



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

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO  
DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**

**Manuel Alejandro Estrada Marroquín**

Asesorado por la M.A. Ericka Nathalie López Torres

Guatemala, enero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO  
DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MANUEL ALEJANDRO ESTRADA MARROQUÍN**  
ASESORADO POR LA M.A. ERICKA NATHALIE LÓPEZ TORRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

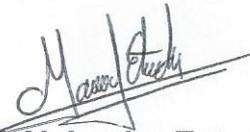
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de agosto de 2015.



**Manuel Alejandro Estrada Marroquín**

Guatemala, septiembre de 2017

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

Director Escuela Mecánica Industrial

Presente

Estimado Director de Escuela:

Por este medio hago constar que yo Ericka Nathalie López Torres, quien me identifico con el número de colegiado 10,613, he autorizado la última revisión del trabajo de graduación con el tema "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR", presentado por Manuel Alejandro Estrada Marroquín, quien se identifica con el número de carné 2011-22843, no teniendo más correcciones doy mi Vo. Bo.

Atentamente,



MA. Inga, Ericka Nathalie López Torres

Colegiado activo 10,613

*Ericka Nathalie López Torres*  
Ingeniera Industrial  
Colegiada No. 10,613



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Estrada Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Martha Wolford Estrada  
Ingeniera Industrial  
Wolford 8658

Inga. María Martha Wolford de Hernández  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2017.

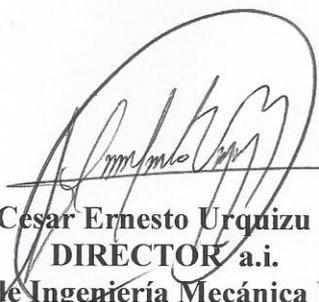
/mgp



REF.DIR.EMI.013.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Estrada Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2018.

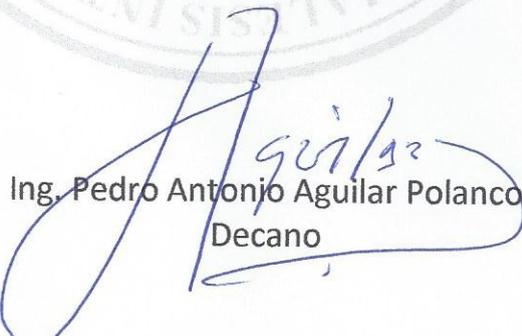
/mgp



DTG. 031.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DEL CUIDADO DEL HOGAR**, presentado por el estudiante universitario: **Manuel Alejandro Estrada Marroquín**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, enero de 2018

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por siempre ser fiel conmigo y permitirme llegar.
<b>Mis padres</b>	Carlos Manuel Estrada Dubón y Delmy Elieta Marroquín de Estrada. Por todo su apoyo y amor.
<b>Mis hermanos</b>	Por ser grandes ejemplos para mí.
<b>Mis abuelitos</b>	Por todo el amor que me han dado.
<b>Mi novia</b>	Por todo el apoyo y motivación que me ha dado.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de  
San Carlos de  
Guatemala**

Por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran institución, la cual me formó como estudiante y profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Por darme todas las herramientas para desarrollarme y crecer profesionalmente.

**Mis amigos de la Facultad**

Walter Coronado, Diego Castañeda, André Peláez, José García, Gesler Rosales, Azeneth Estrada, y a todos los amigos con quienes he vivido buenos y malos momentos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Definición de hipoclorito de sodio .....	1
1.1.1. Características.....	2
1.1.2. Manejo.....	5
1.1.3. Riesgos.....	7
1.1.3.1. Fuego y explosión .....	7
1.1.3.2. Salud.....	9
1.2. Proceso de elaboración de hipoclorito de sodio.....	11
1.3. Automatización de procesos .....	12
1.4. Maquinaria neumática.....	14
1.5. Descripción de los productos .....	15
1.5.1. Presentaciones.....	16
1.5.1.1. Litro.....	16
1.5.1.2. Galón .....	17
1.5.2. Concentraciones.....	17
1.6. Eficiencia en la producción .....	19
1.7. Balanceo de líneas.....	20
1.8. Producto de reproceso.....	22

1.9.	Estudio de tiempos .....	22
1.10.	Diagrama de procesos.....	25
1.11.	Control visual.....	27
2.	ANÁLISIS DE LA PLANTA .....	31
2.1.	Situación actual .....	31
2.1.1.	Recursos .....	31
2.1.1.1.	Materia prima.....	31
2.1.1.2.	Envases y tapas .....	32
2.1.1.3.	Toalla para extender.....	33
2.1.1.4.	Codificadora .....	33
2.1.1.5.	Banda transportadora.....	34
2.1.1.6.	Mangas de producto .....	35
2.1.1.7.	Caja .....	36
2.1.1.8.	Tanque .....	37
2.1.2.	Diagrama de proceso .....	37
2.1.3.	Descripción del proceso de llenado de cloro .....	40
2.1.3.1.	Llenado por rebalse .....	40
2.1.3.2.	Sellado de envases .....	40
2.1.3.3.	Área de secado .....	41
2.1.3.4.	Codificación .....	41
2.1.3.5.	Mangueado.....	41
2.1.3.6.	Empaque .....	41
2.1.3.7.	Entarimado .....	42
2.2.	Distribución de la planta .....	42
2.2.1.	Planos de la planta.....	43
2.3.	Eficiencia en el proceso.....	43
2.3.1.	Toma de tiempos.....	44
2.3.1.1.	Litro .....	44

	2.3.1.2.	Presentación en galón .....	45
	2.3.2.	Productos conformes.....	46
	2.3.3.	Productos no conformes.....	47
3.		INVESTIGACIÓN DEL EQUIPO ADECUADO .....	49
	3.1.	Equipo.....	49
	3.1.1.	Cilindro neumático .....	49
	3.1.2.	Dosificadores.....	50
	3.1.3.	Tanque abastecedor.....	52
	3.1.4.	Panel de control.....	52
	3.1.5.	<i>Timers</i> .....	53
	3.1.6.	PLC.....	54
	3.1.7.	Accionadores .....	55
	3.1.8.	Tubería PVC.....	56
	3.1.9.	Válvulas .....	56
	3.1.10.	Taponadora .....	58
	3.1.11.	Mesa giratoria .....	58
	3.2.	Determinación del equipo adecuado.....	59
	3.2.1.	Sistema A .....	59
	3.2.1.1.	Presentación .....	61
	3.2.1.2.	Velocidad .....	62
	3.2.1.3.	Equipos complementarios.....	62
	3.2.1.4.	Mano de obra.....	62
	3.2.1.5.	Instalación.....	63
	3.2.1.6.	CIF .....	63
	3.2.2.	Sistema B .....	64
	3.2.2.1.	Presentación .....	66
	3.2.2.2.	Velocidad .....	67
	3.2.2.3.	Equipos complementarios.....	67

3.2.2.4.	Mano de obra .....	67
3.2.2.5.	Instalación .....	68
3.2.2.6.	CIF .....	68
3.2.3.	Matriz comparativa entre sistema A y B .....	69
3.3.	Estudio económico-financiero.....	69
3.3.1.	Parámetros evaluados .....	70
3.3.1.1.	Mano de obra .....	70
3.3.1.2.	Horas extras .....	71
3.3.1.3.	Mermas.....	72
3.3.1.4.	Mantenimiento .....	72
3.4.	Toma de decisión .....	73
4.	MONTAJE DE LA LÍNEA AUTOMATIZADA.....	75
4.1.	Diseño de la máquina .....	75
4.1.1.	Ficha técnica .....	75
4.1.2.	Planos de la máquina.....	76
4.2.	Prueba piloto.....	78
4.2.1.	Montaje .....	78
4.2.2.	Distribución .....	80
4.3.	Calibraciones.....	82
4.3.1.	Rangos de dosificación .....	82
4.3.1.1.	Litro.....	82
4.3.1.2.	Galón .....	82
4.4.	Calidad .....	83
4.4.1.	Gráficos de control de peso .....	83
4.4.2.	Productos conformes .....	85
4.4.3.	Productos no conformes .....	85
4.5.	Operaciones .....	85
4.5.1.	Descripción de la maquinaria .....	86

4.5.2.	Capacitación al operador .....	86
4.5.2.1.	Plan de capacitación .....	86
4.5.2.2.	Seguridad e higiene .....	87
4.5.3.	Operación adecuada .....	89
4.5.3.1.	Plan de mantenimiento .....	89
5.	EFICIENCIA DE LA LÍNEA .....	95
5.1.	Estudio de tiempo en línea automatizada .....	95
5.2.	Cálculo de eficiencia en prueba piloto.....	97
5.3.	Ahorro de recursos.....	98
5.4.	Medición y evaluación de las eficiencias.....	99
	CONCLUSIONES .....	101
	RECOMENDACIONES .....	103
	BIBLIOGRAFÍA.....	105



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio .....	4
2.	Manejo del hipoclorito.....	6
3.	Explosión química .....	8
4.	Riesgos de salud del hipoclorito de sodio .....	10
5.	El proceso de electrólisis.....	11
6.	Automatización .....	13
7.	Desarrollo constructivo del cilindro.....	15
8.	Presentación en litro.....	16
9.	Presentación en galón.....	17
10.	Eficiencia y productividad.....	19
11.	Objetivos de balanceo de líneas .....	21
12.	Pasos para mejoramiento de tiempo .....	24
13.	Hipoclorito de sodio.....	32
14.	Tapas y envases .....	32
15.	Toalla para extender.....	33
16.	Codificadora .....	34
17.	Banda transportadora.....	35
18.	Mangas de producto.....	36
19.	Cajas para el producto .....	36
20.	Tanque de abastecimiento .....	37
21.	Diagrama de operaciones actual.....	38
22.	Llenado de envases actual.....	39
23.	Distribución actual de planta .....	43

24.	Cilindro neumático de doble efecto .....	50
25.	Dosificador isobárico .....	51
26.	Tanque abastecedor de 25 000 litros.....	52
27.	Panel de control táctil.....	53
28.	<i>Timers</i> .....	54
29.	PLC Siemens .....	55
30.	Accionadores .....	56
31.	Válvula de bola.....	57
32.	Válvula de diafragma .....	58
33.	Mesa giratoria .....	59
34.	Vista superior de sistema de llenado .....	77
35.	Vista frontal de sistema de llenado .....	77
36.	Caja principal de electricidad .....	79
37.	Aire comprimido .....	80
38.	Propuesta de distribución.....	81
39.	Gráfica de control de pesos .....	84

## TABLAS

I.	Propiedades físicas para el hipoclorito de sodio .....	18
II.	Diagrama de procesos .....	25
III.	Elementos a controlar visualmente .....	28
IV.	Entarimado de cajas según presentación .....	42
V.	Tiempos de presentación en litro .....	45
VI.	Tiempos de presentación en galón .....	46
VII.	Características del sistema A.....	60
VIII.	Especificaciones técnicas de la llenadora .....	60
IX.	Especificaciones técnicas de la tapadora.....	61
X.	Medidas de tapa de roscas .....	61

XI.	Velocidad del sistema según presentación .....	62
XII.	Características del sistema B .....	64
XIII.	Especificaciones técnicas de la llenadora .....	64
XIV.	Especificaciones técnicas de la tapadora .....	65
XV.	Medidas de taparroscas según presentación .....	66
XVI.	Velocidad según presentación.....	67
XVII.	Matriz de comparación .....	69
XXVIII.	Flujo de ahorro de mano de obra del sistema “A” .....	71
XIX.	Flujo de ahorro de mano de obra del sistema “B” .....	71
XX.	Flujo de ahorro por horas extras.....	72
XXI.	Flujo de ahorro de mermas.....	72
XXII.	Flujo de ahorro de horas de mantenimiento .....	73
XXIII.	Análisis financiero del proyecto .....	73
XXIV.	Ficha técnica .....	76
XXV.	Equipo de protección.....	88
XXVI.	Ficha de actividades VOSO.....	92
XXVII.	Ficha de actividades.....	93
XXVIII.	Diagrama de hombre-máquina .....	96
XXIX.	Resumen del diagrama de hombre-máquina.....	97
XXX.	Clasificación de OEE .....	97



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>PLC</b>	Control lógico programable
<b>CIF</b>	Costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial
<b>OEE</b>	Eficiencia general de los equipos
<b>Gpm</b>	Galones por minuto
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Psi</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>Lpm</b>	Litros por minuto
<b>Mts</b>	Metros
<b>MI</b>	Mililitros
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>SADT</b>	Temperatura de descomposición autoacelerada



## GLOSARIO

<b>Adaptabilidad</b>	Capacidad para ajustarse rápidamente.
<b>Automatización</b>	Aplicación de máquinas o procedimientos para la realización de un proceso.
<b>Corrosivo</b>	Sustancia que puede corroer o dañar irreversiblemente algo.
<b>Diagnóstico</b>	Acción para identificar una falla.
<b>Inflamable</b>	Que se infla o arde con facilidad.
<b>Inspección</b>	Acción de revisar minuciosamente.
<b>Manipulación</b>	Acción de manejo de objetos.
<b>Norma ISO 9001</b>	Norma internacional de sistema de gestión de calidad a la que, justamente, se le atribuyen todas aquellas empresas públicas o privadas que disponen efectivamente de los elementos que son indispensables para contar con una gestión de calidad que satisfaga ciento por ciento las necesidades y expectativas de los clientes.

<b>Recurso</b>	Suministro que tiene capacidad para convertirse.
<b>Salmuera</b>	Agua saturada de sal.
<b>PLC</b>	Control lógico programable
<b>CIF</b>	Costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial

## RESUMEN

El hipoclorito de sodio (cloro) es un producto utilizado diariamente en casas, oficinas, colegios, hospitales y restaurantes como herramienta de desinfección de superficies y alimentos, además de ser un agente blanqueador de prendas de vestir muchas veces usado para el tratamiento de agua para consumo humano. Es importante saber que la manipulación del hipoclorito de sodio en altos porcentajes de concentración, durante períodos prolongados de tiempo, es peligrosa para la salud del ser humano, por lo que es necesario que cualquier persona que esté en contacto con este químico utilice el equipo de protección necesario y se reduzca, lo más posible, el tiempo de exposición al mismo.

Luego de conocer y analizar la tarea de llenado de hipoclorito de sodio en la planta de producción, se identifica la necesidad de automatizar dicho proceso para las presentaciones comerciales de litro y galón, tratando de minimizar las grandes pérdidas en materia prima y el alto costo que esta línea de llenado representa (cantidad de operarios, horas extras, mermas, entre otros). Una vez detectada la necesidad, se procede a realizar un estudio con el cual se identifican las posibles soluciones. Estas se analizan y comparan, tomando en cuenta factores importantes como: reducción o aumento de costos en mano de obra, horas extras, mermas y mantenimiento, permitiendo así seleccionar la mejor opción como sistema de llenado automatizado para el hipoclorito de sodio.

Teniendo la propuesta del nuevo sistema de llenado, se establece el plan de instalación, la capacitación de uso y el mantenimiento de la línea, para que

esta opere correctamente según las indicaciones del fabricante. Finalmente, con esta automatización se espera reducir los riesgos para los operadores, aumentar la capacidad de producción de la planta y, principalmente, obtener ahorros importantes para la empresa.

# OBJETIVOS

## General

Automatizar el proceso de llenado de hipoclorito de sodio en las presentaciones de litro y galón en envase plástico.

## Específicos

1. Analizar la capacidad física de la planta para la distribución óptima de las líneas de producción.
2. Identificar y establecer el equipo adecuado a utilizar en la automatización de la línea de llenado de envases.
3. Desarrollar un estudio económico-financiero para determinar la viabilidad del proyecto.
4. Establecer las fases del montaje de la línea de llenado automático.
5. Diseñar planes de capacitación, seguridad, higiene y mantenimiento para la correcta operación de la maquinaria.
6. Determinar la eficiencia de la línea de llenado con la automatización del proceso.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias tienen como objetivo principal la satisfacción del cliente, por lo tanto deben tener líneas de producción eficiente y rentable. Esto ha llevado a automatizar los procesos casi en su totalidad, debido a que, con la intervención humana, están propensos a tener variaciones en la calidad del producto.

En el primer capítulo de este trabajo de graduación se describe todos los elementos involucrados en el trabajo de investigación, dejando en claro la manipulación correcta de los químicos a utilizar, así como los conceptos de ingeniería con los que se trabajó en el transcurso del trabajo. El capítulo siguiente analiza la situación actual de la planta, haciendo un recuento de los recursos utilizados y presentando los diagramas de proceso para poder analizar el criterio de ingeniería. Se describe detalladamente el proceso actual del llenado de envases con hipoclorito de sodio y se determina el tiempo estándar del proceso.

En el tercer capítulo se encuentra la investigación para determinar el equipo adecuado que debe tener la nueva línea automatizada. Una vez determinado el equipo, se analizan dos sistemas de llenado automático que cumplen con las características mínimas y se determina los ahorros que tendrá la empresa adquiriendo dicho sistema.

En el cuarto capítulo se dejan plasmados los datos técnicos del sistema seleccionado, así como las actividades de mantenimiento que se debe realizar para mantener el equipo en óptimas condiciones, y también los conceptos

básicos que debe poseer el operador. Y en el último capítulo se realiza el cálculo del ahorro en los recursos utilizados en el proceso. Una vez se realiza la automatización de la línea de llenado, se tendrá una optimización de recursos que impactarán directamente en el cálculo de la medición del OEE de la línea automatizada.

# 1. MARCO TEÓRICO

Sobre el tema del hipoclorito de sodio, se presenta el siguiente apartado para ampliar el contenido del estudio en general. Se muestra la definición, el proceso de elaboración de hipoclorito de sodio, la automatización de procesos, la maquinaria necesaria neumática, la descripción y la presentación de los productos actuales. Se muestra también la eficiencia en la producción, el balanceo de líneas de producción, el producto de reproceso, el estudio de tiempos, el diagrama de procesos y el control visual dentro de la planta de producción.

## 1.1. Definición de hipoclorito de sodio

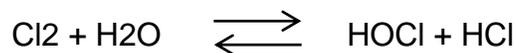
Hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ) es un compuesto que puede ser utilizado para desinfección del agua. Se usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento y eliminación de olores<sup>1</sup>. Es importante resaltar que el monitoreo del cloro residual total es primordial para salvaguardar la salud de los seres humanos, porque sirve para el mejoramiento de las técnicas y prácticas corrientes de desinfección de agua potable.

Debido a que el hipoclorito de sodio en solución es muy inestable, particularmente las soluciones de bajas concentraciones decrecen velozmente, la exposición a la luz solar y otras fuentes de luz directa y la agitación ayudan a la reducción del cloro activo en la solución, por lo que se dificulta el transporte y

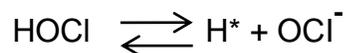
---

<sup>1</sup> LENNTECH, B. V. *Procesos de desinfección. Hipoclorito.* <https://www.lennotech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm>. Consulta: agosto 2015.

almacenaje de muestras para su respectivo análisis, circunstancia en la que es necesario contar con un método de campo para la determinación de hipoclorito de sodio en solución. Asimismo, el poder blanqueador y desinfectante de las soluciones de cloro, como comúnmente se le conoce al NaOCl, dependen de la concentración de ácido hipocloroso en esas soluciones. Cuando el cloro es agregado al agua, el ácido hipocloroso es formado de acuerdo a la ecuación siguiente:



Esta hidrólisis es reversible. A su vez, el cloro como ácido hipocloroso se disocia en iones de hidrógeno ( $\text{H}^*$ ) e iones de hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ) según la ecuación:



Se observa la definición del hipoclorito de sodio y la ecuación que lo forma. En los siguientes párrafos se muestra las características de este, cómo debe ser un manejo adecuado y algunos riesgos de hacerlo.

### **1.1.1. Características**

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. Tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5 % solución acuosa). Como agente blanqueador de uso doméstico normalmente contiene 5 % de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15 % de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 13) que se quema y es corrosivo.

El hipoclorito de sodio es inestable. El cloro se evapora a razón de 0,75 gramos de cloro activo por día desde la solución. Después de calentado el hipoclorito de sodio se desintegra. Esto también ocurre cuando contacta con ácidos, luz del día, ciertos metales y venenos, así como gases corrosivos, incluyendo el gas de cloro. Además es un oxidante fuerte y reacciona con compuestos combustibles y reductores. También es una base débil inflamable. Estas características se deben tener en cuenta en los procedimientos de transporte, almacenamiento y uso del producto.

Figura 1. **Ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio**



Fuente: elaboración propia.

### 1.1.2. Manejo

Equipo de protección personal: para el manejo de este producto es necesario utilizar bata, lentes de seguridad, guantes de hule y, si la cantidad involucrada es muy grande, un respirador y botas. Para trasvasar pequeñas cantidades debe usarse una pipeta, nunca aspirar con la boca.

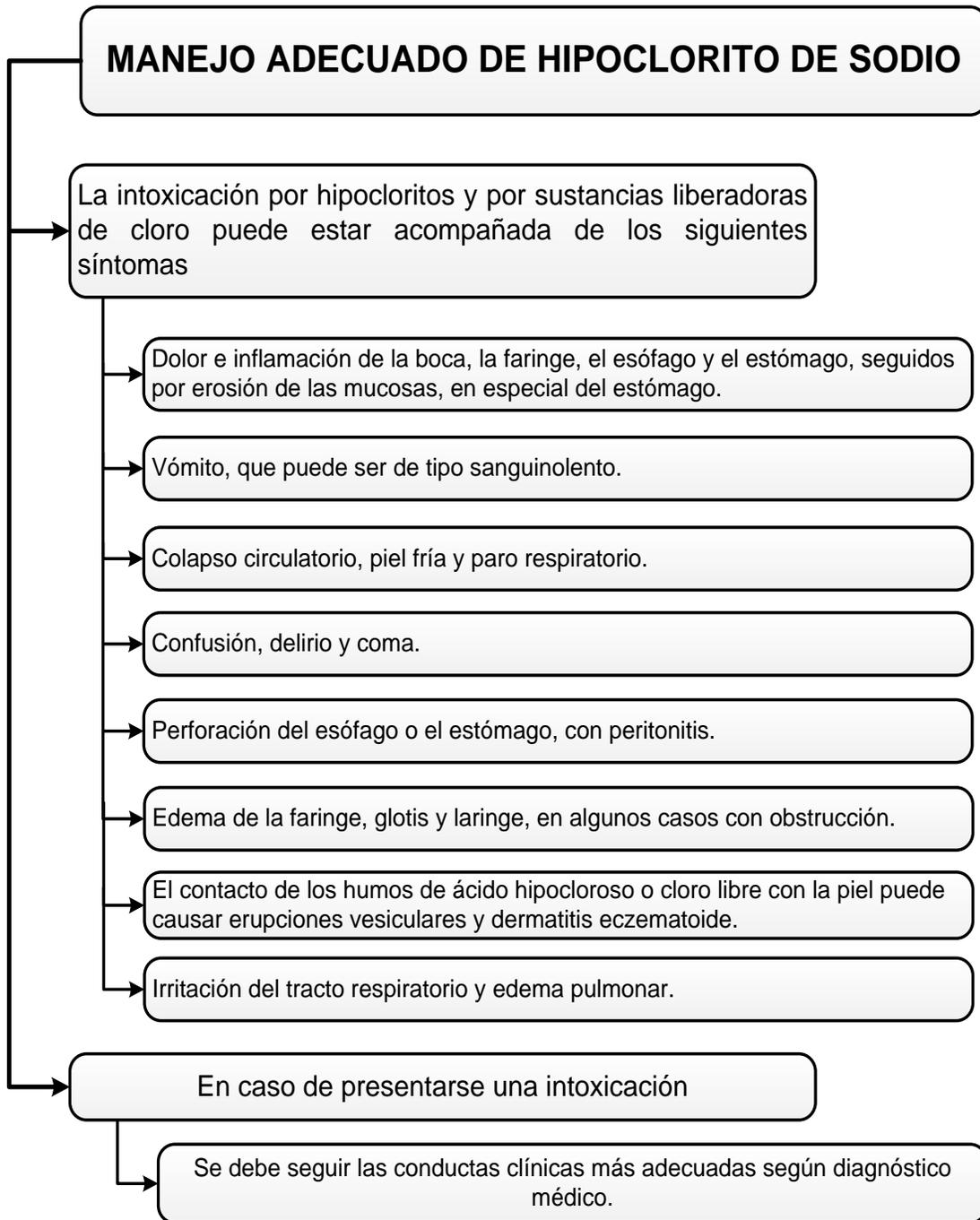
Cuando se trabaja con soluciones concentradas de hipoclorito de sodio, las personas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento, de igual forma en el uso del equipo de protección personal. Por el carácter de oxidante fuerte que tienen las soluciones concentradas de hipoclorito de sodio, no se recomienda entrar en contacto directo con este tipo de soluciones, tampoco que se derramen en alguna parte del cuerpo. Asimismo se debe evitar la mezcla accidental de este compuesto con ácidos<sup>2</sup>.

Además, se deben evitar las mezclas con amoníaco o compuestos de amonio, con las que el hipoclorito puede formar compuestos explosivos. El contacto del hipoclorito con sustancias combustibles también debe evitarse. Es necesario que se cuente con duchas para el lavado del cuerpo y los ojos, en las proximidades de las zonas de trabajo en que se emplee o fabrique el compuesto, para permitir un lavado oportuno en caso de derrame accidental sobre alguna parte del cuerpo.

---

<sup>2</sup> Organización Panamericana de la Salud. *Estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio*. <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/iEstabilidad.pdf> Consulta: agosto 2015.

Figura 2. Manejo del hipoclorito



Fuente: elaboración propia.

### **1.1.3. Riesgos**

Entre los riesgos del hipoclorito de sodio, a continuación se describen las posibles situaciones que podrían provocar fuego y explosión, pues también es recomendado que el personal esté capacitado para estas situaciones, además, en el siguiente párrafo se describen los efectos agudos sobre la salud, que pueden ocurrir inmediatamente o poco después de la exposición al hipoclorito de sodio.

#### **1.1.3.1. Fuego y explosión**

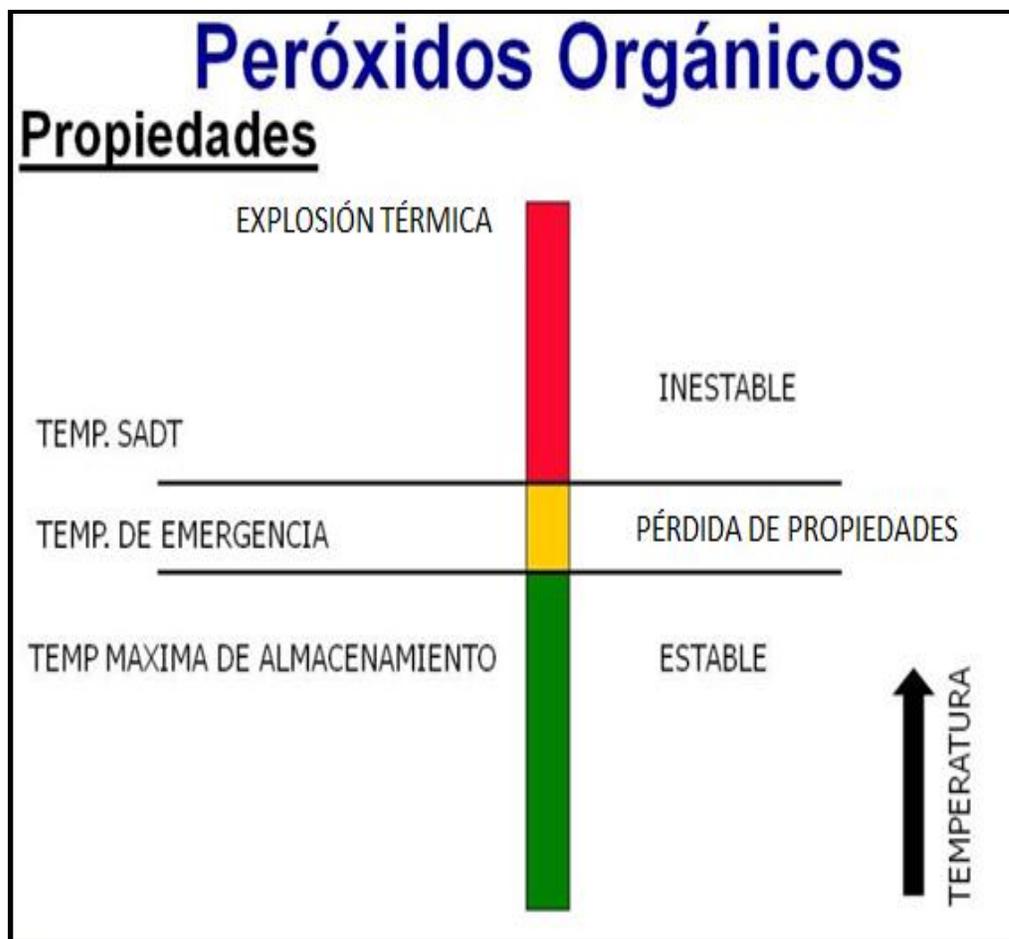
El hipoclorito de sodio es un producto no inflamable, sin embargo, puede provocar fuego en contacto con material orgánico. Además, puede generar gases tóxicos (como cloro) cuando se calienta. Puede generar explosivos con aminas. Por eso se debe almacenar en lugares fríos, oscuros y alejados de materiales combustibles.

El hipoclorito de sodio no es considerado un compuesto combustible, no obstante, su descomposición por calentamiento conlleva la liberación de oxígeno, esto podría incrementar la severidad de un incendio existente. También es un oxidante de alta reactividad que podría ocasionar explosiones o incendios al reaccionar con distintas sustancias. Es de suma importancia resaltar que para la extinción de incendios en que se encuentre involucrado, es recomendado el uso de polvo químico seco, sin embargo, el tipo de agente extinguidor a emplear depende además del material que arde, porque las disoluciones de este producto no lo hacen.

Si el incendio es de gran magnitud se debe emplear un chorro de agua a alta presión. Ya que el calentamiento del hipoclorito de sodio aumenta la

velocidad de liberación de gas tóxico y oxígeno, deben enfriarse con agua los contenedores afectados por el fuego y evitar una sobrepresión de los recipientes de almacenaje o proceso que cause su ruptura. También, el personal encargado de apagar el incendio debe contar con equipo de protección para el incendio y para el ataque de cloro y cloruro de hidrógeno.

Figura 3. Explosión química



Fuente: *Explosión química*.

<http://d07chasipantawladimir1a2.blogspot.com/2015/05/peroxidos.html>. Consulta: agosto de 2015.

### 1.1.3.2. Salud

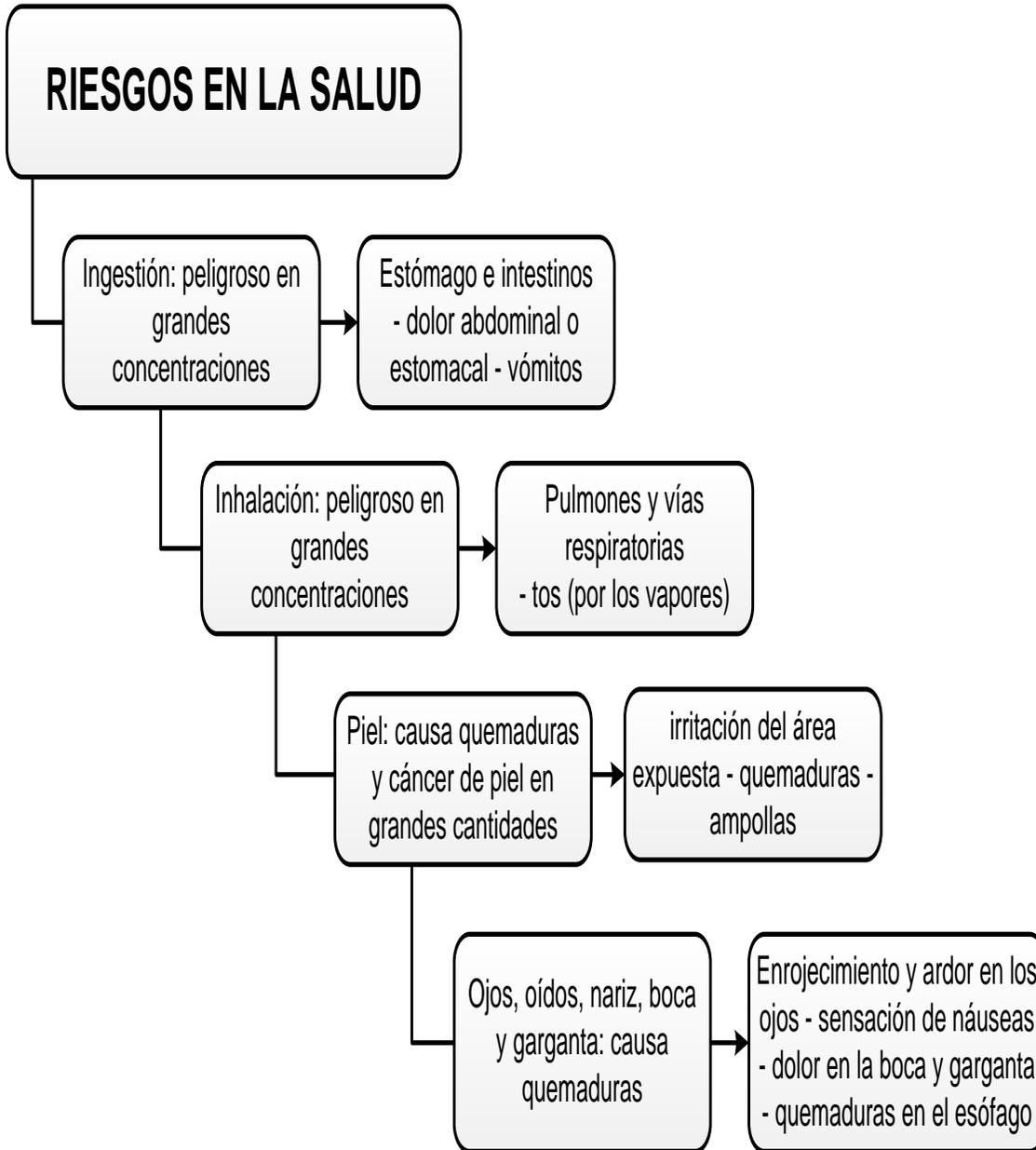
Este producto es extremadamente destructivo de las membranas, del tracto respiratorio superior, ojos y piel. Es peligroso si se ingiere o se respiran sus vapores y puede absorberse a través de la piel. Los primeros síntomas de intoxicación son: sensación de quemado, tos, dolor de garganta, dificultad al respirar, náusea y vómito<sup>3</sup>.

- Inhalación: puede provocar tos y después la irritación de los bronquios y su inflamación, lo mismo que de la laringe, produciendo neumonitis química y edema pulmonar. Al irritar los pulmones, puede causar tos o falta de aire, lo que constituye una emergencia médica caracterizada por acumulación de líquido en los pulmones e intensa falta de aire.
- Contacto con ojos: los irrita, puede quemarlos, con la posibilidad de daño ocular.
- Contacto con la piel: puede irritarla si el contacto es constante, causando erupciones en la piel y ampollas.
- Ingestión: es irritante de las membranas mucosas, por lo que produce quemaduras en la boca. Además provoca dolor estomacal, vómito y coma. Al ingerir disoluciones concentradas se pueden generar perforaciones en el estómago y esófago. En casos de suicidio por ingestión de este producto se ha encontrado que produce necrosis y hemorragia del tracto digestivo inferior y enfisema pulmonar.

---

<sup>3</sup> Merk, S.A. *Hoja de seguridad de hipoclorito de sodio.* <http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/HipocloritoSodio.pdf>. Consulta: agosto de 2015

Figura 4. Riesgos para la salud causados por hipoclorito de sodio



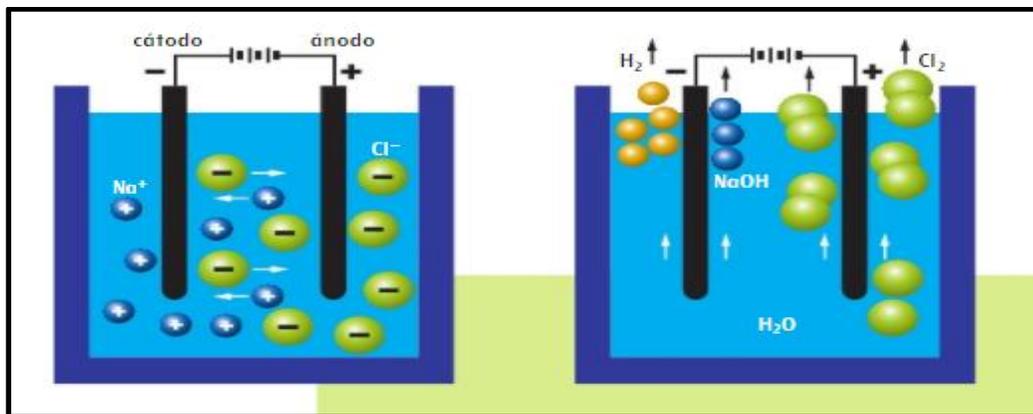
Fuente: elaboración propia.

## 1.2. Proceso de elaboración de hipoclorito de sodio

El proceso de fabricación industrial de cloro más universalmente utilizado es el de electrolisis de una disolución salina de cloruro sódico (NaCl) o de cloruro potásico (KCl), denominada salmuera, mediante el paso de energía eléctrica a través de la misma. Se producen simultáneamente: cloro (Cl<sub>2</sub>), hidróxido sódico (NaOH), también denominado sosa cáustica, o hidróxido potásico (KOH), también denominado potasa cáustica, e hidrógeno gas (H<sub>2</sub>).

La electrolisis se produce en una celda donde hay dos compartimentos o electrodos: el polo positivo o ánodo y el polo negativo o cátodo, de forma que, al pasar la corriente eléctrica a través de la disolución salina, los iones positivos (Na<sup>+</sup> o K<sup>+</sup>) son atraídos hacia el polo de signo contrario, el cátodo, y los iones negativos (Cl<sup>-</sup>) son atraídos hacia el ánodo.<sup>4</sup>

Figura 5. El proceso de electrólisis



Fuente: *Electrólisis*. <https://es.slideshare.net/jvjamon/electroquimica-breve>. Consulta: agosto de 2015

<sup>4</sup> Eurochlor. Asociación Nacional de Electroquímica. (2014). *Cloro*. <http://www.cloro.info/preguntas-frecuentes/preguntas-tecnicas>. Consulta: junio de 2015.

En la figura anterior se observa el proceso de electrólisis, el cual consiste en aplicar una corriente eléctrica a una sustancia iónica determinada, lo que accede a separar sus iones. La electrólisis se origina en una celda donde se distinguen dos compartimentos o electrodos: el polo positivo o ánodo y el polo negativo o cátodo, de manera que, al aplicar la corriente, los iones positivos se sienten atraídos hacia el polo de signo contrario, en otras palabras, hacia el cátodo, y los iones negativos están atraídos hacia el ánodo.

### **1.3. Automatización de procesos**

Según Salvador de la Hera, en su libro *Introducción a la neumática*, “la automatización de los procesos productivos es en la actualidad una necesidad de las industrias modernas que pretenden ser competitivas. La neumática ayuda a estas empresas a aumentar su flexibilidad y el ritmo de producción gracias a las características del aire comprimido por medio transmisor y adaptabilidad que permiten sus componentes”<sup>5</sup>.

La automatización de los procesos industriales se basa en crear un sistema de control que controla una variable por un medio automático, haciendo que la intervención humana ya no sea necesaria. La función principal la describe Alejandro García como: “consiste en dotar al sistema de los dispositivos que le permiten operar por sí mismo. Para conseguir esta automatización será necesario contar con una serie de captadores capaces de registrar las condiciones del entorno y de funcionamiento interno”<sup>6</sup>.

Para el buen funcionamiento de estos dispositivos se deben analizar previamente las condiciones de trabajo, haciendo que exista un parámetro con

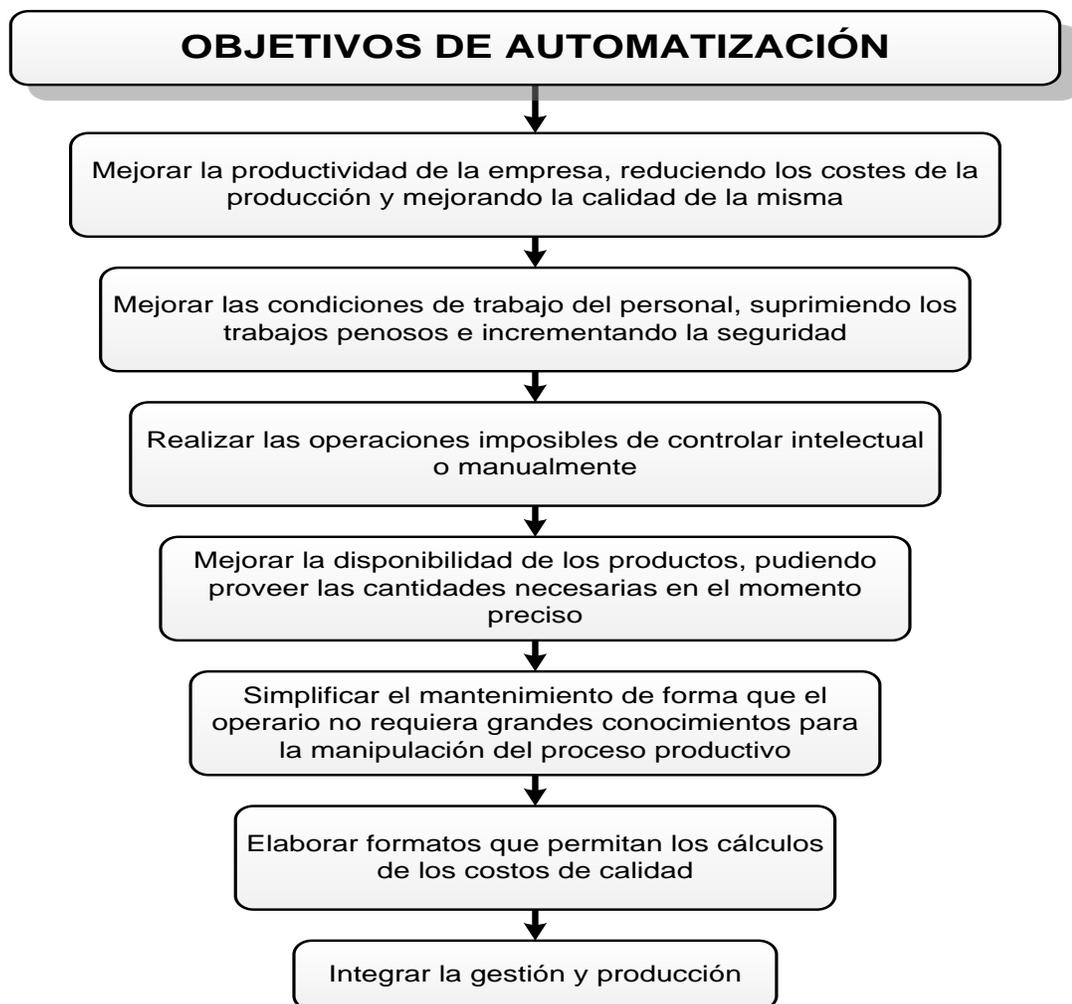
---

<sup>5</sup> DE LA HERA, Salvador. *Introducción a la neumática*.

<sup>6</sup> GARCÍA, A. *Introducción a la automatización en los procesos industriales*.

el cual se pueda determinar que el proceso está estandarizado. Las razones principales para una automatización están dadas por: necesidad que se tiene por aumentar la productividad, el alto costo de mano de obra, desperdicio en materias primas, seguridad y mejora en la calidad del producto.

Figura 6. **Automatización**



Fuente: elaboración propia.

#### 1.4. Maquinaria neumática

“La neumática es la tecnología que utiliza aire comprimido como medio transmisor de energía y engloba el conjunto para su transmisión, control y regulación, tanto para el mando de fuerzas como el de movimientos, destinadas al gobierno de dispositivos mediante aire comprimido.”<sup>7</sup> Por su parte, De las Heras agrega: “los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican en herramientas, válvulas de control, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, prensas neumáticas, entre otros.”<sup>8</sup>

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación, y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja. Las desventajas están entre la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire y las posibles fugas que reducen el rendimiento. Además debe tomarse en cuenta estos aspectos:

- Cilindro de neumático guiado: uno de los problemas que presentan los cilindros convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago, ya que el pistón, el vástago y la camisa del cilindro son de sección circular, por lo que ninguno de ellos evita la rotación. La ventaja del sistema de la función antigiro es que contiene dos o más pistones con sus vástagos, lo que le da el doble de fuerza que la de los cilindros convencionales, alcanzando su posición final con suavidad.
- Cilindro neumático de impacto: el vástago de este cilindro se mueve a

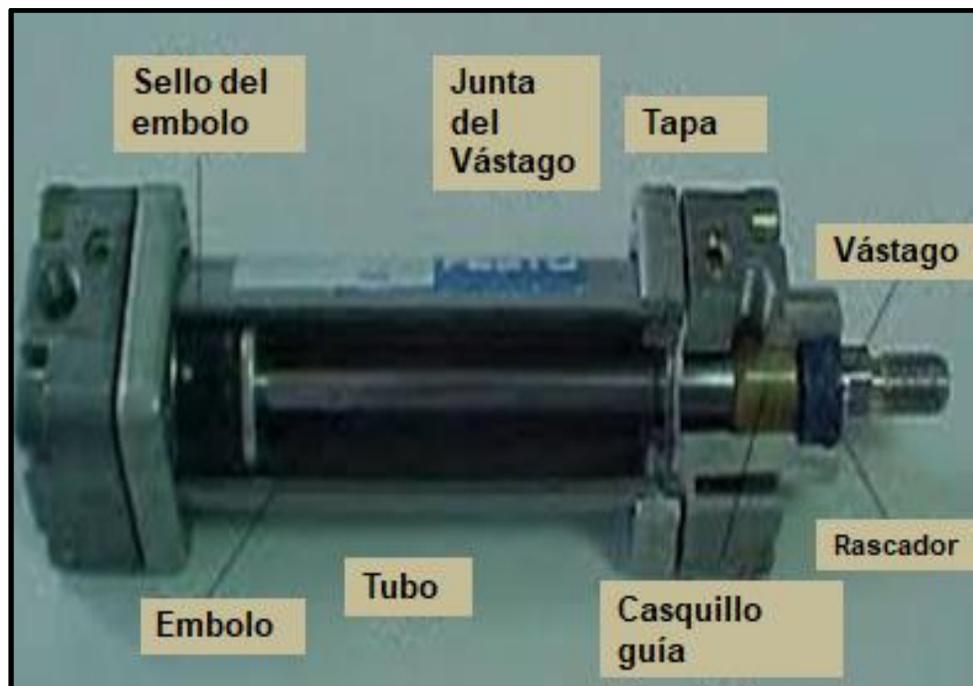
---

<sup>7</sup> Neumática. *Área tecnológica*. <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>. Consulta: agosto 2015].

<sup>8</sup> DE LAS HERAS, S. *Introducción a la neumática. En instalaciones neumáticas*. México: UOC, 2003. 328p

una velocidad elevada del orden de los 10m/s y esta energía se emplea para realizar trabajos de marcado de bancadas de motor, de perfiles de madera y trabajos en prensas de embutición, estampado, remachado, doblado, entre otros.

Figura 7. **Desarrollo constructivo del cilindro**



Fuente: *Desarrollo constructivo del cilindro.*

[https://sites.google.com/site/neumaticaparatodos/actuadores-neumaticos/cilindros-neumaticos.](https://sites.google.com/site/neumaticaparatodos/actuadores-neumaticos/cilindros-neumaticos)

Consulta: agosto de 2015.

### 1.5. Descripción de los productos

El hipoclorito de sodio se utiliza en la limpieza del hogar, para desinfectar áreas y también como blanqueador. Está llenado en envases de polietileno de alta densidad para asegurar la durabilidad y resistencia a sustancias químicas.

Las presentaciones de llenado se describen en el siguiente párrafo, estas presentaciones son en litro de 1 000 ml y en galón de 3 754 ml.

### **1.5.1. Presentaciones**

Actualmente en la línea de llenado se utilizan dos presentaciones de envases, las cuales son envase de litro y galón. Cada presentación lleva una concentración de hipoclorito de sodio al 3 %, lo cual hace que el producto pueda utilizarse como un desinfectante. Es importante mencionar que las presentaciones de litro y galón son las que se utilizan para el estudio de tiempos.

#### **1.5.1.1. Litro**

Para esta presentación se utiliza un envase y tapa de polietileno de alta densidad con capacidad para 1000ml. Esta presentación es empacada en cajas con 12 unidades cada una. El embalaje de esta presentación es de 44 cajas cada tarima.

Figura 8. **Presentación en litro**



Fuente: *Presentación de cloro en litro*. <http://ve.clasificados.com/distribucion-envases-plasticos-a-nivel-nacional-475310>. Consulta: agosto de 2015.

### 1.5.1.2. Galón

Para esta presentación se utiliza un envase y tapa de polietileno de alta densidad con capacidad para 3754ml. Esta presentación es empacada en cajas de 4 ó 6 unidades cada una, esto depende de la marca que esté en producción, debido a que la empresa maquila de cloro exige que sus productos sean de 4 galones cada caja, en cambio el cloro local es empacado en 6 galones por caja. El embalaje de esta presentación es de 21 cajas cada tarima.

Figura 9. **Presentación en galón**



Fuente: *Presentación de cloro en galón*. <http://provempa.com/productos/envases-de-plastico-y-lamina/>. Consulta: agosto de 2015.

### 1.5.2. Concentraciones

Para la elaboración de las diferentes presentaciones del hipoclorito de sodio, se dosifica la concentración que se le da a la disolución, la cual puede variar de 1 % al 5 %. Todo esto es con base en el registro de fabricación de la marca. El hipoclorito de sodio se prepara en forma anhidra, con una pureza superior al 90 %, no obstante, se descompone con facilidad al cabo de pocos

días, en ocasiones con fuerza explosiva. Además, forma un monohidrato que es difícil de obtener puro. Otro de sus hidratos es de fórmula molecular  $\text{NaOCl} \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$  y se trata de un compuesto cristalino tetragonal, que tiene poca estabilidad para uso comercial. El hipoclorito de sodio pentahidratado,  $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , tiene un punto de fusión de  $27^\circ\text{C}$ , por esto mismo debe mantenerse refrigerado para que conserve su estado sólido.

Tabla I. **Propiedades físicas para el hipoclorito de sodio**

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Peso molecular (g/mol)	74,4
Estado físico	Líquido
Punto de ebullición ( $^\circ\text{C}$ ) (760 mmHg)	120 (Concentración de cloro activo: 6,5%) 40 (5% de NaOCl en agua)
Punto de fusión ( $^\circ\text{C}$ )	8,6 (Concentración de cloro activo: 6,5%) -6 (5% de NaOCl en agua)
Presión de vapor (mmHg)	17,5 a 20o C (5% de NaOCl en agua)
Gravedad específica (agua = 1)	1,11 - 1,2 a $25^\circ\text{C}$ , agua $4^\circ\text{C}$ (Concentración de cloro activo: 6,5%) 1,07 - 1,14 (5% de NaOCl en agua)
Densidad del vapor (aire = 1)	No reportado
Velocidad de evaporación (acetato de butilo = 1)	No reportado
Solubilidad en agua	Soluble en agua fría, se descompone en agua caliente (Concentración de cloro activo: 6,5%) 100% en agua (5% de NaOCl en agua)
Límites de inflamabilidad (% vol)	No combustible
Temperatura de autoignición ( $^\circ\text{C}$ )	No reportado
Punto de inflamación ( $^\circ\text{C}$ )	No reportado
pH	12 (Concentración de cloro activo: 6,5%) 9-10 (5% de NaOCl en agua)

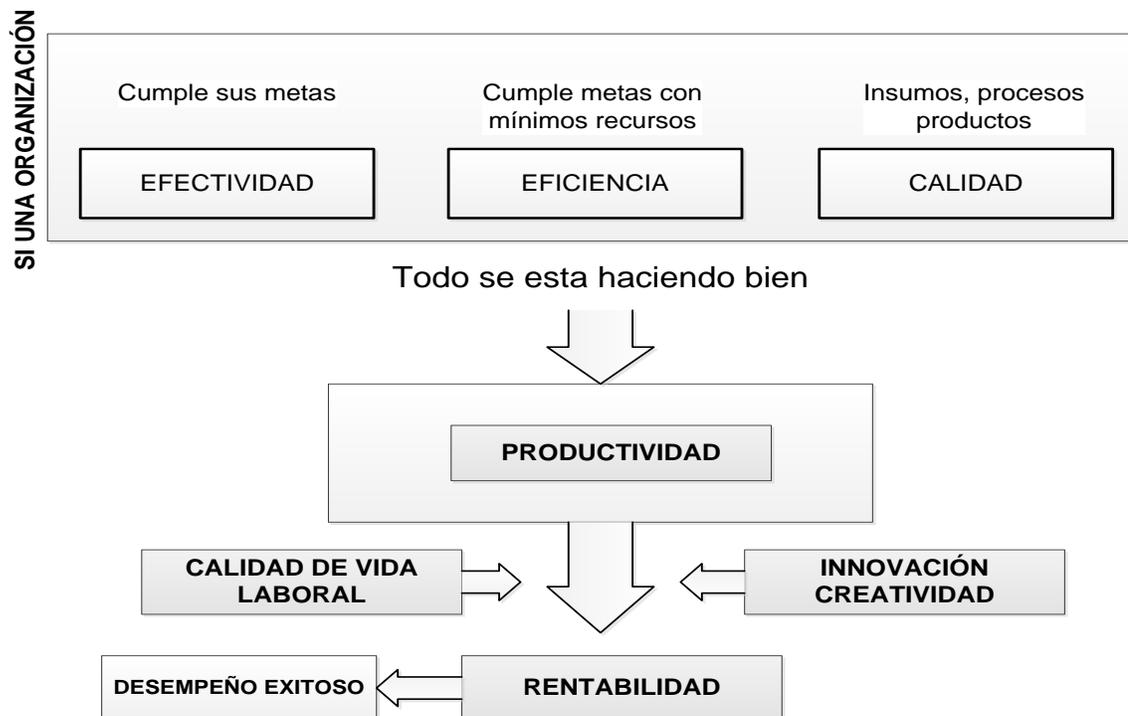
Fuente: elaboración propia.

## 1.6. Eficiencia en la producción

El manejo eficiente en la producción industrial se enfoca en la optimización de la materia prima del producto a producir. Esto hace que las empresas en la actualidad estén enfocadas en implementar métodos en los cuales su producción sea más eficiente, reduciendo los recursos como materia prima, mano de obra, tiempo y, lo más importante, garantizar un producto de calidad.

La implementación de nuevos métodos permite que se pueda tener un proceso estandarizado, el cual hace que se produzca una mayor cantidad de productos, aprovechando de una mejor manera los recursos y que esto garantice una calidad en el producto a producir.

Figura 10. **Eficiencia y productividad**



Fuente: elaboración propia.

## 1.7. Balanceo de líneas

La línea de fabricación constituye varios componentes dentro del proceso general de fabricación, centrándose en una operación específica que lleva una serie de pasos y se utilizan distintos materiales. Una línea de fabricación bien balanceada tiene la ventaja de la gran utilización del personal y de la instalación y equidad entre las cargas de trabajo de los empleados.

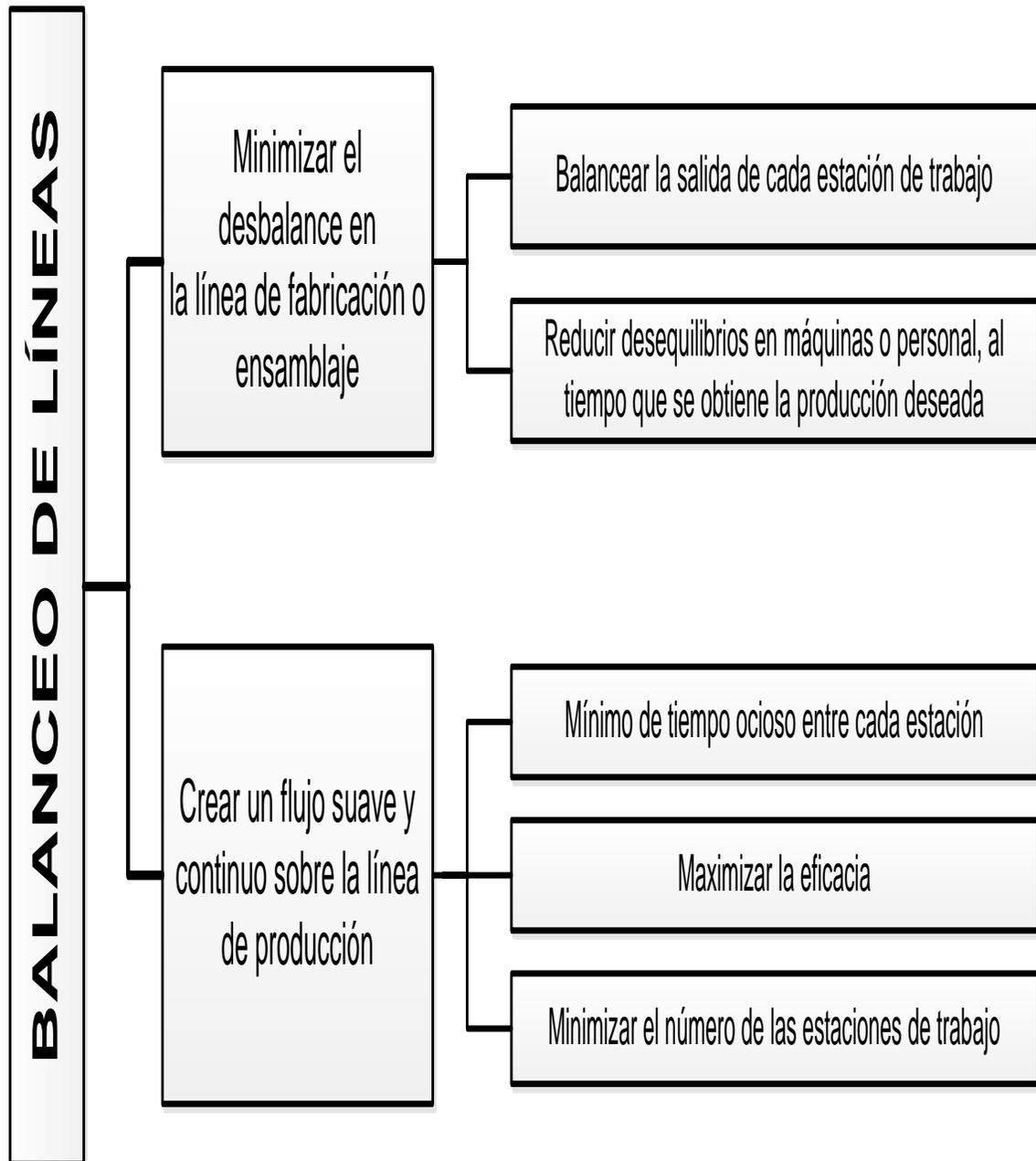
Si en algunos casos los operarios se encuentran trabajando a carga alta, mientras que algunos, en operaciones subsecuentes, se encuentran en tiempo ocioso o trabajando a mitad de marcha, la planta está desbalanceada. Se propone utilizar un balance de líneas para analizar la línea de producción, buscando evitar tiempos ociosos y aumentar la productividad.<sup>9</sup> El balance de líneas también servirá para:

- Determinar el número ideal de operarios a asignar a una línea de producción.
- Tratar de definir cuál es la velocidad de producción
- Definir la eficiencia con que se trabaja
- Estimar la producción que se puede tener
- Evitar cuello de botella

---

<sup>9</sup>VELÁSQUEZ VALLE, Samuel Alejandro. *Análisis de los métodos actuales, para incrementar la productividad, en una fábrica de velas aromáticas*. 134 p.

Figura 11. **Objetivos de balanceo de líneas**



Fuente: elaboración propia.

## **1.8. Producto de reproceso**

El reproceso es la recuperación de la materia prima del producto terminado no conforme, ya que este no cumple con características del estándar; la razón principal de esta no conformidad es que se tienen problemas con el empaque primario o secundario. Para no tener un desperdicio alto se opta por recuperar la materia prima, esta se almacena en tanques para realizar pruebas de laboratorio y microbiología, para determinar que el producto no está contaminado. Luego de asegurarse que la materia prima está en óptimas condiciones y se puede reutilizar, esta se envía al área de envasado.

## **1.9. Estudio de tiempos**

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. Esta técnica de organización sirve para calcular el tiempo que necesita un operario calificado para realizar una tarea determinada siguiendo un método preestablecido, conservando las normas de calidad, cantidad y seguridad.<sup>10</sup>

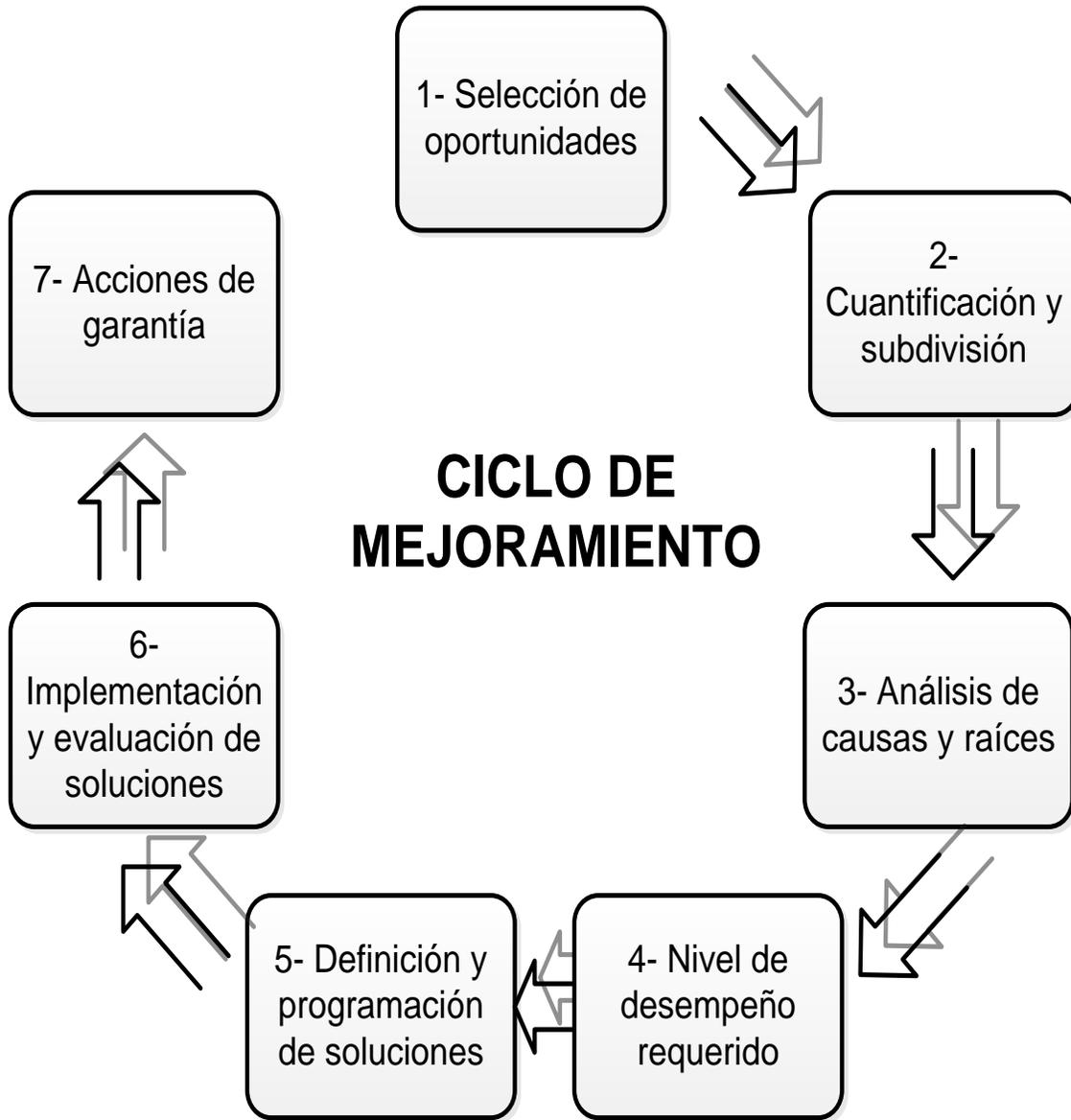
Conocer el tiempo necesario para la ejecución del trabajo a realizar es muy importante para la industria, debido a que, de esta manera, la empresa puede determinar los tiempos que utiliza para ser productiva y, al tener ya determinado el tiempo requerido para la ejecución del trabajo, se puede resolver problemas del proceso de fabricación.

---

<sup>10</sup> Gestionpolis. *Estudio de tiempo y movimientos*. <https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>. Consulta: agosto de 2015

- Los objetivos de un estudio de tiempos son:
  - Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
  - Conservar los recursos y minimizar los costos.
  - Proporcionar un producto confiable y de alta calidad.
  - Reducir y/o eliminar los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.
  
- En relación con la maquinaria: para controlar el funcionamiento de las máquinas y departamentos, es útil saber el porcentaje de paradas y sus causas, para programar la carga de las máquinas, seleccionar nueva maquinaria, estudiar la distribución de la planta, seleccionar los medios de transporte de materiales, estudiar y diseñar los equipos de trabajo y determinar costos de mecanización.
  
- En relación con el personal: con la determinación del tiempo, se determina el número de operarios necesarios para cumplir con la ejecución del trabajo y así poder controlar los costos de la mano de obra.

Figura 12. Pasos para mejoramiento de tiempo

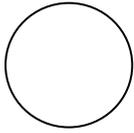
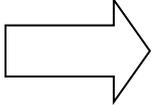
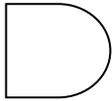
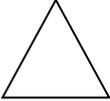


Fuente: elaboración propia.

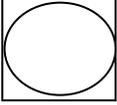
### 1.10. Diagrama de procesos

Los diagramas de procesos son una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, como: distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Tabla II. Diagrama de procesos

Símbolo	Explicaciones
Operación 	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Ocurre también cuando se da o recibe información o se planea algo.
Inspección 	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.
Transporte 	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.
Demora 	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.
Almacenaje 	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.

Continuación de la tabla II.

<p>Combinada</p> 	<p>Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.</p>
--	--

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Consulta: agosto 2015.

- Diagrama de operación de proceso: este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

El diagrama de operaciones señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño, como ajustes de tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

- Diagrama de flujo del proceso: el diagrama de flujo muestra la secuencia cronológica de las actividades que se realizan en el proceso de producción, pero contiene más detalles que el diagrama de operaciones. El diagrama de flujo se utiliza para registrar costos ocultos no productivos tales como distancias recorridas, demoras y almacenamientos temporales que, al ser detectados, pueden analizarse para tomar medidas y

minimizarlos. Además de registrar las operaciones e inspecciones, también se muestran las siguientes actividades: transporte, almacenamiento y demoras.

- Diagrama de recorrido: es una representación gráfica de la distribución de la planta en la que se muestra la localización de las actividades del diagrama de flujo. El diagrama de recorrido se construye colocando las líneas de flujo al plano de la distribución de la planta. Las líneas indican el movimiento del material de una actividad a otra. La dirección del flujo se debe indicar con pequeñas flechas sobre las líneas de flujo.

Este diagrama es una herramienta muy útil, ya que permite encontrar aquellas áreas de posibles congestionamientos de tránsito, visualizar mejor las distancias entre cada una de las operaciones y facilitar así poder lograr una mejor distribución en planta.<sup>11</sup>

### **1.11. Control visual**

Es una técnica utilizada para poder analizar el estado actual de la planta y el comportamiento del colaborador en su lugar de trabajo. Son 5 factores que se califican: el sentido de clasificación, orden, limpieza, salud y autodisciplina. Con esto se llega a una calificación sobre 100 %, haciendo que, según la calificación en el control visual mensual que el colaborador obtenga, se le pueda llegar a otorgar un incentivo para motivarlo a seguir trabajando de una manera limpia y ordenada.

Asimismo, en un control visual se distingue fácilmente una situación normal de otra anormal. Normal en cuanto existen normas visibles para cada

---

<sup>11</sup>VELÁSQUEZ VALLE, Samuel Alejandro. *Análisis de los métodos actuales, para incrementar la productividad, en una fábrica de velas aromáticas*. 134 p

trabajador, mismas que establecen cómo actuar para corregir las desviaciones identificadas; en ese sentido, es necesario lo siguiente:

- Es preciso poder detectar fácil y rápidamente cualquier desviación o cambio que se produzca, aunque sea pequeño. Se trata de establecer mecanismos de detección de anomalías de manera que cualquiera las pueda percibir.
- El control visual es una forma eficaz de hacer aflorar las anomalías para que todos comprendan lo que está sucediendo en el área de trabajo, de manera que les sea más fácil a todas las personas respetar las normas estipuladas.
- Establecer sistemas visuales que accedan a gestionar con facilidad el nivel alcanzado en organización, orden y limpieza.

Tabla III. **Elementos a controlar visualmente**

Indicadores	Áreas. Servicios o dependencias. Nombres de personas. Carteles de ubicación o avisos.
Indicadores luminosos y sonoros	Alarmas de peligro. Salidas de emergencia. Falta de papel en la fotocopidora.
Orden y niveles de existencias	Papel. Consumibles: bolígrafos, lapiceros, gomas, etiquetas. Modelos de documentos. Papel oficial. Repuestos de grapas, clips, entre otros.

Continuación de la tabla III.

Orden y cantidad	Papel. Carpetas. Papel oficial. Tinta, tóner, entre otros.
Posiciones	De cajas archivadoras. De carpetas.
Ubicación	Ordenadores. Fotocopiadoras. Medios de transporte de materiales. Puntos de inspección de procedimientos de limpieza.
Indicaciones	Seguridad e higiene. Productos peligrosos.

Fuente: elaboración propia.



## **2. ANÁLISIS DE LA PLANTA**

### **2.1. Situación actual**

Se realizó un análisis de la situación actual del proceso de llenado para envases de litro y galón, en el cual se realiza un estudio de tiempos para ambas presentaciones, determinando el tiempo estándar de cada presentación y analizando el uso de los recursos para realizar dicha operación.

#### **2.1.1. Recursos**

A continuación se presentan los recursos utilizados durante el proceso de llenado de hipoclorito de sodio en las presentaciones de litro y galón. Se muestra la materia prima, es decir, los envases y tapas que se utilizan; se muestra el uso de la toalla para extender, la codificadora, la banda transportadora, las mangas de producto, las capacidades de las cajas de cartón y, por último, la capacidad del tanque que se utiliza.

##### **2.1.1.1. Materia prima**

La materia prima utilizada en este proceso es el hipoclorito de sodio (cloro) en una concentración que se encuentra en un rango de 1 % a 4 %, dependiendo de la presentación que se esté produciendo.

Figura 13. **Hipoclorito de sodio**



Fuente: *Hipoclorito de sodio*. <http://ncpiscinas.es/secci%C3%B3n/seguridad/>. Consulta: noviembre de 2015.

#### 2.1.1.2. **Envases y tapas**

Los envases y tapas que se utilizan en el proceso de llenado son de polietileno de alta densidad, se utiliza este tipo de envase debido a su flexibilidad, durabilidad y capacidad para resistir el proceso de esterilización y resistencia a sustancias químicas, además de su bajo costo.

Figura 14. **Tapas y envases**



Fuente: *Tapas y envases*. <http://jmplasenvasesplasticos.blogspot.com/2012/07/jmplas-es-una-empresa-en-la-envases-la.html>. Consulta: noviembre de 2015.

### 2.1.1.3. Toalla para extender

Toalla de papel en rollo jumbo con medidas de: 1'x 0, 5'x 425'. Por sus características de absorción es utilizada por los operadores para secar y eliminar todo residuo de hipoclorito de sodio que contenga el envase en su exterior, así puede ser etiquetado, identificado y codificado.

Figura 15. Toalla para extender



Fuente: *Toalla para extender*. <https://www.fumisan.es/papel-secamanos/316-toalla-tork-matic-blanco-caja-6-ud.html>. Consulta: noviembre de 2016.

### 2.1.1.4. Codificadora

Actualmente se cuenta con una codificadora marca VideoJet, que es una impresora de tinta de cañón que permite realizar una impresión continua sobre objetos en movimiento. Este equipo es utilizado para identificar los envases según el número de lote y fecha de vencimiento del producto. De esta manera se le pueda dar trazabilidad al mismo.

Figura 16. **Codificadora**



Fuente: imagen proporcionada por página de *VideoJet*. Consulta: noviembre de 2016.

#### **2.1.1.5. Banda transportadora**

Se tiene una banda transportadora, la cual traslada los envases del área de secado al área de manguedo, pasando por la codificadora. Es decir que un transportador de banda es un sistema de transporte continuo formado por: un bastidor generalmente de perfil de aluminio anodizado y una banda continua que se moviliza entre dos tambores, accionada por un motor eléctrico asociado a un reductor que transmite las revoluciones deseadas al rodillo, o tambor tractor, que arrastra a la banda correspondiente, transportando sobre ella las piezas requeridas.

Cada transportador dispone de guías de canalización acordes con la pieza a transportar y con la necesidad de mantener la posición u orientación de las piezas, hasta su entrega en la estación receptora o máquina a alimentar. Las canalizaciones pueden ser de acero inoxidable, poliamida, regulables en

anchura y altura en el caso de transportar una gama de piezas, abatibles o con registros para evacuación rápida de piezas.

Figura 17. **Banda transportadora**



Fuente: *Banda transportadora*. [https://www.alibaba.com/product-detail/Timing-Modular-Weighing-Infeed-Pellet-Belt\\_60672547388.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Timing-Modular-Weighing-Infeed-Pellet-Belt_60672547388.html). Consulta: noviembre de 2015.

#### **2.1.1.6. Mangas de producto**

La manga del producto es la etiqueta de este, está impresa sobre una película de polietileno, que es una funda de polietileno impresa que contiene toda la información e imagen del producto. Se le llama manga debido a que tiene una forma tubular y un sello térmico lateral que permite que la etiqueta pueda ingresar en cualquier lado del envase.

Figura 18. **Mangas de producto**



Fuente: *Mangas de producto*. <https://industriasgori.com.mx/etiquetas-wrap-around-la-anita/>.  
Consulta: noviembre de 2016.

#### 2.1.1.7. **Caja**

Se utilizan cajas de cartón corrugado para el almacenamiento del producto terminado; la capacidad de estas puede variar según la presentación, cuando se está produciendo presentación de litro, las cajas son de 12 envases cada una, en cambio, cuando se produce el galón, cada caja es de 6 unidades.

Figura 19. **Cajas para el producto**

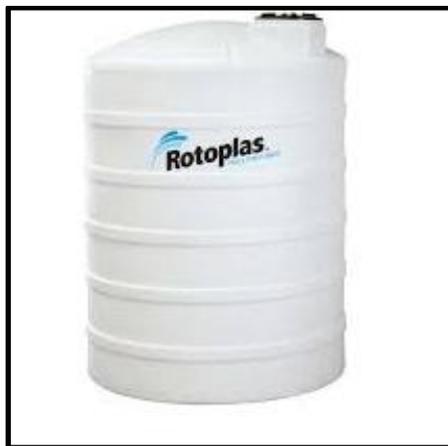


Fuente: *cajas para el producto*. <http://paginaswebenmexico.net/cajas-de-carton-corrugado.php>.  
Consulta: noviembre de 2016.

### 2.1.1.8. Tanque

Este tanque tiene una capacidad de 2 500 litros y alimenta la línea de llenado. De color blanco, con medidas de 1,55mts de diámetro y 1,65mts de altura, con una capacidad de hasta 2 500 litros y con sistema de rebalse automático. Este tanque contiene hipoclorito de sodio y abastece las estaciones de llenado por medio de una red de distribución utilizando tubería PVC de 1 1/2".

Figura 20. Tanque de abastecimiento

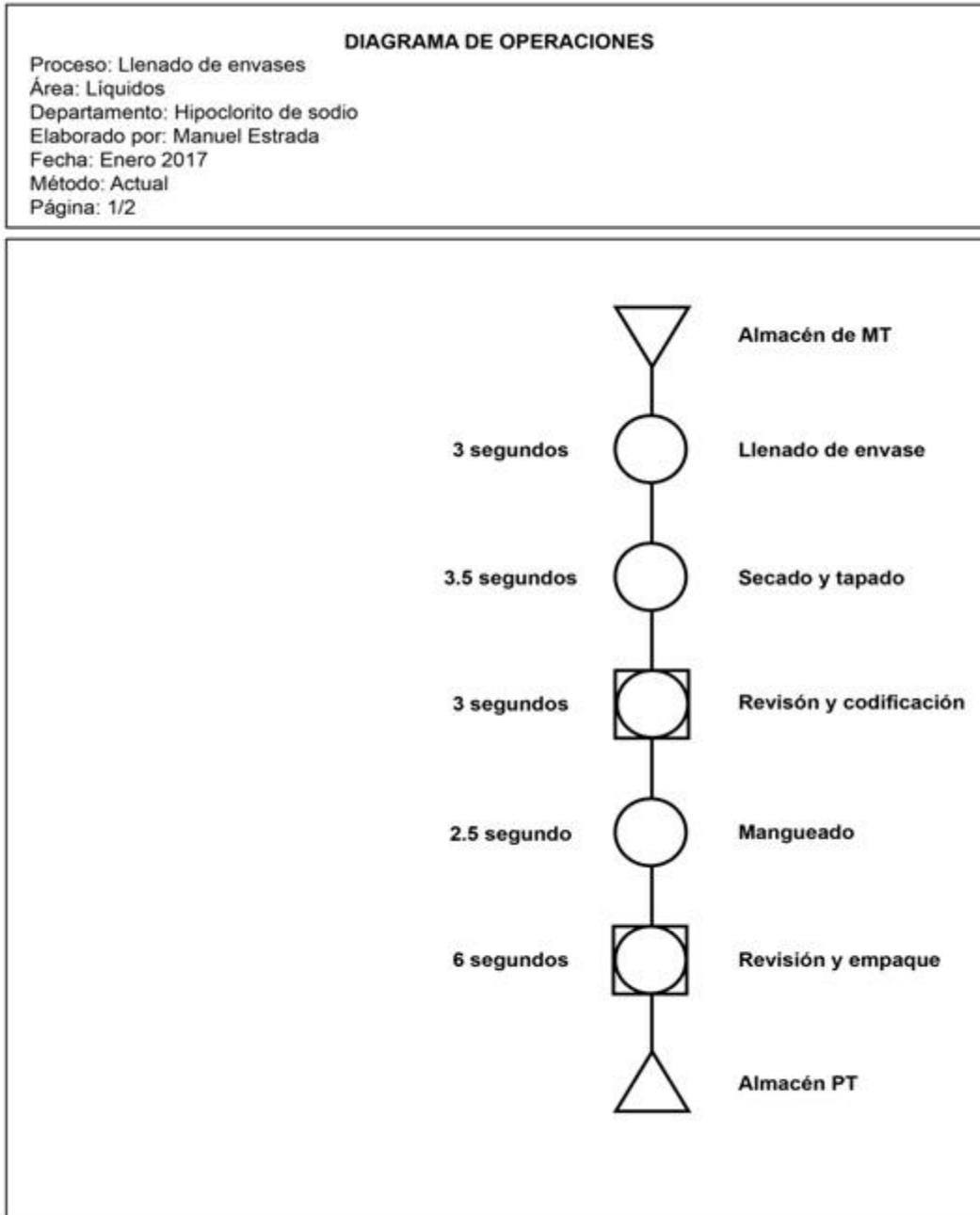


Fuente: *Tanque de abastecimiento*. <https://rotoplas.com.mx/productos/almacenamiento/tanques-para-agua/quimicos/>. Consulta: noviembre de 2016.

### 2.1.2. Diagrama de proceso

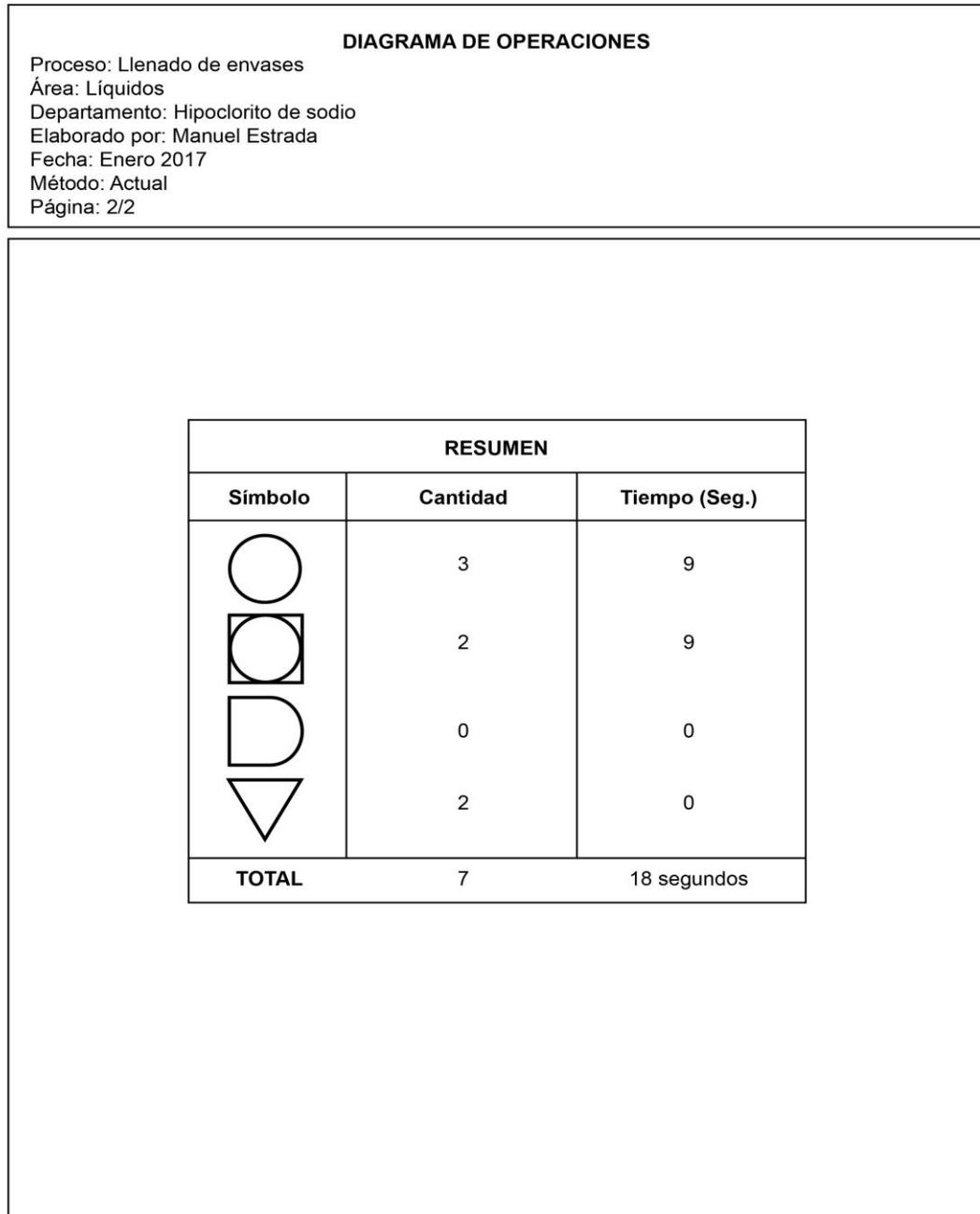
A continuación se presenta el diagrama de operaciones del proceso actual dentro de la planta, en el cual se observan tres demoras importantes después del llenado de envases; seguidamente se muestra un segundo diagrama con el tiempo de cada proceso.

Figura 21. Diagrama de operaciones actual



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio

Figura 22. **Llenado de envases actual**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio

### **2.1.3. Descripción del proceso de llenado de cloro**

Actualmente el envasado de hipoclorito de sodio se da de forma manual y se realiza por un llenado por rebalse, luego sellado de envases, área de secado, la codificación correspondiente, el manguado, empaque y termina con el entarimado. Los antedichos pasos se desarrollan en los siguientes párrafos:

#### **2.1.3.1. Llenado por rebalse**

Se tiene una caída de hipoclorito de sodio por medio de una tubería de PVC de 1/2", esta se abre por medio de una válvula, el operador tiene un depósito que utiliza para recuperar la materia prima que se derrama. Debido a que el método es por rebalse aquí es donde existe un alto desperdicio de hipoclorito de sodio, por lo tanto el envase llega mojado al área de sellado de envases.

#### **2.1.3.2. Sellado de envases**

Después de haber llenado el envase de hipoclorito de sodio, este pasa a una mesa en la cual dos operadores tapan manualmente los envases y los colocan en el área de secado. Una vez lleno el envase con hipoclorito de sodio se procede a sellarlo manualmente con una tapa rosca hecha de polietileno de alta densidad. En este proceso los operadores deben ser precavidos, debido a que, si se ejerce demasiada presión para sellar el envase, la tapa rosca puede fallar y llegar a derramar el líquido.

### **2.1.3.3. Área de secado**

Debido a que el llenado de los envases es por rebalse, estos se encuentran mojados y para secarlos se utilizan dos operadores, quienes los secan con toalla para extender y se aseguran de que estén sellados correctamente, para eliminar todo residuo de hipoclorito de sodio que se encuentra en el exterior del envase, asegurándose de que todos los recipientes se encuentren secos, limpios, sellados y listos para ser codificados.

### **2.1.3.4. Codificación**

En esta etapa los envases están llenos, secos y sellados, para poder identificarlos se les imprime, por medio de una codificadora marca VideoJet, el número de lote para tener una trazabilidad del producto y la fecha de vencimiento del mismo.

### **2.1.3.5. Manguado**

Aquí los envases están en blanco. Es en esta área donde se les coloca la manga, la cual se identifica con el nombre del producto y sus especificaciones. En esta etapa los operadores reciben los envases ya codificados, pero sin marca. Para identificar los envases se utilizan las mangas de polietileno impresas. Estas son colocadas manualmente desde la parte superior del envase, con un movimiento vertical descendente, hasta el centro del mismo.

### **2.1.3.6. Empaque**

La etapa de empaque es una de las últimas de la producción. Aquí se empacan los litros en cajas de corrugado, las cuales pueden variar según la

presentación. Esta puede ir en cajas de 12 unidades cuando son envases de litro y, cuando los envases son de galón, pueden variar aún más, ya que existen cajas de 4 y 6 unidades. Luego se sella la caja en una selladora automática 3M-MATIC, la cual empaca la caja totalmente.

### **2.1.3.7. Entarimado**

La etapa de entarimado es la última, en este se realiza el embalaje de las cajas para su almacenamiento. Este proceso puede variar según la presentación de producción. Para la presentación de litro en caja de 12 unidades, el embalaje es en tarimas de 44 cajas cada una. Para la presentación de galón en cajas de 6 unidades, el embalaje es de 21 cajas cada tarima, y para galón de 4 unidades, el embalaje es de 24 cajas cada tarima. En la siguiente tabla se presenta la distribución del entarimado por presentación:

Tabla IV. **Entarimado de cajas según presentación**

Presentación	Unidades	Cajas/Tarima
Litro	12	44
Galón	6	22

Fuente: elaboración propia.

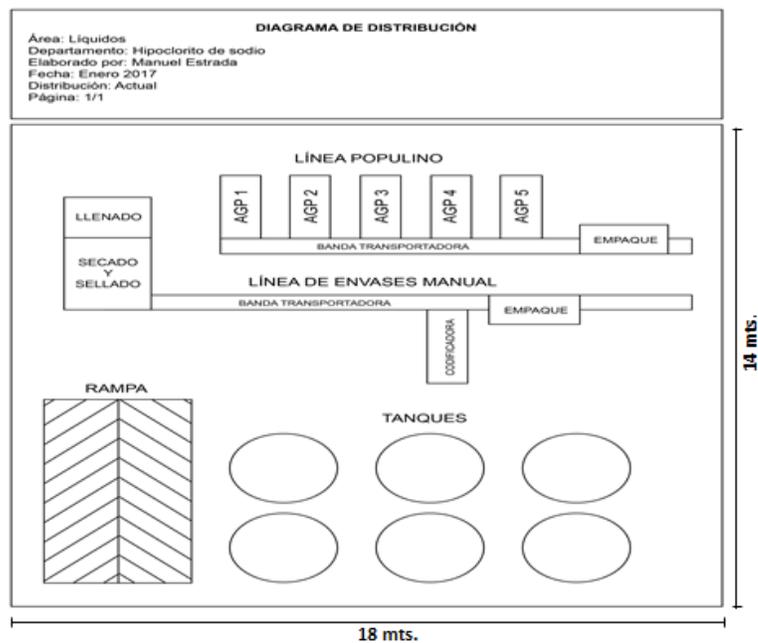
## **2.2. Distribución de la planta**

Se analizó la distribución actual de equipos para determinar el espacio disponible para la instalación del nuevo sistema de llenado de envases. Por lo mismo, en el siguiente apartado se muestran los planos de distribución de la planta de productos de cuidado y limpieza para el hogar:

### 2.2.1. Planos de la planta

El siguiente diagrama muestra la distribución actual en la planta de productos para cuidado del hogar y la ubicación de los tanques de abastecimiento:

Figura 23. Distribución actual de la planta



Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Eficiencia en el proceso

Para obtener la eficiencia en el proceso actual de llenado se realizó un estudio de tiempos, mostrando la toma de tiempos de las dos presentaciones de hipoclorito de sodio, litro y galón. Asimismo se muestran los productos conformes y no conformes, para lograr eficiencia en el proceso dentro de la planta.

### 2.3.1. Toma de tiempos

La toma de tiempos se realizó en un período de 1 mes, en el cual se realizaron observaciones y mediciones utilizando como herramienta un cronómetro y el método de vuelta a cero, para determinar el tiempo estándar de la operación. Se realizó un estudio de tiempo por presentación, ya que actualmente se envasan presentaciones de diferentes capacidades como lo son el litro y el galón. El tiempo estándar se calcula considerando los tiempos cronometrados a los que se agregan las tolerancias y el factor de actuación calculados con anterioridad. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{\sum \text{Tiempos observados}}{\text{número de observaciones}}$$

$$\text{Tiempo normal} = \text{tiempo promedio} * \text{factor de calificación}$$

$$\text{Tiempo estándar} = \text{tiempo normal} * (1 + \% \text{ de tolerancia} / 100)$$

En el cálculo de la tolerancia que se toma en cuenta en este proceso se encuentra el abastecimiento de envases, la fatiga que ocasiona el trabajo, las necesidades personales y los retrasos inevitables. Para este proceso la tolerancia será del 18 %. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el tiempo estándar de llenado en ambas presentaciones.

#### 2.3.1.1. Litro

El estudio de tiempos en las presentaciones de litro se realizó en condiciones normales y con un operador promedio, realizando 10 mediciones con cronómetro y utilizando el método vuelta a cero.

Tabla V. **Tiempos de presentación en litro**

Tiempo promedio	$\frac{\sum \text{Tiempos observados}}{\text{número de observaciones}}$
Tiempo promedio	$\frac{67,01}{10} = 6,701 \text{ segundos}$
Tiempo promedio	6,701 segundos
Tiempo normal	tiempo promedio * factor de calificación
Tiempo normal	6,701 * 0,90
Tiempo normal	6,030 segundos
Tiempo estándar	tiempo normal *(1+ % de tolerancia /100)
Tiempo estándar	6,030 *(1+18 %/100)
Tiempo estándar	7,1154 segundos

Fuente: elaboración propia.

El tiempo estándar para el llenado de un envase de 1 litro es de 7,1154 segundos.

### 2.3.1.2. Presentación en galón

El estudio de tiempos para la presentación en galón se realizó en condiciones normales y con un operador promedio, realizando 10 mediciones con cronómetro y utilizando el método vuelta a cero.

Tabla VI. **Tiempos de presentación en galón**

Tiempo promedio	$\frac{\sum \text{Tiempos observados}}{\text{número de observaciones}}$
Tiempo promedio	$\frac{247,70}{10} = 24,77 \text{ segundos}$
Tiempo promedio	24,77 segundos
Tiempo normal	tiempo promedio * factor de calificación
Tiempo normal	$24,77 * 0,90$
Tiempo normal	22,293 segundos
Tiempo estándar	tiempo normal *(1+ % de tolerancia /100)
Tiempo estándar	$22,293 *(1+18 \%/100)$
Tiempo estándar	26,30 segundos

Fuente: elaboración propia.

El tiempo estándar para el llenado del envase de galón es de 26,30 segundos.

### 2.3.2. **Productos conformes**

Para ser un producto conforme, este debe cumplir con un período de cuarentena y luego se revisa con base en TAMU, que es una herramienta con la cual se compara el producto fabricado con el estándar aprobado de cada producto. Actualmente se está aprobando un 95 % de producto terminado producido en el turno.

### **2.3.3. Productos no conformes**

El producto que no cumple con las especificaciones requeridas es el producto no conforme, este, como lo dice la Norma ISO 9001, tiene un área destinada para separar el producto y así estar en un análisis minucioso para saber la razón de la no conformidad. Se está trabajando en un 5 % de reproceso o producto no conforme, lo cual puede ser por distintas variables a controlar.



### **3. INVESTIGACIÓN DEL EQUIPO ADECUADO**

#### **3.1. Equipo**

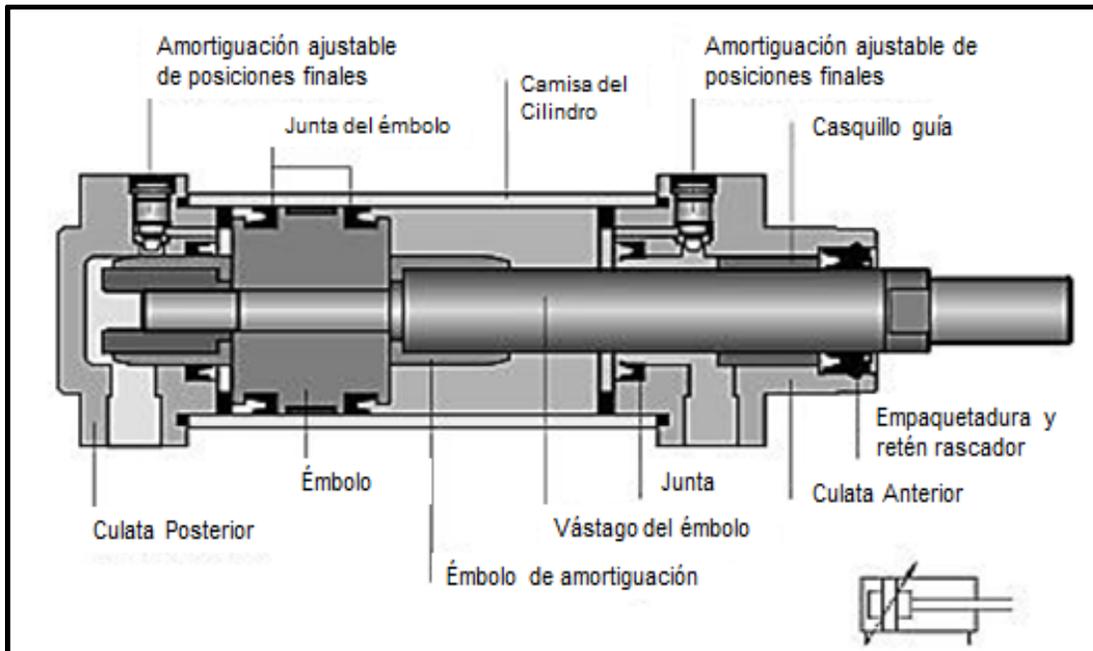
A continuación se detalla el equipo necesario que debe tener el sistema a elegir para el correcto funcionamiento del proceso, iniciando con el cilindro neumático, los dosificadores, el tanque de abastecimiento, el panel de control, los *timers*, PLC, los accionadores, la tubería PVC, las válvulas, la tapadora automática, finalizando con la importancia de la mesa giratoria en el proceso.

##### **3.1.1. Cilindro neumático**

Estos dispositivos son capaces de transformar la energía potencial en energía cinética, por lo tanto se requiere de estos para realizar los trabajos de llenado de envases. Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos: de simple efecto y de doble efecto. Para este sistema se requieren los cilindros de doble efecto; a continuación se describe su funcionamiento:

Los cilindros de doble efecto son los dispositivos capaces de producir trabajo en dos sentidos, controlando la extensión y compresión del vástago. Por lo tanto se puede decir que tienen dos entradas de aire en sus extremos.

Figura 24. **Cilindro neumático de doble efecto**

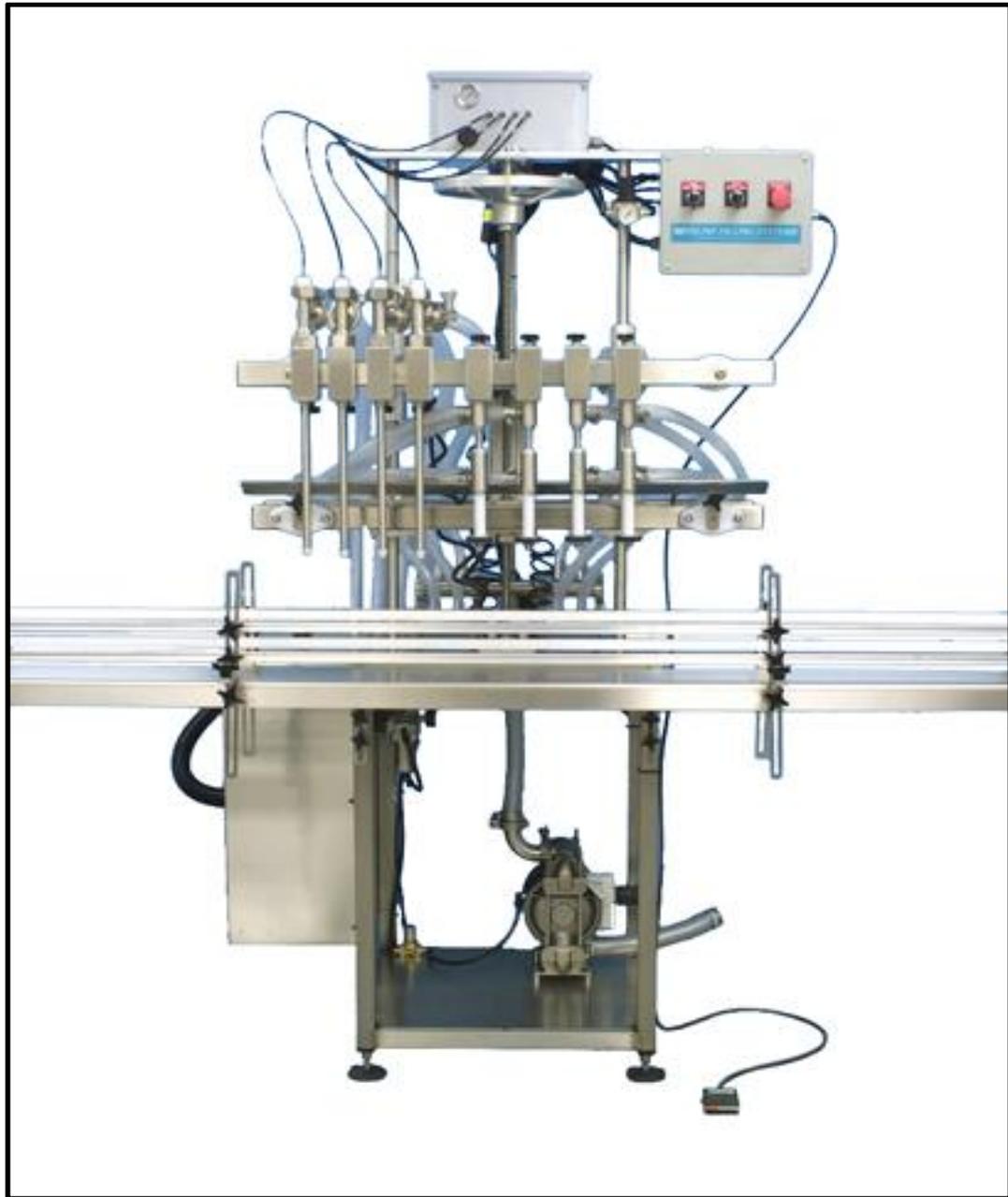


Fuente: *Cilindro neumático de doble efecto*. <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>. Consulta: noviembre de 2016.

### 3.1.2. Dosificadores

Es el equipo encargado de suministrar la cantidad exacta de un material específico (líquido, resinas o granos), su función principal es minimizar la intervención humana en el llenado del material. Para el llenado de hipoclorito de sodio el dosificador que más se adapta al proceso es el dosificador isobárico, el cual está especialmente diseñado para líquidos como agua, desinfectantes y cloro. Las dosificaciones se realizan por medio de lapsos de tiempos controlados, haciendo que la descarga sea constante y uniforme.

Figura 25. **Dosificador isobárico**



Fuente: imagen proporcionada por *E-Pak*.

### 3.1.3. Tanque abastecedor

Debido a que el hipoclorito de sodio es uno de los productos más corrosivos que se pueden manejar en la industria, los tanques abastecedores que se utilizarán en el proceso deben ser de plástico con fibra de vidrio y recubrimiento de PVC (PRFV). Esto gracias a que este material ayuda a prolongar la vida útil y reduce el costo de mantenimiento de los tanques abastecedores. La capacidad de almacenaje debe ser de 25 000 litros para el tanque principal y 2 500 litros para el tanque secundario.

Figura 26. Tanque abastecedor 25 000 litros



Fuente: *Tanque abastecedor de 25 000 litros*. <http://dyr.com.pe/producto/tanques-25000-litros-agro-industriales-2/>. Consulta: noviembre de 2016.

### 3.1.4. Panel de control

Es la herramienta que hace posible la comunicación entre hombre-máquina, la cual facilita los controles del sistema y muestra en tiempo real los parámetros utilizados, para que el operador tenga el control del sistema con

fácil acceso por medio de una pantalla interactiva. Las características principales del panel de control son las siguientes:

- Control: permite tener el control del sistema y facilita los cambios en la configuración dependiendo de la presentación a fabricar.
- Monitoreo: obtiene y muestra los datos en la línea de producción.
- Alarmas: tiene la capacidad para identificar los eventos inusuales en la producción dando una alerta al operador.

Figura 27. **Panel de control táctil**



Fuente: imagen proporcionada por Siemens.

### 3.1.5. **Timers**

Temporizador (*timers*) es una herramienta utilizada para controlar circuitos eléctricos de procesos o actividades, cuyo principal funcionamiento es controlar una actividad mediante la conexión o desconexión de un circuito eléctrico en

intervalos de tiempos programados. La clasificación de los temporizadores se divide en:

- De conexión: el circuito eléctrico permanece abierto y, cuando se recibe un pulso, este pega los contactos para cerrar el circuito en un lapso determinado. Una vez concluido este ciclo libera los contactos.
- De desconexión: el circuito eléctrico permanece cerrado y, cuando este recibe un pulso, libera los contactos para abrir el circuito en el lapso determinado. Una vez concluido el ciclo, este cierra nuevamente los contactos.

Figura 28. **Timers**



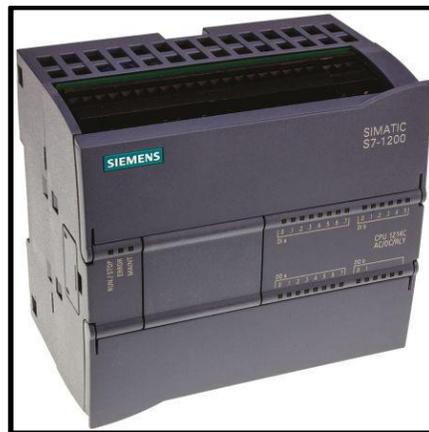
Fuente: imagen proporcionada por Schineider Electric.

### 3.1.6. PLC

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos, un PLC Programable *Logic Controller* (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de

funciones específicas como pueden ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas, con el objetivo de controlar máquinas y procesos.

Figura 29. **PLC Siemens**



Fuente: imagen proporcionada por Siemens.

### 3.1.7. **Accionadores**

Son dispositivos capaces de transformar energía neumática o eléctrica en energía mecánica, a través de un pulso recibido que pone en funcionamiento un proceso de sistema.

Figura 30. **Accionadores**



Fuente: *Accionadores*. <https://www.mouser.mx/rafi/>. Consulta: noviembre de 2016.

### **3.1.8. Tubería PVC**

Se utilizará tubería de PVC (policloruro de vinilo) debido a que es resistente a los materiales corrosivos. Las características de PVC son:

- Versátil: puede transformarse en rígido o flexible
- Es inodoro e insípido
- Resistente a la mayoría de los agentes químicos
- Liviano, de fácil transporte y barato
- Ignífugo
- No degradable, ni se disuelve en el agua
- Totalmente reciclable

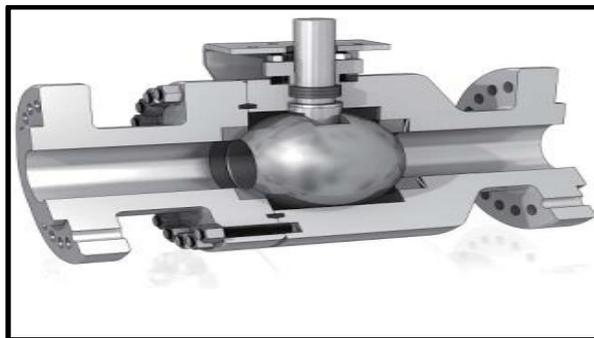
### **3.1.9. Válvulas**

Según JIS, una válvula es un dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir o

controlar el flujo de fluidos. Existen diferentes tipos de válvulas, pero las que son necesarias en el sistema se detallarán a continuación:

- De bola: estas válvulas tienen una capacidad de cierre y apertura muy buena, debido a que son prácticas por el pequeño movimiento que debe realizar ( $90^\circ$ ). Cuando se encuentran abiertas en su totalidad la pérdida de presión es mínima.

Figura 31. **Válvula de bola**



Fuente: *Válvula de bola*.

<https://sites.google.com/site/valvulasindustrialesiso9001/home/valvula-bola>. Consulta:  
noviembre de 2016.

- De diafragma: son especialmente para utilizar con materiales altamente corrosivos, pueden tener un recubrimiento interior de neopreno o polipropileno, los cuales las hacen más resistentes a los materiales corrosivos. Estas válvulas son manejadas por actuadores neumáticos teniendo el control de la presión.

Figura 32. **Válvula de diafragma**



Fuente: *Válvula de diafragma*. <http://www.valvias.com/tipo-valorula-de-diafragma.php>.

Consulta: noviembre de 2016.

### **3.1.10. Taponadora**

La tapadora automática es el equipo encargado de colocar tapas y sellar envases en una banda transportadora. Con este equipo se disminuirán los envases mal cerrados y tapaderas dañadas, funciona en línea y los envases en ningún momento del proceso se detienen para ser cerrados. Trabaja por medio de un tanque aéreo almacenador de tapas, rodillos de gomas y una banda transportadora.

### **3.1.11. Mesa giratoria**

El funcionamiento de la mesa giratoria es el de abastecer de envases a la línea de llenado y almacenar los envases llenos al finalizar el proceso de llenado.

Figura 33. **Mesa giratoria**



Fuente: imagen proporcionada por *In line Filling*.

### **3.2. Determinación del equipo adecuado**

En el siguiente apartado se determina el equipo adecuado, presentado en dos sistemas, A y B, detallando las características y especificaciones técnicas de cada sistema, continuando con la comparación de estos sistemas a través de una matriz.

#### **3.2.1. Sistema A**

El sistema A es fabricado en Estados Unidos, tiene características como la marca *In line filling systems*, el modelo FOFNT48, asimismo se muestran las dimensiones de altura de 2,5 Mts, de ancho 1,7 Mts y de largo 8,5 Mts. El material es fibra de vidrio y PVC.

Tabla VII. **Características del sistema A**

<b>Marca</b>	<b>In line filling systems</b>
Modelo	FOFNT48
Dimensiones	
Alto	2,5 Mts.
Ancho	1,7 Mts.
Largo	8,5 Mts.
Material	Fibra de vidrio y PVC

Fuente: información proporcionada por In line Filling.

TablaVIII. **Especificaciones técnicas de la llenadora**

<b>Llenadora</b>	
1.	Marco de relleno construido de partes no metálicas.
2.	Boquillas neumáticas.
3.	El protocolo de sincronización de la boquilla es controlado por PLC para rellenos de alta precisión.
4.	Bandeja automática de goteo del plástico.
5.	Regulación de suministro automático.
6.	Ajuste manual de la altura de la botella.
7.	Drenaje automático y ciclo limpio.
8.	Contador de la botella de la hornada.
9.	El panel de control utiliza una pantalla táctil en color para controles de operador sencillos e intuitivos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Especificaciones técnicas de la tapadora**

<b>Tapadora</b>	
1.	El panel de control muestra visualmente los parámetros de funcionamiento y los mensajes en 40 caracteres para una retroalimentación concisa del operador.
2.	Se monta sobre el sistema de transportador existente e incluye ruedas y almohadillas de nivelación.
3.	Ajuste de la altura de la botella.
4.	Control de torque de la tapa de la impulsión para el par exacto y la reducción de los casquillos raspados.
5.	Construcción de fibra de vidrio, plástico y titanio para una resistencia a la corrosión extrema.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.1. **Presentación**

Este equipo es capaz de producir en las dos presentaciones demandadas. A continuación se muestra el tipo de tapadera a utilizar en ambas presentaciones:

Tabla X. **Medidas de tapa de roscas**

	<b>Tapadera</b>	
	28 mm	30 mm
Presentación	Sí	Sí
Litro	Sí	Sí
Galón	Sí	Sí

Fuente: elaboración propia, con base en información de In line filling.

### **3.2.1.2. Velocidad**

En la siguiente tabla se muestran las velocidades recomendadas por el fabricante, en las que el equipo puede desarrollarse de manera óptima, garantizando un trabajo continuo y de calidad. Debido a que el equipo puede trabajar con envases de dos capacidades distintas, las velocidades por presentación son:

Tabla XI. **Velocidad del sistema según presentación**

<b>Presentación</b>	<b>Velocidad</b>
Litro	28 LPM
Galón	18 GPM

Fuente: elaboración propia, con base en información de In line filling.

### **3.2.1.3. Equipos complementarios**

El equipo se complementa con una banda transportadora, la cual es la encargada de transportar los envases de la llenadora a la tapadora y dos mesas giratorias. Una mesa tiene como función abastecer envases para ser llenados y la otra mesa es la encargada de recibir el producto final, con un envase lleno y sellado.

### **3.2.1.4. Mano de obra**

Para operar este equipo se necesita de 2 operadores, quienes tienen como función abastecer envases y operar la llenadora y la tapadora. Ellos serán capacitados, para que puedan realizar los ajustes necesarios al momento que

se desee realizar cambios para la producción de las distintas presentaciones de envase.

### **3.2.1.5. Instalación**

Para la instalación del equipo del sistema B se debe cumplir con los requisitos mínimos que exige el fabricante para garantizar la correcta instalación y óptimo funcionamiento del equipo, así como la garantía del mismo. Los requisitos son:

- Línea de alimentación eléctrica de 110VAC / 5 amp
- Línea de alimentación neumática de 6-9 bares
- Protección térmica y magnética de los circuitos eléctricos
- Área mínima de 25 metros cuadrados

Una vez se tenga listo el equipo, se contará con un técnico certificado por el fabricante para verificar la correcta instalación del mismo, realizando el primer arranque y las pruebas de operación.

### **3.2.1.6. CIF**

El valor del equipo antes descrito fue proporcionado por la cotización realizada por Grupo EMASAL, la cual incluye embalaje, seguro y flete a Guatemala, que es de Q. 1 380 750,00. A continuación se presenta el valor de la importación del Sistema A antes descrito, del país de origen hasta Guatemala. Este precio refleja el costo de: embalaje en madera tratada, seguro, traslados a puerto de partida y flete marítimo al país de destino. El precio total en moneda guatemalteca es de: Q. 1 380 750,00.

### 3.2.2. Sistema B

El sistema B es fabricado en Estados Unidos, teniendo en cuenta las siguientes características: modelo Corrosive Bottling, con las dimensiones de largo de 8,5 Mts, ancho de 1,7 Mts y alto de 2,5 Mts, y de polietileno de alta densidad. A continuación se dan las especificaciones técnicas:

Tabla XII. **Características del sistema B**

<b>Marca</b>	<b>E-Pack</b>
Modelo	Corrosive Bottling
Dimensiones	
Largo	8,5 Mts
Ancho	1,7 Mts
Alto	2,5 Mts
Material	Polietileno de alta densidad

Fuente: elaboración propia, con base en información de E-pak.

Tabla XIII. **Especificaciones técnicas de la llenadora**

<b>Llenadora</b>	
1.	Sistema de indexación automática con puertas.
2.	Charola antigoteo automática que se extiende durante la indexación de los envases.
3.	Sistema contador de no existencia de envase. Permite disminuir el desperdicio de materia prima, al no activar válvula de llenado en espacios vacíos.

Continuación de la tabla XIII.

4.	Sistema de alineación de los cuellos de los envases exactamente debajo de las boquillas de las válvulas.
5.	Protector de <i>lexan</i> para el área de llenado.
6.	Cabezales de llenado de <i>kynar</i> de 1/2".
7.	Boquillas resistentes a corrosivos.
8.	Mangueras de teflón flexible.
9.	Tanque de la llenadora de plástico con conexiones sanitarias y sistema de flotador dual.
10.	2 válvulas 3/4" de <i>kynar</i> de <i>check</i> de alta presión.
11.	Control Allen Bradley /Micrologix 1 200 con pantalla de color, sensible al tacto.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Especificaciones técnicas de la tapadora**

<b>Tapadora</b>	
1.	Base de acero inoxidable 304.
2.	Componentes internos de acero inoxidable 304 y aluminio anodizado.
3.	Ascensor/ordenadora de tapas de acero inoxidable 304 con tolva de acero inoxidable 304.
4.	Cascada de tapas de aluminio anodizado, ajustable sin herramienta.

Continuación de la tabla XIV.

5.	Velocidad variable para ruedas de apretado y cinturones de agarre.
6.	Controles independientes neumáticos con <i>clutches</i> para controlar el torque en el segundo, tercer y cuarto par de ruedas de apretado.
7.	Primer par de ruedas es reversible para facilitar sentar la tapa en la rosca del cuello del envase.
8.	Estabilizador de tapas para facilitar el tapado.
9.	Sistema automático para detener el tazón vibratorio cuando está llena la cascada.
10.	Ajuste de altura automática para la apretadora.
11.	Cinturones de agarre sencillos, opuestos de 3/4", ajustables vertical y horizontalmente. Puerta protectora para el usuario.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2.1. Presentación

Este equipo es capaz de producir en las dos presentaciones demandadas. A continuación se muestra el tipo de tapadera a utilizar en ambas presentaciones:

Tabla XV. **Medidas de taparrosca según presentación**

Presentación	Tapadera	
	28 mm	30 mm
Litro	No	Sí
Galón	No	Sí

Fuente: elaboración propia, con base en información de E-pak.

### **3.2.2.2. Velocidad**

En la siguiente tabla se muestran las velocidades que puede alcanzar el equipo por presentación de envases:

Tabla XVI. **Velocidad según presentación**

<b>Presentación</b>	<b>Velocidad</b>
Litro	30 LPM
Galón	20 GPM

Fuente: elaboración propia, con base en información de E-pak.

### **3.2.2.3. Equipos complementarios**

El sistema B del equipo adecuado para la implementación se complementa con una banda transportadora, la cual es la encargada de transportar los envases de la llenadora a la tapadora, a través de una banda que es arrastrada por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor.

### **3.2.2.4. Mano de obra**

Para operar este equipo se necesita de 2 operadores y 2 auxiliares, quienes serán los encargados de abastecer de envases. Los operadores serán capacitados para que puedan realizar los ajustes necesarios al momento que se desee realizar cambios para la producción de las distintas presentaciones de envase.

### **3.2.2.5. Instalación**

Para la instalación del equipo del sistema B se debe cumplir con los requisitos mínimos que exige el fabricante para garantizar la correcta instalación y óptimo funcionamiento del equipo, así como la garantía del mismo; los requisitos son:

- Línea de alimentación eléctrica de 220 voltios trifásica
- Línea de alimentación neumática de 6-9 bares
- Protección térmica y magnética de los circuitos eléctricos
- Área mínima de 15 metros cuadrados

Una vez se tenga listo el equipo, se contará con un técnico certificado por el fabricante para verificar la correcta instalación del mismo, realizando el primer arranque y las pruebas de operación. Cuando el equipo ya esté en funcionamiento, el personal de la empresa fabricante realizará una capacitación de aproximadamente 15 días para todo el personal involucrado en la línea de producción, el cual, antes de retirarse, se asegura de que los operadores tengan los conocimientos básicos para la manipulación y operación del equipo.

### **3.2.2.6. CIF**

El valor del equipo antes descrito fue proporcionado por la cotización realizada por E-Pack Machinery Inc., bajo una cotización realizada, incluyendo el embalaje, seguro y flete a Guatemala, que es de Q. 1 235 950,00. A continuación se presenta el valor de la importación del Sistema B antes descrito, del país de origen hasta Guatemala. Este precio refleja el costo de: embalaje en madera tratada, seguro, traslados a puerto de partida y flete

marítimo al país de destino. El precio total en moneda guatemalteca es de: Q. 1 235 950,00.

### 3.2.3. Matriz comparativa entre sistema A y B

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre sistemas, analizando el detalle de cada equipo y permitiendo tomar una decisión acertada.

Tabla XVII. **Matriz de comparación**

Descripción	FOFNT48	E-PAK
Presentaciones	Litro y galón	Litro y galón
Tapa	28 mm y 30 mm	30 mm
Velocidad	28 LPM y 18 GPM	30 LPM y 20GPM
Panel de control	Pantalla táctil 5"	Pantalla táctil 5"
Mano de obra	3 operadores	4 operadores
Instalación y entrenamiento	Incluye	Incluye
Equipos completos		
Mesa giratoria	Incluye	No incluye
Banda transportadora	Incluye	Incluye
Tanque de almacenamiento	Incluye	No incluye
Elevador de tapas	Incluye	Incluye
Costo CIF Guatemala	Q. 1 380 750,00	Q. 1 253 950,00

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Estudio económico-financiero

Se realizó un análisis de flujos de ahorros en los factores más importantes como: mantenimiento, mano de obra, horas extras y mermas. Con base en los resultados de los flujos de ahorros se tomará la decisión.

### **3.3.1. Parámetros evaluados**

Para la toma de decisión del sistema a evaluar se tomaron en cuenta factores importantes para el funcionamiento del mismo. Por lo tanto, los aspectos a evaluar son: mano de obra, horas extras, mermas y mantenimiento.

#### **3.3.1.1. Mano de obra**

Se analizará el costo que se tendrá con la nueva línea automatizada de llenado de cloro, tomando en cuenta que se tendrá una reducción de personal en ambos sistemas. Actualmente la línea manual cuenta con 9 personas: 2 llenadores y 7 auxiliares. Esto hace que el costo anual de mano de obra, sin incluir horas extras, sea de Q. 289 800,00. Para realizar el análisis del flujo del costo de mano de obra se ha considerado un aumento del 5 % anual, manteniendo la cantidad del personal en la línea.

Con las propuestas anteriores se realizarán dos análisis de flujo del costo de mano de obra, debido a que con el sistema A solo se requiere de 2 personas (2 operadores), y para el sistema B se requieren 4 personas (2 operadores y 2 auxiliares). Los flujos del costo de mano de obra se presentan en las siguientes tablas:

- Sistema A

Tabla XVIII. **Flujo de ahorro de mano de obra del sistema “A”**

Costo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Método actual	Q. 289 800,00	Q. 304 290,00	Q. 319 504,50	Q. 335 479,73	Q. 352 253,71
Método propuesto	Q. 67 200,00	Q. 70 560,00	Q. 74 088,00	Q. 77 792,40	Q. 81 682,02
Diferencia	Q. 222 600,00	Q. 233 730,00	Q. 245 416,50	Q. 257 687,33	Q. 270 571,69

Fuente: elaboración propia.

- Sistema B

Tabla XIX. **Flujo de ahorro de mano de obra del sistema “B”**

Costo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Método actual	Q. 289 800,00	Q. 304 290,00	Q. 319 504,50	Q. 335 479,73	Q. 352 253,71
Método propuesto	Q. 130 800,00	Q. 137 340,00	Q. 144 207,00	Q. 151 417,35	Q. 158 988,22
Diferencia	Q. 159 000,00	Q. 166 950,00	Q. 175 297,50	Q. 184 062,38	Q. 193 265,49

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.2. Horas extras

Actualmente la línea de llenado manual, para cumplir con la demanda, necesita que el personal trabaje 40 horas extras al mes. En ambas propuestas se elimina en su totalidad las horas extras del personal para cumplir con la demanda requerida. En la siguiente tabla se mostrará el flujo de ahorro en costo por horas extras realizadas:

Tabla XX. **Flujo de ahorro por horas extras**

Costo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Método actual	Q. 72 450,00	Q. 76 072,50	Q. 79 876,13	Q. 83 869,93	Q. 88 063,43
Método propuesto	Q. -				
Diferencia	Q. 72 450,00	Q. 76 072,50	Q. 79 876,13	Q. 83 869,93	Q. 88 063,43

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.3. Mermas

Debido al método utilizado actualmente se tienen pérdidas en mermas por Q 14 850,50, que en su equivalente son 1 980 litros anuales. Para realizar el flujo de costos por 5 años se utilizó una inflación del 4 % para el precio del litro.

Tabla XXI. **Flujo de ahorro de mermas**

Costo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Método actual	Q. 14 850,00	Q. 15 444,00	Q. 16061,76	Q. 16704,23	Q. 17372,40
Método propuesto	Q. 6 300,00	Q. 6 552,00	Q. 6 814,08	Q. 7 086,64	Q. 7 370,11
Diferencia	Q. 8 550,00	Q. 8892,00	Q. 9247,68	Q. 9617,59	Q. 10 002,29

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.4. Mantenimiento

Con el sistema de llenado manual no se tiene contemplado un costo de mantenimiento, debido a que todo el trabajo lo realizan los llenadores y auxiliares. Con el sistema propuesto (sistema A y B) se requiere de un *kit* de mantenimiento cada 6 meses, debido a que el hipoclorito de sodio es un

químico altamente corrosivo. A continuación se presenta la tabla en la cual se muestra el flujo del costo de mantenimiento, para la cual se utilizó una inflación del 4 % para el precio del *kit* de repuestos.

Tabla XXII. **Flujo de ahorro de horas de mantenimiento**

Costo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Método actual	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -
Método propuesto	Q. 10 000,00	Q. 10 500,00	Q. 11 025,00	Q. 11 576,25	Q. 12 155,06
Diferencia	Q.-10 000,00	Q. -10 500,00	Q.-11 025,00	Q.-11 576,25	Q. -12 155,06

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Toma de decisión

Para ambos sistemas se realizan y analizan los flujos de ahorros proyectados a 5 años, tomando en cuenta los diferentes aspectos (mano de obra, horas extras, mermas y mantenimiento), utilizando una tasa de 5 % de aumento anual en costos (aumento de salarios, precio de repuestos, entre otros). En la siguiente tabla se muestra la comparación de los valores actuales de los flujos netos del proyecto, incluidos la inversión inicial y los flujos de ahorro en los diferentes aspectos a tomar en cuenta:

Tabla XXIII. **Análisis financiero del proyecto**

Valores	Sistema A	Sistema B
Inversión	Q. -1 380750,00	Q. -1 235950,00
Mano de obra	Q. 1 230005,52	Q. 878 575,37
Horas extras	Q. 400331,98	Q. 400 331,98

Continuación de la tabla XXIII.

Merma	Q. 46 309,56	Q. 46 309,56
Mantenimiento	Q. -55 256,31	Q. -55 256,31
Ahorro total	Q. 240 640,75	Q. 34010,60

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la comparación, ambos sistemas tienen ahorros en mano de obra, horas extras y mermas, siendo el sistema A la mejor opción, ya que, a pesar de tener un valor inicial de inversión alto, tiene mayor ahorro que el sistema B.

## **4. MONTAJE DE LA LÍNEA AUTOMATIZADA**

Para el montaje de la línea automatizada, en el siguiente párrafo se muestra el diseño de máquina a utilizar. Se muestra el proceso de una prueba piloto, asimismo se dan las calibraciones en los rangos de dosificación en las dos presentaciones, litro y galón, también se muestra la calidad del proceso a través de los productos conformes y no conformes y se finaliza con la descripción de la maquinaria requerida, la capacitación al operar y la operación adecuada.

### **4.1. Diseño de la máquina**

El sistema In line Filling systems está diseñado para el llenado de líquidos corrosivos como el hipoclorito de sodio (cloro), siendo un equipo fabricado con piezas de plástico UHMW y fibra de vidrio. Consta de 8 boquillas para llenado con fácil ajuste para el llenado de dos presentaciones diferentes, las cuales son envase de litro y galón.

#### **4.1.1. Ficha técnica**

En la siguiente tabla se visualiza una ficha técnica que muestra las características que posee el sistema de llenado. Se describe la marca, el modelo, las dimensiones, que a su vez dan el ancho, largo y alto, asimismo el suministro eléctrico y neumático del producto, en sus dos presentaciones, y la velocidad y medidas de taparroscas.

Tabla XXIV. **Ficha técnica**

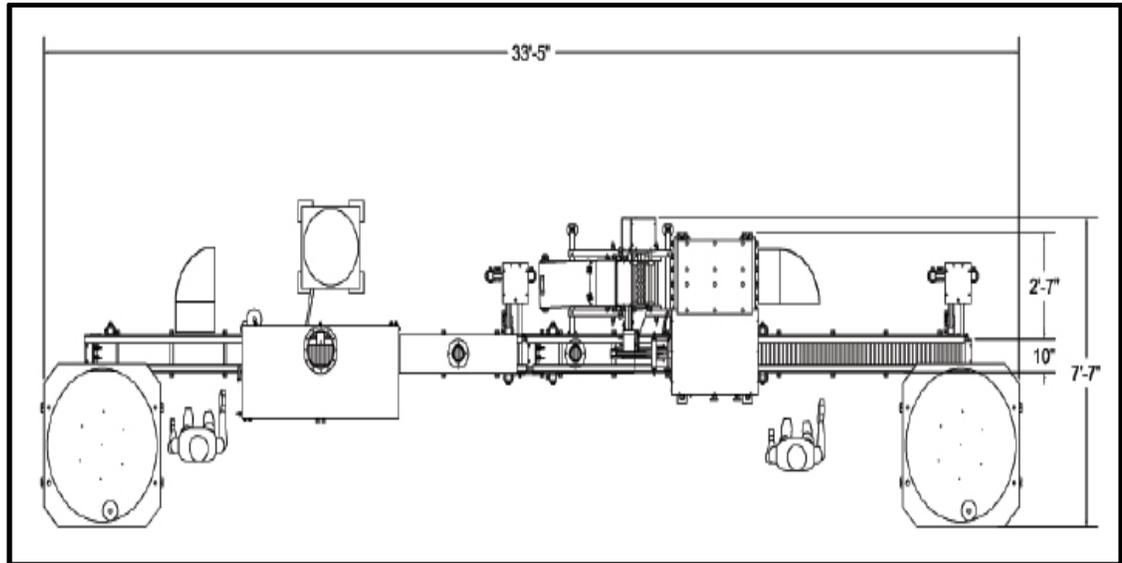
<b>Equipo</b>		
Marca	In line Filling System	
Modelo	FOFNT 48	
Dimensiones		
Ancho	1,7 mts	
Largo	8,5 mts	
Alto	2,5 mts	
Suministro eléctrico	220 VAC Trifásico	
Suministro neumático	12 CFM @ 80 PSI	
<b>Producto</b>		
Envases	Litro	Galón
Velocidad	28 LPM	18 GPM
Taparroasca	28 mm/ 30 mm	28 mm/ 30 mm

Fuente: elaboración propia, con base en información de In line filling system.

#### **4.1.2. Planos de la máquina**

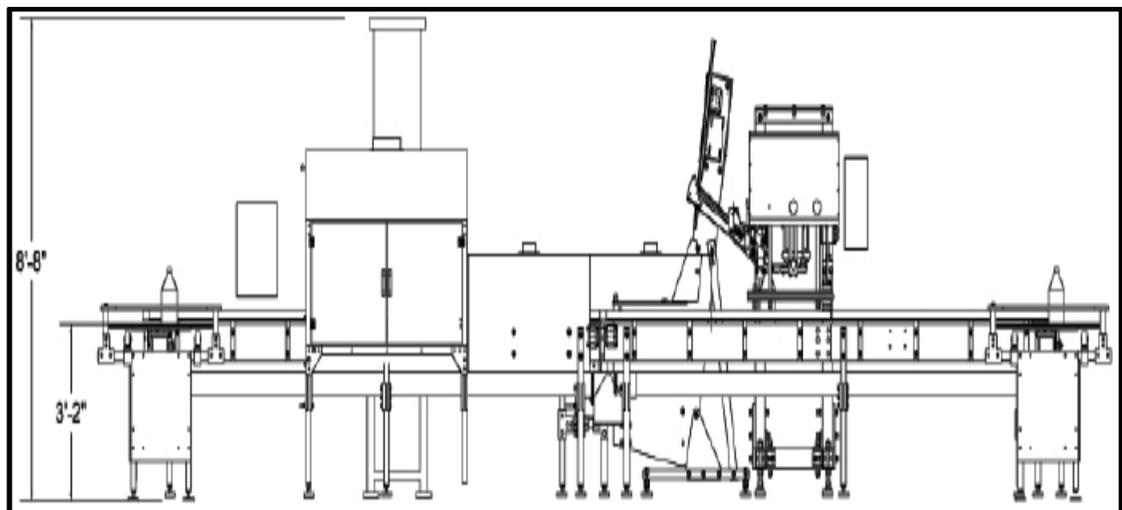
En la siguiente figura se muestra gráficamente la distribución del equipo ya instalado. La línea está conformada por dos mesas giratorias, una banda transportadora, llenadora, taponadora, codificadora y empaque.

Figura 34. **Vista superior del sistema de llenado**



Fuente: imagen proporcionada por In Line Filling.

Figura 35. **Vista frontal del sistema de llenado**



Fuente: imagen proporcionada por In Line Filling.

## **4.2. Prueba piloto**

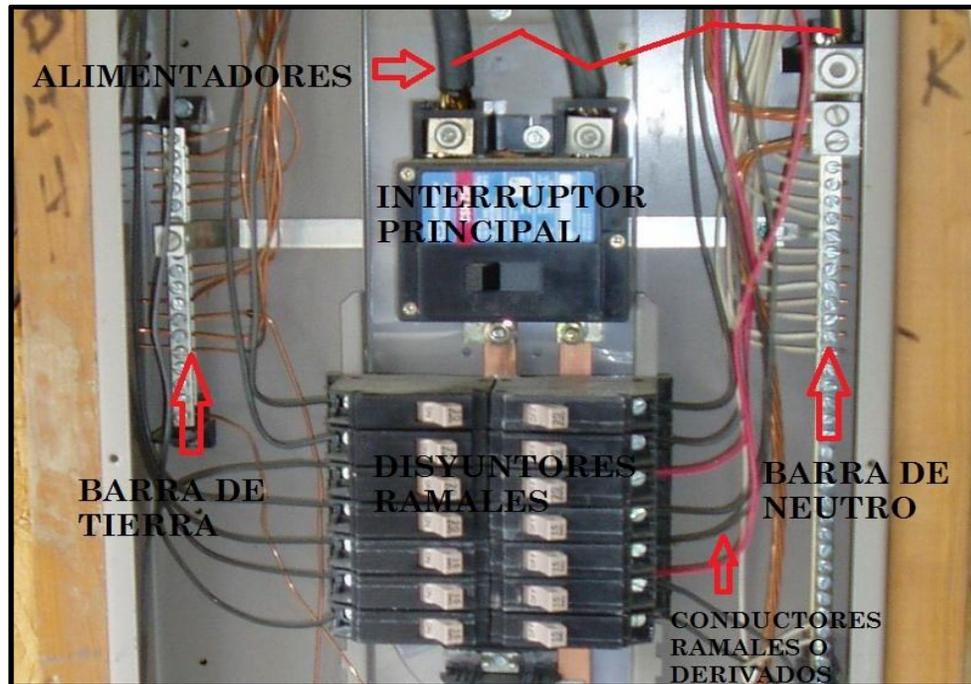
Una vez instalado el sistema de llenado se realiza la puesta en marcha de la maquinaria, con ayuda del técnico autorizado de In Line Filling System, y se realizan las pruebas de funcionamiento del equipo. Este es un paso importante para el funcionamiento óptimo del sistema de llenado. A pesar de que el sistema está fabricado para trabajar a una velocidad de hasta 28 litros o 18 galones por minuto, se realizarán las pruebas para determinar la velocidad óptima en la cual el sistema puede trabajar, teniendo en cuenta la capacidad del operador y las condiciones de la planta.

### **4.2.1. Montaje**

Para realizar el montaje del equipo se tomarán en cuenta los factores indispensables como la fuente de energía eléctrica, neumática y el espacio para la instalación del sistema. A continuación se presentan los insumos que se tomarán en cuenta para la correcta instalación:

- **Energía eléctrica:** la alimentación eléctrica debe cumplir el siguiente requerimiento: 220-240 voltios trifásicos, 20 amperios, 60Hz, teniendo una conexión a una tierra física para el equipo. Protección eléctrica de los circuitos eléctricos por medio de *breakers*, banco de baterías y supresores de energía para el PLC y los motores del equipo.

Figura 36. **Caja principal de electricidad**



Fuente: *Caja principal de electricidad*. <http://faradayos.blogspot.com/2013/05/panel-caja-breakers-partes-funcion.html>. Consulta: febrero 2017.

- Aire comprimido: el sistema requiere de una alimentación constante de aire comprimido para la activación de las válvulas de llenado. Como mínimo, la alimentación de aire comprimido debe ser de 80 psi constantes. También es importante la instalación de unidades de mantenimiento en el aire comprimido para eliminar la humedad del aire.

Figura 37. **Aire comprimido**



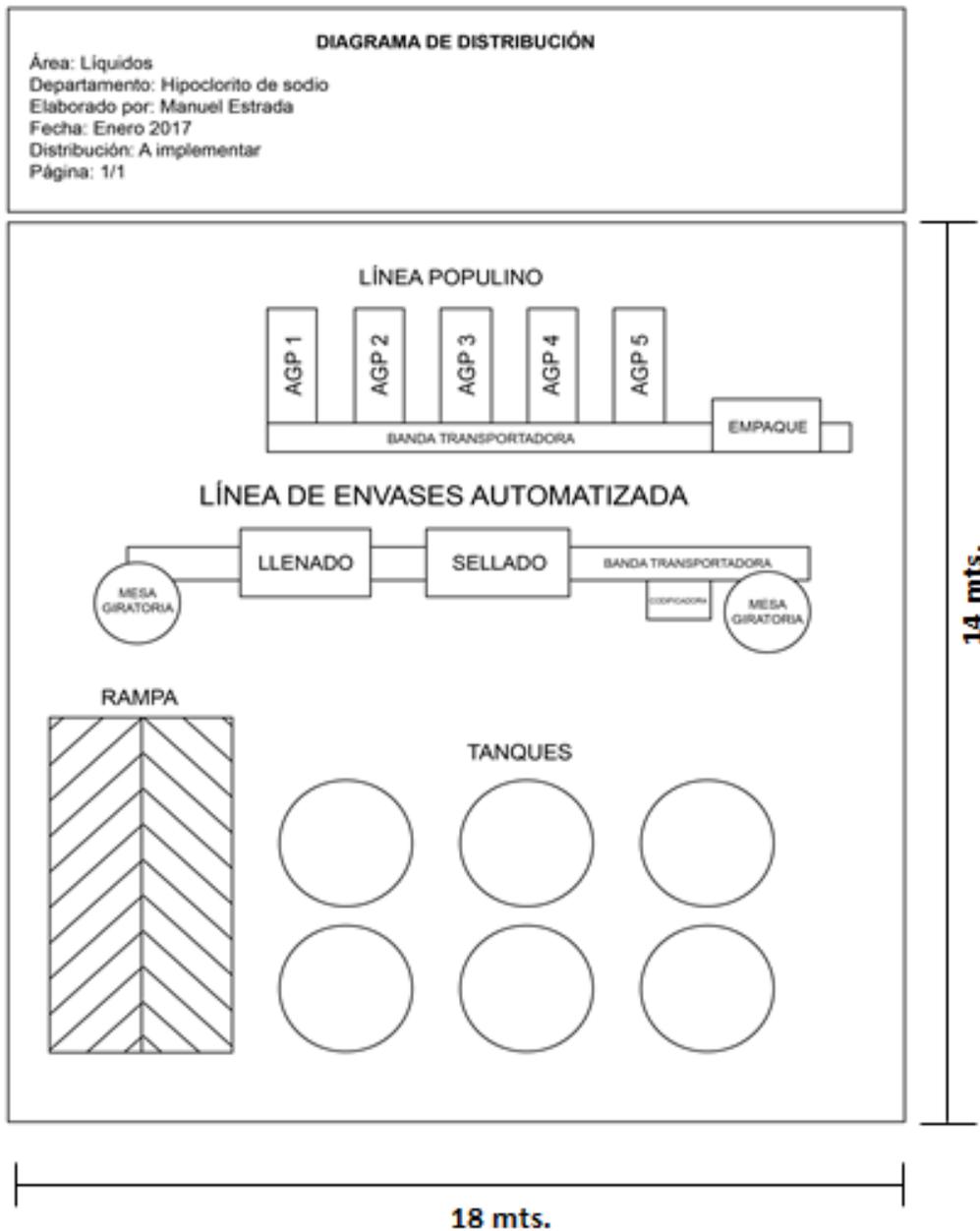
Fuente: *Aire comprimido*. <http://www.guiadelaindustria.com/empresa/cadeci-compresores-industriales-cadeci/35939>. Consulta: febrero 2017.

- Espacio requerido: para la instalación y operación del sistema de llenado, es necesario tener un área de 30 metros cuadrados disponibles. Esta área será suficiente para el fácil manejo del sistema e instalación del mismo.

#### **4.2.2. Distribución**

En la prueba piloto del montaje de la línea automatizada se realizó el siguiente diagrama, que muestra la propuesta de distribución en el área de líquidos del departamento de hipoclorito de sodio, describiendo la distribución de la línea populino, la línea de envases automatizada, la rampa y el área de tanques.

Figura 38. Propuesta de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### **4.3. Calibraciones**

Debido a que el equipo puede adaptarse para dos presentaciones diferentes, envase de litro y galón, se tendrán las configuraciones de cada caso plenamente identificadas, siendo estas: rangos de dosificación, tamaño de envase, velocidad de banda transportadora y tapadera.

#### **4.3.1. Rangos de dosificación**

Los rangos de dosificación se trabajarán por medio del software del PLC, el cual es de fácil acceso y operación para el responsable de la máquina. El control de los rangos de dosificación para cada presentación se verifica y controla por medio de un sistema digital.

##### **4.3.1.1. Litro**

Para el envase de litro, el sistema tiene la capacidad de trabajar con 8 boquillas de llenado simultáneamente, teniendo sensores de proximidad, los cuales indican que los envases están listos para el llenado. En caso de que no se detecte un envase la boquilla no se activará y solo realizará el proceso de llenado en los envases detectados. La dosificación que se debe hacer para el envase es de 1000ml de hipoclorito de sodio (cloro).

##### **4.3.1.2. Galón**

Para el envase de galón, el sistema tiene la capacidad de trabajar con 8 boquillas de llenado simultáneamente, teniendo sensores de proximidad, los cuales indican que los envases están listos para el llenado. En caso de que no se detecte un envase, la boquilla no se activará y solo realizará el proceso de

llenado en los envases detectados. La dosificación que se debe hacer para el envase es de 3785ml de hipoclorito de sodio (cloro).

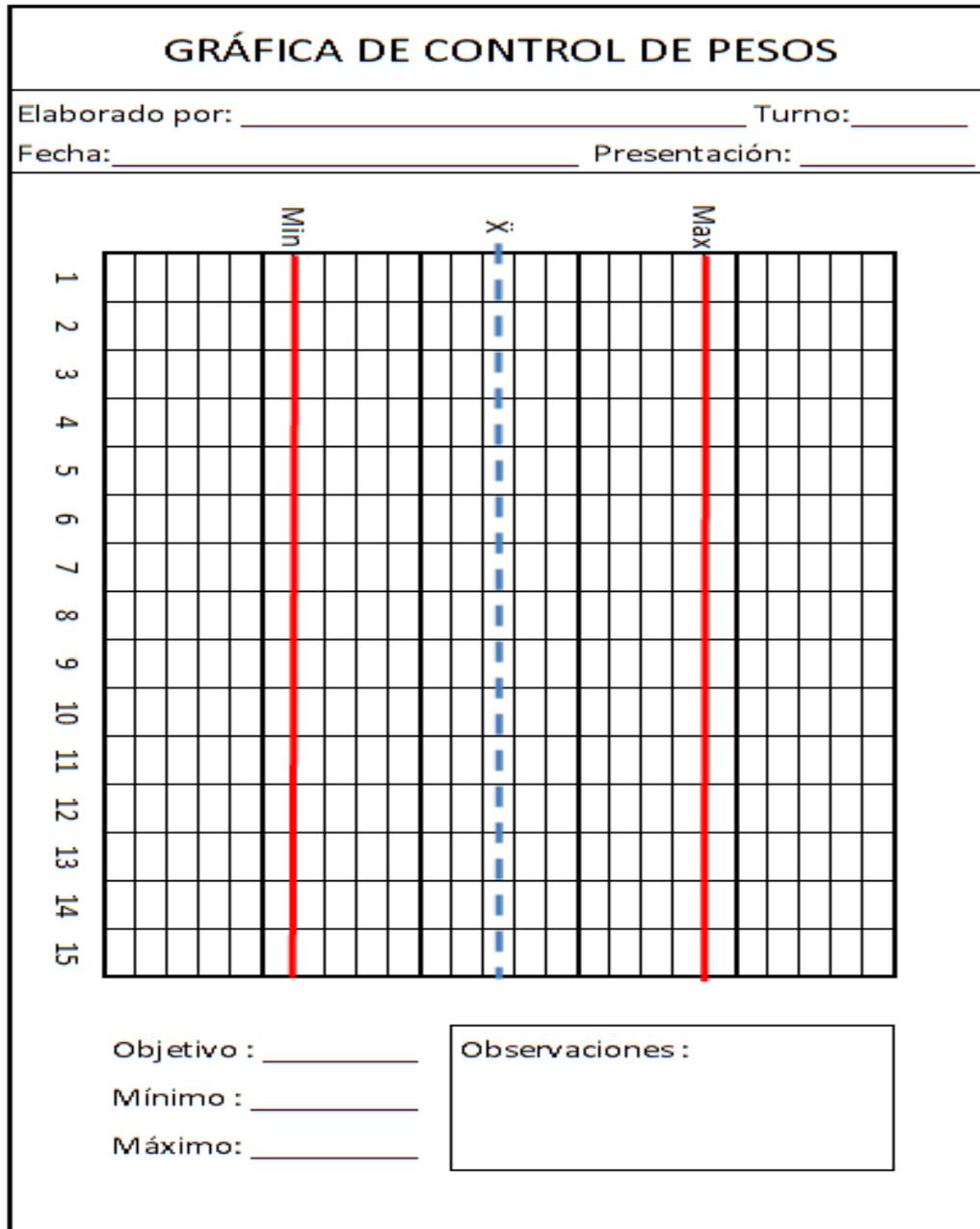
#### **4.4. Calidad**

En el montaje de la línea automatizada la calidad del mencionado proceso se evalúa a través de los gráficos de control de peso, que se muestran en el siguiente párrafo; así también se evalúan los productos conformes y no conformes de la planta.

##### **4.4.1. Gráficos de control de peso**

Los gráficos de control son la herramienta que se utilizó para determinar si el proceso de llenado de envase está controlado. Con esto se tiene un historial de todos los lotes de producción en los diferentes turnos. El control de pesos es importante para garantizar la satisfacción del cliente y también para eliminar los costos ocultos por llenar envases con más líquido.

Figura 39. Gráfica de control de pesos



Fuente: elaboración propia.

Esta gráfica de control de pesos es una herramienta que los operadores llenarán periódicamente para tener un registro de que los envases están siendo llenados correctamente. Se tiene un límite inferior y superior, para que el operador pueda identificar rápidamente una falla en el proceso.

#### **4.4.2. Productos conformes**

Los productos conformes son todos aquellos envases que cumplan con el peso específico, cuando están listos para pasar a la siguiente etapa de la línea. Tener un producto que cumpla con todas las características de fabricación es un producto conforme.

#### **4.4.3. Productos no conformes**

Con la operación del sistema automático de llenado, los analistas ya no tendrán que preocuparse por los envases mojados y con peso inexacto, por lo tanto estos productos se reducirán al mínimo. Pero siempre existirá el caso de que el equipo pueda llegar a fallar, por lo tanto siempre se seguirá teniendo la medición de los pesos.

### **4.5. Operaciones**

En los siguientes apartados se describe la maquinaria en la línea de llenado, además se muestra el plan de capacitación a operar, la seguridad e higiene, que son temas de suma importancia dentro de la planta y, para finalizar, se da el plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

#### **4.5.1. Descripción de la maquinaria**

La línea de llenado está formada por un llenador automático, una banda transportadora, una taponadora y dos mesas giratorias almacenadoras. La línea está fabricada para resistir materiales corrosivos como el hipoclorito de sodio (cloro), fabricado con partes de plástico, fibra de vidrio y metales inoxidables.

El funcionamiento del equipo es el siguiente: el operador encargado de manejar la llenadora es el mismo que abastece la mesa giratoria número 1, los envases pasan por el llenado, para luego dirigirse, por medio de la banda transportadora, a la tapadora, una vez tapado el envase este se dirige a la mesa giratoria número 2, terminado allí el proceso de llenado y tapado.

#### **4.5.2. Capacitación al operador**

El personal que estará directamente involucrado en la operación, manejo y mantenimiento del equipo tendrá un plan de capacitación en el cual aprenderá el manejo del mismo. En el siguiente apartado se muestra el personal a cargo de la capacitación, seguido de los riesgos del hipoclorito de sodio para el personal, así como de la importancia de portar siempre el equipo de protección.

##### **4.5.2.1. Plan de capacitación**

El personal que estará a cargo del sistema de llenado se capacitará para garantizar la operación adecuada del mismo.

- Operadores: al momento de la instalación del sistema de llenado, el fabricante capacitará a dos operadores para que ellos puedan conocer el equipo y sus implementos auxiliares, enseñándoles a manejar el software

y a realizar los ajustes necesarios para los cambios de presentación.

- **Mantenimiento:** se capacitará al personal del mantenimiento y al ingeniero de mantenimiento para realizar las actividades y rutinas de verificación, cambio y limpieza del equipo. Esta capacitación consistirá en darles a conocer las posibles fallas que podría tener el equipo, así como las vías para solucionar las mismas. Durante los primeros tres meses luego de la instalación se tendrán capacitaciones mensuales con un técnico reconocido por el fabricante vía videollamada, para poder aclarar dudas.

#### **4.5.2.2. Seguridad e higiene**

La seguridad e higiene en una planta de producción industrial es de carácter obligatorio para la protección de los colaboradores. Por esto es que se deben identificar los riesgos y el equipo adecuado para la manipulación del cloro. Con esto se puede disminuir los riesgos y accidentes por la mala manipulación del químico.

- **Riesgos:** el cloro es un químico no inflamable, soportando la combustión en ciertos materiales, pero sí es una sustancia química altamente reactiva, reaccionando con sustancias orgánicas e inorgánicas. Generalmente cuando reacciona existe gran cantidad de desprendimiento de calor. En temperaturas normales (20° a 25° Celsius), el cloro líquido, seco o gaseoso no es un elemento corrosivo, sin embargo, cuando existe la presencia de la humedad, el cloro se convierte en un elemento altamente corrosivo por la formación de ácidos hipoclorosos y clorhídricos, por lo tanto, cuando existe una fuga de cloro no es recomendable utilizar agua.

- Equipo de protección: para la operación del sistema de llenado los operadores deben utilizar el siguiente EPP de manera obligatoria:

Tabla XXV. **Equipo de protección**

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>	<b>Fotografía</b>
Botas de hule	antideslizante, antiestática, antiperforación, de protección química	
Lentes de seguridad	antiniebla, protección lateral integrada	
Guantes de neopreno	protección ante químicos, flexible	

Fuente: elaboración propia.

### **4.5.3. Operación adecuada**

El funcionamiento correcto del sistema de llenado depende estrictamente del plan de mantenimiento que se tenga y del manejo de los operadores. Para esto se desarrolla un plan preventivo, predictivo y correctivo para el sistema de llenado.

Es de suma importancia que los operadores puedan realizar mantenimiento y ajustes básicos en la línea de llenado, ya que ellos son quienes están la mayor parte del turno operándola. Esto llega a reducir los tiempos de paros no programados, debido a que no se tiene que esperar al departamento de mantenimiento para realizar ajustes básicos, y esto hace que también se puedan evitar situaciones en las cuales la línea puede estar fuera de operación por fallas eléctricas o mecánicas.

#### **4.5.3.1. Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento preventivo y predictivo debe cumplirse estrictamente, para reducir los costos por los paros no programados en el equipo, esto hace que el funcionamiento de este sea el óptimo y se tenga una disponibilidad del 100 %. Para cumplir con la programación de este plan, los operadores y encargados de mantenimiento deben estar conscientes de las actividades a realizar.

- Mantenimiento preventivo

Para cumplir con el plan de mantenimiento se definirán las actividades diarias, semanales, mensuales y semestrales.

- Actividades diarias
  - Revisión visual de panel eléctrico
  - Revisión visual de panel neumático
  - Revisión de válvulas
  - Revisión de guardas
  - Revisión de banda transportadora
  - Limpieza general del equipo según manual del usuario
  
- Actividades semanales
  - Limpieza de banda transportadora
  - Revisión de hules en tapadora
  - Revisión y limpieza de mesas giratorias
  - Limpieza de tanque principal
  - Revisión y limpieza de panel eléctrico
  - Revisión y limpieza de panel neumático
  
- Actividades mensuales
  - Ruta de lubricación general.
  - Inspección y limpieza de sistema de llenado (válvulas, tuberías y tanque).
  - Revisión de cojinetes.
  - Inspección de PLC.
  
- Actividades anuales
  - Ajuste general de fajas y *sprocket* o cambio de batería en PLC

- Limpieza profunda recomendada por manual de usuario
- Ajuste de rodos de tapadora
  
- Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es la actividad que se realizará periódicamente para poder detectar con antelación una falla eléctrica, mecánica o neumática, para esto se implementarán las revisiones V.O.S.O. (ver, oír, sentir, oler). El fin de estas revisiones es la reducción del tiempo en paros no programados. Se realiza este seguimiento para hacer los requerimientos de compra de insumos necesarios y la planificación de la mano de obra para realizar el mantenimiento.

Las inspecciones V.O.S.O. son inspecciones eléctricas y mecánicas que se realizarán cada 60 días, por medio de las cuales el encargado de realizar la inspección podrá determinar en qué estado se encuentra trabajando el equipo.

Esta actividad será exclusivamente para el departamento de mantenimiento. Los encargados de realizar las inspecciones, tanto las eléctricas como las mecánicas, será del personal de mantenimiento en turno. Estas inspecciones permitirán llevar una bitácora con el historial de las fallas recurrentes.

Tabla XXVI. **Ficha de actividades VOSO**

Fecha de programación: <u>Abril 2016</u>	Tarea: <u>Inspeccion VOSO</u>
Lugar: <u>Liquidos</u>	Categoría: <u>Electrica</u>
Equipo: <u>Inline Filling System</u>	Colaborador: <u>Juan Perez</u>
Ubicación: <u>Frente a linea de Populino</u>	Responsable: <u>Manuel Estrada</u>
Fecha de ejecución: <u>Mayo 2016</u>	Tiempo de ejecución: <u>55 minutos</u>

Actividades VOSO				
Numero	Descripcion	SI	NO	Observaciones*
1)	Panel de control limpio			
2)	Cableado electrico en buen estado			
3)	Botoneras en buen estado			
4)	Accionadores de emergencia			
5)	Alarmas activadas			
6)	Tierra fisica instalada			
7)	Consumo de energia adecuado			
8)	Temperatura de motor adecuada			
9)	Conexione electrica correcta			
10)	Protecciones instaladas			

\* En la casilla de observaciones se coloca una pequeña descripción de la falla encontrada en el equipo, así como si fuera necesario cambio de pieza anotar descripción de la misma.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se visualiza la hoja de inspección VOSO para el aspecto eléctrico, que contiene una lista de actividades que el técnico asignado deberá realizar, dejando constancia del trabajo realizado, así como asegurando el correcto funcionamiento del equipo a la hora de realizar inspección.

Tabla XXVII. Ficha de actividades

Fecha de programación: <u>    Abril 2016    </u> Lugar: <u>    Líquidos    </u> Equipo: <u>    Inline Filling System    </u> Ubicación: <u>    Frente a línea de Populino    </u> Fecha de ejecución: <u>    Mayo 2016    </u>	Tarea: <u>    Inspeccion VOSO    </u> Categoría: <u>    Mecanica    </u> Colaborador: <u>    Diego Albunez    </u> Responsable: <u>    Manuel Estrada    </u> Tiempo de ejecución: <u>    55 minutos    </u>																																																																																			
<b>Actividades VOSO</b>																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Numero</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 5%;">SI</th> <th style="width: 5%;">NO</th> <th style="width: 40%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1)</td><td>Lubricación de equipo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2)</td><td>Vibración anormal en equipo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3)</td><td>Ruido anormal en equipo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4)</td><td>Presion de aire estable</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5)</td><td>Limpieza de equipo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6)</td><td>Protecciones instaladas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7)</td><td>Fajas en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8)</td><td>Hules en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9)</td><td>Válvulas en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10)</td><td>Cilindros neumáticos en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11)</td><td>Equipo nivelado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12)</td><td>Olor anormal en equipo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13)</td><td>Tierra fisica en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14)</td><td>Banda transportadora en buen estado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15)</td><td>Temperatura anormal en chumaceras</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Numero	Descripción	SI	NO	Observaciones	1)	Lubricación de equipo				2)	Vibración anormal en equipo				3)	Ruido anormal en equipo				4)	Presion de aire estable				5)	Limpieza de equipo				6)	Protecciones instaladas				7)	Fajas en buen estado				8)	Hules en buen estado				9)	Válvulas en buen estado				10)	Cilindros neumáticos en buen estado				11)	Equipo nivelado				12)	Olor anormal en equipo				13)	Tierra fisica en buen estado				14)	Banda transportadora en buen estado				15)	Temperatura anormal en chumaceras			
Numero	Descripción	SI	NO	Observaciones																																																																																
1)	Lubricación de equipo																																																																																			
2)	Vibración anormal en equipo																																																																																			
3)	Ruido anormal en equipo																																																																																			
4)	Presion de aire estable																																																																																			
5)	Limpieza de equipo																																																																																			
6)	Protecciones instaladas																																																																																			
7)	Fajas en buen estado																																																																																			
8)	Hules en buen estado																																																																																			
9)	Válvulas en buen estado																																																																																			
10)	Cilindros neumáticos en buen estado																																																																																			
11)	Equipo nivelado																																																																																			
12)	Olor anormal en equipo																																																																																			
13)	Tierra fisica en buen estado																																																																																			
14)	Banda transportadora en buen estado																																																																																			
15)	Temperatura anormal en chumaceras																																																																																			
* En la casilla de observaciones se coloca una pequeña descripción de la falla encontrada en el equipo, así como si fuera necesario cambio de pieza anotar descripción de la misma.																																																																																				

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se visualiza la hoja de inspección VOSO para el aspecto mecánico. Contiene una lista de actividades que el técnico responsable debe realizar para asegurar el correcto funcionamiento del equipo. En caso de que se llegara a encontrar una anomalía se debe reportar inmediatamente para evitar pérdidas mayores por paros no programados.

- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo está formado por todas las acciones que surgen de emergencia durante el turno de producción, lo cual hace que el

personal tenga que reaccionar de manera inmediata, realizar el diagnóstico de falla y hacer una reparación rápida. Estas fallas pueden ser eléctricas, neumáticas o mecánicas.

Para este tipo de fallas se tiene un inventario de insumos formado por: cojinetes, grasas, fajas, retenedores, válvulas, mangueras, adaptadores, entre otras cosas. Todas las acciones que realice el personal en turno deben dejarse plasmadas en su hoja de reporte para tener un historial de fallas en el equipo. Este historial permitirá detectar una falla más grave y así evitar un daño severo en el equipo.

## 5. EFICIENCIA DE LA LÍNEA

### 5.1. Estudio de tiempo en línea automatizada

Se realizó un estudio de tiempos para la línea automatizada, mediante el cual se pudo determinar si existen factores que afecten directamente en la operación del sistema, por ejemplo: falta de iluminación, movimientos innecesarios, ergonomía y si es suficiente el área de trabajo. Una vez el operador haya cumplido con la curva de aprendizaje, se podrá iniciar con la determinación de la velocidad máxima a la cual el funcionamiento del equipo es óptimo y el operador puede manejarlo.

Para los encargados de la producción será de gran ayuda tener estandarizado el tiempo de trabajo, así se podrá tener una planificación de trabajo exacta, teniendo también los recursos necesarios para cumplir con la demanda requerida. La importancia de realizar el estudio de tiempos es disminuir los tiempos improductivos, los cuales no le agregan valor al proceso. Para estandarizar el proceso se realizará un diagrama de hombre-máquina.

- Diagrama de hombre-máquina

Se realizará un diagrama de hombre-máquina para poder disminuir o eliminar en su totalidad los tiempos muertos del operador y el equipo. Tomando en cuenta las especificaciones del fabricante se harán las pruebas respectivas para utilizar el sistema a su máxima capacidad. Con el diagrama ya estandarizado se podrá aumentar la disponibilidad del sistema, aportando así al aumento del OEE en la línea de producción.

Tabla XXVIII. **Diagrama de hombre-máquina**

<b>Diagrama hombre - máquina</b>		
Operación: _____	Pag. No _____ de _____	
Maquina tipo: _____	Fecha: _____	
Departamento: _____	Realizado por: _____	
Operario	Tiempo (Seg)	Maquina 1
	20	
	40	
	60	
	80	
	100	
	120	
	140	
	160	
	180	
	200	
	220	
	240	
	260	
	280	
	300	
	320	
	340	
	360	

Fuente: elaboración propia.

Una vez terminado el diagrama de hombre-máquina se realiza el resumen, en el cual se determinarán los tiempos reales de operación, por lo tanto se dejan plasmados los tiempos actuales y los propuestos. Este es un paso importante para optimizar la línea de llenado debido a que ya se tiene un punto inicial y una meta trazada de ahorros para tener una línea eficiente.

Tabla XXIX. **Resumen del diagrama de hombre-máquina**

Resumen	Tiempo de ciclo			Accion			Ocio			Utilización		
	Actual	Propuesta	Ahorro	Actual	Propuesta	Ahorro	Actual	Propuesta	Ahorro	Actual	Propuesta	Ahorro
Hombre												
Maquina												

Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Cálculo de eficiencia en prueba piloto

El cálculo de la eficiencia del sistema se llevó a cabo por medio de la medición del OEE, los factores que se tomaron en cuenta fueron la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Con la medición del OEE se pudo determinar la rentabilidad de la línea de llenado. Existe una tabla de clasificación que a continuación se detalla:

Tabla XXX. **Clasificación de OEE**

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65 %	Inaceptable	Baja competitividad, pérdidas económicas.
65 % < OEE < 75 %	Regular	Pérdidas económicas aceptables solo si está en proceso de mejora.
75 % < OEE < 85 %	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas, competitividad ligeramente baja.
85 % < OEE < 95 %	Buena	Buena competitividad, se tiene valores considerados <i>world class</i> .
OEE > 95 %	Excelente	Competitividad excelente.

Fuente: CRUELLES RUIZ. *La teoría de la medición del despilfarro*. p 221.

El OEE que se tiene previsto para el sistema automatizado es de un 85 % a 90 %, el cual según la tabla de clasificación será un OEE bueno pues proporcionará una buena competitividad, produciendo envases de calidad y aprovechando la disponibilidad del equipo. La medición del OEE debe ser constante, garantizando la eficiencia de la línea de producción, debido a que en el transcurso de los turnos pueden suceder acontecimientos no controlados como lo son la falta de energía o la falta de insumos. Estos acontecimientos afectan directamente la medición pero son causas justificadas, de las cuales es otra área la responsable.

### **5.3. Ahorro de recursos**

El ahorro de recursos que se tuvo con la automatización de la línea de llenado tiene gran importancia debido a la reducción que se obtuvo en el uso de toalla para extender para el secado y limpieza de envases, la eliminación del proceso de reciclado de líquido recuperado por bandejas y el uso de guantes no aptos para el proceso.

- Toalla para extender: con la línea automatizada se eliminará totalmente la utilización de la toalla para extender, que anteriormente se utilizaba para secar el envase de litro o de galón. Eliminando este paso se reduce la contaminación que se tenía dentro de la planta de producción, ayudando notablemente en las revisiones de control visual que se tienen dentro de las instalaciones.
- Materia prima: un factor importante en la automatización del llenado de hipoclorito de sodio es la eliminación del proceso de reutilización del líquido que se recuperaba por medio de recipientes, los cuales estaban colocados debajo de las válvulas de llenado, ya que ahora los operadores no tendrán contacto directo con el llenado, y no se tendrán recipientes

para la recuperación de líquido debido a que las botellas ya no serán llenadas hasta ser rebalsadas.

- Guantes de látex: como se mencionó en los capítulos anteriores, los operadores encargados de secar y tapan los envases manualmente utilizan guantes de látex para realizar esta función. Con la nueva propuesta, este procedimiento se elimina completamente, por lo tanto se disminuye la frecuencia a la cual el operador cambia su equipo de protección, en este caso, los guantes de látex.
- Humano: con la automatización de la línea de llenado se requiere un menor número de colaboradores para cumplir con demanda requerida, por lo tanto se reducen costos de mano de obra en un alto porcentaje.

#### **5.4. Medición y evaluación de las eficiencias**

Se realizaron mediciones de OEE para determinar la eficiencia en la línea de producción. Con base en los resultados que se obtengan a lo largo de las producciones, se determinó la disponibilidad, calidad y el rendimiento del equipo:

- La disponibilidad: es el tiempo que el equipo se encuentra disponible para ser operado, los mantenimiento planificados son las únicas acciones que no le afectan directamente, por ejemplo cuando, de las 12 horas que debe estar disponible el equipo, estuvo únicamente 10 por temas de falta de materia prima.
- La calidad: esta medición se hace con base en la producción realizada en el turno de trabajo. Se cuentan cuántas unidades no cumplieron con los estándares de calidad requeridos. Por ejemplo: se produjeron 1 000 unidades pero solo 850 cumplieron con los estándares, por lo tanto se tiene una calidad del 85 %.

- Rendimiento: es una comparación de la capacidad instalada con la producción realizada por turno, aquí es donde se puede detectar la velocidad a la cual trabajó el operador, debido a que ya se tiene una media de unidades por horas, pero el operador no trabaja el equipo a la velocidad máxima para no exigirse.

Estas mediciones se realizarán cada 15 días, permitiendo identificar el momento donde el equipo está correctamente calibrado y listo para usarse sin ninguna falla y con la mejor eficiencia posible y, además, el personal responsable del equipo debe haber superado el período de adaptación y aprendizaje. A continuación se detallan los factores que afectan directamente la eficiencia:

- Fallos eléctricos en equipo
- Fallos mecánicos en equipo
- Falta de energía eléctrica
- Falta de materia prima
- Falta de controles
- Desconocimiento del personal

Estos factores son de suma importancia, en caso de que la frecuencia sea alta se debe tomar acciones inmediatas para analizar detalladamente estos eventos. Una vez establecida la razón de estos se debe proceder a realizar un plan de contingencia con responsables y fechas de compromiso, reduciendo el número de ocurrencias de los mismos.

## CONCLUSIONES

1. Se analizó la capacidad física que tiene la planta de producción de líquidos y se determinó que se tiene el espacio suficiente para la instalación del sistema automatizado para el llenado de envases. Para dicha instalación se necesita un área libre de 30 metros cuadrados.
2. El sistema de llenado debe contar con mesas giratorias, llenadora de 8 boquillas, banda transportadora, tanque de tapas y tapadora, la cual evitará que el operador tenga contacto directo con el hipoclorito de sodio y hará que el proceso sea más eficiente sin desperdiciar recursos.
3. Se realizaron flujos de ahorros en mano de obra, mermas, horas extras y mantenimiento del sistema, dando como resultado una cantidad considerable de ahorro en 5 años. Para el sistema elegido se tendrá un ahorro total de Q. 241 783,83.
4. Se determinaron las fases de instalación para el nuevo sistema, tomando en cuenta que se utilizará el área que actualmente se emplea para el llenado manual. Las operaciones de llenado se suspenderán alrededor de 7 días, tiempo que se utilizará para realizar la adaptación de conexiones eléctricas y neumáticas.
5. Para la correcta manipulación del sistema de llenado se realizaron los planes de capacitación y mantenimiento del sistema para las personas directamente involucradas, como: los operadores y personal de

mantenimiento, quienes tendrán una inducción al sistema por parte del fabricante.

6. La eficiencia actual de la línea de llenado tiene un promedio de 72 %, más la eficiencia de la línea automatizada, que se determinará una vez el equipo funcione correctamente y el operador esté adaptado al equipo.

## RECOMENDACIONES

1. A las personas encargadas del sistema de llenado llevar un estricto control de los planes de capacitación, para que el personal de la línea de llenado sepa actuar en cualquier circunstancia.
2. Mantener los registros de operación ordenados y archivados, facilitando el cálculo de la efectividad del sistema. Los gráficos de control de peso son de gran importancia para garantizar la satisfacción del cliente.
3. El seguimiento y ejecución del plan de mantenimiento del equipo es crítico debido a que, por el material que se envasa, las partes de la máquina deben permanecer en el mejor estado posible, para evitar corrosiones y, por consiguiente, fallas en las mismas.
4. El sistema de llenado, a pesar de estar fabricado para poder trabajar a un velocidad máxima de 28 LPM y 18 GPM, debe utilizarse según la capacidad del operador, debido a que una mala operación puede dañarlo.
5. Los rangos de operación según la presentación deben ser estrictamente los mismos, para que no tengan variaciones en el llenado según el lote de producción. Por lo tanto, se dispondrá de un registro de fabricación que indique los rangos del producto a fabricar, no importando qué persona tenga que operar el equipo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Nacional de Electroquímica. Eurochlor. *Cloro*. [en línea]. <http://www.cloro.info/preguntas-frecuentes/preguntas-tecnicas>. Consulta: junio de 2015
2. BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 831p.
3. CHASE, Richard B. *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. 12. ed. China: McGraw-Hill, 2009. 776p.
4. CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2da ed. México: McGraw-Hill 2005. 459p.
5. DAVIE, Alberto G. *Introducción a la automatización industrial*. 2da ed. Buenos Aires: Argentina, 1974. 259p.
6. DE LAS HERAS, S. *Introducción a la neumática. Instalaciones neumáticas*. México: UOC, 2003. 259p.
7. DENTON, Keith. *Seguridad industrial, administración y métodos*. México: McGraw – Hill, 1993. 132p.
8. GARCÍA, A. *Introducción a la automatización en los procesos industriales. El control automático en la industria*. Universidad de Castilla La Mancha, España: 2005. 192p.

9. Gestionpolis. *Estudio de tiempo y movimientos*. [en línea]. <<https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>>. [Consulta: agosto 2015].
10. GUERRERO SPINOLA, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: Editorial Universitaria, 2004. 110p.
11. INTECAP. *Seminario de buenas prácticas de manufactura*. Guatemala. 2002. 215p.
12. KJEELL, Zandin. *Manual del ingeniero industrial*. 5a ed. Vol. 2. México: McGraw-Hill, 2005. 900p.
13. Lenntech B.V. *Procesos de desinfección. Hipoclorito*. [en línea]. <<https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfect-antes-hipoclorito-de-sodio.htm>>. [Consulta: agosto de 2015].
14. Merk S.A. *Hoja de seguridad de hipoclorito de sodio*. [en línea]. <<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/HipocloritoSodio.pdf>>. [Consulta: agosto de 2015].
15. Neumática. *Área tecnológica*. [en línea]. <<http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>>. [Consulta: agosto de 2015].
16. NIEBEL, Benjamin W. *Métodos, tiempos y movimientos*. 9a ed. México: Alfaomega, 1996. 880p.

17. Organización Panamericana de la Salud. *Estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio*. [en línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/iEstabilidad.pdf>>. [Fecha de consulta: agosto de 2015].
18. TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: Editorial Universitaria, 2008. 178p.
19. VELÁSQUEZ VALLE, Samuel Alejandro. *Análisis de los métodos actuales para incrementar la productividad en una fábrica de velas aromáticas*. Guatemala, 2010. 134p.

