ bot/seg}}{0.31 \text{ bot/seg}} \right) * 100 = 74.2\%$$

Eficiencia en el traslado de botella = 74.2 %

Los tiempos teóricos que acá aparecen, fueron estimados asumiendo mejoras en el método de trabajo y en el estudio de movimientos, tomando como referencia 12 botellas en cada etapa del proceso, que es la capacidad de llenado que posee la máquina llenadora.

2.6.3 Insumos

La eficiencia de los insumos corresponde al verdadero aprovechamiento que se tenga, lo que podemos describir por medio de la calidad que se utilizan dentro de la producción de embotellado, los cuales se adaptan al estándar establecido dentro de la empresa para el proceso, manera en la cual da confiabilidad de que tengan productos competitivos dentro del mercado.

2.6.4 Producción

Por ser la empresa objeto de estudio, una pequeña empresa en crecimiento dentro del mercado, no ha llegado al nivel máximo de producción, por lo cual cumple a tiempo siempre con lo planeado, lo que significa que es eficiente, dado que se basa en las rutas que cubrirá durante la siguiente semana, para estimar y programar la producción de botellas con agua pura.

La base que se toma para la producción, son las ventas que se han tenido en períodos pasados de cada una de las rutas establecidas.

2.7 Estudio de tiempos de la máquina

Esta técnica de organización sirve para calcular el tiempo que se necesita para realizar una tarea determinada, siguiendo un método preestablecido, aplicando el método de vuelta a cero que consiste en poner a cero el cronómetro al final de cada elemento y tan pronto como el tiempo transcurrido se haya registrado, nuevamente se realiza el proceso, hasta obtener una cantidad de tiempo según lo requiera el estudio a realizar.

El conocimiento del tiempo que se necesita para la ejecución de un trabajo es tan necesario en la industria, como lo es para el hombre en su vida social. De la misma manera, la empresa, para ser eficiente y productiva, necesita conocer los tiempos que permitan resolver problemas relacionados con los procesos de fabricación.

- **Cuando hacer un estudio de tiempos**

- Se va a ejecutar una nueva operación
- Se presentan quejas de los trabajadores
- Hay demoras causadas por operaciones lentas
- Se desea fijar un sistema de incentivos
- Existe un bajo rendimiento o tiempos excesivos muertos de las máquinas

- **Pasos básicos para el estudio de tiempos**

Preparación

- Selección del personal que realizara el estudio
- Selección del trabajador al cual se le evaluará
- Análisis frente al trabajador

Ejecución

- Obtener y registrar la información
- Descomponer las tareas en elementos
- Cronometrar
- Cálculo del tiempo observado

Valorización

- Ritmo normal del trabajo promedio
- Técnicas de valorización
- Cálculo del tiempo base

Suplementos de descanso

- Análisis de demoras
- Estudio de fatiga
- Cálculos de suplementos de descanso y tolerancias

Tiempo estándar

- Error del tiempo estándar
- Cálculo de la frecuencia de los elementos
- Determinación de tiempos de interferencia
- Cálculo del tiempo estándar

- **Preparación del estudio de tiempos**

A continuación se muestran diversos criterios que se deben tomar en cuenta para poder llevar a cabo el estudio de tiempos.

Selección de la operación

- El orden de las operaciones según se presente en el proceso
- La posibilidad de ahorro con relación al costo actual
$$\text{Operación} = (\text{actividad actual}) * (\text{t de operario}) * (\text{salario})$$
- Según una necesidad específica

Selección del operador

- Habilidad
- Deseos de cooperar
- Temperamento
- Experiencia

Análisis de comprobación del método

- Se fija en una forma escritura
- Una norma de método de trabajo para que sea cronometrada

Ejecución y obtención de información con base al operador

- Que permita identificar el estudio
- Que permita conocer el proceso, el método, la instalación o la máquina en que se realiza el estudio
- Que permita identificar la operación
- Que permita identificar la duración del estudio

Descomposición en elementos

- **Relación del ciclo:** conocer si la actividad a estudiar tiene un comportamiento regular, irregular o extraño
- **Relación ejecutante:** si el proceso a estudiar se realiza manualmente o con máquinas
- **Relación con el tiempo:** se debe identificar los tiempos del proceso y saber si son constantes (automáticas) o si son variables (con avances manuales), con el fin de determinar el desglose de las actividades a estudiar

Reglas para seleccionar los elementos

- Fácil identificación, con inicio y fin
- Debe de ser todo lo breve posible con un tiempo mínimo
- Separar los elementos manuales de las máquinas

Clases de elementos

- Reguladores o repetitivos
- Casuales o irregulares

- **Método de calificación por nivelación**

Al evaluar la actuación del operador se consideran cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. La habilidad se define como el aprovechamiento al seguir un método dado. La aplicación de estos factores deberá establecerse claramente y puede variar de empresa a empresa, de trabajo a trabajo y de operación a operación.

El observador debe evaluar y calificar la habilidad desplegada por el operador, dentro de una de las siguientes seis clases: habilísimo, excelente, bueno, medio, regular y malo. El esfuerzo se define como una demostración de la voluntad, para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y puede ser controlada en un alto grado por el operador.

El analista debe ser muy cuidadoso de calificar sólo el esfuerzo real demostrado. Puede darse el caso que un operador aplique un esfuerzo mal dirigido durante un período largo, a fin de aumentar también el tiempo del ciclo, y sin embargo, obtener un factor de calificación bueno.

Las condiciones de trabajo son aquellas circunstancias que afectan solo al operador y no a la operación. Los elementos que pueden afectar las condiciones de trabajo incluyen temperatura, ventilación, alumbrado, ruido, etc. Aquellas condiciones que afectan la operación, tales como las herramientas o materiales en malas condiciones no se toman en cuenta, para la calificación de la actuación, porque no afectan directamente al operador en este tipo de evaluación.

La consistencia es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador.

A continuación se muestra la valoración de la actuación, para poder calificar a los operarios con base en la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, información útil para el estudio de tiempos.

Tabla VI. **Calificación de la actuación.**

HABILIDAD			ESFUERZO		
A	Habilísimo	+0.15	A	Habilísimo	+0.15
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05
B	Media	0.00	B	Media	0.00
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05

Fuente: García Criollo Roberto, Libro Estudio del Trabajo, 2da edición.

- **Suplementos de descanso**

Hay tres clases de interrupciones que se presentan ocasionalmente, las que hay que compensar con tiempo adicional, y que se describen a continuación:

Asignables al trabajador: los suplementos asignables al trabajador se dan cuando éste no tiene la habilidad o esfuerzo necesarios para desarrollar una actividad, y por lo cual no la desarrolla a un ritmo normal. También suceden cuando el trabajador no aprovecha el tiempo disponible de la jornada de trabajo debido a los tiempos improductivos ocasionados por las interrupciones personales, como idas al servicio sanitario o a tomar agua.

Asignables al trabajo estudiado: estos suplementos están relacionados con las características del método y tipo de trabajo, como por ejemplo la fatiga, con lo cual el trabajador no se desempeña al ritmo normal, aún cuando se efectúen trabajos de tipo más ligero.

No asignables al método ni al trabajador: estos suplementos son asignables debido a los retrasos inevitables, tales como la ruptura de herramientas, interrupciones del supervisor o para recibir información. Además se pueden presentar por las interrupciones del proceso productivo, como la falta de material, energía eléctrica, etc.

- **Suplementos que pueden concederse**

Los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos son:

- Suplementos por retrasos personales
- Suplementos por retrasos por fatiga (descanso)
- Suplementos por retrasos especiales, que incluye: demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes, demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión, y demoras causadas por elementos extraños inevitables

- **Cantidad variable del suplemento**

Los factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable son:

- Trabajo de pie
- Postura anormal
- Levantamiento de pesos o uso de fuerza
- Intensidad de la luz
- Calidad de aire
- Tensión visual
- Tensión auditiva
- Tensión mental
- Monotonía mental
- Monotonía física

A continuación se muestra la tabla para la calificación del sistema de suplementos por descanso, para el cálculo de los tiempos normales.

Tabla VII. **Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.**

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales		5	7				
B. Suplemento base por fatiga		4	4				
2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	4			45
B. Suplemento por postura anormal				2			100
Ligeramente incómoda		0	1				
incómoda (inclinado)		2	3				
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7				
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)							
Peso levantado [kg]							
2,5		0	1				
5		1	2				
10		3	4				
25		9	20				
35,5		22	máx				
D. Mala iluminación							
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0				
Bastante por debajo		2	2				
Absolutamente insuficiente		5	5				
E. Condiciones atmosféricas							
Índice de enfriamiento Kata							
16			0				
8			10				
				F. Concentración intensa			
				Trabajos de cierta precisión	0	0	
				Trabajos precisos o fatigosos	2	2	
				Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5	
				G. Ruido			
				Continuo	0	0	
				Intermitente y fuerte	2	2	
				Intermitente y muy fuerte	5	5	
				Estridente y fuerte			
				H. Tensión mental			
				Proceso bastante complejo	1	1	
				Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4	
				Muy complejo	8	8	
				I. Monotonía			
				Trabajo algo monótono	0	0	
				Trabajo bastante monótono	1	1	
				Trabajo muy monótono	4	4	
				J. Tedio			
				Trabajo algo aburrido	0	0	
				Trabajo bastante aburrido	2	1	
				Trabajo muy aburrido	5	2	

Fuente: García Criollo Roberto, Libro Estudio del Trabajo, 2da edición.

- **Ciclos a cronometrar**

Para conocer el número de ciclos a cronometrar, se basa en el criterio de General Electric, que indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo, aplicando el método de cronometración regreso a cero.

Tabla VIII. **Número de ciclos a observar, criterio General Electric.**

Tiempo de Ciclo (min)	Numero de Ciclos que Cronometrar
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
Más de 40.00	3

Fuente: García Criollo Roberto, Libro Estudio del Trabajo, 2da edición.

- **Tiempo normal**

El tiempo normal está determinado por el tiempo cronometrado y la valoración del ritmo de trabajo, queda determinado de la siguiente forma:

$$T_n = T_c (1 + F_c)$$

En donde:

Tn= Tiempo normal

Tc= Tiempo cronometrado promedio

Fc = Factor de calificación, según la tabla VI

- **Tiempo estándar**

El tiempo asignado a cada colaborador para efectuar una tarea, queda determinado de la siguiente forma:

$$\text{Test} = Tn (1 + \% \text{ suplementos})$$

Test = Tiempo estándar

Tn = Tiempo normal

% suplementos = suplemento calificativos, tabla VII

A continuación se presenta el estudio de tiempos, para cada una de las etapas dentro del proceso de embotellado de agua pura.

2.7.1 Tiempo de colocación de la botella

Tabla IX. **Tiempos cronometrados en la colocación de las botellas.**

No.	Tc (seg)
1	13.97
2	12.59
3	13.4
4	12.19
5	12.35
6	12.25
7	12.89
8	12.05
9	13
10	12.56
11	12.34
12	12.26
13	12.21
14	12.5
15	14.41
16	13.19
17	12.05
18	15.69
19	14.35
20	12.28
Media	12.53

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

Tabla X. **Calificación de la actuación en colocación de la botella.**

Operario	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Calificación (Fc)
Operador	0.1	0.05	-0.05	0	$\Sigma = 0.10$

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$T_n = 12.53 (1+0.10) = 13.783 \text{ segundos.}$$

Tabla XI. **Calificación de los suplementos de descanso en la colocación de las botellas.**

Factor	Colaborador (hombre)
Suplementos Constantes	
Necesidades personales	5
Necesidad por fatiga	4
Suplementos variables	
Trabajo de pie	2
Postura anormal	0
Levantamiento de peso	0
Intensidad de la luz	0
Concentración	0
Tensión auditiva	2
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Monotonía física	0
Total suplementos	6%

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Test} = 13.783 (1+0.06) = 14.61 \text{ segundos.}$$

2.7.2 Tiempo de llenado

Tabla XII. **Tiempos cronometrados en el llenado de botellas.**

No.	Tc (seg)
1	9.65
2	12.56
3	10.03
4	11.05
5	9.95
6	10.37
7	9.82
8	10.5
9	9.5
10	12.53
11	11.97
12	11.81
13	11.26
14	11.55
15	12.46
16	11.56
17	11.69
18	10.82
19	9.68
20	10.16
Media	10.93

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

Tabla XIII. **Calificación de la actuación en llenado de botellas.**

Operario	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Calificación (Fc)
Operador	0.10	0.10	0	0	$\Sigma = 0.20$

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$T_n = 10.93 (1+0.20) = 13.116 \text{ segundos.}$$

Tabla XIV. **Calificación de los suplementos de descanso en el llenado de botellas.**

Factor	Colaborador (hombre)
Suplementos Constantes	
Necesidades personales	5
Necesidad por fatiga	4
Suplementos variables	
Trabajo de pie	2
Postura anormal	0
Levantamiento de peso	0
Intensidad de la luz	0
Concentración	0
Tensión auditiva	2
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Monotonía física	0
Total suplementos	6%

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Test} = 13.116 (1+0.06) = 13.90 \text{ segundos.}$$

- **Tiempo de taponado**

Tabla XV. **Tiempos cronometrados en el taponado de botellas.**

No.	Tc (seg)
1	19.44
2	21.16
3	28.63
4	24.19
5	25.12
6	18.05
7	21.97
8	22.12
9	21.28
10	18.28
11	23.43
12	20.72
13	21.59
14	19.06
15	19.75
16	20.15
17	19.86
18	23.67
19	21.85
20	20.67
Media	21.22

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

Tabla XVI. **Calificación de la actuación en taponado de botellas.**

Operario	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Calificación (Fc)
Operador	0.10	0.10	0	0.05	$\Sigma = 0.25$

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$T_n = 21.22 (1+0.25) = 26.53 \text{ segundos.}$$

Tabla XVII. **Calificación de los suplementos de descanso en el taponado de botellas.**

Factor	Colaborador (hombre)
Suplementos Constantes	
Necesidades personales	5
Necesidad por fatiga	4
Suplementos variables	
Trabajo de pie	2
Postura anormal	0
Levantamiento de peso	0
Intensidad de la luz	0
Concentración	0
Tensión auditiva	0
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Monotonía física	0
Total suplementos	4%

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Test} = 26.53 (1+0.04) = 27.59 \text{ segundos.}$$

2.7.3 Tiempo de traslado de las botellas

Tabla XVIII. **Tiempos cronometrados en el traslado de las botellas.**

No.	Tc (seg)
1	37.31
2	39.03
3	38.31
4	34.93
5	34.09
6	32.44
7	34.37
8	33.87
9	33.6
10	32.57
11	33.12
12	32.83
13	35.34
14	32.97
15	36.06
16	33.41
17	34.44
18	33.57
19	33.35
20	32.67
Media	33.74

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

Tabla XIX. **Calificación de la actuación en el traslado de las botellas.**

Operario	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Calificación (Fc)
Operador	0.10	0.10	0	0.05	$\Sigma = 0.25$

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$T_n = 33.74 (1+0.25) = 42.175 \text{ segundos.}$$

Tabla XX. **Calificación de los suplementos de descanso en el traslado de las botellas.**

Factor	Colaborador (hombre)
Suplementos Constantes	
Necesidades personales	5
Necesidad por fatiga	4
Suplementos variables	
Trabajo de pie	2
Postura anormal	0
Levantamiento de peso	0
Intensidad de la luz	0
Concentración	0
Tensión auditiva	0
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Monotonía física	0
Total suplementos	4%

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

$$\text{Test} = 42.175 (1+0.04) = 43.862 \text{ segundos.}$$

- **Tabla resumen**

Tabla XXI. **Resumen de tiempos estándar.**

Proceso de embotellado de agua pura				
Tiempo estándar por paquete (seg.)				
Posicionado	Llenado	Taponado	Traslado	Tiempo Total
14.61	13.9	27.59	43.862	99.96

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

2.7.4 Tiempos de paros

Los tiempos muertos son aquellos que demoran el proceso creando cuellos de botella y es necesario identificarlos para introducir las posibles mejoras que permitan reducir el tiempo de producción, y así hacerlo más eficiente.

Los tiempos que más demoran el proceso son:

- Posicionamiento de botellas, debajo de de la torre de llenado
- Desplazamiento de las botellas del área de llenado, al área de taponado
- Colocación de los tapones, debido a que es un proceso manual

3. PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA A TRAVÉS DE UN REACONDICIONAMIENTO MECÁNICO EN LA MÁQUINA LLENADORA

3.1 Reacondicionamiento mecánico

Un reacondicionamiento mecánico se basa en la posibilidad de identificar cada una de las partes que componen la máquina llenadora, conociendo así su funcionamiento, para luego llevar a cabo un control de mantenimiento de cada una de ellas, optimizando las condiciones de operación de la máquina.

3.1.1 Finalidad

La finalidad del acondicionamiento mecánico es mantener en buenas condiciones la máquina llenadora, evitando paros e inconvenientes de funcionamiento innecesarios durante el uso de la maquinaria, así como reducir los costos de mantenimiento, ya que esto contribuye a que sea una producción más eficiente y productiva en el envasado de botellas de agua pura.

3.1.2 Desmontaje de la máquina

El desmontaje de cada uno de los componentes de la máquina, ayudará a conocer como se encuentran actualmente y comenzando desde este punto a obtener un registro y control, para evitar contratiempos de funcionamiento.

3.1.2.1 Lubricación

En los distintos puntos de movimiento de la máquina, existe rozamiento en las superficies de contacto que disminuyen su rendimiento. Este fenómeno se debe a diversos factores, siendo uno de los más importantes el coeficiente de rozamiento, el cual depende de las irregularidades de las superficies de las piezas en contacto.

El lubricante es una sustancia capaz de disminuir el rozamiento entre dos superficies en movimiento, teniendo como fines principales los siguientes:

- Disminuir el coeficiente de rozamiento
- Actuar como medio dispersor del calor producido

Además, con él se obtienen los siguientes objetivos secundarios:

- Reducir desgastes por frotamiento
- Disminuir o evitar la corrosión
- Aumentar el hermetismo en ciertos elementos (cilindros, segmentos, juntas, etc.)
- Eliminar o trasladar sedimentos y partículas perjudiciales

- **Método de aplicación**

El método de aplicación es importante, porque aquí se especifica además del método, el chequeo de la lubricación, pues no en todos los casos es necesario cambiar lubricante, dado que en algunos casos solamente debe verificarse el nivel del mismo. Entre algunos de los métodos de lubricación se tiene:

- **Lubricación por goteo:** en este caso se llena un recipiente que proporciona una gota continua de aceite, como en las bombas, en las que es muy importante chequear el nivel del aceite.
- **Aceitera:** en este caso, en la lubricación ha de usarse la aceitera.
- **Grasera:** para realizar la lubricación ha de utilizarse la grasera.
- **Inspección:** requiere una inspección visual de los equipos para evaluar la condición de los mismos.

3.1.2.1.1 Tipos de lubricantes

Uno de los pilares del mantenimiento de la maquinaria para alargar su vida es la lubricación, es tan importante que puede definir que una maquinaria falle rápidamente o que su vida sea muy larga y que el servicio prestado sea eficiente. Para cada lubricante, dentro de su gran variedad de aplicaciones, hay unas características que, en mayor o menor grado, deben cumplir.

Las principales son: viscosidad, untuosidad, punto de combustión, punto de inflamación, porcentaje de coquización, punto de congelación y punto de descongelación. Las secundarias son: poder anticorrosivo, poder antioxidante, poder antiespumante, poder detergente y resistencia a elevadas presiones.

Según su consistencia, los lubricantes se pueden clasificar en: sólidos, pastosos y líquidos; pueden ser de origen mineral, vegetal o animal.

- **Lubricantes pastosos – grasas**

Las grasas son dispersiones de aceite en jabón. Se emplean para lubricar zonas imposibles de engrasar con aceite, ya sea por falta de condiciones para su retención, o porque la atmósfera de polvo y suciedad en que se encuentra la máquina aconseja la utilización de un lubricante pastoso. Una de las características más importantes de las grasas es el punto de goteo, es decir, la temperatura mínima a la cual la grasa contenida en un aparato especial empieza a gotear por un orificio situado en la parte inferior. Es muy importante, ya que permite conocer la temperatura máxima de empleo. Según el jabón que las forma, las grasas pueden ser cálcicas, sódicas, al aluminio, al litio, al bario, etc.

Para la lubricación de la torre de llenado y cadenas, se utilizará el lubricante tipo grasa, basado en la clasificación internacional de grasas NLGI, que muestra la consistencia, que se clasifica de acuerdo con una escala desarrollada por el NLGI (Instituto Nacional de Grasas Lubricantes).

Esta escala está basada en el grado de penetración obtenido permitiendo que se hunda un cono estándar en la grasa a una temperatura de 25 °C durante un período de cinco segundos. La profundidad de penetración se mide en una escala en 10^{-1} mm y cuanto más alto es el número, menos rígida es la grasa.

A continuación se muestra la clasificación de grasas NLGI, que da a conocer las consistencias según la penetración y el número clasificatorio.

Tabla XXII. **Clasificación NLGI.**

Clasificación NLGI (No)	Grado de Consistencia	Penetración Trabajada ASTM D-217, @ 77 °F (25°C), mm-1
000	Muy fluida	445 – 475
00	Fluida	440 – 430
0	Semi fluida	355 – 385
1	Muy blanda	310 – 340
2	Blanda	265 – 295
3	Mediana	220 – 250
4	Dura	175 – 205
5	Muy dura	130 – 160
6	Extra dura	85 - 115

Fuente: *National Lubricating Grease Institute NLGI*

Para este tipo de aplicación se utilizará el tipo de grasa No. 2, ya que éste presenta las características necesarias para este uso, dado que brinda protección contra la corrosión, es impermeable al agua, soporta la carga necesaria, posee temperaturas de trabajo entre -20°C y +150°C y reduce la fricción para que la velocidad del movimiento sea uniforme. La aplicación de este lubricante es de forma manual.

A continuación se muestran las especificaciones que tiene la grasa lubricante NLGI 2:

Tabla XXIII. **Especificaciones NLGI 2.**

Grado	NLGI 2
Punto de ignición (COC)	231- 288 °C
Consistencia	Blanda
Punto de goteo	°C N/A
Estabilidad mecánica	(D 60/10.000) 2
Viscosidad	100 °C cSt 46
Punto de fluidez	°F -17
Textura	Suave
Color	Rosado
Soporte de carga	> 150 lbs

Fuente: www.nlgi.org

- **Lubricantes líquidos**

Los aceites lubricantes se distinguen entre sí, según sus propiedades o según su comportamiento en las máquinas. Se debe conocer las propiedades de los aceites lubricantes, para poder determinar cual se utilizará según la misión que deba desempeñar.

Un buen aceite lubricante, a lo largo del tiempo de su utilización, no debe formar excesivos depósitos de carbón ni tener tendencia a la formación de lodos ni ácidos; tampoco debe congelarse a bajas temperaturas

Llamados en general aceites lubricantes, se dividen en cuatro subgrupos:

- **Aceites minerales:** obtenidos de la destilación fraccionada del petróleo, y también de ciertos carbones y pizarras.
- **Aceites de origen vegetal y animal:** son denominados también aceites grasos y entre ellos se encuentran: el aceite de lino, el de algodón, el de colza, el de oliva, el de tocino, el de pezuña de buey y el de glicerina.
- **Aceites compuestos:** están formados por mezcla de los aceites minerales, vegetal y animal, con la adición de ciertas sustancias para mejorar sus propiedades.
- **Aceites sintéticos:** están constituidos por sustancias líquidas lubricantes obtenidas por procedimientos químicos. Tienen la ventaja sobre los demás de que su formación de carbonillas es prácticamente nula; su inconveniente consiste en ser más caros.

- **Selección del lubricante líquido apropiado**

Los lubricantes a elegir para engranajes deben poseer ciertas características como por ejemplo: ser neutrales en su corrosión, contener propiedades antiespumantes, no deben contener partículas sólidas abrasivas, no deben precipitar sedimentos ni separarse a temperaturas de menos de 150°C, además de tener cualidades de resistencia a la humedad.

El reductor de velocidad lleva tapones de llenado, nivel y vaciado, según las especificaciones técnicas investigadas. El lubricante a utilizar debe poseer características ISO 150, que tiene las especificaciones necesarias para un buen funcionamiento, lo que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Especificaciones ISO 150.**

Grado	ISO 150
Índice de viscosidad	101
Gravedad específica	0.9560
Densidad lbs/gal	7.962
Punto de auto-ignición °C	418
Viscosidad	40 °C cSt 151 100 °C cSt 15.2
Punto de fluidez °C	-34
Punto de inflamación °C	505
Corrosión al cobre	1A

Fuente: www.technologylubricants.com/MSDS/translation/DATA/DSL%20SERIE.pdf

La siguiente tabla da a conocer las equivalencias entre los diversos sistemas de clasificación de los líquidos lubricantes.

Tabla XXV. **Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad**

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE	
			Motor Unigrado	Engranajes Multigrado
10				
15	75			
22	105		OW, 5W	75W
32	150		10W	
46	215	1	10,15W	
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20 80,80W
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40
220,220EP	1000	5,5EP	50	90
320,320EP	1500	6,6EP		85W90
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C		85W140
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C		140
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C		
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C		250

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/bo2.pdf>

3.1.2.2 Neumática

La neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo, en relación con otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos.

Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc

Para el funcionamiento de los componentes neumáticos en la máquina llenadora, debemos tomar en cuenta el rango de presiones que se utilizan, como lo son: la presión máxima empleada es de 12.5 bares y que en aplicaciones normales la presión oscila entre 4 y 6 bares. Asimismo, la presión de vacío máxima empleada es de -0.5 bar.

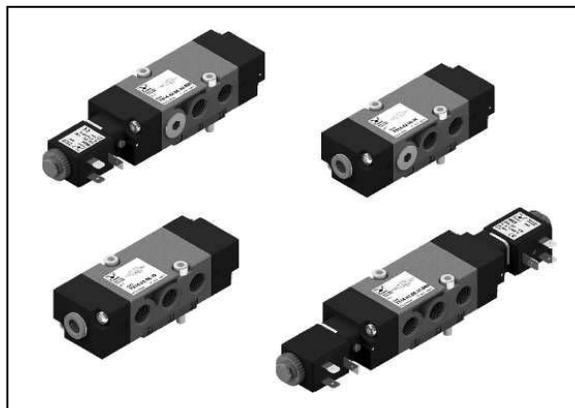
3.1.2.2.1 Componentes neumáticos

Electroválvula

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para hacer actuar la válvula.

Al cerrar el contacto se alimenta la bobina, en donde el campo magnético generado atrae al núcleo y deja pasar aire hacia la salida; al abrir el muelle devuelve a la válvula a su posición inicial.

Figura 5. Electroválvulas.

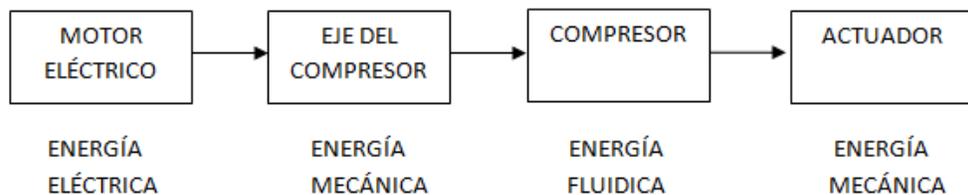


Actuadores

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

En la siguiente figura se muestra el camino de las distintas energías que intervienen, para poder dar movimiento a un actuador neumático.

Figura 6. **Diagrama de funcionamiento de los actuadores.**



Entre los actuadores que existen en la industria tenemos los de simple efecto y los de doble efecto, que se describen a continuación.

Cilindros de simple efecto

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido.

Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación, el vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande. En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

En las siguientes figuras, se muestran los componentes de un actuador simple con sus respectivos nombres, así como su funcionamiento.

Figura 7. Partes de un cilindro de simple efecto.

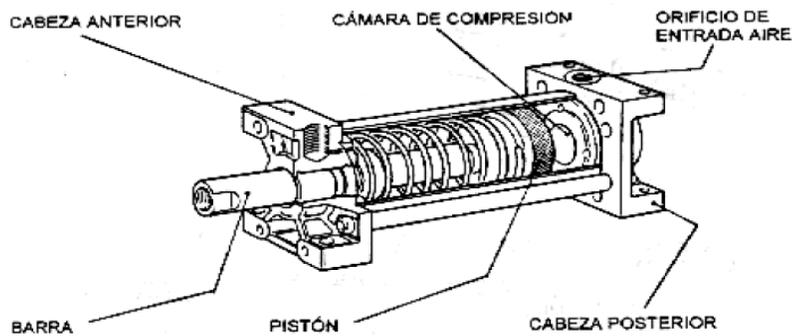
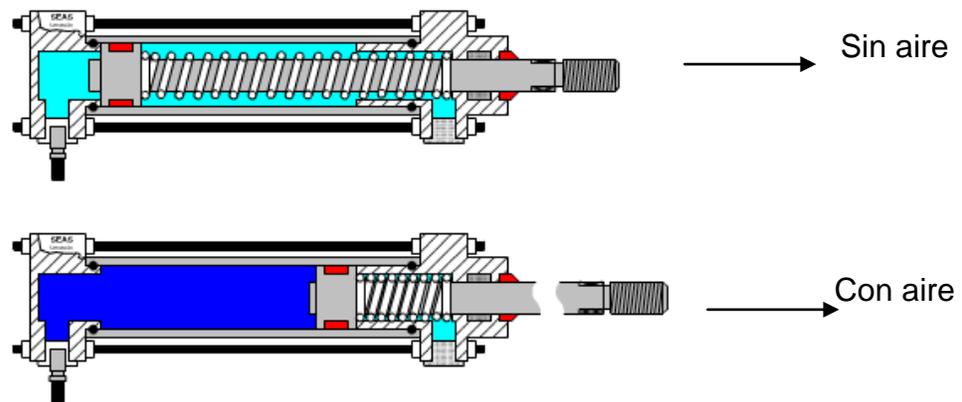


Figura 8. **Funcionamiento de un cilindro de simple efecto.**



Cilindros de doble efecto

Son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los del cilindro de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables se encuentran en el cilindro del actuador, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conectado, siendo su función la comunicación con la atmósfera, con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

El perfil de las juntas dinámicas también variará debido a que se requiere de hermetismo entre ambas cámaras, algo innecesario en la disposición de simple efecto. El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

En las siguientes figuras, se muestran los componentes con sus respectivos nombres en un actuador de doble efecto, así como su funcionamiento.

Figura 9. **Partes de un cilindro de doble efecto.**

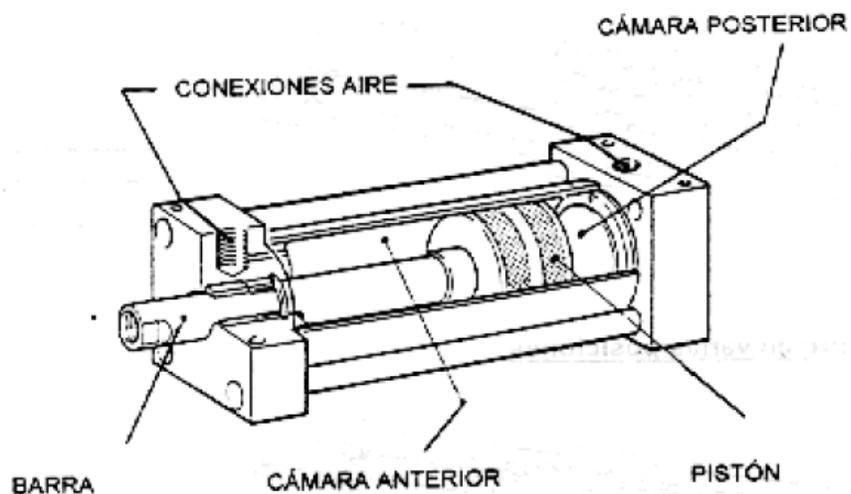
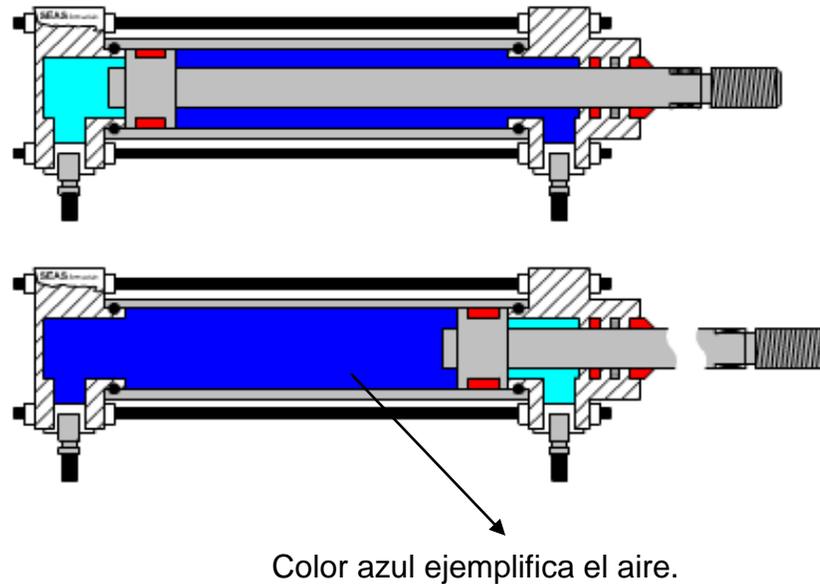


Figura 10. **Funcionamiento de un cilindro de doble efecto.**



Unidad de mantenimiento neumático

La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos: filtro de aire comprimido, regulador de presión y lubricador de aire comprimido.

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada, y el regulador de presión verifica la presión de aire al entrar al sistema.

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos para alcanzar un buen rendimiento en la unidad de mantenimiento:

- El caudal total de aire en m³/h es decisivo para la elección del tamaño de la unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
- La presión de trabajo no debe sobrepasar de 12.5 bares en los componentes neumáticos, ya que con una presión de 6 bares, su funcionamiento será el adecuado y la temperatura de trabajo no deberá ser superior a 50 °C (valores máximos).

Filtro: somete al aire a un proceso de centrifugado. Las impurezas ya sean líquidas o sólidas, se proyectan contra las paredes del filtro y caen por gravedad a una cámara.

Lubricador: el lubricador añade aceite nebulizado al aire comprimido. Así se evita la oxidación de los componentes del circuito y se asegura un buen deslizamiento de las partes móviles. Cuando el aire sale del grupo compresor, ya está perfectamente preparado para su utilización en el resto del circuito.

El lubricante mayormente utilizado, es el que tenga las características SAE 10, que por sus propiedades se adecuan a este tipo de trabajo. En la siguiente tabla se da a conocer las especificaciones que tiene el lubricante SAE 10.

Tabla XXVI. **Especificaciones aceite lubricante SAE 10.**

Grado	SAE 10
Índice de viscosidad	105
Gravedad específica	0.860
Punto de auto-ignición °C	225
Viscosidad	40 °C cSt 32 100 °C cSt 5.5
Punto de fluidez °C	-36
Punto de inflamación	225
Corrosión cobre	1A

Fuente: Lubricantes Akron.

Se recomienda usar aceite de las características de un SAE 10, tales como:

Shell Shell Tellus C-10

Esso Turbine Oil-32

Esso Spinesso-22

Mobil Oil Mobil Oil DTE-24

Valvoline Valvoline R-60

Castrol Castrol Hyspin AWS-32

Lubrax HR 68 EP

Lubrax Ind CL 45 Of

Texaco..... Kock Tex-100

Regulador: los reguladores de presión son de mucha importancia, porque son los encargados de restringir el paso del aire a cierta presión. La estrangulación se regula por la acción de un resorte que se encuentra en su interior.

El pasaje de aire reducido determina la presión en la salida llamada también secundaria, que es la presión que se utilizará en el sistema neumático.

Figura 11. **Unidad de mantenimiento neumático.**



3.1.2.2.2 Calibración neumática

Calibración neumática, es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que "debiera indicar" de acuerdo con un patrón de referencia con valor conocido.

- **Comparadores de amplificación neumática**

En estos aparatos la amplificación está basada en los cambios de presión que se producen en una cámara, en la que entra un gas a una velocidad constante, al variar las condiciones de salida del gas por un orificio.

El más conocido es el denominado comparador solex o micrómetro solex; este método ha sido puesto a punto por la Sociedad Solex, que lo utilizó primeramente para la verificación de las secciones de inyectores de carburadores; luego fueron puestas a punto en las aplicaciones metrológicas con la ayuda de la precisión mecánica.

- **Comparadores de medidas de longitud**

Entre estos comparadores se tienen los de válvula y los surtidores, que a continuación se describen.

En los aparatos de válvula, que se conectan al manómetro, el palpador se apoya sobre la pieza a medir o sobre el patrón de calibrado; la variación de cota de la pieza arrastra la variación de la abertura de la válvula, la cual determina el escape del aire.

En los aparatos surtidores, tales como el esferómetro, el escape de aire está determinado por la distancia entre el surtidor y la superficie misma de la pieza. La tendencia es preferir el empleo de los aparatos de válvula, pues en los de surtidor el caudal del surtidor de salida está influido por el estado de superficie de la pieza controlada, lo que no ocurre en los aparatos de válvula.

- **Micrómetro Solex**

Es un comparador neumático de baja presión constante de dos secciones principales que son:

- La fuente de aire: compresor de aire con dispositivo regulador de aire, filtro y dispositivo de aire
- La sección de medición: Plano de revisión, escala de comparación, palpadores intercambiables.

3.1.2.3 Piezas mecánicas

Piñón

Este mecanismo es un método de transmisión de potencia muy utilizado, porque permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, que estén bastante separados. El mecanismo consta de una cadena sin fin (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.

Cadena

Transmite energía por medio de fuerzas extensibles, y se utiliza sobre todo para la transmisión y transporte de energía en los sistemas mecánicos. La función y las aplicaciones de la cadena son similares a la de una correa.

La cadena de rodillo de acero está formada por una serie de piezas de revolución que actúan como cojinetes, estando situados cada conjunto a una distancia precisa del otro mediante otras piezas planas llamadas placas.

El conjunto cojinete está formado por un pasador y un casquillo sobre el que gira el rodillo de la cadena. El pasador y el casquillo son cementados para permitir una articulación bajo presiones elevadas, y para soportar las presiones generadas por la carga y la acción de engrane impartida a través de los rodillos de cadenas. Generalmente las placas exteriores e interiores se someten a un proceso de templado para obtener una mayor tenacidad.

A continuación se describen los componentes de la cadena.

Pasador: el pasador es un cilindro pequeño de acero que asegura la sujeción de las placas interiores y exteriores, conforme a las fuerzas que se ejercen sobre él y de flexiones transmitidas por la placa. Éste a su vez actúa junto al casquillo como arco de contacto de los dientes del piñón, cuando las flexiones de la cadena se ejercen durante el contacto con el piñón. Por lo tanto, el pasador debe soportar toda la fuerza de transmisión, resistencia a la flexión, y también debe tener suficiente resistencia contra fuerzas de choque.

Casquillo: el casquillo es de estructura sólida y se debe rectificar si se encuentra curvado, este sirve como base para unir la placa exterior con placa interior y se encuentra dentro del rodillo y da como resultado una base cilíndrica perfecta. Esta característica maximiza la duración del rodillo en condiciones de alta velocidad y da una seguridad más consistente de la placa interior sobre el casquillo.

Rodillo el rodillo está sometido a la carga de impacto cuando está en contacto con los dientes del piñón con la cadena. Después del contacto, el rodillo cambia su punto del contacto y de balance. Se sostiene entre los dientes del piñón y del casquillo, y se mueve en la cara del diente mientras que recibe una carga de compresión.

Además, la superficie interna del rodillo constituye una pieza del cojinete junto con la superficie externa del buje cuando el rodillo rota en el carril. Por lo tanto, debe ser resistente al desgaste y todavía tener fuerza contra choque, fatiga, y la compresión.

Figura 12. **Partes de la cadena**

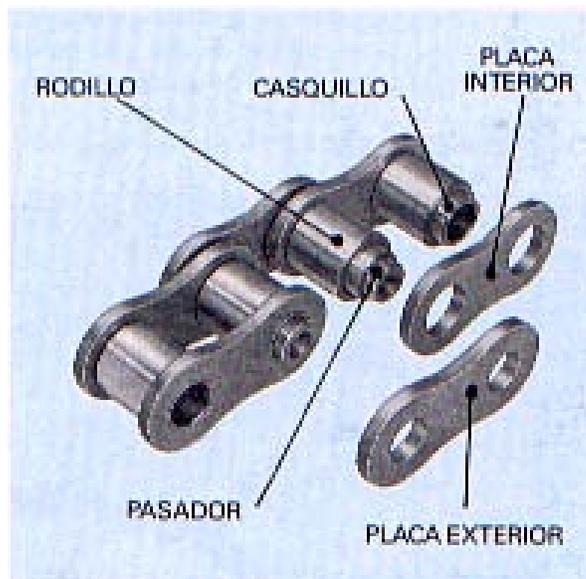
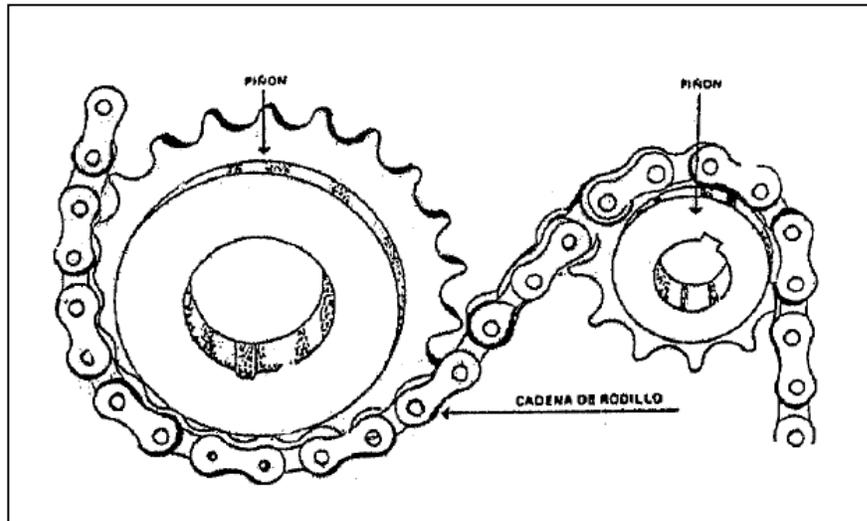


Figura 13. **Mecanismo piñón cadena.**



Reductores de velocidad

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor.

Figura 14. **Reductor de velocidad.**



3.1.2.4 Sistema eléctrico

Motor monofásico

Los motores monofásicos, como su propio nombre indica, son motores con un solo devanado en el estator, que es el devanado inductor. Prácticamente todas las realizaciones de este tipo de motores son con el rotor en jaula de ardilla. Suelen tener potencias menores de 1KW.

A continuación se muestran las características de los motores 1 y 2.

- **Motor 1**

Tabla XXVII. **Características del motor 1.**

Marca WEG Inducado-Gaiola	
Potencia:	0.37 kw, ½ hp
Revoluciones:	1720 rpm.
Voltaje:	110/220 v.
Corriente:	8/4 A.
Factor de servicio:	1.25, F
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Embotelladora La Corona.

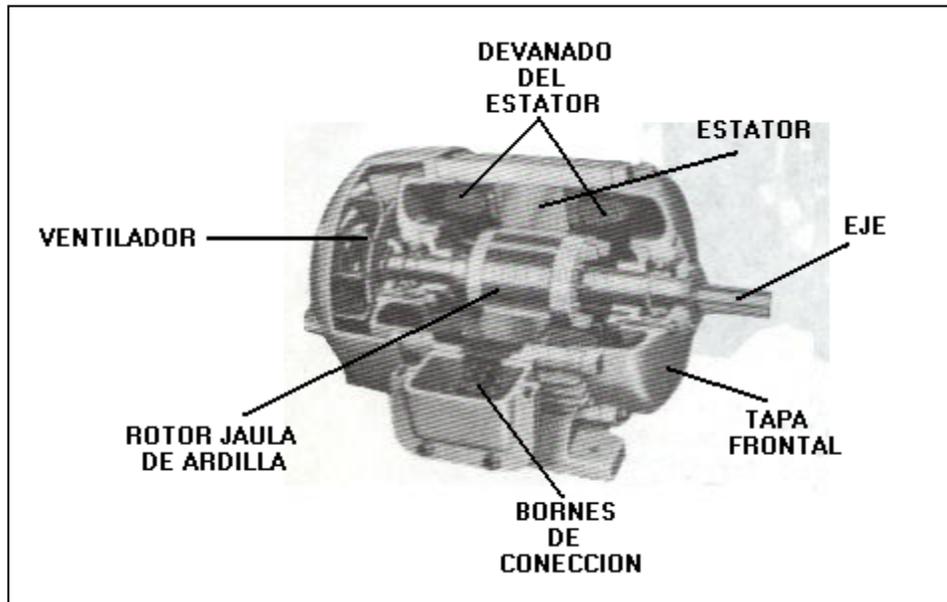
- **Motor 2**

Tabla XXVIII. **Características del motor 2.**

Marca: Khol Bach Modelo: C56 0796	
Potencia:	1/3 hp. 0.25 kw.
Revoluciones:	1740 rpm
Voltaje:	110/220 v.
Factor de servicio:	1.35, F
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Embotelladora La Corona

Figura 15. Partes de un motor monofásico.



Bomba hidráulica

El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, en donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno de su forma lo conduce hacia la tubería de salida.

En la siguiente tabla se muestra las características de la bomba hidráulica, que tiene la máquina llenadora.

Tabla XXIX. **Características de la bomba hidráulica.**

Marca: Sta-Rite S.P.A.Jetinox 45/37 M	
Potencia:	0.6 hp, 0.46 kw
Revoluciones:	3400 rpm
Voltaje:	115 – 230 v.
Caudal máximo:	45 litros/min.
Altura máxima:	37 metros
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Embotelladora La Corona

Figura 16. Partes de la bomba hidráulica.

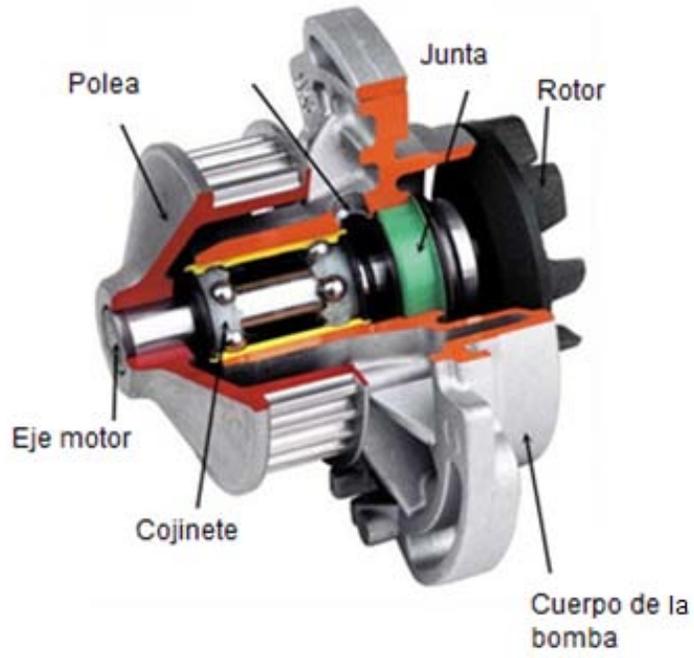
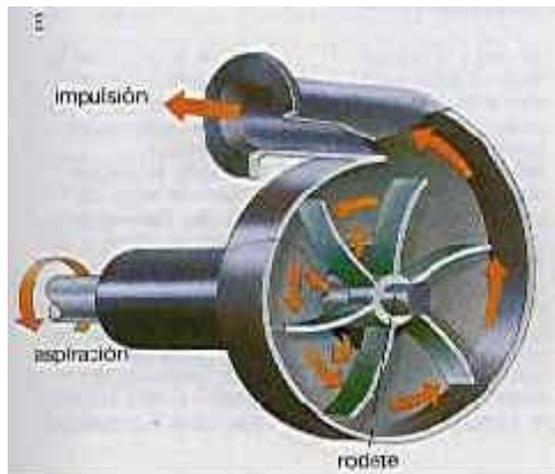


Figura 17. Funcionamiento de una bomba hidráulica.



3.2 Aumento de eficiencia

El aumentar la eficiencia en la máquina llenadora, se puede lograr aplicando diversos métodos operacionales que ayudará a identificar los puntos débiles del proceso, como también adecuar el área de trabajo para que sea agradable y con mucho confort para desempeñar adecuadamente la actividad.

3.2.1 Balance de línea

Un balance de líneas sirve para determinar el número de operarios necesarios por operación así como para determinar los cuellos de botella que nos estén generando retrasos en el proceso, también nos sirve para identificar la eficiencia con la que se está trabajando el proceso.

3.2.1.1 Sistema Hombre-Máquina

Este sistema o diagrama se emplea para estudiar, analizar y mejorar solo una estación de trabajo cada vez. Este diagrama indica la relación exacta en el tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina. Los diagramas hombre-máquina nos permiten ver y aumentar el aprovechamiento del tiempo en el operario y así mejorar su eficiencia en la producción.

En la práctica, colocar a un operario a manejar o a operar, más de una máquina se conoce con el nombre de acoplamiento de maquinarias. Esta consiste en una operación múltiple de máquinas por parte de un operario.

El diagrama completo de hombre-máquina muestra claramente las áreas en las que ocurren tanto tiempos de ocio como tiempos muertos.

El analista elabora un diagrama de esta clase cuando su investigación preliminar revele que el ciclo de trabajo del operario es algo más corto que el ciclo de operación de la máquina. Después de trazado el diagrama, el sitio más lógico para considerar posibles mejoras es en la porción de inactividad del ciclo del operario. Considerando el monto de este tiempo, debe investigar la posibilidad de asignar al trabajador la responsabilidad adicional de:

- Operar una segunda máquina durante este tiempo muerto
- Ejecutar alguna operación manual

El diagrama hombre-máquina puede ser de distintos tipos, entre los que se tiene:

- De máquinas iguales
- De máquinas distintas
- De máquinas iguales de cuadrilla
- De máquinas distintas de cuadrilla

Pasos para su construcción:

- Seleccionar una máquina, en donde los operarios son ineficientes
- Observar varias veces la operación para descomponerla en cada uno de sus elementos y se registran todas las actividades de los operadores y/o ayudantes

- Luego de registradas todas las actividades, se procede a medir el tiempo empleado
- Con los datos anteriores se procede a la construcción del diagrama

Figura 18. Diagrama hombre-máquina.

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MAQUINA			
Operación: Proceso de embotellado de agua pura		Pág. No. <u>1</u> de <u>1</u>	
Máquina: <u>Embotelladora</u>		Fecha: <u>Mayo 2010</u>	
Departamento: _____		Hecho por: <u>MAHS</u>	
Operador	Tiempo	Máquina	Tiempo
Colocacion de 12 botellas	10.7 seg	Tiempo Muerto	
Tiempo Muerto		Llenado de botellas con agua	8.26 seg.
Taponad de botellas	23.6 seg	Tiempo Muerto	
Revisión y traslado de botellas	38.14 seg.		
Resumen:			
Tiempo del operario:	72.44 seg.	Tiempo de ciclo:	80.7 seg.
Tiempo de la máquina:	8.26 seg.		

3.2.1.2 Ergonomía

Esta disciplina está relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema. Se define como la técnica que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar áreas de trabajo, con el fin de optimizar el bienestar y el rendimiento humano.

Los principios que a continuación se muestran son los más adecuados para la tarea que se desempeña en el proceso de llenado de botellas de agua pura.

- **Principios de diseño en el lugar de trabajo**

- **Altura de la superficie según la altura del codo**

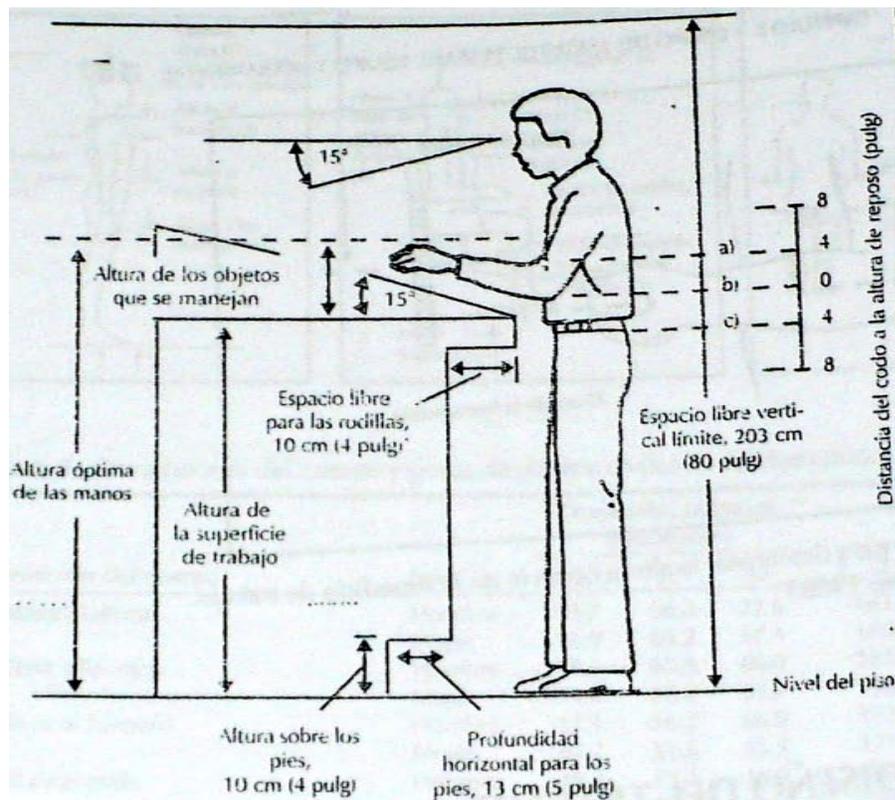
La altura de la superficie de trabajo debe determinarse mediante la búsqueda de una postura de trabajo cómoda para el operario, esto significa que los antebrazos tienen la posición natural hacia abajo y los codos están flexionados 90°, de manera que el brazo está paralelo al suelo. La altura del codo se convierte en la altura adecuada de operación.

Si la superficie de trabajo está demasiado alta, los antebrazos se encogen y causan fatiga de los hombros. Si es demasiado baja, el cuello o la espalda se doblan ocasionando fatiga en esta última.

- **Ajuste de altura de la superficie de trabajo**

Para ensamble con levantamiento de partes, es más ventajoso bajar la superficie de trabajo entre 10 y 30 cm por debajo del nivel del codo, para aprovechar de mejor manera los músculos más fuertes del tronco.

Figura 19. **Ajuste de la superficie de trabajo.**



- **Tapetes anti fatiga para operarios que trabajan de pie**

Estar de pie por períodos prolongados, en el llenado de botellas de agua pura, provoca fatiga y cansancio, por lo que para evitar esto, se debe proporcionar tapetes elásticos anti fatiga que permiten pequeñas contracciones de los músculos de las piernas, lo que obliga a la sangre a moverse y evitar que se acumulen en las extremidades inferiores.

Figura 20. **Tapete ergonómico.**



- **Arreglo óptimo de herramientas, componentes para minimizar los movimientos**

En cada movimiento interviene una distancia. Mientras más grande es la distancia, mayores son el esfuerzo muscular, el control y el tiempo. Por lo tanto, es importante minimizar la distancia de los componentes en el llenado de botellas de agua pura. El área normal de trabajo de la mano derecha en el plano horizontal incluye el área circunscrita por el antebrazo al moverlo en forma de arco con pivote en el codo. Esta área representa la zona más conveniente dentro de la cual la mano realiza movimientos con un gasto normal de energía.

El área normal de la mano izquierda se establece de manera similar. Como los movimientos se hacen en tercera dimensión, al igual que en el plano horizontal, el área normal de trabajo se aplica también al plano vertical. El área normal relativa a la altura para la mano derecha incluye el área circunscrita por el antebrazo en posición hacia arriba con el codo como pivote y moviéndose en un arco. Existe un área normal similar en el plano vertical para el brazo extendido.

3.2.1.3 Movimientos

Diagrama bimanual

Este diagrama muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha, indicando la relación entre ellas. El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas y en ese caso se registra un solo ciclo completo de trabajo.

Para representar las actividades se emplean los mismos símbolos que se utilizan en los diagramas de proceso, pero se les atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles.

Operación: Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, etc., una herramienta, pieza o material.

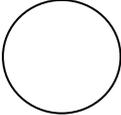
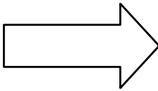
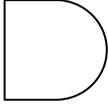
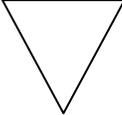
Transporte: Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo de herramientas o materiales o desde uno de ellos.

Espera: Se emplea para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque quizás trabaje la otra).

Sostenimiento o almacenamiento: Con el diagrama bimanual no se emplea el término almacenamiento, y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.

A continuación se muestra la simbología utilizada en el diagrama bimanual.

Figura 21. **Símbolos del diagrama bimanual.**

Operación	Transporte	Demora	Sostenimiento o almacenamiento	Inspección
				

El símbolo de inspección casi no se emplea, puesto que durante la inspección de un objeto (mientras lo sujeta y mira o lo calibra) los movimientos de la mano vienen a ser operaciones para los efectos del diagrama. Sin embargo, a veces resulta útil emplear el símbolo de inspección para hacer resaltar que se examina algo. El hecho mismo de componer el diagrama permite al especialista llegar a conocer a fondo los pormenores de trabajo y gracias al diagrama puede estudiar cada elemento de por sí y en relación con los demás. Así tendrá la idea de las posibles mejoras a realizar.

Cada idea se debe representar gráficamente en un diagrama, pues así es mucho más fácil compararlas. El mejor método, por lo general, es el que menos movimientos necesita.

El diagrama bimanual puede aplicarse a una gran variedad de trabajos de montaje, de elaboración a máquina y también de oficina. Los ajustes apretados y la colocación en posiciones difíciles pueden presentar ciertos problemas. Cuando se montan piezas pequeñas ajustadamente, ponerlas en posición antes del montaje puede ser la parte más prolongada del ciclo. En tales casos la puesta en posición deberá exponerse como un movimiento de la operación, aparte del que se efectúa para hacer el montaje propiamente dicho (por ejemplo colocar un desarmador en la cabeza de un tornillo pequeño).

Así se hace resaltar dicho movimiento, y si se muestra en relación con una escala de tiempos, se podrá evaluar su importancia relativa. Se lograrán economías considerables si es posible reducir el número de dichas colocaciones.

Guía para elaborar un diagrama bimanual

El diseño del diagrama bimanual deberá comprender el espacio en la parte superior para la información habitual; un espacio adecuado para el croquis del lugar de trabajo y la información que se considere necesaria, tal como número de parte, número de plano, descripción de la operación o proceso, fecha de elaboración, nombre de la persona que lo elabora, etc.. También se debe considerar espacio para los movimientos de ambas manos y para un resumen de movimientos y análisis del tiempo improductivo. Al elaborar diagramas es conveniente tener presente estas observaciones:

- Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar las anotaciones
- Registrar una sola mano cada vez
- Registrar unos pocos símbolos cada vez
- El momento de recoger o asir otra pieza al comienzo de un ciclo de trabajo se presta para iniciar las anotaciones
- Conviene empezar por la mano que coge la pieza primero o por la que ejecuta más trabajo. Da lo mismo el punto exacto de partida que se elija, ya que al completar el ciclo se llegará nuevamente allí, pero debe fijarse claramente
- Luego se añade en la segunda columna, la clase de trabajo que realiza la segunda mano
- Registrar las acciones en el mismo renglón cuando tienen lugar al mismo tiempo
- Las acciones que tienen lugar sucesivamente deben registrarse en renglones distintos. Verifíquese si en el diagrama la sincronización entre las dos manos corresponde a la realidad
- Procure registrar todo lo que hace el operario y evítese combinar las operaciones con transportes o colocaciones, a no ser que ocurran realmente al mismo tiempo

A continuación se muestran elaborados los diagramas bimanuales, para las etapas del proceso de llenado de botellas, mostrando los movimientos necesarios para optimizar el tiempo de elaboración.

Figura 22. Diagrama bimanual.

Operación: Embotellamiento de agua pura		Producto: Botella 600 ml							
Descripción: Proceso de embotellado		Analista: Manuel Hernández							
Fecha: Mayo de 2010		Página: 1 de 1							
Descripción de la Actividad		Descripción de la actividad							
Mano Izquierda	Operación	Transporte	Almacenaje	Demora	Operación	Transporte	Almacenaje	Demora	Mano Derecha
Colocación de la botella									
1	Alcance de botellas	●	↑	▽	○	●	▽	○	Alcance de botellas
2	Tomar botellas	●	↑	▽	○	●	▽	○	Tomar botellas
3	Mover las botellas hacia banda transportadora	○	↑	▽	○	○	▽	○	Mover las botellas hacia banda transportadora
4	Posicionar botellas en el lugar idóneo	●	↑	▽	○	●	▽	○	Posicionar botellas en el lugar idóneo
Llenado									
5	Espera	○	↑	▽	○	●	▽	○	Activación de la máquina
6	Espera	○	↑	▽	○	●	▽	○	Desactivación de la máquina
Taponado									
7	Traslado de botellas hacia el área de taponado	○	↑	▽	○	○	▽	○	Traslado de botellas hacia el área de taponado
8	Alcanzar el tapón	●	↑	▽	○	○	▽	○	Espera
9	Colocación del tapón	●	↑	▽	○	●	▽	○	Ensamble de tapón
Traslado de botella									
10	Alcanzar botella	●	↑	▽	○	○	▽	○	Espera
11	Revisión de botella	●	↑	▽	○	●	▽	○	Revisión de botella
12	Espera	○	↑	▽	○	●	▽	○	Traslado de botellas hacia área de empaque

3.2.1.4 Ambiente físico

El ambiente físico va a influir sobre el confort-disconfort del trabajador, por lo que si éste no es el adecuado, provocará trastornos físicos y/o psicológicos y en definitiva alterará el bienestar del trabajador, afectando su salud.

Entre los aspectos más importantes, que afectan al trabajador en su área de trabajo son los que a continuación se mencionan. Estos se deben mantener en óptimas condiciones para que puedan los trabajadores ser eficaces en sus labores.

Iluminación

Un buen sistema lumínico, deberá asegurar un nivel suficiente de iluminación, un contraste adecuado, un buen control de deslumbramientos, reducción del riesgo de accidentes y confort visual.

Efectos de una correcta iluminación en el trabajador:

- Comodidad
- Eficacia
- Seguridad

Efectos de una mala iluminación sobre la salud:

- Fatiga visual
- Dolor de cabeza
- Accidentes

Ruido

Al no tenerse un control del ruido, puede causar diversos problemas a las personas y también dificulta la comunicación dentro de la planta. El nivel adecuado para el trabajo es de 90 dB, ya que si es mayor se debe utilizar algún método para lograr disminuir el ruido perturbador.

Efectos del ruido sobre la salud:

- Disminución o deterioro de la capacidad auditiva
- Aumento del ritmo cardíaco
- Aceleración del ritmo respiratorio
- Disminución de la actividad de los órganos de la digestión
- Reducción de la actividad cerebral, con la consiguiente disminución de la atención
- Modificaciones del comportamiento: agresividad, ansiedad, disminución de la memoria inmediata

La siguiente tabla muestra el tiempo que puede soportar una persona en un ambiente de trabajo según los decibeles percibidos.

Tabla XXX. **Rango de decibeles que puede soportar una persona en el trabajo.**

Grado de ruido	Efectos humanos	Rango en dB	Rango de tiempo
A: Moderado	Molestia común	50 a 65 dB 40 a 50 dB	7: 00 a.m a 7:00 p.m 7: 00 p.m. a 7:00 a.m
B: Alto	Molestia grave	65 a 80 dB 50 a 65 dB	7: 00 a.m a 7:00 p.m 7: 00 p.m. a 7:00 a.m
C: Muy alto	Riesgos	80 hasta 90 dB	8 horas
D: Ensofecedor	Riesgos graves	Mayor de 90 hasta 140	Hasta 6 horas

Fuente: www.unalmed.edu.co/~emat/pdf/25.pdf

Vibraciones

Las vibraciones de las máquinas oscilan desde frecuencias medias a frecuencias muy altas, transmitiéndose vibraciones al cuerpo por la zona con la que entra en contacto, generalmente manos y brazos.

Los efectos que pueden causar las vibraciones sobre la salud son las siguientes:

- Mareo
- Retardo en tiempo de reacción
- Problemas en las articulaciones
- Problemas en brazos y piernas

Condiciones térmicas

Se puede sufrir un exceso de calor, de frío, humedad extrema, ventilación insuficiente, especialmente en los trabajos que impliquen trabajar a la intemperie o dentro de naves industriales.

- Confort térmico

Se logra cuando el organismo mantiene su equilibrio térmico, es decir, su temperatura interna se mantiene dentro de los límites fisiológicos normales, sin que sea necesario realizar ajustes de adaptación al medio ambiente en el que se encuentra el trabajador.

- Disconfort

El disconfort obliga a que el organismo se ajuste para conservar su temperatura lo más cercana a lo normal que sea posible, y serán más o menos importantes dependiendo de las condiciones ambientales y personales. En cualquier caso aparecerán molestias psicológicas aunque no haya daño fisiológico.

- Estrés térmico

En las condiciones críticas ya sea por frío o calor, no hay equilibrio térmico entre el organismo y el medio ambiente. Si el calor es excesivo, la temperatura corporal aumentará hasta un nivel en el que pueda ponerse en peligro la vida del trabajador. En el caso opuesto, cuando el frío es excesivo, la temperatura corporal descenderá hasta llegar también a una situación de riesgo para la vida.

Efectos de las condiciones termo higrométricas sobre la salud:

- Resfríos
- Deshidratación
- Golpe de calor
- Fatiga
- Disminución del rendimiento
- Disminución de la atención y de la vigilancia
- Disminución de la destreza manual y de la rapidez

3.2.2 Seguridad e Higiene

El desarrollar acciones de seguridad e higiene en el trabajo, el principal punto a fortalecer dentro de la empresa es la prevención. Se debe procurar motivar el respeto a las normas, con el fin de anticipar y corregir accidentes laborales relacionados directamente con la seguridad y la higiene. Prevenir riesgos asociados a las tareas diarias y rutinarias laborales habituales es muchas veces dificultoso. Las principales dificultades se relacionan con cambios de conducta, hábitos y costumbres. Además se debe concientizar que para prevenir se tiene como principal guía para efectivizar las acciones, las normas de higiene y seguridad.

3.2.2.1 Identificación de riesgos

Es la probabilidad de ocurrencia de un accidente o enfermedad, en donde la exposición es una posibilidad de lesión, daño material o ambiental.

Las situaciones de riesgo pueden generar daños a las personas, afectar a la producción, provocar averías, errores y otros muchos incidentes, todos de elevado coste.

Los daños personales son derivados de condiciones deficientes dentro del área trabajo. Cuando existan factores fuera del estándar que puedan provocar efectos adversos, estando fuera de control, podrán materializar el riesgo en accidente, entendido éste como un acontecimiento no deseado.

Los riesgos de accidentes se producen en una serie de agentes materiales que presentan deficiencias o factores de inseguridad.

Los riesgos se clasifican en:

- Riesgos físicos
- Riesgos químicos
- Riesgos biológicos
- Riesgos ergonómicos
- Riesgos psicosociales

Riesgos físicos

Están constituidos por factores inherentes a las operaciones realizadas en el puesto de trabajo y sus alrededores, producto de las instalaciones y los equipos. Incluyen ruidos, radiaciones, temperaturas extremas, presión barométrica y humedad extrema, iluminación, vibración, microondas, rayos láser, radiación infrarroja y ultravioleta, y electricidad.

Riesgos químicos

Están constituidos por todas las sustancias químicas y materiales que se encuentran en las áreas de trabajo o en sus alrededores, por cuyo contacto o exposición en concentraciones mayores de las permisibles pueden causar alteraciones en la salud. Se incluyen vapores, neblinas, gases, humos metálicos, polvos, líquidos y pastas.

Riesgos biológicos

Están relacionados con las condiciones de saneamiento básico de la empresa o de las operaciones y procesos que utilicen agentes biológicos, refiriéndose a aquellos agentes infecciosos como los que pueden resultar en un riesgo potencial para la salud personal. Incluye insectos, moho, hongos, bacterias, virus, parásitos gastrointestinales y otros agentes.

Riesgos psicosociales

Son aquellos factores psicológicos y sociales relacionados con el puesto de trabajo y que provocan tensión en el trabajador. Se deben a: trabajar bajo condiciones poco racionales, relaciones deficientes con los supervisores y otros trabajadores, así como aburrimiento y poca motivación.

Riesgos ergonómicos

La ergonomía es una técnica del hombre en el trabajo cuya preocupación fundamental es hacer la zona de interacción hombre/máquina/ambiente tan segura, eficiente y cómoda como sea posible.

Se enfoca en:

- El diseño del lugar de trabajo
- La posición en el trabajo
- El manejo manual de materiales
- Los ciclos de trabajo/descanso
- Los asientos

3.2.2.2 Saneamiento

Se refiere a la limpieza interna de los equipos y tuberías que tienen contacto directo con el producto. Esto garantiza la correcta limpieza y desinfección. Para esto no es necesario desarmar equipos.

Controla también el desarrollo y reproducción de microorganismos patógenos del medio ambiente, ya que de acuerdo con la legislación es responsabilidad de la empresa mantener las instalaciones, servicios higiénicos y libres de vectores biológicos de interés sanitario. En los siguientes incisos se presentan las formas de saneamiento para la maquinaria y las tuberías.

3.2.2.2.1 Maquinaria

- Limpie con detalle todo el contorno de la máquina, incluyendo torre de llenado, exterior de mangueras de nivel, bandas y manómetros. Utilice wype o esponja y jabón desengrasante para remover todo tipo de suciedad e impurezas incrustadas. Si existieran incrustaciones difíciles de remover, utilice un cepillo de cerdas suaves para eliminarlas
- Remueva los excesos de humedad con wype o trapo seco

En el proceso el material a utilizar será el siguiente:

Para la maquinaria: 1 lb. de wype, 1 esponja, 1/2 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 1 cepillo de cerdas suaves.

Para los tanques: 2 lb. de wype, 1 esponja, 1 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 1 cepillo de cerdas suave.

Notas de seguridad

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad
- No aplique agua a presión
- Utilice solamente solventes para acero inoxidable
- Utilice una escalera para poder limpiar las partes o superficies que se encuentran en la parte superior del equipo. No se pare en las válvulas, ni en las tuberías pues no soportan mucho peso

3.2.2.2.2 Tuberías

- Limpie con detalle el interior y exterior de las tuberías y uniones. Utilice wype o esponja y jabón desengrasante para remover todo tipo de suciedad e impurezas incrustadas en el exterior de las tuberías. Si existieran incrustaciones difíciles de remover, utilice un cepillo de cerdas suaves para eliminarlas
- Remueva los excesos de humedad con wype o un trapo seco

En este proceso el material a utilizar será el siguiente: 2 lb. de wype, 3 esponjas, 1 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 2 cepillos de cerdas suaves.

Notas de seguridad

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad
- No aplique agua a presión
- Utilice solamente solventes para acero inoxidable
- Utilice una escalera para poder limpiar la tubería que se encuentra en la parte superior del equipo. No se pare en las válvulas, ni en las tuberías o canaletas, pues no soportan mucho peso

Detergentes y desinfectantes recomendados para el saneamiento del equipo (tuberías y maquinaria).

Exxelerate 101: detergente ácido (base ácido nítrico/cítrico), que está formulado especialmente para la limpieza en la industria embotelladora, penetrando y eliminando rápidamente minerales y escalas de dureza del agua. Su uso es para limpieza de líneas, llenadoras y tanques de jarabe.

XY-12 (cloro): es un desinfectante líquido de hipoclorito de sodio para la industria alimenticia.

Vortexx: es un desinfectante de amplio espectro, utilizado para la desinfección de superficies y equipos prelavados en industrias embotelladoras y en plantas procesadoras de alimentos.

3.2.2.3 Indumentaria apropiada del trabajador

La indumentaria que debe vestir el personal que labora dentro de la planta debe ser la más adecuada, ya que debe cumplir con las buenas prácticas de manufactura, evitando la contaminación del producto.

A continuación se describe la indumentaria que debe utilizar el trabajador dentro de la planta:

Cofia: es una red o gorra, que sirve para sujetar cabellos y evitar que caigan dentro del ambiente.

Bata: esta debe ser utilizada únicamente durante la permanencia dentro de la planta, ya que da protección a que microorganismos no entren en contacto con el producto.

Mascarilla: esta se utiliza para proteger que partículas de saliva caigan y contaminen el ambiente laboral.

Botas: utilizadas para dar protección al operario y evitar contaminación, se deben usar únicamente dentro de la planta.

3.2.3 Ritmo de producción

El ritmo de producción da a conocer la velocidad con la que se está trabajando en la producción (botellas /hora), en donde se podrá conocer la eficiencia y la productividad que se está logrando alcanzar dentro de un determinado periodo de tiempo, esto ayuda a medir cada una de las etapas que intervienen en el proceso de embotellado de agua pura para conocer si se está logrando el objetivo planteado.

3.2.3.1 Eficiencia

Al llevar a cabo un reacondicionamiento mecánico, la eficiencia de la máquina se estará aumentando, ya que contribuye a que se obtenga un buen funcionamiento.

El objetivo es alcanzar una eficiencia mayor o igual a 85 %. Para poder alcanzar este aumento, se deben incrementar los valores de las eficiencias actuales, descritos en el capítulo dos, tanto para la maquinaria como también en cada una de las etapas que intervienen dentro del proceso de embotellado de agua pura, en el cual se puede lograr esta meta a través de la aplicación del estudio realizado en el presente trabajo de graduación.

3.2.3.2 Productividad

La productividad es el grado de aprovechamiento de los recursos disponibles, para alcanzar los objetivos predeterminados. Para incrementarla es necesario encontrar las causas que deterioran el buen desempeño y manejo de la empresa.

Si se parte de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementar la productividad, que son las siguientes:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

Por tanto, la productividad puede ser calculada mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

- **Elementos que influyen en los Índices de productividad**

El exceso de producción: existen dos tipos de sobreproducción que son los cuantitativos (hacer más productos de lo que se necesitan) y los anticipados (hacer productos antes de que se necesiten).

Esperas: se producen mientras los artículos esperan en cola para ser transformados. Así, cuanto mayor sea el lote, mayor es el tiempo de espera.

Transporte: surge como consecuencia de la distribución funcional de las máquinas y del almacenamiento centralizado de todo tipo de stocks.

Proceso: cuando las máquinas no se han preparado adecuadamente, o su mantenimiento es inadecuado y provoca averías.

Existencias: surgen como resultado de la sobreproducción, cualquiera que sea su causa. Su acumulación ocupa espacio y genera costes y confusión dentro del proceso productivo.

Movimiento: buscar cosas, mover cosas de sitio, manejar materiales.

Mala calidad: los defectos conducen a reelaboraciones, demoras, exigencia de mano de obra adicional, además de las pérdidas de material y del valor del trabajo ya que se había añadido a las piezas.

3.2.4 Tiempos

Al conocer el incremento al que se desea llegar en eficiencias, mostramos el rango de tiempos aceptables para cada una de las operaciones que intervienen en el proceso de embotellado de agua pura, en la siguiente tabla.

Tabla XXXI. Rangos de tiempos y eficiencias.

	Rango de Tiempos (segundos)	Rango de Eficiencia
Colocación de botella	9.09 – 10.7	85% - 100%
Llenado de botella	7.28 – 8.26	85% - 100%
Taponado de botella	20.06 – 23.6	85% - 100%
Traslado de botella	32.42 – 38.14	85% - 100%

Fuente: Elaborado por el autor del presente trabajo de graduación.

3.2.5 Volumen de agua en el llenado de botella

El volumen con que se llenan las botellas PET (polietileno tereftalato) de agua es de 600 ml, el cual se logra estandarizar por medio del reacondicionamiento mecánico de la torre y los pistones de llenado, ya que se logrará llenar al mismo tiempo las 12 botellas PET (polietileno tereftalato), que es la capacidad de la máquina, evitando retrasos por lentitud en este proceso.

3.3 Diseño de formatos de control

Los formatos de control ayudan a formar una base de datos con los movimientos que se realizan dentro de la empresa, con el objetivo de conocer si se está cumpliendo con las metas propuestas en la planeación y programación, ya que estos registros ayudan a organizar la producción a llevar un control de materias primas y producto terminado, como también de los mantenimientos a la máquina llenadora. A continuación se describen cada uno de los formatos de control propuestos.

3.3.1 Producción

El diseño de formatos es de vital importancia, ya que con ellos se logra establecer un control eficiente en el manejo de la producción.

A continuación se presentan los pasos a seguir para controlar la producción:

A.- Elaboración de reportes de trabajo

El reporte de trabajo es la información que el operario suministra al supervisor o dueño de la empresa. Un modelo de reporte de trabajo se muestra a continuación.

Figura 23. **Modelo de reporte de trabajo.**

MODELO DE REPORTE DE TRABAJO

EMPRESA: _____

REPORTE DE TRABAJO No. _____

OPERARIO: _____ PERIODO _____

	Orden Producción	No. Cantidad	No. Cantidad	No. Cantidad
Operaciones Realizadas				
TOTAL HORAS TRABAJADAS				

B.- Control de producción

La información de los reportes de trabajo debe compararse con las de las órdenes de producción. Para el efecto se propone el siguiente formato:

Figura 24. **Modelo de formato para órdenes de producción.**

FORMATO DE ORDENES DE PRODUCCION							
CONTROL DE PRODUCCION							
EMPRESA: _____							
OPERARIO: _____				PERIODO: _____			
	Orden Producción No.		No.		No.		
Operaciones Realizadas	Realizado	Programado	Realizado	Programado	Realizado	Programado	Realizado
TOTAL:							

C.- Análisis del cuadro de control de producción

Al llenar el cuadro de control de producción se pueden presentar tres situaciones:

- Que lo programado sea igual a lo realizado o sea, que se cumplió con la programación establecida
- Que lo realizado sea mayor que lo programado. En este caso hay que hacer un análisis de las causas por las cuales hay mayor producción de la requerida
- Que lo realizado sea menor que lo programado. Se debe determinar las causas por las cuales no se pudo cumplir con la producción requerida e implementar los correctivos necesarios en el futuro

D.- Control de materias primas

Es el registro de las materias primas que se entregan para la producción. Al hacer entrega de materias primas se debe indicar la orden de producción en la que se va a utilizar, la cantidad entregada, la cantidad de vuelta y la persona que las recibe.

Figura 25. **Modelo de formato de control de materias primas.**

FORMATO DE CONTROL DE MATERIAS PRIMAS			
Para orden de Producción No. _____			
PRODUCTO A PRODUCIR: _____			
FECHA DE ENTREGA: _____			
MATERIALES	CANTIDAD ENTREGADA	CANTIDAD DEVUELTA	CANTIDAD UTILIZADA
RECIBIÓ:			

3.3.2 Mantenimiento

Este control ayudará a mantener un registro de la maquinaria, llevando el control sobre cambios, desperfectos, piezas, etc., logrando así ser eficientes en los procesos de mantenimiento.

Figura 26. Modelo para el control del mantenimiento mensual.

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO MENSUAL

Hoja de Control N°: _____ Página ___ de ___

	RESPONSABLE ESPECIFICO	Fecha y Firma Control 1	Fecha y Firma Control 2	Máquina	
ELEMENTO (1)	OPERACIÓN	B M 1	B M 2	B M 3	B M 4
Lubricación					
Neumática					
Eléctrico					
Mecánico					
Otros					
OBSERVACIONES:					

(1) Todos los aspectos de funcionamiento que intervienen en la máquina
B: Bien; **M**: Mal (Marcar con una cruz según corresponda); **N° Rep.:** Se pondrá el número de la Hoja de Solicitud de Reparación; **R**: Reparado (poner SI o NO, según corresponda).

Figura 27. **Modelo de formato para solicitud de repuestos y materiales.**

SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES

Nombre de la empresa:.....

Solicitud n.º Código del equipo:.....

Fecha:..... Sección:.....

Turno:

Repuestos y materiales que se solicitan:

	Descripción de los repuestos y materiales	Unidad	Cantidad	Firma (quién recibe)

OBSERVACIONES:.....

.....

Firma (solicitante)

Figura 28. **Modelo de formato para el control del historial del equipo.**

HISTORIAL DEL EQUIPO

Nombre de la empresa:.....

Equipo:..... Código del equipo:.....

Fecha	Orden de trabajo n.º	Descripción de los servicios y reposiciones realizados	Materiales utilizados	Responsable de turno

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Plan de mantenimiento

Existe una serie de conceptos para definir el mantenimiento. En el caso específico de los sistemas de abastecimiento de agua, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- La calidad del agua es variable
- Se emplean diversos procesos de tratamiento de agua
- No existen dos estaciones de tratamiento similares; es decir, que tengan igual tamaño, el mismo tipo de construcción y tiempo de servicio y similar calidad del agua tratada
- No existen dos estaciones idénticas en organización, personal y control
- En las plantas de tratamiento de agua existe una gran variedad de equipos y diversos proveedores

De todo esto, se concluye en que no existe un sistema único de mantenimiento, pero sí un conjunto de actividades con fines comunes.

Entonces, se puede definir genéricamente al mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para la realización de una actividad determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

¿Por qué se debe realizar el mantenimiento?

Existen varias razones por las cuales un sistema de tratamiento y distribución de agua debe tener un servicio organizado de mantenimiento de sus instalaciones y equipos.

Una de ellas es que el abastecimiento de agua constituye, sin lugar a dudas, el servicio público más importante y no puede tener interrupciones imprevistas. Otra razón consiste en que, una vez implantado el mantenimiento, los costos se reducen.

¿Qué ventajas tiene el mantenimiento?

Entre las principales ventajas del mantenimiento, podemos mencionar las siguientes:

- Mejor conservación de los equipos
- Aumento de la calidad y de la productividad
- Disminución de paralizaciones imprevistas
- Disminución de reparaciones
- Reducción de horas extra de trabajo
- Reducción de costos

4.1.1 Planificación del mantenimiento

En el programa de planificación del mantenimiento preventivo, para la máquina llenadora de botellas, se dividen las tareas en:

- Eléctricas
- Neumáticas
- Mecánicas

Con esto se diferencia el oficio del trabajador al que se le debe asignar una tarea específica.

Seguidamente, según el tipo de trabajo que se va a efectuar, se agrupan en:

- Verificaciones: aquellas tareas que consisten en comprobar el correcto funcionamiento de un componente o sub-equipo determinado.
- Limpiezas: son todas las tareas destinadas a mantener los componentes o sub-equipos libres de cualquier suciedad o impureza, que perjudique su correcto funcionamiento.
- Lubricaciones: son las tareas encaminadas a garantizar la correcta lubricación de los componentes, para evitar el excesivo desgaste y deterioro de las piezas.
- Cambios: es la sustitución de repuestos usados por nuevos, tomando como referencia las recomendaciones de los fabricantes de los equipos

El programa de planificación del mantenimiento se elabora tomando en cuenta lo siguiente:

- **Registro de equipos**

El primer paso para la elaboración del programa de mantenimiento será inventariar y recopilar la información de todos los equipos e identificar su ubicación física, según una ruta que coincida con el recorrido del agua por las diferentes instalaciones y unidades del proceso.

Una vez inventariados los equipos, se procede a agruparlos por secciones, codificarlos y clasificarlos. Por ejemplo: sección de entrada, sección de tratamiento y sección de salida del agua tratada.

Cada equipo es codificado mediante un código alfanumérico. Si existieran dos máquinas iguales que operen en una determinada sección, por ejemplo dos unidades de dosificación, entonces las unidades quedarán codificadas como D1 y D2, respectivamente.

Para la clasificación se debe tener en cuenta la criticidad del equipo:

Criticidad 1. Equipo absolutamente necesario para garantizar la continuidad de la operación de la planta. Su falta ocasiona graves perjuicios al servicio.

Criticidad 2. Necesario para la operación de la planta, pero puede ser parcial o totalmente reemplazado.

Criticidad 3. No esencial para los procesos de la planta, fácilmente reemplazable.

Con la información recopilada sobre cada equipo, se elabora la ficha llamada "Registro del equipo", un formato que identifica al equipo y contiene las características y datos más importantes, tales como los siguientes: código del equipo, sección, fecha de adquisición e instalación, capacidad, fabricante, modelo, número de serie, características técnicas, partes principales, criticidad, etcétera. La cantidad de estas fichas dependerá de la cantidad de equipos que existan en la planta de tratamiento.

Los datos para llenar tales fichas se obtienen de las placas de los equipos suministrados por las firmas proveedoras o fabricantes.

- **Descripción de las actividades de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento que se deben realizar en cada equipo, tienen como finalidad eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan las paralizaciones intempestivas de una o varias máquinas.

Estas actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes, de la experiencia de los trabajadores, etcétera, y tienen una duración anual o bienal, según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad.

Para la descripción de las actividades, las piezas de la máquina llenadora deben poseer la siguiente información:

- Nombre de la empresa
- Sección: entrada de agua, que, a modo de ejemplo, se identifica con el código E-100, y comprende, entre otros:
 - Tuberías: se identifica con el código T-1
 - Válvulas: se identifica con el código V-1
 - Bombas: se identifica con el código B-1

La frecuencia de trabajo describe la periodicidad con que se deben realizar dichas actividades. Para esto se adopta la simbología con la que suelen representarse los períodos de intervención:

- H = actividad que se desarrolla cada hora
- D = actividad que se desarrolla diariamente
- S = actividad que se desarrolla semanalmente
- Q = actividad que se desarrolla quincenalmente
- M = actividad que se desarrolla mensualmente

2M = actividad que se desarrolla cada dos meses

3M = actividad que se desarrolla cada tres meses

6M = actividad que se desarrolla cada seis meses

A = actividad que se desarrolla anualmente

3A = actividad que se desarrolla cada tres años

Con la descripción de las actividades para el mantenimiento se elabora el plan estratégico, en donde se coloca la periodicidad con que se debe llevar a cabo cada una de ellas.

- **Fichas de trabajo**

Para que el programa de mantenimiento cumpla las actividades, se debe elaborar fichas de trabajo que contemplen las órdenes, los materiales y repuestos, para finalmente reportar y hacer un historial de los equipos.

Esto servirá para retroalimentar el programa de mantenimiento. Entre los principales tipos de fichas, están los siguientes:

- **Orden de trabajo**

Depende del plan estratégico en el que se especifican los cambios, reparaciones, emergencias, etcétera, que serán atendidos por el equipo. Esta orden será solicitada por el jefe de turno y aprobada por el encargado de mantenimiento. Debe tenerse en cuenta que ningún trabajo podrá iniciarse sin la respectiva orden y sin que las condiciones requeridas para dicha labor hayan sido verificadas personalmente por el encargado. Para esto se debe tener en cuenta la siguiente jerarquía:

Emergencia: son aquellos trabajos que atañen a la seguridad de la planta, averías que significan grandes pérdidas de dinero o que pueden ocasionar grandes daños a otras unidades. Estos trabajos deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutados de forma continua hasta su completa finalización. Pueden tomar horas extra.

Urgente: son trabajos en los que debe intervenir lo antes posible, en el plazo de 24 a 48 horas después de solicitada la orden. Este tipo de trabajos sigue el procedimiento normal de programación.

No requiere sobretiempos, salvo que ello sea solicitado explícitamente por la dependencia correspondiente.

Normal: son trabajos rutinarios cuya iniciación es tres días después de solicitada la orden de trabajo, pero pueden iniciarse antes, siempre que exista la disponibilidad de recursos. Sigue un procedimiento normal de programación.

Permanente: son trabajos que pueden esperar un buen tiempo, sin dar lugar a convertirse en críticos. Su límite de iniciación es dos semanas después de haberse solicitado la orden de trabajo.

Sigue la programación normal y puede ser atendido en forma cronológica de acuerdo con lo programado.

- **Solicitud de repuestos y materiales**

Para proveer de materiales y repuestos al personal de mantenimiento, se elabora una ficha denominada “solicitud de repuestos y materiales”, con la que se solicita al almacén estos insumos.

Esta ficha servirá para controlar adecuadamente los repuestos y materiales, va acompañada de la orden de trabajo, como las que se muestran en el capítulo anterior, en las figuras 23 y 27.

- **Reporte semanal o mensual de mantenimiento**

Sirve para registrar los servicios efectuados durante la semana y tener un mejor control de los trabajos de prevención y de los costos de los materiales empleados. Este control de reporte también se puede elaborar mensualmente según el trabajo realizado por la máquina durante un determinado período de tiempo.

- **Historial del equipo**

Después de intervenir cada equipo, se registra en la ficha “Historial del equipo” la fecha, los servicios y reposiciones realizadas, los materiales usados, etcétera. Esta ficha también servirá para controlar la operación, la calidad del trabajo y eventualmente, modificar el programa de mantenimiento.

4.1.2 Identificación de posibles fallas

La identificación de las fallas en la máquina llenadora, se puede llevar a cabo por medio de los diagramas de sus componentes, en los que se visualiza con facilidad el problema. A continuación se muestran los diagramas de fallas de la máquina llenadora, de la torre de llenado y del sistema de transmisión.

Figura 29. Diagrama de fallas de la máquina llenadora.

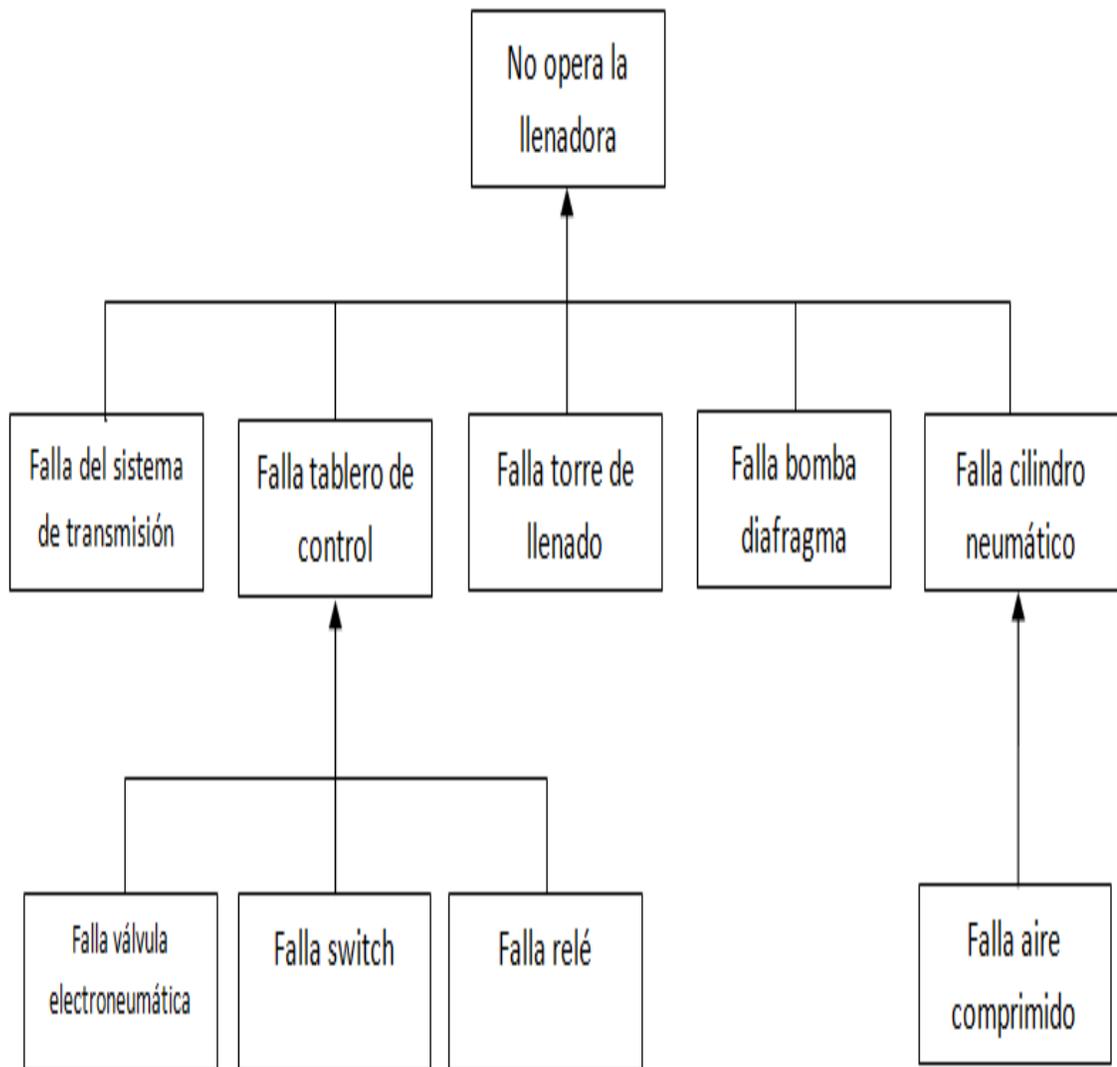
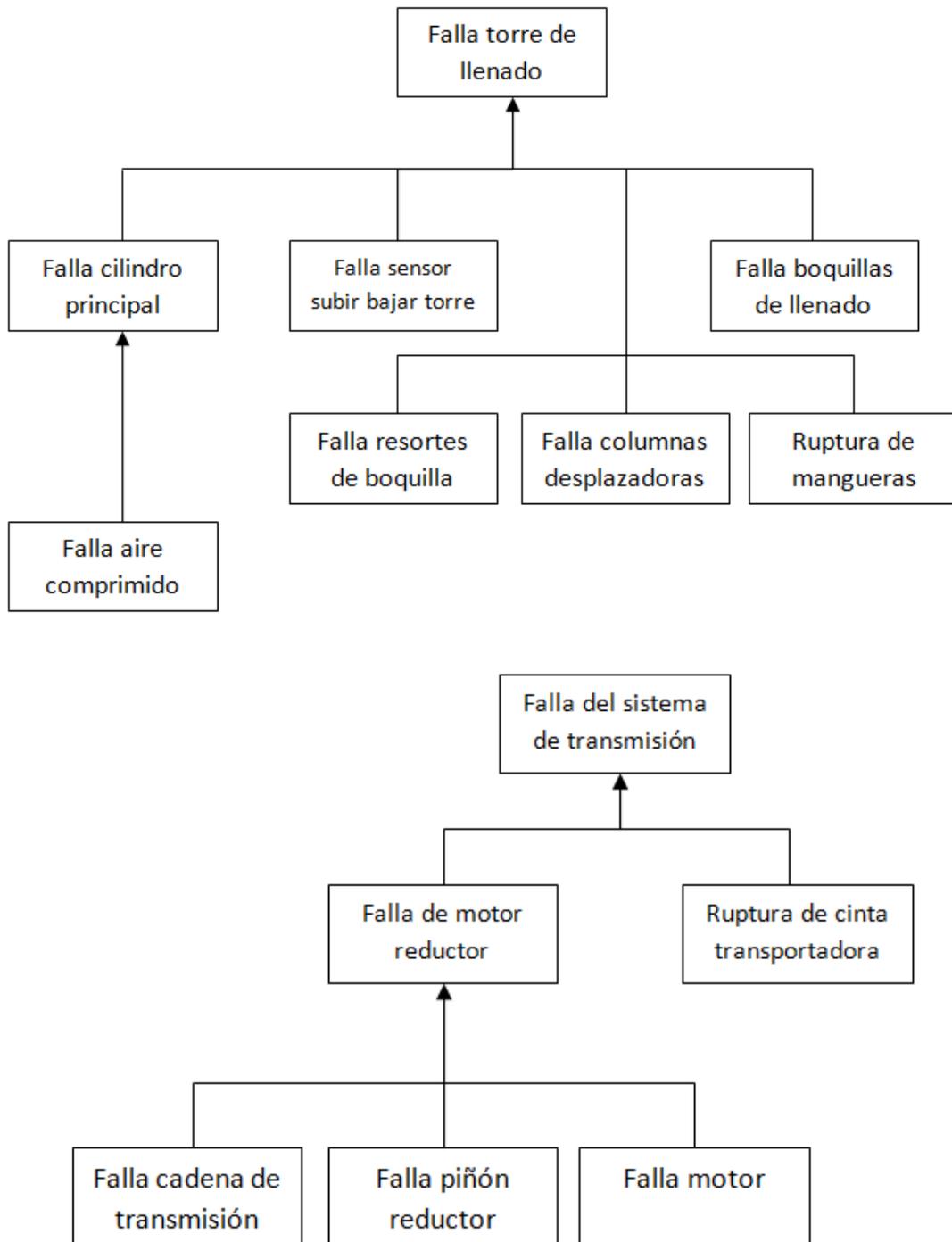


Figura 30. Diagrama de fallas de la torre de llenado y del sistema de transmisión.



4.1.3 Fichas técnicas para control

En estas fichas se da la información general del equipo. En cada una de ellas se encuentran los datos más importantes, y deberá ser elaborada antes de poner el equipo en funcionamiento, dado que servirá de referencia para obtener información de sus distintos componentes y repuestos.

La información que se debe incluir en la ficha es la siguiente:

- Nombre del equipo, código interno, localización, área o departamento. marca, No. de serie, modelo, tipo
- Repuestos recomendables en general: descripción, tipo, código, cantidad recomendada de almacenaje o de disponibilidad
- Listado de información de sub-equipos (descripción, marca, No. de serie, modelo, fabricante, proveedor, fecha de puesta en marcha, costo inicial, repuestos recomendables)

Para el caso de los repuestos de sub-equipos y componentes de los que no se cuente con información detallada, será necesario contactar con los distintos fabricantes o proveedores para solicitarles dichos datos, y después agregarlos a la ficha técnica.

Por cada mantenimiento que se le realice a cualquier maquinaria en particular, se debe llevar un registro, en el cual se anotarán los costos de mantenimiento y los costos por paros de producción.

Con esta información se tendrá el monto del costo de mantenimiento de la maquinaria (individual y general) y se podrá determinar un presupuesto mínimo de mantenimiento para el siguiente año.

4.1.4.1 Mano de obra

La determinación del costo de la mano de obra calificada que deberá realizar el mantenimiento, dependerá del tipo de falla o corrección que se deba ejecutar, dado que se dispondrá de mano de obra interna, así como externa, la cual traerá consigo un costo de mano de obra más elevado por tener que contratarse empresas ajenas a la empresa.

4.1.4.2 Bodega de Repuestos

Se debe habilitar un área diseñada para el almacenaje de repuestos dentro de la planta, con el propósito de salvaguardar el equipo, repuestos, accesorios, herramientas, etc., teniendo un control sobre las existencias necesarias para el funcionamiento de toda la maquinaria dentro de la empresa, lo que ayudará a no tener tiempos de paro muy prolongados en la búsqueda de repuestos.

4.2 Buenas prácticas de manufactura (BPM)

Las buenas prácticas de manufactura se basan en una serie de regulaciones para la fabricación de alimentos, fármacos, cosméticos y de las materias primas. Estas regulaciones a nivel local pueden o no tener carácter obligatorio, pero si el producto ha de ser exportado a otros países, es necesario verificar si en el país de destino, estas regulaciones son obligatorias, si es así, entonces se tornará imperativa su aplicación para la industria que quiera exportar.

En Guatemala el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por medio de la Dirección General de Regulación, Vigilancia y Control de la Salud, es el encargado de verificar que en toda industria se cumpla con las disposiciones sanitarias relacionadas con las buenas prácticas de manufactura. Los lineamientos en los cuales deben basarse las empresas se encuentran contemplados en la norma sanitaria para la autorización y funcionamiento de fábricas de alimentos procesados y bebidas, la cual en su artículo 1º. reza:

“Esta norma sanitaria tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplirse para el otorgamiento y renovación de la licencia sanitaria, así como para el control sanitario y funcionamiento de las fábricas que procesan alimentos y bebidas, y establece además la clasificación y los mecanismos de vigilancia.

La dependencia competente para su aplicación es el Departamento de Regulación y Control de Alimentos de la Dirección General de Regulación, Vigilancia y Control de la Salud”.

En dicha ley se encuentran enumeradas las disposiciones aplicables a las fábricas de alimentos procesados y/o bebidas, las cuales se refieren a los siguientes puntos:

- Ubicación y alrededores
- Edificio
- Área de recepción
- Área de producción
- Bodegas
- Servicios sanitarios
- Iluminación y ventilación
- Basuras y aguas servidas
- Control de plagas
- Proceso de fabricación
- Agua en cantidad y calidad
- Higiene en el proceso de fabricación
- Control de calidad de la materia prima y del producto terminado
- Control de temperatura
- Manipuladores

Además de lo anterior, define el criterio a utilizarse para la autorización y el control sanitario del funcionamiento, estableciendo los pasos a seguir para la renovación de la licencia sanitaria y el control sanitario.

4.3 Señalización industrial

Las señales deben ser claras y simples, que evidencien los riesgos y los puedan prevenir mediante el mayor impacto visual posible. Es importante tener en cuenta cuando se realiza un plan de señalización, que cualquier individuo que esté en el establecimiento al momento de un siniestro o accidente, debe comprender rápidamente las señales indicativas, a donde dirigirse y a qué ritmo abandonar el lugar. De igual forma deben ayudar a mitigar los actos inseguros dentro de la empresa.

Dentro de la señalización industrial existente, se pueden a dar a conocer los grupos en que se sub-dividen:

Rótulos de prohibición: señal de seguridad que prohíbe un comportamiento que puede provocar una situación de peligro.

Rótulos de obligación: es una señal de seguridad que obliga a un comportamiento determinado.

Rótulos de advertencia: señal de seguridad que advierte un peligro.

Rótulos de evacuación: señales que identifican los puntos de recorrido a seguir en una evacuación.

En la siguiente figura se muestran los distintos rótulos industriales, que se deben utilizar dentro de la planta:

Figura 32. Rótulos de evacuación.



Figura 33. Rótulos de prohibición.



Figura 34. Rótulos de advertencia.



Figura 35. Rótulos de obligatoriedad.



4.4 Integración de capacitación a empleados

Es importante realizar un programa de capacitación para todo el personal de la planta, que incluya diversos temas relacionados con el proceso de embotellado de agua pura, debiendo programarse una capacitación semanal como mínimo. A continuación se sugieren algunos temas de importancia que debieran incluirse dentro del ciclo de capacitación.

4.4.1 Buenas prácticas de manufactura

Las Buenas Prácticas de Manufactura se aplican a todos los procesos de manipulación de alimentos y bebidas, siendo una herramienta fundamental para la obtención de un proceso inocuo, saludable y sano.

Para asegurar el cumplimiento de las BPM, la empresa debe contar con personal con conocimientos suficientes, experiencia, competencia y motivación. Es esencial identificar las necesidades de capacitación del personal, cualquiera que sea su nivel dentro de la jerarquía y diseñar un plan para satisfacerlas.

Los cursos de entrenamiento pueden ser realizados por la misma empresa o por empresas externas especializadas, de acuerdo con los recursos con los que cuente cada compañía.

En general, se ha podido observar que los planes de capacitación suelen tener un mayor impacto cuando la realización de los mismos está en manos de los propios supervisores, quienes, por estar directamente involucrados en la problemática específica, se constituyen en el personal idóneo para llevar a cabo estos programas.

Los programas de capacitación deben ser ejecutados, revisados y actualizados periódicamente. Deberá existir un programa de capacitación escrito que incluya las buenas prácticas de manufactura, dirigido a todo el personal de la empresa.

Será importante incluir en la capacitación, conceptos sobre higiene en la manipulación de alimentos, controles sobre el estado de salud de los empleados, evitando que aquellos con enfermedades contagiosas o heridas estén en contacto con los alimentos.

En cuanto al personal, se espera un cambio de actitud como consecuencia de haber comprendido el porqué de los cuidados a tener para garantizar la calidad alimentaria.

Estos son algunos de los puntos sobre los que se deberá trabajar en la capacitación:

- El personal no debe ser un foco de contaminación durante el proceso productivo
- El personal debe realizar sus tareas de acuerdo con las instrucciones recibidas
- La ropa de calle debe depositarse en un lugar separado del área de manipulación
- Los empleados deben lavar sus manos ante cada cambio de actividad, sobre todo al salir y volver a entrar al área de manipulación
- Se debe usar la vestimenta de trabajo adecuada
- No se debe fumar ni comer en las áreas de manipulación de alimentos
- El personal que está en contacto con materias primas o semi-elaboradas no debe tratar con el producto final a menos que se tomen las medidas higiénicas

- Se deben tomar medidas similares para evitar que los visitantes se conviertan en un foco de contaminación: vestimenta adecuada, no comer durante la visita, etc.

Debido a que es muy común la contaminación por error de manipulación, se debe procurar combatir los errores durante las diversas operaciones con alimentos, desde la obtención de la materia prima hasta el producto terminado, incluyendo también el almacenamiento y transporte de los diversos ingredientes. Para esto, el responsable del establecimiento debe dar a los empleados las instrucciones claras y precisas de las tareas a realizar valiéndose, por ejemplo, del uso de carteles. Además de los puntos mencionados con anterioridad, en la capacitación se deben tratar estos temas:

- Se deben tener cuidados en las etapas de manipulación y obtención de materias primas ya que es imposible obtener un producto de buena calidad si se parte de materia prima de mala calidad
- Se deben evitar en todo momento los daños a los productos (elaborados, semi-elaborados, terminados) que pueden ser perjudiciales para la salud
- Se deben controlar los distintos elementos que ingresan a la línea para que no sean fuente de contaminación. Por ejemplo, controlar que estén libres de parásitos, que no se encuentren en mal estado, etc.
- Se debe prevenir la contaminación cruzada durante la elaboración, evitando el contacto o cruce de materiales en diferentes estados de procesamiento
- Se debe capacitar al personal sobre las tareas a realizar, supervisarlo, y brindarle la ayuda necesaria para corregir las fallas
- Se deben evitar las demoras durante las distintas etapas, ya que el producto semi-elaborado puede contaminarse durante estos períodos

- Se deben también controlar los vehículos de transporte, las operaciones de carga y descarga, los recintos y condiciones de almacenamiento, evitando que se transformen estas etapas de manipulación en focos de contaminación

4.4.2 Seguridad e higiene en el trabajo

La seguridad y la higiene aplicadas a los centros de trabajo tienen como objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud y la integridad física de los trabajadores por medio del dictado de normas encaminadas tanto a que les proporcionen las mejores condiciones para desarrollar el trabajo, como a capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten, dentro de lo posible, las enfermedades y los accidentes laborales.

La seguridad y la higiene industriales son entonces el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con el motivo de su actividad laboral.

Por tanto es importante establecer que la seguridad y la higiene son instrumentos de prevención de los riesgos y deben considerarse sinónimos por poseer la misma naturaleza y finalidad. Se debe capacitar al personal en los siguientes temas relacionados con la seguridad e higiene laboral.

- Condiciones seguras de trabajo
- Actos inseguros
- Peligros y riesgos
- Higiene personal
- Limpieza y mantenimiento de las áreas de trabajo
- Equipos de protección personal
- Manipulación de materiales
- Señalización preventiva
- Manejo de materiales peligrosos
- Trabajo en agua
- Ergonomía

4.4.3 Mantenimiento a la maquinaria

Para que los empleados conozcan sobre el funcionamiento y la acción que deben tomar al momento en que se deba dar mantenimiento a la máquina llenadora, se les debe instruir en los siguientes temas:

- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Manejo de fichas técnicas
- Identificación de fallas
- Conocimiento de los componentes

4.4.4 Funcionamiento óptimo en el proceso

El funcionamiento debe mantenerse en un estándar, para lograr ser eficientes en el proceso el mayor tiempo posible. Para el efecto se deben realizar estudios medibles que permitan evaluar si se está llevando a cabo de la manera planeada el proceso de embotellado. Para mantener este estándar, el personal debe estar capacitado sobre los métodos y acciones a emprender para que el proceso sea el adecuado.

4.4.5 Manejo de formatos de control

El manejo de estos formatos servirá para mantener un registro sobre producción y mantenimiento, los cuales deben ser llenados de una manera clara para evitar equivocaciones. Para lograr este objetivo se debe explicar a todo el personal cada uno de estos formatos, cuando utilizarlos y que anotaciones deben hacer en cada una de las casillas.

4.5 Análisis de resultados

El análisis de resultados permite verificar diversos parámetros, en este caso, los más importantes son los económicos y de eficiencia, que son los puntos más claros para evaluar el funcionamiento de los nuevos y actuales métodos de trabajo dentro del proceso de embotellado de agua pura, con los cuales la empresa interpretará si se han alcanzado la metas propuestas dentro de la empresa.

4.5.1 Económico

El análisis económico consiste en comparar los beneficios con los costos, ya que acá se verificará que beneficios son obtenidos y si conviene seguir realizando este tipo de inversiones.

4.5.2 Eficiencia

Será deberá controlar si se está alcanzando la eficiencia establecida, lo que se logrará conociendo el tiempo de inicio y terminación de la producción y el número de unidades de botellas con agua producidas.

El resultado de esto, se debe comparar con el tiempo estándar establecido en el presente trabajo de graduación, el cual sirve como parámetro para realizar las evaluaciones y conocer si es o no eficiente el proceso.

5 IMPACTO AMBIENTAL QUE CAUSAN LAS BOTELLAS DE AGUA PURA

5.1 PET (polietileno tereftalato)

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films.

El PET (Polietilén Tereftalato) perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres, fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

Recién a partir de 1946 se le empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se le comenzó a emplear en forma de film para el envasado de alimentos, pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976; pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas.

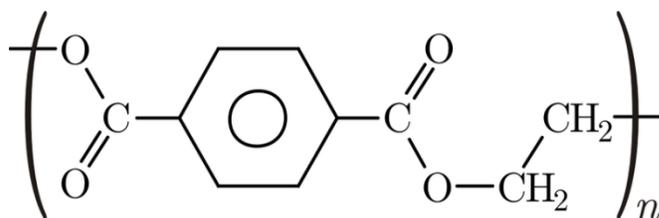
El PET (polietileno tereftalato) es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una

barrera contra los gases. La fabricación de estos envases se consigue en un proceso de inyección-estirado-soplado que parte de la resina de PET (polietileno tereftalato).

5.1.1 Compuestos que lo conforman

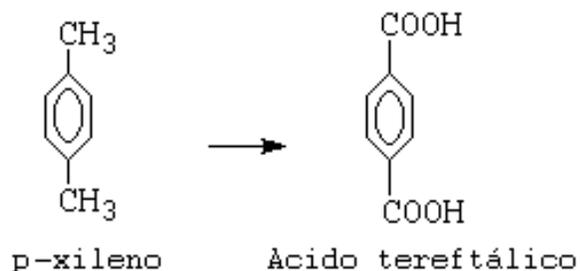
Químicamente el PET (polietileno tereftalato) es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Figura 36. Estructura química del poliéster.



Ácido tereftálico: se obtiene a partir del p-xileno, es la materia prima para fibras de poliéster como Dacron y Teryleno y para la resina de moldeo tereftalato de polietileno.

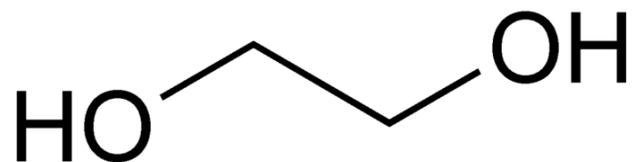
Figura 37. Estructura del ácido tereftálico



Etilenglicol: es un compuesto químico que pertenece al grupo de los glicoles. El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro, ligeramente espeso como el almíbar.

A temperatura ambiente es poco volátil, pero puede existir en el aire en forma de vapor, el etilenglicol es inodoro pero tiene un sabor dulce. Se fabrica a partir de la hidratación del óxido de etileno.

Figura 38. Estructura del etilenglicol



5.1.2 Impacto ambiental

El impacto ambiental es el efecto que producen las botellas PET (polietileno tereftalato), sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos yendo en contra de los procesos naturales. Este es causado por las acciones humanas que producen diariamente este tipo de botellas, motivados por la consecución de fines comerciales, que provocan efectos colaterales sobre el medio natural.

5.1.2.1 Contaminación

La contaminación es todo cambio indeseable en las características del aire, agua o suelo, que afecta negativamente a todos los seres vivos del planeta; estos cambios se generan principalmente por acción del ser humano.

Normalmente los plásticos han sido etiquetados como "Villanos Ambientales". Debido a su utilización como producto de empaque, y en productos no retornables, los plásticos parecen simbolizar la cultura de lo "desechable". Los productos PET (polietileno tereftalato), también son criticados, debido a que no se biodegradan y porque son manufacturados a partir de recursos no renovables.

La contaminación del planeta es un problema que no ha sido solucionado a pesar de que los medios de comunicación ya no hablen todo el tiempo de ello. La basura contaminante como lo son los polímeros, siguen acumulándose y tapando ríos, contaminando tierras y los desechos tóxicos siguen provocando modificaciones en el ecosistema.

Figura 39. **Desperdicios PET (polietileno tereftalato).**



5.1.3 Medidas de mitigación

La mejor forma de evitar el deterioro del ambiente por la contaminación de botellas PET (polietileno tereftalato), es realizar un plan sobre medidas de mitigación, en donde se tendrá como objetivo minimizar el impacto directo que se tenga, a continuación se describen medidas mitigantes que ayudarán a contrarrestar este tipo de contaminación.

5.1.3.1 Reciclaje

El plástico es uno de los materiales que al ser desechado ocupa el mayor volumen en los vertederos. Por eso, es muy importante que este material sea reciclado, evitando así los daños al ambiente.

Existen diferentes tipos de plásticos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS y otros y es por esto que la separación es el primer paso en el proceso de reciclado (primario).

En la mayoría de los casos se trata de reciclar botellas PET (polietileno tereftalato) que se reciben a granel, en pacas o fardos. El primer paso para su recuperación es la selección manual de las botellas. Este paso es extremadamente importante, porque si el PET se contamina con PVC, su valor comercial disminuirá drásticamente.

- **Procedimientos de reciclado**

- **Reciclado mecánico**

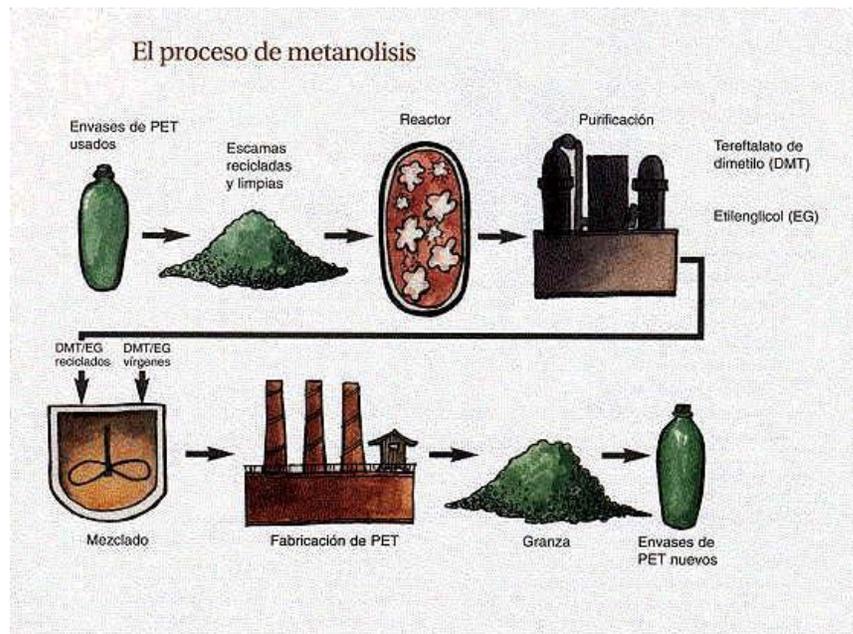
Es la técnica más utilizada en la actualidad, consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión.

- **Reciclado químico.**

Actualmente se están desarrollando tecnologías, a escala industrial, para el reciclado químico, que consiste en la separación de los componentes básicos de la resina y la síntesis de nueva materia virgen, lo cual permite ampliar la gama de materiales a reciclar y el sustancial ahorro de gas y petróleo, que son las materias primas básicas del PET.

Existen en este sentido varios procesos, de los cuales los más importantes son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis. Otro sistema de reciclado químico, utilizado en escalas relativamente pequeñas, en pequeños reactores, es la esterificación para componer resinas insaturadas utilizadas para fabricar láminas plásticas moldeadas en frío como las destinadas a techos, recubrimientos de guardabarros de automóviles, etc y una infinidad de productos.

Figura 40. **Proceso de metanólisis**



Fuente: Los poliesteres PET Eastman y el medio ambiente.

- **Aprovechamiento energético**

Dentro de las estrategias de las RRR's (reducir, reciclar, reutilizar), existe también la alternativa del aprovechamiento energético tal cual se aplica en varios países extranjeros. El PET es un polímero que está formado sólo por

átomos de Carbono e Hidrógeno, por lo cual al ser quemado produce sólo dióxido de carbono y agua ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) con desprendimiento de energía.

Cuando se trata de comunidades pequeñas o medianas, geográficamente aisladas, las posibilidades de reciclado son limitadas por los volúmenes disponibles y los costos de transporte hacia centros que dispongan de la infraestructura adecuada.

En estos casos el aprovechamiento energético permite dar asistencia a escuelas, asilos y sectores de menores recursos para complementar su calefacción, agua caliente, etc. Las metas son directamente ambientales y sociales.

El beneficio debe medirse en términos del mejoramiento de la calidad de vida de toda la población y la disminución de subsidios, partidas que pueden ser dirigidas hacia otros sectores de la comunidad.

Un gramo de PET (polietileno tereftalato) libera una energía de 22,075 Btu/g similares a las que tienen otros combustibles derivados del petróleo. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de energía calorífica que liberan algunos materiales.

Tabla XXXII. **Comparación de energía del PET y otros derivados del petróleo**

Combustible	Btu/g
Poliolefinas	43,929
Carbón	23,178
PET	22,075
Papel periódico	17,660
Basura húmeda	6,181

Fuente: <http://www.arpet.org/main/reciclad.htm>

5.2 Extracción industrial de agua

La materia prima principal en el proceso de embotellado es el agua, por lo cual se cuenta con un pozo propio para la extracción, que tiene capacidad de 650 gal/min, la cual se almacena en un tanque hecho de concreto con capacidad de 57,000 galones.

El pozo posee una profundidad total de 900 pies con un diámetro de 10 pulgadas, con un nivel estático 80 pies, un nivel de bombeo 320 pies y empaque de grava 100 a 900 pies; la bomba está instalada a 580 pies.

5.2.1 Impacto ambiental

El impacto ambiental que trae la extracción industrial de agua, es medible desde el punto de vista cuantitativo que muestra la alteración del volumen total y la cantidad disponible en los distintos lugares y temporadas, como también cualitativo que muestra la alteración de la calidad y, por tanto, de la aptitud para distintos usos, debido a sustancias contaminantes, bacterias, que se filtran durante el proceso de filtración de agua hacia los mantos friáticos. A continuación se muestran aspectos importantes que afectan al medio ambiente por la extracción de agua.

5.2.1.1 Erosión de suelos

La erosión puede ser definida, de forma amplia, como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua o del viento; o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo, causado por el agua y el viento. Esto implica la existencia de dos elementos que participan en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos.

Podría aceptarse la consideración de dos tipos básicos de erosión: la geológica o natural, y la antrópica o acelerada. La primera se produce normalmente sin la acción del hombre, estando por tanto fuera de su control; es tan lenta que pasa inadvertida y contribuye de cierto modo a la formación del relieve mismo y a la meteorización de las rocas.

En este tipo de erosión intervienen el agua (ríos, mar, lluvia, pozos), el viento, la temperatura y la gravedad; es considerada benéfica, pues busca la estabilidad de la superficie y un equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua; se ha presentado durante millones de años y existe actualmente como en el pasado, variando espacialmente dadas las diferencias en el carácter de las rocas y en las condiciones climáticas y de vegetación.

Por otra parte, en la erosión acelerada ha mediado el hombre, destruyendo la vegetación protectora al introducir otros usos al suelo y con ello rompiendo el equilibrio natural. Así, se ha favorecido la acción erosiva del agua y del viento, en especial en terrenos inclinados, al usar sistemas de cultivos y herramientas inadecuadas, al talar los bosques y/o quemar la vegetación, al construir obras de infraestructura, etc., conforme ha sido ya indicado.

5.2.1.2 Contaminación de agua

El agua subterránea tiende a ser dulce (es decir, de muy baja salinidad) y potable (puede ser bebida sin riesgo). Sin embargo en ocasiones las capas freáticas son demasiado ricas en sales disueltas como para ser consumida, y eso mismo puede resultar inconveniente también para otros usos determinados.

La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones estos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. El agua subterránea puede contaminarse por otras causas antropogénicas (debidas a los seres humanos), como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de

contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población.

Algunos contaminantes se originan de la erosión de los suelos, otros contaminantes provienen de descargas de fábricas, productos agrícolas, o químicos utilizados por las personas en hogares o en el campo. Los contaminantes también pueden provenir de tanques de almacenamiento de agua, pozos sépticos, lugares con desperdicios peligrosos y vertederos. Actualmente, los contaminantes del agua subterránea que más preocupan son los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas, pinturas, barnices, o los combustibles, como la gasolina.

Otra forma son los abonos químicos minerales, especialmente los nitratos, que son el contaminante inorgánico más conocido y quizás uno de los que genera mayor preocupación. El nitrato se origina de diferentes fuentes: aplicación de fertilizantes, pozos sépticos que no estén funcionando bien, lagunas de retención de desperdicios sólidos no impermeabilizadas por debajo y la infiltración de aguas residuales o tratadas.

Figura 41. **Proceso de contaminación del agua subterránea**



5.2.2 Medidas de mitigación

Para evitar el deterioro del medio ambiente una medida es llevar a cabo un plan de mitigación sobre extracción de agua, con lo cual pretende mantener en óptimas condiciones este proceso, sin dañar el entorno natural que lo rodea, en donde a continuación de muestra como darle mayor vida útil al pozo de agua como también que el agua extraída sea de mejor calidad.

5.2.2.1 Reforestación

Reforestar es establecer vegetación arbórea en terrenos con aptitud forestal. Consiste en plantar árboles en donde ya no existen o quedan pocos; así como su cuidado para que se desarrollen adecuadamente.

La reforestación con árboles frondosos y coníferos, disminuye la pérdida de nutrientes del suelo, contribuye a recuperar terrenos degradados y erosionados, mantiene el ciclo natural del agua, protege el balance hídrico de las cuencas hidrográficas, ayuda a evitar la dispersión de especies, permite que se mantengan las cadenas alimenticias, regula el clima, protege el suelo contra el calor y contribuye a mantener el proceso fotosintético, del cual dependen la mayoría de los seres vivos.

El agua subterránea proviene de la filtración del agua de lluvia que alcanza la zona saturada (capa freática), debajo de la superficie terrestre. Representa sesenta veces más agua de la que hay en lagos y arroyos. La velocidad de filtración depende del tipo de suelo (compacto o poroso) que tiene que atravesar y de la vegetación que intercepte la corriente de agua, para filtrarla.

5.2.2.2 Retro excavación

La retro excavación ayuda a mantener una vida útil más prolongada del pozo de extracción de agua industrial y a mantener la calidad del agua. Este proceso se realiza cada determinado tiempo, programándose según la cantidad extraída o el tiempo que indique la empresa que presta este servicio.

La retro excavación se lleva a cabo dando una limpieza en el fondo del pozo, extrayendo todo tipo de sedimento que se acumula y forma, contribuyendo a que el nivel del agua no disminuya y siga proporcionando la cantidad necesaria para suplir la demanda.

5.2.2.3 Análisis de laboratorio

Como se puede mostrar en la figura 41, página 147, la contaminación del agua subterránea proviene del agua captada en la superficie, la cual se filtra por las distintas capas de la tierra, antes de llegar al manto freático, llegando con cierta pureza y calidad, la cual debe ser monitoreada periódicamente por medio de análisis microbiológicos, mediante los cuales se podrá constatar si el agua del pozo cumple con la norma Guatemalteca Coguanor NGO 29 001, para ser utilizada en la producción de botellas con agua pura.

6 SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

6.1 Formulación de auditorías de seguimiento

Esta formulación se debe llevar a cabo para mantener un control y establecer una base de datos con registros históricos, para evaluar el funcionamiento de la empresa en diversos puntos y etapas con el fin de mantener a la empresa de la mejor forma posible siendo esta eficiente en sus procesos.

6.1.1 Objetivo

El objetivo de las auditorías de seguimientos, es establecer una cultura empresarial de mejora continua, que establezca el seguimiento de cada una de las diversas etapas que intervienen dentro del proceso, tanto productivas como de mantenimiento, dando lugar a la obtención de información objetiva que sirva de base para la toma de decisiones.

6.1.2 Metodología a utilizar

La metodología para el procedimiento de auditoría tiene como fin llevar a cabo el adecuado cumplimiento de los principios y normas establecidas, antes de presentar el informe periódico. Se pueden señalar los siguientes procedimientos:

- Revisión de las actividades en las operaciones
- Inspecciones físicas y recuentos
- Obtención de pruebas de evidencia
- Obtención de pruebas de exactitud
- Tabulación de resultados
- Interpretación de resultados
- Archivo de registros

6.1.3 Periodicidad

La periodicidad de estas auditorías dependerá del proceso o etapa que se desea estudiar, ya que no todas se pueden realizar al mismo tiempo. Esto se logra estableciendo un lapso de tiempo acorde con el funcionamiento de la máquina que puede ser semanal, mensual o trimestral, ayudando a mantener un registro confiable y puntual.

6.1.4 Comportamiento de los niveles de producción

El comportamiento dentro de la producción es variable ya que depende de muchos factores, como lo son materias primas, mano de obra e insumos, debido a esto se debe estar monitoreando constantemente el proceso de embotellado de agua pura para mantener un estándar establecido y así evitar pérdidas y reprocesos para alcanzar un proceso eficiente.

6.1.4.1 Eficiencia

Los niveles de eficiencia actuales (capítulo 2 página 32) y propuestos (capítulo 3 página 110), fueron calculados para conocer cómo trabaja actualmente la máquina llenadora y como podría llegar a trabajar si se implementará este tipo de mejoras que se han propuesto.

En la tabla XXXI, página 110, se muestra el rango de tiempos y eficiencias óptimas para establecer un estándar dentro del proceso de embotellado de agua pura, con lo cual se deberá llevar a cabo un monitoreo para mantenerse en este rango de eficiencias para maximizar los objetivos establecidos.

6.1.4.2 Reproceso

El reproceso se debe mantener en lo mínimo posible, ya que esto incide en costos para la empresa, retardando el proceso y provocando ineficiencia. Cuando se encuentre una falla de reproceso dentro del proceso productivo, se debe notificar inmediatamente a la gerencia, para establecer las causas que obligan a realizar nuevamente estas tareas.

Los reprocesos se deben estar comparando con respecto a la última medición realizada y se efectuarán periódicamente según lo establezca la empresa, para conocer las mejorías o deficiencias existentes durante este tiempo, estableciendo así medidas para evitarlas si existiesen.

6.2 Historial de mantenimientos

El historial de mantenimientos tendrá como fin mantener registros de todas las acciones de mantenimiento llevadas a cabo a la máquina llenadora, esto para conocer tiempos de duración de pieza, detalles de reparación, stock de piezas y fallas más comunes que la afectan.

6.2.1 Acciones correctivas

Para conocer este tipo de acciones, se debe llevar un registro en el que se dé a conocer el tipo de falla, la causa, el tiempo de paro, la cantidad de mano de obra y los repuestos que se utilizaron para llevar a cabo la acción correctiva, ya que este tipo de falla suele aparecer sin previo aviso, perjudicando la producción.

Esto ayudará a mantener un historial conociendo las causas que traen consigo este tipo de fallas, para prepararse y planificar un adecuado mantenimiento preventivo y evitando que vuelva a suceder.

6.2.2 Acciones preventivas

Las acciones preventivas se estarán realizando de acuerdo con un programa ya establecido, el que presenta los cambios que se le deben realizar a la maquinaria, registrando cada uno de ellos para establecer un historial de la maquinaria. Esto trae como beneficio un funcionamiento eficiente, que minimizará los costos de mantenimiento y los costos por paros no programados.

6.3 Implementación de sistemas de mejora continua para garantizar el proceso.

A continuación se dan a conocer varios métodos que se aplican para implementar sistemas de mejora continua dentro de las empresas.

- **Método Kaizen**

Los caminos por los cuales podemos realizar la mejora continua son varios, pero el principal es el Control Total de Calidad (CTC). La primera y más importante preocupación debe estar centrada en la calidad de las personas, por ello se buscará capacitar al personal para producir artículos de alta calidad, con ello ayudarles a llegar a ser conscientes del método Kaizen. En el entorno del trabajo abundan los problemas de los más diversos tipos, por lo que al ayudar a la gente a identificarlos, por medio de las capacitaciones en las diversas herramientas destinadas a la resolución de problemas, se aumentará su poder de toma de decisiones, lo cual aportará a la empresa mejor calidad en sus productos.

Así, dentro del marco conceptual del método de Kaizen, el CTC significa un método estadístico y sistemático para la resolución de los problemas. Como se tienen los indicadores por parte de las hojas de verificación, se podrán tabular los mismos y obtener una estrategia para eliminar los problemas que se presenten. Su fundamento metodológico es la aplicación estadística de los conceptos del control de calidad, que incluyen el uso y análisis de los datos estadísticos. Esta metodología exige que la situación y los problemas bajo estudio sean cuantificados en todo lo posible.

Al conocer los niveles de producción y compararlos contra los que se pueden tener de forma teórica se verá desde el punto de vista de los costos cuan caro es dejar que permanezca este problema.

La pregunta que se resolverá dentro de la empresa será. ¿Los clientes están satisfechos o no con la calidad de los productos?. Dado que todos los índices se relacionan con la administración interna, los objetivos y metas serán divulgados a los operarios para que sean ellos los responsables de medir sus procesos, determinándolos y plantear soluciones.

- **Método Ishikawa**

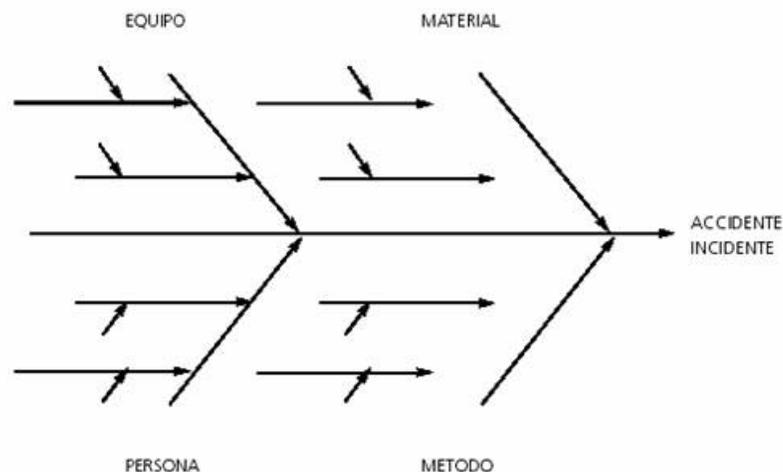
El método Ishikawa es un método de análisis de causas, utilizado habitualmente para estudiar y resolver problemas en el área de calidad. También puede ser utilizado para analizar accidentes o incidentes de alto potencial, en los que el análisis puede presentar complejidad y no se sabe a priori cuáles pueden ser las causas principales.

Implementar el análisis de Ishikawa conlleva capacitar al personal sobre la manera en que se debe utilizar esta metodología; será el más sencillo dado que contará con indicadores que ellos mismos percibirán de mejor manera. Para el desarrollo de este método se presenta un diagrama en el que se agrupan las causas en los cuatro aspectos que influyen en el desarrollo de la actividad de un puesto de trabajo, como son:

- Método de trabajo
- Condiciones de la persona
- Material con que se trabaja
- Maquinaria

A continuación se muestra un diagrama de Ishikawa, en el que se trabaja cada uno de los cuatro aspectos antes mencionados, para conocer la causa del problema y el efecto que tuvo.

Figura 42. Diagrama de Ishikawa.



- **Método Juran**

Evaluar las estaciones de trabajo en las que el operario debe desempeñar sus labores es algo primordial, así como velar porque se tenga el equipo y herramientas necesarias para el desarrollo de las mismas.

En esta medida el 90% de los departamentos de la empresa cumple esta necesidad, Por lo anterior, lo que se buscará en los departamentos será:

- Evaluar el desempeño de la operación real
- Comparar el desempeño real con las metas
- Actuar sobre la diferencia

Para este efecto se utilizarán los indicadores de cumplimiento que se tienen por parte del departamento de mercadeo, el que al encuestar a sus clientes podría dar información al jefe del área si en dado caso se detecta un problema propiamente de producción.

- **Filosofía Justo a Tiempo (*Just in Time*)**

Esta técnica es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor), es decir todo lo que implique sub-utilización en un sistema desde compras hasta producción.

Existen muchas formas de reducir el desperdicio, pero el Justo a Tiempo se apoya en el control físico del material para ubicar el desperdicio y finalmente forzar su eliminación.

La idea básica del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las áreas de trabajo.

- **Método de las 5'S**

Es un método que consiste en la realización de actividades de orden y limpieza en el lugar de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de pequeños grupos en toda la empresa, los cuales con su aporte contribuyen a incrementar la productividad y mejorar el ambiente de trabajo.

Por ello se procederá a capacitar al personal en la metodología, quienes a su vez serán los encargados de:

- Coordinar la ejecución de tareas y revisar el ritmo de ejecución
- Informar a la dirección sobre cómo mejorar los departamentos de trabajo

Las 5'S han sido llamadas así porque la primer letra en japonés inicia con S y su significado es el siguiente:

- **Seiri = Seleccionar:** se identifica un problema.
- **Seiton = Ordenar:** verificar qué es lo que ocasiona el problema.
- **Seisō = Limpieza:** eliminar las causas del problema.
- **Seiketsu = Estandarización:** determinar el procedimiento que evite tener de nuevo el problema en mención.
- **Shitsuke = Autodisciplina:** el operario velará porque en el procedimiento autorizado no vuelva a resurgir el problema.

- **Método Seis Sigma**

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente.

La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades, entendiéndose como defecto cualquier evento en el que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

Seis Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de allí el nombre de la herramienta, ya que sigma representa tradicionalmente la variabilidad en un proceso. El objetivo de esta metodología es reducir la variabilidad de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. Obtener 3.4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa pero lograda. Se puede clasificar la eficiencia de un proceso con base en su nivel de sigma:

- 1 sigma = 690,000 DPMO = 30.23% de eficiencia
- 2 sigma = 308,000 DPMO = 69.12% de eficiencia
- 3 sigma = 66,800 DPMO = 93.33% de eficiencia
- 4 sigma = 6,210 DPMO = 99.994% de eficiencia
- 5 sigma = 230 DPMO = 99.99994% de eficiencia
- 6 sigma = 3.4 DPMO = 99.9999966% de eficiencia

Por ejemplo, si se tiene un proceso de fabricación de ejes que tienen que tener un diámetro de 15 +/-1 mm para que sean buenos para el cliente, si el proceso tiene una eficiencia de 3 sigma, de cada millón de ejes que se fabrique, 66,800 tendrán un diámetro inferior a 14 o superior a 16mm, mientras que si el proceso tiene una eficiencia de Seis Sigma, por cada millón de ejes que se fabrique, tan solo 3.4 tendrán un diámetro inferior a 14 o superior a 16mm.

Para alcanzar el Seis Sigma, la empresa que desee implementarlo, se deberá regir por un proceso que consta de cinco etapas que son:

- Definición del problema
- Medición de la información
- Análisis de datos
- Mejoramiento y ejecución de las mejoras propuestas
- Control para medir el funcionamiento de lo implementado

CONCLUSIONES

1. Con el balance de la línea, dentro del área de producción, se aumenta la cantidad de producto que puede ser trabajado, ya que se cuenta con un estudio de tiempos que sirve para asignar tareas específicas que aumenten el nivel de eficiencia en cada una de las tareas asignadas.
2. La identificación de los problemas en la máquina llenadora se llevará a cabo por medio del diagrama de fallas, que es en donde se podrá verificar el origen de la falla.
3. La documentación es indispensable para conocer la historia de un lote de producto y determinar así, de manera fácil y rápida las causas de los defectos que se pudieran presentar, o los posibles focos de contaminación; y en caso de comprobar que éstos no son seguros para el consumo humano, permitirá rastrearlo y retirar del mercado las demás unidades de ese mismo lote.
4. La información acerca de los equipos, en la planta, es muy poca, por lo que, con la elaboración de las fichas técnicas, se logrará ordenar y detallar el rendimiento que ha tenido la máquina llenadora, formado así registros que ayudarán a mantener en un eficiente funcionamiento.

5. Las capacitaciones, con que se instruirá al personal de la planta con los temas propuestos, serán de mucha ayuda, porque contribuirán a que conozcan y puedan reaccionar de una manera favorable ante la situación que se les presente, ayudando así a evitar retrasos en el proceso productivo dentro de la planta.

6. La contaminación por medio de botellas PET, provoca un daño difícil de reparar al medio ambiente, por lo que la empresa deberá aplicar un plan de manejo para estos tipos de desechos. Entre los métodos que se pueden utilizar están: el reciclado mecánico y reciclado químico, que ayudará a que las botellas no se encuentren en cualquier lugar, previniendo y mejorando el ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un plan de seguimiento sobre el estudio de tiempos realizado, ya que con esto se podrá determinar si el proceso de embotellado de agua pura cumple con la visión que desea alcanzar la producción, esto con el fin de detectar y optimizar el proceso.
2. Verificar periódicamente los indicadores de producción, ya que a partir de estos se podrá conocer si el proceso está alcanzando los objetivos planteados por la empresa, como también visualizará el comportamiento de la metodología de mejora continua aplicada.
3. Conocer la opinión que los clientes tienen de los productos y servicios prestados, para determinar si se satisfacen sus expectativas.
4. Mantener actualizados los niveles físicos de los repuestos e insumos que se tengan en el inventario, almacenarlos y clasificarlos adecuadamente, para poder garantizar su existencia en el momento de realizar las distintas tareas del programa de mantenimiento preventivo.
5. Seguir el plan de mantenimiento preventivo, para mejorar la eficiencia y alargar la vida de la maquinaria.

BIBLIOGRAFÍA

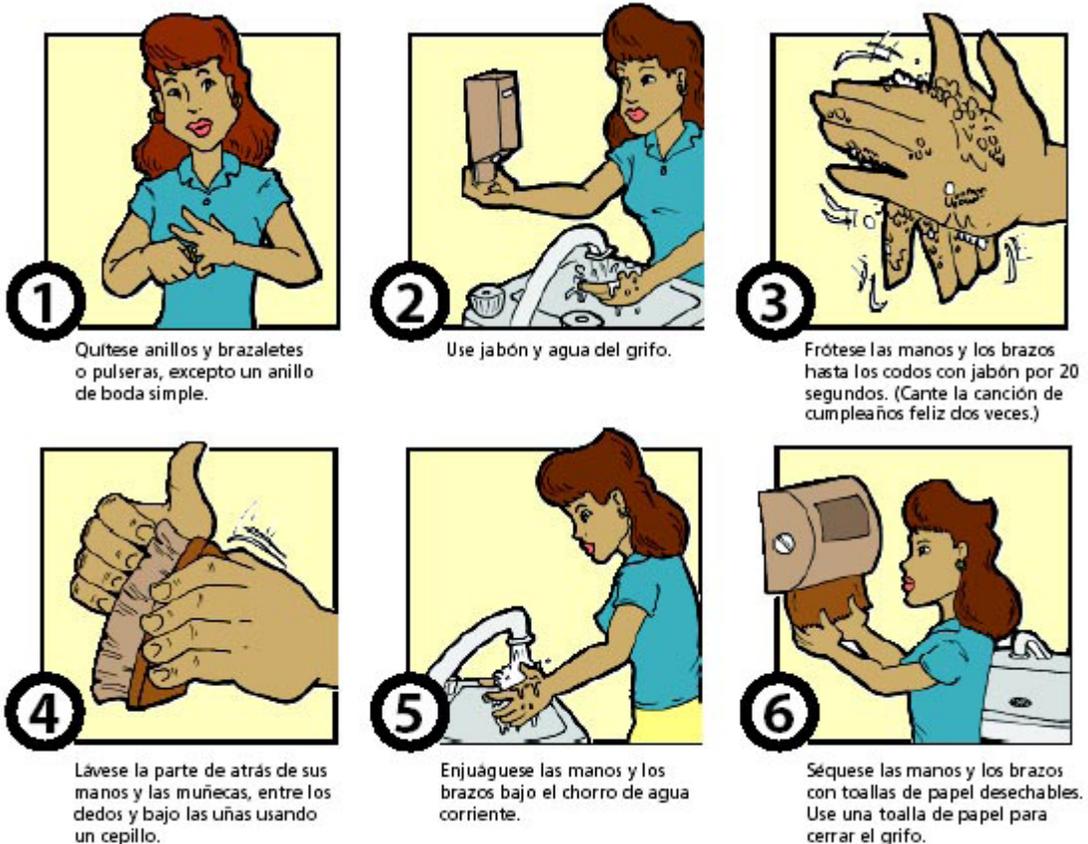
1. Denton, D. Keith. *Seguridad industrial, administración y métodos*. 5ª ed. México: McGraw-Hill, 1995.
2. Deppert W. / K. Stoll. *Aplicaciones de Neumática*. Editorial Marcombo. España, Barcelona.
3. Deppert W. / K. Stoll. *Dispositivos Neumáticos*. Editorial Marcombo. España, Barcelona.
4. González Cojoc. *Desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos, en las líneas de producción en una industria farmacéutica*. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
5. García Criollo, Roberto. *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2da. edición, Editorial McGraw-Hill. México. 2005.
6. Gómez, Orea. *Evaluación de Impacto Ambiental*. 2da. edición, 2002.
7. Jurado Godoy, Oscar Ernesto. *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empacadora de cereales*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.

8. Monroy Peralta, Fredy Mauricio. *Principios básicos de mantenimiento*, Guatemala, Centroamérica: s.i. 2003.
9. Niebel, Benjamín. *Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos*. 9a. edición, Editorial Alfa & Omega.
10. Rosales Robert, Rice James Associates. *Manual de Mantenimiento Industrial*. Editorial Mc Graw Hill.
11. González Cojoc. *Desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos, en las líneas de producción en una industria farmacéutica*. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.

ANEXOS

Señalización para un adecuado lavado de manos, antes de entrar al área de embotellado de agua pura, para cumplir con las normas de buenas prácticas de manufacturas.

Proceso de lavado de manos para buenas prácticas de manufactura.



Manejo y control de los diversos componentes de la máquina llenadora durante un mantenimiento preventivo o correctivo.

- **Componentes neumáticos**

Filtro del aire comprimido: debe revisarse periódicamente el nivel de agua condensada, que no debe sobrepasar nunca la altura marcada. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Algunas disponen de dispositivos de purga automática, por lo que debe comprobarse su correcto funcionamiento.

Regulador o válvula reguladora: siempre que esté precedida por un correcto sistema de filtrado, no necesita más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

Lubricador: verificar el nivel de aceite y, si es necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con disolventes, dado que pueden dañarlos. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.

Cilindros neumáticos: a continuación se detalla el procedimiento para la revisión de cilindros neumáticos.

- Revisar que no tengan fuga de aire por los acoples y por el vástago
- Revisión de la superficie del eje para verificar que no esté rayado

- Revisión de la rosca del vástago para observar que no esté dañada
- Revisión de los tornillos de sujeción
- Verificar que en los cilindros, cuando ya no tengan presión de aire, se pueda sacar y meter el vástago suavemente, en caso contrario cambiarlos

Electroválvulas

- Revisar fugas en los acoples de las mangueras
- Escuchar el funcionamiento
- Verificación de la corriente eléctrica

Mangueras

- Verificación de fugas
- Revisión de puntas en los acoples
- Limpieza de los acoples

- **Componentes Eléctricos**

Bomba de agua

Desacoplamiento

- Verificar que el flipón principal de la corriente eléctrica esté apagado. Colocar letrero que indique PERSONAL DE MANTENIMIENTO TRABAJANDO
- Desconectar los cables eléctricos, de alimentación de corriente

- Cerrar las válvulas de paso de agua de la succión y de descarga de agua
- Desacoplar las tuberías de succión y de descarga, y verificar el estado físico de los empaques de las uniones
- Desmontar de su base la bomba (incluyendo el motor eléctrico)

Revisión para mantenimiento preventivo y/o correctivo de bombas.

- Desacoplar la bomba del motor eléctrico
- Desmontar la carcasa, revisarla que no esté gastada o lastimada, en cuyo caso se deberá reparar o cambiar
- Revisar el empaque de la carcasa
- Quitar el seguro del impeler (impulsor de agua)
- Quitar el impulsor de agua, verificar que no tenga desgaste o esté lastimado. En el caso que tenga desgaste o esté lastimado repararlo o cambiarlo
- Quitar el sello mecánico
- Quitar el plato trasero o espejo, revisar que no esté gastado o lastimado
- Aflojar los castigadores de la punta, al eje, y quitarla, revisar desgaste
- Limpiar todas sus partes, de manchas o de posibles incrustaciones
- Armar todas las partes y colocar el sello mecánico nuevo, verificando que las piezas queden alineadas y que giren libremente (sin roces ni cabeceos)

Acoplamiento.

- Acoplar nuevamente la bomba con el motor eléctrico, verificando que las piezas queden alineadas y centradas
- **NUNCA COMPRUEBE ELÉCTRICAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA EN VACÍO, YA QUE SE DAÑARÁ EL SELLO MECÁNICO. SOLO PROBAR CUANDO TENGA AGUA**
- Montar la bomba (ya ensamblada) en su base
- Verificar que la bomba quede alineada y nivelada
- Acoplar las tuberías de succión y de descarga de la bomba
- Conectar los cables eléctricos, verificar los aislamientos de los cables y de los empalmes. Esta tarea debe ser realizada por un técnico en electricidad
- Abrir las válvulas de paso de agua, de la succión y de la descarga.
- Verificar que haya agua en la tubería de succión
- Conectar el flipón principal y encender la bomba
- Verificar que no exista fuga en los siguientes puntos: eje (sello mecánico), uniones de tuberías de succión y de descarga, así como en las válvulas de paso de agua
- Verificar que no existan ruidos anormales y que no se incremente la temperatura, de lo contrario desarmar de nuevo

Motor eléctrico

- Marcar las tapaderas para evitar confundirlas en el momento de armarlas para colocarlas en su posición original
- Quitar las tapaderas del motor
- Colocar los tornillos en un recipiente, para evitar extravíos

- Verificar si hubo roce entre el rotor y el embobinado del estator. (Si hubiera un corto circuito se manda a embobinar el rotor, pero si es roce leve se barniza el embobinado con barniz dieléctrico)
- Utilizar un extractor de rodamientos para el desmontaje
- Revisar el estado de los rodamientos (jaula, desgaste de cunas interior y exterior, giro libre del rodamiento, daños en sus partes móviles)
- Si se encontrara alguna anomalía en los rodamientos, verificar si necesitan lubricación, o si se encuentra en mal estado reemplazarlos, ya que afectaría la vida útil del motor, por lo que éste se debe monitorear después de su montaje
- Verificar el estado del ventilador de enfriamiento, eje, cuñero y cuña
- Realizar una limpieza general (tapaderas, interior y exterior)
- Montar rodamientos nuevos con el equipo adecuado
- Armar el motor y verificar que gire libremente
- Medir los aislamientos eléctricos con megaohmetro y probarlo antes del montaje en el banco de pruebas, para determinar si existe calentamiento, vibraciones, ruidos anormales, etc.
- Verificar que el motor quede bien anclado después del montaje
- Medir con el amperímetro la corriente de alimentación, que sea la que indica la placa del motor y verificar el sentido de la rotación